



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Modelo para disminuir emisiones de gases efecto
invernadero en la vivienda de zonas urbanas de
México

Tesis

que para optar por el grado de

Doctora en Arquitectura

Presenta:

Anabel Negrete Mares

Tutor Principal:

Dr. José Diego Morales Ramírez.
Facultad de Arquitectura.
Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado.

México, D. F. 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Índice

Índice	i
Agradecimientos	v
Dedicatoria	ix
Resumen	xv
Abstract	xvii
Introducción	1
Capítulo 1 Gases de efecto invernadero	5
1.1. Causas que dan origen a los Gases de Efecto Invernadero (GEI).	5
1.1.1. Efecto invernadero.	5
1.1.2. Gases de Efecto Invernadero.	6
1.2. Consecuencias presentes y futuras.	10
1.2.1. La variabilidad del clima y el cambio climático.	10
1.2.2. Política internacional frente al cambio climático.	11
Capítulo 2 La vivienda	15
2.1. La vivienda como espacio habitacional.	15
2.2. Impacto ecológico generado por la vivienda.	16
2.3. Detonadores de consumo de recursos.	17
2.3.1. Consumo de recursos energéticos y materiales.	18

2.4. Alternativas de eficiencia energética.	20
2.4.1. Comodidad Ambiental.	20
2.4.2. Elementos de diseño para una vivienda energéticamente eficiente.	22
2.5. Metodologías normativas para la eficiencia energética en las edificaciones.	23
2.5.1. BREEAM.	25
2.5.2. LEED	25
2.5.3. Limitaciones de las herramientas normativas.	26
Capítulo 3 Zonas urbanas	29
3.1. Zonas urbanas.	29
3.2. Características del clima urbano	30
3.3. Impacto de las zonas urbanas en el medio ambiente natural.	32
3.4. Flujos de energía en las ciudades.	32
3.4.1. Isla de calor.	33
3.5. Vegetación Urbana.	34
Capítulo 4 Metodología de modelación y herramienta de análisis	37
4.1. Sistemas.	37
4.2. El Modelo.	38
4.2.1. Modelo cualitativo.	39
4.2.2. Diseño del proceso de la investigación cualitativa para la modelación.	41
4.3. Análisis. Sistemas de gestión medioambiental: ISO 14000.	42
4.3.1. Análisis de ciclo de vida y su metodología.	43
Capítulo 5 Modelo. Propuesta	45
5.1. Descripción de las categorías.	45
5.1.1. Categoría Central.	45
5.1.2. Categorías contextuales.	45
5.1.3. Categorías de condiciones causales.	48
5.1.4. Categorías intervinientes.	52
5.1.5. Categorías de acciones e interacciones.	52

5.1.6. Categorías de Consecuencias.	67
5.1.7. Diagrama general del modelo propuesto.	67
Capítulo 6 Aplicación de modelo	69
6.1. Ciudad de México. Escenario del caso de estudio.	69
6.2. Objetivo.	70
6.3. Categorías Contextuales del caso de estudio.	71
6.3.1. Variables del clima urbano.	71
6.3.2. Variables de las características del entorno inmediato.	74
6.4. Categorías de condiciones causales del caso de estudio.	76
6.5. Categorías intervinientes del caso de estudio.	80
6.6. Categorías de acciones e interacciones del caso de estudio.	83
6.6.1. Metodología de diseño bioclimático.	83
6.6.2. Análisis de ciclo de vida de la vivienda caso de estudio.	98
6.7. Categorías de Consecuencias del caso de estudio.	110
Conclusiones	113
Anexo	117
Glosario	121
Fuentes de información	125

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México quien a través de Posgrado de Arquitectura me permitió llevar a cabo la realización del presente trabajo.

Agradezco al Dr. Diego Morales, director de esta tesis, por su presencia incondicional, por su valiosa orientación, seguimiento y apoyo recibido a lo largo de estos años.

De la misma manera agradezco al Dr. Hermilo Salas por su dinamismo y capacidad de exponer diversos puntos de vista, haciendo sus aportaciones altamente enriquecedoras.

Particularmente agradezco a la Dra. María Engracia Hernández por haber aceptado formar parte de mi investigación, por su dedicación, motivación y aliento.

Asimismo agradezco al Mtro. Alejandro Cabeza su apoyo y valiosa colaboración para poder finalizar mis estudios.

Gracias Maestro Reyna por su motivación, apoyo incondicional, orientación y principalmente en su interés en el desarrollo de mis estudios desde la Maestría. Gracias por todas sus atenciones y colaboración para poder llegar a esta meta.

Agradezco muy especialmente al Dr. Ernesto Jáuregui Ostos por su profundo compromiso en las revisiones de mi documento. Su colaboración en mi investigación fue invaluable, ha sido un privilegio poder contar con su guía de viva voz... siempre lo recordaré con afecto y admiración.

Dedicatoria

A mi esposo Héctor

*Con todo mi amor y admiración,
por su motivación, aliento y empeño en el logro mis metas,
por ser el apoyo en mi vida para afrontar los momentos difíciles,
y principalmente por brindarme su amor.*

Este esfuerzo va dedicado a ti.

A mi pequeño Héctor que tanto amo

por ser la alegría de mi vida y el impulso para ser mejor cada día.

A mis padres Graciela y Alejandro

*por haberme dado una vida llena de alegrías, amor y cuidados,
por haberme dado dos hermanos amorosos y solidarios,
por ser ejemplo de perseverancia,
por saber disfrutar de cada momento y saberlo compartir con los demás.*

Siempre los voy a amar.

Resumen

El objetivo general de esta investigación es construir un modelo que sistematice la información de los factores que intervienen en la problemática de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la vivienda en las zonas urbanas en México, permitiendo generar alternativas para disminuir dichas emisiones. Estos factores son la climatología urbana, el entorno, las fases del ciclo de vida de la vivienda y las características sociales, económicas y ambientales del emplazamiento.

La investigación se desarrolló en seis capítulos, donde se identificaron los conceptos relacionados con los gases de efecto invernadero. Se determinaron los principales detonadores de consumo de recursos y de generación de emisiones en la vivienda en zonas urbanas del país, para establecer alternativas de diseño bioclimático y de eficiencia energética. Se describieron las características y comportamiento del ecosistema urbano. Y se identificó una herramienta de análisis del ciclo de vida de la vivienda. Finalmente se determinó una metodología para el diseño del modelo y se aplicó a un caso de estudio.

Como resultado de la investigación se construyó un modelo que permitió disminuir las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera originadas por la vivienda en zonas urbanas del país, y de la aplicación de éste se obtuvo una reducción del 40% aproximadamente. Los resultados anteriores muestran que la hipótesis de la investigación se cumplió. Para llegar a estos resultados, se establecieron alternativas relacionadas con el diseño bioclimático pasivo, con la envolvente de la edificación, con el uso de dispositivos tecnológicos y finalmente de equipos de alta eficiencia energética.

Abstract

The overall objective of this research is to build a model that systematizes information of the factors involved in the problem of emissions of greenhouse gases generated by housing in urban areas in Mexico, allowing to generate alternatives that reduce these emissions. These factors are urban climate, the environment, the phases of the life cycle of housing, and social, economic and environmental characteristics of the location.

The research was developed in six chapters, where concepts related to greenhouse gases were identified. The main triggers of resource consumption and generation of emissions were identified in housing in urban areas of the country, with the aim of establishing alternatives for bioclimatic design and energy efficiency. The characteristics and behavior of the urban ecosystem were described and a lifecycle of housing analysis tool was identified. Finally, a methodology for the design of the model was determined and applied to a case study.

As a result of the investigation a model that helped to reduce emissions of greenhouse gases into the atmosphere caused by housing in urban areas of the country was built, and due the application of this model, reduction of approximately 40% was obtained. The above results show that the hypothesis of the research is completed. To achieve these results, alternatives on bioclimatic passive design, building shell, use of technological devices and finally the use of energy-efficient equipment were established.

Introducción

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) establece que el clima global está cambiando como consecuencia de las actividades humanas, principalmente de la quema de combustibles fósiles y los cambios de uso del suelo, descargando millones de toneladas de bióxido de carbono y otros gases a la atmósfera¹.

Estos gases se denominan gases de efecto invernadero (GEI), los cuales tienen la propiedad de absorber parte de la radiación atmosférica, de tal manera que cuando su concentración aumenta, la radiación que se dirige al espacio exterior disminuye y por tanto la temperatura que adquiere el planeta aumenta².

La capa donde se encuentran esos gases cada vez es más densa, lo que podría derivar en una mayor retención de la radiación emitida por la superficie del planeta y con ello un aumento global acelerado en la temperatura, dificultando la adaptación de los ecosistemas. Se pueden producir alteraciones en la circulación del mar y la atmósfera y por consecuencia en el ciclo hidrológico, manifestándose a través de cambios en precipitaciones y temperaturas de la superficie³. En la actualidad se pueden ver algunos de estos cambios como lo son el aumento del nivel del mar, el deshielo de los glaciares, la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos, entre otros.

La Agencia Internacional de Energía (IEA) reportó que en el año 2009 México ocupó el lugar 12 a nivel mundial en las emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles, con un total de 399.7 millones de toneladas de CO₂, lo que representó 1.4% de las emisiones globales⁴. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en 2010 en México las emisiones de GEI tuvieron un incremento del 33.4% con respecto a 1990, con una tasa de crecimiento media anual de 1.5%⁵.

¹ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consulta Julio 2012. Disponible en <https://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>

² CABALLERO, MARGARITA; LOZANO, SOCORRO; ORTEGA, BEATRIZ. *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las Ciencias de la Tierra*. Revista Digital Universitaria. Volumen 8, Número 10. 10 de octubre 2007. Inst. de Geofísica, Inst. de Geología. UNAM. Disponible en <<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>>

³. MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág: 20.

⁴ *México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. CICC. SEMARNAT. INECC. México, D.F. 2012. Pág. 230-236.

⁵ *Ibidem*. Pág. 195.

Ya se puede ver en México evidencia de modificaciones por la variabilidad climática⁶, como los cambios en los gradientes de temperatura y sus impactos asociados con frentes fríos y cálidos, los cambios en la actividad de huracanes, los cambios en la actividad del fenómeno del Niño, la frecuencia e intensidad de las sequías, y los cambios en los componentes de la biodiversidad, todos ellos constituyen un alto grado de vulnerabilidad en la población⁷.

De acuerdo a los registros de temperatura de largo periodo se han identificado variaciones climáticas ocurridas en México desde finales del siglo XIX a la actualidad, observándose una tendencia generalizada en décadas recientes que indica el aumento del calentamiento del aire urbano en las ciudades grandes del país⁸.

Lo anterior podría deberse a que las manchas urbanas crecen en la medida que se requiere una mayor concentración de los medios de producción, intercambio y consumo, como condición para su fortalecimiento económico. Los efectos de esta problemática son la devastación de ecosistemas para la obtención de materiales, el consumo excesivo de electricidad y combustibles, la desaparición de áreas verdes, el incremento de GEI y consecuentemente de la isla de calor.

Actualmente los edificios consumen el 60% de los recursos extraídos de la tierra. Durante su construcción y funcionamiento intervienen recursos materiales y energéticos, consumiendo aproximadamente la mitad de la energía utilizada por el hombre en el mundo, teniendo como efecto secundario la generación de la mitad de las emisiones de GEI a la atmósfera por consumo de energía⁹.

El desarrollo de la vivienda es el principal consumidor de recursos y presenta consumos y emisiones desde que se inicia hasta que ya está demolida. En la actualidad este desarrollo ha dado como resultado aglomeraciones desmedidas situadas en las grandes ciudades, las cuales se convierten en células consumidoras de recursos de todo tipo¹⁰, como es el caso de las zonas urbanas del país.

Se han desarrollado diferentes procedimientos para medir el impacto causado por las edificaciones, los cuales consideran diversos aspectos relacionados con el impacto ambiental

⁶ Variabilidad climática. Variaciones del estado promedio del clima en escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. IPCC. *Cambio climático y biodiversidad*. IPCC. Ginebra, 2002. Pág. 87.

⁷ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 17-27.

⁸ *Ibidem*. Pág. 279-289.

⁹ *México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. CICC. SEMARNAT. INECC. México, D.F. 2012. Pág. 207.

¹⁰ MOLINA Y MOLINA. *La Calidad del aire en la megaciudad de México, un enfoque integral*. México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 2005. Páginas 91-95.

provocado, sin embargo, no se ha desarrollado un procedimiento específico que permita medir las emisiones de GEI generadas por la vivienda con el fin de proponer alternativas que permitan la disminución de las emisiones en las zonas urbanas del país.

Este procedimiento específico requiere de una metodología que necesariamente debiera involucrar diversos factores como el clima, el entorno y la edificación, con sus características y las relaciones que tienen entre sí, de tal manera que se puedan sistematizar con el fin de analizarlos, conceptualizando el problema y buscando posibles soluciones.

Por lo anterior planteo la necesidad de crear un modelo, el cual cuente con un enfoque cualitativo debido a que se empleará la recopilación de datos sin una medición numérica específica y que dé respuesta a la problemática de la investigación. Además de ello, se fundamentará en una serie inductiva de recolección de datos, donde se analiza y evalúa el desarrollo de los procesos.

Por lo que, el **objetivo general** de esta investigación es construir un modelo que sistematice la información de los factores que intervienen en la problemática de las emisiones de GEI generadas por la vivienda en las zonas urbanas en el país, de esta forma analizar los datos, permitiendo generar alternativas para disminuir dichas emisiones. Estos factores son la climatología urbana, las características del entorno, las fases del ciclo de vida de la vivienda, y las características sociales, económicas y ambientales del emplazamiento.

Teniendo como objetivos específicos los siguientes:

1. Identificar los conceptos relacionados con los gases de efecto invernadero, sus orígenes y consecuencias.
2. Determinar los principales detonadores de consumo de recursos y de generación de emisiones de GEI en la vivienda en zonas urbanas del país, para establecer alternativas de diseño bioclimático y de eficiencia energética.
3. Describir las características y comportamiento del ecosistema urbano donde se desarrolla la vivienda.
4. Identificar una herramienta de análisis que considere el ciclo de vida de la vivienda.
5. Determinar una metodología para el diseño del modelo.
6. Aplicar la metodología del modelo a un caso de estudio.

Considerando la problemática descrita en esta investigación planteo como **hipótesis** que la aplicación del modelo, enunciado en el objetivo general, a un determinado caso de estudio dentro de alguna zona urbana de México, puede disminuir las emisiones de gases de

efecto invernadero generados por la vivienda en al menos un 20% del proceso común sobre el consumo de recursos durante su ciclo de vida.

Dentro del proceso de investigación se empleará el método analítico, donde cada uno de los elementos de la investigación se revisan ordenadamente por separado, es decir, se extraen las partes de un todo para ser estudiadas y examinadas y con ello poder encontrar las relaciones entre las mismas. Este método analítico se combinará con el método sistémico¹¹, el cual modelará el objeto de estudio a través de la determinación de sus componentes y de las relaciones entre ellos, estas relaciones establecerán la estructura del objeto y su dinámica.

La investigación está desarrollada en seis capítulos, de la siguiente forma:

El primero de ellos corresponde a las características de los gases de efecto invernadero, sobre las causas que los originan y las consecuencias presentes y futuras.

El segundo aborda el tema de la vivienda enfocándolo a sus características como espacio habitacional y su impacto en el medio ambiente, observando sus detonadores de consumo de recursos materiales y energéticos. De la misma manera se determinan alternativas de diseño bioclimático y de eficiencia energética.

El tercero establece las características del clima de las zonas urbanas y el impacto que causan en el medio ambiente. Y se describen los flujos de materia y energía en las ciudades y sus consecuencias observadas en el fenómeno de la isla de calor.

En el cuarto capítulo se especifica la metodología de modelación cualitativa y la herramienta de análisis de ciclo de vida que se utilizarán.

En el quinto capítulo se desarrolla el planteamiento del modelo con la descripción detallada de las variables que lo componen.

En el sexto capítulo se hace la aplicación del modelo a un caso de estudio.

Finalmente se muestran los resultados y conclusiones de la investigación donde se destaca el cumplimiento de los objetivos e hipótesis planteados, donde se disminuyó más del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero a la Atmósfera.

¹¹ VAN GIGCH, JOHN P. *Teoría general de sistemas*. México, Trillas, 2006. Pág. 16-17.

Capítulo 1

Gases de efecto invernadero

El contenido de este capítulo está enfocado a describir las características de los gases de efecto invernadero, identificando principalmente las causas que les dan origen debido a la actividad humana y sus consecuencias para el medio ambiente, para de esta manera determinar cómo influirán éstos en las variables del modelo a desarrollar.

1.1. Causas que dan origen a los Gases de Efecto Invernadero (GEI).

1.1.1. Efecto invernadero.

El efecto invernadero surge debido a que el aire es muy transparente para la radiación de onda corta (luz visible originada en el Sol) y muy opaco a la de onda larga (radiación infrarroja invisible emitida por la Tierra). La atmósfera trabaja como un filtro radiativo que permite el paso de los rayos solares. Una parte de estos rayos solares son absorbidos por la superficie terrestre que se calienta y consecuentemente emite la radiación terrestre que es absorbida por las capas de la Atmósfera, particularmente por el vapor de agua y el bióxido de carbono contenidos en ella, y la otra se va al espacio. La atmósfera se calienta a su vez y reemite radiación en todas direcciones¹².

El efecto invernadero es una consecuencia de la composición natural de la Atmósfera, por tanto siempre ha existido, y gracias a éste, la Tierra tiene una temperatura relativamente alta que permite la vida en el planeta¹³.

Sin embargo, debido al desarrollo humano en los últimos siglos, el proceso natural del efecto invernadero ha sido alterado, incrementando los gases a la atmósfera, absorbiendo más radiación al sistema climático y consecuentemente acrecentándolo.

¹² MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 29-31.

¹³ CABALLERO, MARGARITA; LOZANO, SOCORRO; ORTEGA, BEATRIZ. *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las Ciencias de la Tierra*. Revista Digital Universitaria. Volumen 8, Número 10. 10 de octubre 2007. Inst. de Geofísica, Inst. de Geología. UNAM. Disponible en <<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>>

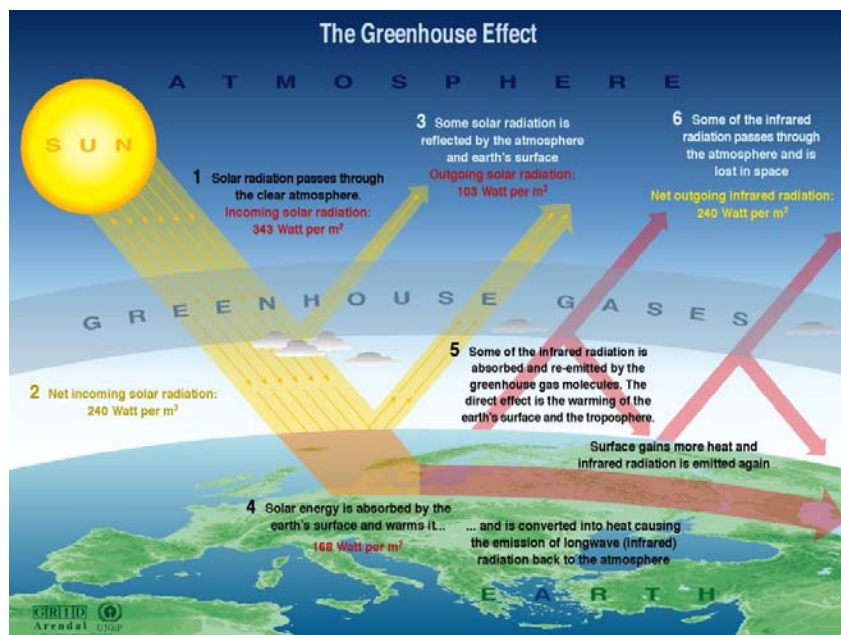


Gráfico 1. 1. Efecto Invernadero. UNEP, WMO, Cambridge University Press, 1996.

1.1.2. Gases de Efecto Invernadero.

La atmósfera está compuesta por una mezcla de gases y aerosoles, es uno de los componentes más importantes que determina el clima terrestre por su capacidad energética. Los gases que la constituyen están mezclados pero no de manera uniforme, provocando variaciones significativas en temperatura y presión de acuerdo a la altitud.

No todos los componentes atmosféricos intervienen en el efecto invernadero, como es el caso de los aerosoles, los cuales aumentan el albedo del planeta, es decir reflejan la radiación solar disminuyendo la radiación que llega a la superficie terrestre. De la misma manera el Oxígeno (O₂) que constituye el 21% de la composición atmosférica y el Nitrógeno (N₂) con un 78% tampoco intervienen en el efecto invernadero. Únicamente el 1% de la composición atmosférica corresponde a los gases de efecto invernadero¹⁴.

Estos gases tienen la propiedad de absorber parte de la radiación atmosférica, de tal manera que cuando su concentración aumenta, la radiación que se dirige al espacio exterior disminuye y por tanto la temperatura que adquiere el planeta aumenta.

Cubren una amplia gama de gases de origen tanto natural como antropogénico. Los principales son el vapor de agua (H₂O) y el bióxido de carbono (CO₂), seguidos del metano (CH₄), los óxidos nitrosos (N₂O), los halocarbonos (CFCs), entre otros.

¹⁴ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 31-32.

Dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se aprobó en 1997 el texto del Protocolo de Kioto, el cual pretende controlar las emisiones de seis gases de efecto invernadero, que son el bióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFCS), perfluorocarbonos (PFCS) y el hexafluoruro de azufre (SF₆)¹⁵.

Bióxido de carbono.

El carbono predominantemente se encuentra en la atmósfera en forma oxidada, esto es, en forma de bióxido de carbono (CO₂). Billones de toneladas de CO₂ son emitidas a la atmósfera anualmente a través de procesos naturales y son absorbidas por los océanos y la biomasa. Siglos antes de la industrialización el CO₂ mantenía una concentración casi constante en la atmósfera con 280 partes por millón en volumen (ppvm). Esta concentración aumentó a mediados del siglo XIX a la actualidad en 370 ppmv¹⁶. La cantidad en que se incrementó la presencia del bióxido de carbono en la atmósfera se debe principalmente a la oxidación de carbono orgánico debido a las actividades humanas particularmente la combustión de los energéticos fósiles, la deforestación y otros procesos de quema de biomasa. El ritmo medio de aumento desde 1980 es de 0.4% anual.

El CO₂ es el gas de efecto invernadero dominante, con un forzamiento radiativo actual de 1.46 W/m², que representa 60% del total de los cambios en las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero¹⁷.

El tiempo de vida en la atmósfera es de 5 a 200 años. La prolongada permanencia del CO₂ hace que las emisiones tengan un efecto acumulativo, que combinado con el retardo térmico de las nuevas concentraciones de gases de efecto invernadero, provoque que los mayores efectos de estos cambios aparezcan después de varias décadas¹⁸.

Durante su ciclo, si se retira demasiado CO₂ de la atmósfera, el suelo se enfría, y si el ciclo genera demasiado CO₂, el suelo se hace más cálido. El proceso del ciclo se lleva a cabo cuando los productores terrestres retiran CO₂ de la atmósfera y los productores acuáticos lo hacen del agua. Después se emplea la fotosíntesis para convertir el CO₂ en hidratos de carbono complejos, como la glucosa. Las células de los productores consumidores de oxígeno, de los consumidores y de los descomponedores, llevan a cabo la respiración

¹⁵ UNFCCC. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Anexo A. Naciones Unidas. 1998. Consulta Junio 2014. Disponible en <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>>

¹⁶ IPCC. *Climate Change 2001*. Cambridge University Press, New York, 2001. Pág. 39.

¹⁷ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 88.

¹⁸ *Ibidem*. Pág. 35.

aeróbica, la cual descompone la glucosa y otros compuestos orgánicos complejos y convierte de nuevo el carbono en CO₂, y lo devuelve a la atmósfera o al agua, para volver a ser utilizado por los productores. Esta relación entre la fotosíntesis de los productores y la respiración aeróbica de los productores, consumidores y descomponedores hace circular el carbono en la exosfera y es una parte primordial del ciclo global del carbono¹⁹.

Sin embargo, desde el siglo XIX al haberse incrementado la humanidad y con ello el consumo de recursos se ha venido alterando el ciclo del carbono de dos formas que añaden mayor cantidad de bióxido de carbono a la atmósfera del que los mares y vegetación son capaces de retirar. Una es la tala de bosques que ha dejado menos vegetación capaz de absorber CO₂ por medio de la fotosíntesis, y la otra es la quema de combustibles fósiles y biomasa que produce CO₂ que fluye directamente a la atmósfera.

La presencia en el aire de sustancias que resultan de la actividad humana ha alcanzado niveles muy altos en los últimos años. El transporte, la actividad industrial y demás servicios, descargan gases, polvos, partículas y cualquier cantidad de ruidos. La Atmósfera ha cambiado su composición física y química incrementando el bióxido de carbono en un 60%²⁰. El aumento de la concentración del CO₂ y de otros gases de efecto invernadero trae como consecuencia la alteración de patrones climáticos.

Metano

El metano (CH₄) es un gas que se produce básicamente por la descomposición anaerobia de la materia orgánica en los sistemas biológicos. Diversos procesos agrícolas lo producen, como el cultivo de arroz inundado en agua, la fermentación entérica de los animales y la descomposición de sus desechos. De la misma manera se emite CH₄ en la producción y distribución de gas natural y petróleo, y es liberado como subproducto en la extracción del carbón y en la combustión incompleta de combustibles fósiles²¹.

En el periodo previo a la industrialización registraba una concentración en la Atmósfera de 700 partes por mil millones en volumen (ppmm), y en 1994 fue de 1720 ppmm, con un incremento del 145%, presentando en la actualidad una tasa de concentración de 7.0 partes por billón anual. Tiene un forzamiento radiativo actual de 0.48% W/m², representando el 20% del total de los cambios en las concentraciones de todos los GEI. Su tiempo de vida en la atmósfera es de 12 años y es eliminado por reacciones

¹⁹ MILLER, G. TYLER. *Introducción a la Ciencia Ambiental, desarrollo sostenible de la Tierra, un enfoque integrado*. Madrid, Thomson, 2002. Pág. 50.

²⁰ GRANA, ROBERTO C., [ET AL]. *Ecología y calidad de vida, sociedad y naturaleza*. Buenos Aires, Espacio, 1997. Pág. 81-84.

²¹ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 91.

químicas. Se estima que entre el 60 y 80% de las emisiones de CH₄ provienen de la actividad humana²².

Óxido Nitroso

Varias son las fuentes antropogénicas emisoras del óxido nitroso (N₂O) como los suelos agrícolas, la combustión de energéticos fósiles, la producción de ácidos adípico y nítrico, el tratamiento de aguas residuales, así como la combustión de desechos y de biomasa. En el periodo previo a la industrialización registraba una concentración en la atmósfera de 270 ppmm, y en 1994 fue de 312 ppmm, con un incremento del 13%, presentando en la actualidad 0.8 partes por billón en volumen. Tiene un forzamiento radiativo actual de 0.15% W/m², representando el 6% del total de los cambios en las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero²³. Su tiempo de vida en la atmósfera es de 114 años y su remoción se realiza a través de la acción fotolítica de la luz solar en la estratosfera.

Halocarbonos

Los halocarbonos son compuestos de carbono que contienen flúor, cloro, bromo y yodo. Los que contienen cloro (como los clorofluorocarbonos (CFCs), metil cloroformo y tetracloruro de carbono) y los que contienen bromo (como los halones, bromuro de metilo e hidrobromofluorocarbonos (HBFCs)) son sustancias que agotan el ozono en la estratosfera, controlados por el Protocolo de Montreal²⁴. Los halocarbonos controlados por el Protocolo de Kyoto son los hidrofluorocarbonos (HFCs) y los perfluorocarbonos (PFCs)²⁵.

La concentración de los hidrofluorocarbonos ha aumentado más de tres veces entre 1978 y 1995, teniendo un tiempo de vida de 260 años. Los perfluorocarbonos permanecen en la atmósfera al menos 50,000 años.

Otros gases

El ozono (O₃) se encuentra de manera natural en la troposfera y también es consecuencia de las reacciones fotoquímicas resultantes de las actividades humanas. Este ozono troposférico se comporta como gas de efecto invernadero indirecto. En este mismo

²² IPCC. *Climate Change 2001*. Cambridge University Press, New York, 2001. Pág. 41.

²³ *Ibidem*. Pág. 42.

²⁴ IPCC. *La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial: Cuestiones relativas a los hidrofluorocarbonos y a los perfluorocarbonos*. Cambridge University Press, New York, 2005. Pág. 4-5.

²⁵ UNFCCC. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Anexo A. Naciones Unidas. 1998. Consulta Junio 2014. Disponible en <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>>

sentido, en la estratosfera se produce ozono como resultado de la interacción entre la radiación solar ultravioleta y el oxígeno molecular, desempeñando un papel muy importante en el balance radiativo de la estratosfera. La contaminación ha provocado que disminuya el ozono estratosférico y se incremente el troposférico.

Existen otros gases como el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos volátiles, el óxido nítrico, el bióxido de nitrógeno, los aerosoles, que junto con el ozono contribuyen en los cambios de las concentraciones de los gases de efecto invernadero²⁶.

1.2. Consecuencias presentes y futuras.

1.2.1. La variabilidad del clima y el cambio climático.

El cambio climático de la Tierra es una modificación constante del clima a una escala global por causas naturales, el cual influye en todos los parámetros climáticos de diversas formas. Sin embargo, aunque el clima del planeta siempre ha tenido variaciones, el cambio climático que se ha presentado en el último siglo ha sido acelerado afectando la vida en todo el mundo. En las últimas décadas el crecimiento desmedido de la población y sus niveles de consumo, incrementó la demanda global de todo tipo de recursos modificando casi completamente la superficie continental del planeta. Esta expansión del consumo se basó en el ritmo acelerado del desarrollo tecnológico, provocando que por primera vez el hombre produjera impactos globales sobre el planeta, transformando la vida del mismo.

El clima es un estado cambiante de la Atmósfera, donde se desarrollan interacciones con los océanos y los continentes en diferentes escalas de tiempo y espacio, y de la misma forma depende del balance energético entre la radiación solar y radiación emitida por la Tierra²⁷. Es por ello que parámetros meteorológicos como la temperatura o la precipitación presentan modificaciones en sus valores promedio de varios años, generando una anomalía climática que puede ser ocasionada por procesos naturales, denominados forzamientos internos, o por procesos resultado de la actividad humana, denominados forzamientos externos, dando paso a la variabilidad del clima²⁸.

En una de las Convenciones de las Naciones Unidas se denominó como cambio climático "al cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que

²⁶ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 95-98.

²⁷ BARROS, VICENTE. *El cambio climático global*. Buenos Aires, Libros del Zorzal, 2004.

²⁸ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 17-18.

altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables²⁹. Este cambio climático, que es antropogénico, implica modificaciones en los patrones de lluvia, nubosidad, temperatura y demás elementos del sistema atmosférico.

En la actualidad se tienen evidencias observables de esta variabilidad climática. Como que la temperatura global del planeta está aumentando y que los regímenes de lluvia están cambiando. Además de ello, se han presentado cambios drásticos en el clima en escalas muy cortas de tiempo. De mediados del siglo XIX hasta el presente se ha observado un aumento global de la temperatura del orden de 0.6°C³⁰. Los aumentos de temperatura más importantes se han producido en las regiones continentales, y por su puesto también el contenido de calor en los océanos ha aumentado. Las observaciones muestran que los aumentos son mayores en latitudes medias produciendo cambios en la cubierta de hielo y nieve y disminución del albedo planetario.

El impacto mayor registrado por la variabilidad del clima es el asociado con el Niño, el cual es un estado del océano Pacífico en que la temperatura de superficie del mar presenta una anomalía de entre 2° y 5°C, produciendo cambios en la circulación atmosférica y alterando el clima de todo el planeta³¹. Muchas son las evidencias observables sobre la variabilidad climática que traen como consecuencia un inminente cambio climático.

En las últimas décadas las anomalías del clima están asociadas con el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero y a la deforestación. Sin embargo se han hecho estimaciones sobre las consecuencias del aumento de la temperatura, como lo son los cambios en los patrones de lluvia, viento y el incremento del nivel del mar. Estos cambios pueden causar muertes por exposiciones a temperaturas extremas, esparcimiento de enfermedades, sequías, falta de alimentos y escasez de agua³².

1.2.2. Política internacional frente al cambio climático.

La respuesta a nivel mundial sobre la problemática del calentamiento global ha sido sumamente variable, atravesando por diversas fases de actividad e intensidad.

²⁹ IPCC. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 1992. Artículo 1. Definiciones. (Panel Internacional sobre Cambio Climático).

³⁰ IPCC. *Climate Change 2001*. Cambridge University Press, New York, 2001. Pág. 2.

³¹ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 205.

³² WHO. *Climate and Health. WHO fact sheet*. World Health Organization. August 2007. Consulta Julio de 2009. Disponible en <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/index.html>>

Desde 1951 la Organización Meteorológica Mundial, organismo especializado de las Naciones Unidas, ha estado realizando estudios sobre la influencia del CO₂ en la atmósfera. En 1957 los estudios de Charles Keeling demostraron que la concentración de CO₂ en la atmósfera había aumentado desde la Revolución Industrial a la actualidad³³. Es a partir de 1972 en la Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano de Estocolmo que el tema se plasma en la agenda política mundial, tratando la crisis ambiental como un problema macro donde cada uno de sus componentes, como el cambio climático, la contaminación, la pérdida de la biodiversidad, el agujero de ozono, entre otros, serán estudiados desde el punto de vista de sus interrelaciones para establecer acuerdos internacionales.

Fue en 1979 que se llevó a cabo la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima convocada por la ONU con el objetivo de revisar los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática por causas naturales y por la actividad humana y así evaluar las posibles modificaciones futuras³⁴. En esta conferencia también se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para poder negociar estos tratados medioambientales y ponerlos en práctica.

En 1988 se creó el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) con el fin de realizar evaluaciones periódicas sobre este fenómeno y sus consecuencias. En 1992 tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, la primera Cumbre de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, también conocida como Cumbre de la Tierra³⁵. En esta reunión se obtuvo como resultado la aprobación de diversos documentos como la Carta de la Tierra, la Agenda 21, el Acuerdo Forestal, la Convención sobre el Cambio Climático, la Convención sobre la Protección de la Biodiversidad y la Comisión de la ONU sobre el Desarrollo Sostenible. Sin embargo, la mayor parte de estas conclusiones constan de acuerdos no vinculantes sin suficientes incentivos para su instrumentación. En tanto que los países en vías de desarrollo plantean que al tener que afrontar una enorme miseria y cortos presupuestos, no pueden reducir la contaminación y proteger la biodiversidad sin ayuda exterior y sin la transferencia de nuevas tecnologías.

En 1997 se llevó a cabo en Kioto, Japón, la Tercera Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, como un esfuerzo mundial para controlar los efectos negativos de la actividad humana sobre el medio ambiente, involucrando aspectos ecológicos, económicos y sociales. En esta Conferencia se elaboró un documento conocido

³³ SCHOIJET, MAURICIO. *Límites del Crecimiento y Cambio Climático*. México, Siglo XXI, 2008. Pág. 110.

³⁴ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 125-126.

³⁵ ONU. *Conferencias de la ONU sobre el medio ambiente*. ONU - Centro de Información. 2000. Consultado Julio de 2010. Disponible en <http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/conf.htm#tierra>

como Protocolo de Kioto, el cual comprometía a los países desarrollados a reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero, estipulando que esta reducción deberá hacerse efectiva en el período de 2008 a 2012.

El protocolo incluye mecanismos diseñados para incrementar el costo y la efectividad de la mitigación del cambio climático, creando opciones para que las Partes puedan reducir sus emisiones o aumentar sus sumideros de carbono incluso fuera de su país. Ejemplo de ello son los llamados Bonos de Carbono, los cuales son un sistema de incentivos económicos donde los países desarrollados podrán cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones contribuyendo con inversiones en proyectos que reduzcan esas emisiones, particularmente en proyectos relacionados con energía, transporte, construcción, etc³⁶.

En un principio se estableció que sería obligatorio su cumplimiento cuando lo ratificasen los países desarrollados responsables del 55% de las emisiones de CO₂, y con la ratificación de Rusia, entró en vigor en 2005. Sin embargo, Estados Unidos, Australia y Japón, condicionan la ratificación al cumplimiento de compromisos por parte de países en vías de desarrollo. Posteriormente en el 2005 se llevó a cabo la primera reunión de seguimiento en Montreal, Canadá, en donde se creó el llamado Protocolo de Montreal. Protocolo para la protección de la capa superior de ozono de la Atmósfera terrestre³⁷.

Después en Bali, Indonesia, en el 2007, se celebró una nueva reunión donde se estableció un documento que dio un plazo de dos años para construir un nuevo acuerdo que permitiera responder a los objetivos iniciales de la Convención más allá del 2012.

Sin embargo se obtuvieron pocos avances y en 2009 en Copenhague los acuerdos se determinaron en un texto no vinculante y sin plazos. El Protocolo de Kioto venció en 2012 y reuniones posteriores han obtenido resultados escasos.

La información contenida en este capítulo establece la contribución que tienen las actividades humanas sobre las emisiones de GEI a la atmósfera, y por tanto fundamenta la influencia de las variables del modelo relacionadas con actividades del desarrollo de la vivienda sobre la generación de estas emisiones.

Una vez identificadas las causas antropogénicas de los GEI, en el siguiente capítulo se determina la relación de éstos con la vivienda, con el objeto de tener un control sobre las emisiones generadas por ésta.

³⁶ UNFCCC. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de ONU sobre el Cambio Climático*. ONU. 1998. Consulta Junio 2014. Disponible en <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>>

³⁷ MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ, comp. *Cambio climático: una visión desde México*. México, D.F. SEMARNAT, INE, 2004. Pág. 148.

Capítulo 2

La vivienda

En este capítulo se muestra el vínculo entre los GEI y la vivienda, para lo cual se describen las características de la vivienda como espacio habitacional y su impacto en el medio ambiente, determinando los principales detonadores de consumo de recursos y de generación de emisiones que influirán directamente en el desarrollo de las variables.

Una vez determinados estos generadores se enumerarán alternativas de eficiencia energética que podrán integrarse al proceso del modelo. Se mencionan también las características de metodologías normativas.

2.1. La vivienda como espacio habitacional.

La vivienda es el espacio donde los individuos se desarrollan, consolidando un sentido de pertenencia, fomentando el desenvolvimiento individual de sus ocupantes, debido a que es un elemento fundamental que caracteriza la forma de vida en un determinado entorno ambiental. Tiene cierta complejidad debido a que es el resultado de distintas maneras de ocupación del suelo y se relaciona directamente con todos los procesos estructurales de la ciudad donde se desarrolla, y por supuesto con políticas gubernamentales. Además, es el principal instrumento que permite satisfacer las necesidades de comodidad, ya que modifica el entorno natural y optimiza las condiciones de habitabilidad. Es una estructura construida compuesta de bienes y servicios.

El desarrollo de vivienda, dentro de la industria de la construcción, es una parte fundamental del crecimiento económico del país y una fuente importante generadora de empleos a nivel nacional.

La vivienda ocupa la mayor extensión en los asentamientos, constituyendo una gran empresa económica que moviliza cuantiosos recursos materiales, energéticos y humanos. La transformación ambiental más evidente es el cambio de uso del suelo en el proceso de construcción de los espacios habitacionales. Esta transformación degrada los ecosistemas reconfigurándolos y generando el uso ineficiente de recursos.

2.2. Impacto ecológico generado por la vivienda.

El sector de la construcción ha tenido los mayores impactos económicos, sociales y ambientales. Muchas de las actividades de la construcción como el diseño, los procesos constructivos, el uso, la restauración y la demolición de las viviendas afectan directa o indirectamente al funcionamiento ambiental.

La modificación exhaustiva e incontrolada de los medios físicos y biológicos, provocada por las actividades humanas y por el medio edificado, es una de las causas principales de los importantes y numerosos problemas medioambientales que se encuentran en la actualidad. Por lo general, los cambios en las condiciones del ecosistema producidos por el medio edificado llevan consigo la disminución, la alteración y/o algún tipo de adición a los ecosistemas y recursos naturales de la Tierra³⁸.

Cualquier acción o actividad edificadora, particularmente el espacio habitacional, ejerce los siguientes modos de impacto sobre los ecosistemas y recursos de la Tierra:

a) Únicamente por su presencia física desplaza espacialmente una porción del ecosistema, ya que su composición de energía y materiales modifica la energía y los materiales del ecosistema.

b) Después de su construcción fomenta la aparición de otras actividades humanas y otras urbanizaciones, las cuales provocarán la aparición de más impactos ambientales.

c) Debido al consumo de grandes cantidades de recursos materiales y energéticos para su realización, funcionamiento y evacuación, reduce los recursos no renovables de la Tierra. Asimismo, el proceso de extracción y manipulación de recursos, consumen de nuevo energía y recursos materiales, provocando otro impacto considerable.

d) Como resultado de su realización, explotación y evacuación, emite grandes cantidades de productos, incluyendo descargas de energía en forma de calor y materiales. Esos productos pueden afectar al funcionamiento de los ecosistemas de la Tierra, al de otros ambientes edificados y al suministro de recursos de la Tierra en el futuro.

El proyecto del espacio habitacional edificado puede ser concebido como una forma de gestión de los recursos energéticos y materiales, como parte de los flujos e intercambios continuos de estos dentro de la biosfera, por lo que hay que analizarlo a través de su ciclo de vida, desde sus fuentes de origen hasta sus lugares de vertido o evacuación.

Es importante resaltar que el impacto ambiental total de un sistema proyectado es el resultado de los impactos ocasionados por todas las actividades comprendidas en la construcción de la naturaleza y forma física del sistema edificado y de los impactos que

³⁸ YEANG, KEN. *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona, G. Gili, 1999. Pág. 37-59.

generan el uso, la evacuación y la recuperación de esos elementos. Ya que todo sistema proyectado afecta y es afectado por el medio ambiente a lo largo de toda su vida útil.

En las edificaciones que exige la sociedad contemporánea se demandan una gran cantidad de recursos energéticos y materiales. Por lo que es inevitable que, con el fin de suministrar esos recursos, se produzcan cambios en el ecosistema. Cuantos más requerimientos y cuanto mayor sea el medio edificado, mayor será su impacto ecológico.

2.3. Detonadores de consumo de recursos.

Todo aquello que un organismo necesita para su normal mantenimiento, crecimiento y reproducción se le denomina como recurso ecológico³⁹. Estos recursos se clasifican en recursos materiales renovables, potencialmente renovables y no renovables.

Se denominan como recursos renovables los que a escala humana de tiempo son perpetuos, y los potencialmente renovables son los que se pueden reponer rápidamente por medio de procesos naturales, siempre que el ritmo más alto al que se puede utilizar indefinidamente no debe reducir las existencias disponibles.

Y los recursos que existen en la corteza terrestre en cantidad limitada se denominan como no renovables o agotables, ya que a una escala humana de tiempo estos recursos se pueden agotar más rápidamente de lo que se forman. No se pueden reciclar ni reutilizar, ya que una vez que se han quemado, la energía útil se transforma en calor y gases de efecto invernadero y contaminantes, y sus reservas mundiales tienen un tiempo de agotamiento corto. Se considera que el mayor peligro no está en el agotamiento de estos recursos, sino en los daños causados por su extracción, procesamiento y conversión en productos, daños que hacen al medio ambiente en forma de consumo de energía, alteración de la tierra, erosión del suelo, contaminación del agua y del aire.

Dentro de los recursos se encuentra la materia y energía. La materia es cualquier cosa que tenga masa y ocupe espacio y su calidad se determina de acuerdo a su utilidad. La materia de alta calidad está organizada, concentrada y se encuentra generalmente cerca de la superficie de la tierra y tiene un gran potencial para ser utilizada como recurso.

La energía es la capacidad de realizar trabajo y transmitir calor. Se presenta en muchas formas, como luz, calor, electricidad, energía química, energía mecánica y energía nuclear. Se puede clasificar por su calidad, siendo de alta calidad la que está organizada, concentrada y puede realizar mucho trabajo útil.

³⁹ MILLER, G. TYLER. *Introducción a la Ciencia Ambiental, desarrollo sostenible de la Tierra, un enfoque integrado*. Madrid, Thomson, 2002. Pág. 4.

Entropía

Cuando la energía se transforma siempre se produce una reducción de la calidad de dicha energía⁴⁰. Esta energía degradada adopta la forma de calor de baja temperatura que se desprende hacia el entorno, es decir, fluye el calor desde la energía de alta calidad a la energía de baja calidad. No puede haber más cambios físicos y químicos, no se puede desarrollar ningún trabajo, y la presión, la temperatura y la concentración son uniformes en todo el sistema. Al proceso por el cual la energía pierde su capacidad de generar trabajo útil o, mejor dicho, se transforma en otra energía que es menos aprovechable, se le llama entropía. Es una medida de degradación de los recursos a lo largo del tiempo.

En todo proceso natural se produce un aumento de entropía, debido al grado de disipación dentro de un sistema determinado. Los procesos de la naturaleza al aumentar la entropía se hacen irreversibles.

En un sistema construido la disipación de energía resultante puede producirse en el interior o bien ser expedida desde el sistema al medio ambiente. Todas las etapas de una edificación desarrollan procesos que vienen acompañados de un gasto de energía necesariamente⁴¹. La reducción de los procesos entrópicos depende de la integridad del medio que los rodea y del correcto funcionamiento de los mecanismos que consumen energía para mantenerlos.

2.3.1. Consumo de recursos energéticos y materiales.

Cualquier actividad constructiva incluye la utilización, redistribución y concentración de algún recurso energético o material de la tierra en un área específica. La existencia prolongada y el mantenimiento del medio edificado generan una dependencia grande de los recursos de la tierra y el medio ambiente.

Grandes cantidades de combustibles fósiles y de recursos minerales son empleados en los procesos constructivos. Un edificio consume energía de diversas formas⁴²:

- a) A través de la fabricación de los materiales de construcción, y componentes.
- b) Durante la distribución y el transporte de los materiales de construcción.
- c) El momento de la construcción del edificio mismo.
- d) El funcionamiento del edificio, los equipamientos y electrodomésticos.
- e) Los requerimientos térmicos y lumínicos.

⁴⁰ Segunda ley de la termodinámica: cuando la energía cambia de una forma a otra, una parte siempre se degrada a energía de inferior calidad, más dispersa, menos útil. *Ibidem*. Pág. 28.

⁴¹ YEANG, KEN. *El rascacielos ecológico*. Barcelona, G. Gili, 2001. Pág. 43-44.

⁴² WILLIAMSON, T. J. *Understanding sustainable architecture*. New York, Spon Press, 2002. Pág. 22-27.

- f) El mantenimiento y renovaciones.
- g) Su distribución final.

El uso de recursos renovables como la energía solar y el viento están siendo implementadas lentamente, debido a que el uso de recursos no renovables conlleva un menor costo económico para los consumidores. El agua es otro de los recursos que las edificaciones requieren para su construcción y su operación.

Varios tipos de materiales son usados en los diferentes componentes de una edificación, generando una cantidad importante de residuos, los cuales pueden dividirse en material removido de las construcciones cuando están siendo demolidas o restauradas, y los desechos generados en el sitio de construcción⁴³.

Cuando se desecha algún elemento de una construcción se desperdicia la energía que intervino en su fabricación y el deterioro ambiental que ésta produjo, creándose al mismo tiempo la necesidad de otro producto, generando una nueva demanda de recursos y energía. La tendencia general en la industria de la construcción se inclina hacia un mayor rendimiento, pero también hacia productos más procesados y hacia un mayor consumo de energía en el transporte antes y después de la fabricación.

Es por ello que debiera lograrse la recuperación sistemática de los productos de todo el proceso del proyecto. También reducir el malgasto de recursos y limitar el uso de materiales que no pueden renovarse después de su utilización, para que de este modo se incorpore un modelo cíclico de uso de recursos, donde un material o energía se extraiga del medio ambiente, se use en la edificación y finalmente se transforme en un nuevo recurso.

Por lo que se deben seleccionar los materiales empleando criterios ecológicos⁴⁴ como:

- a) La energía incorporada al material, es decir, con el costo energético de la extracción y transformación de las materias primas, fabricación, transporte y construcción.
- b) El impacto ecológico incorporado del material, que se refiere al impacto sobre el medio ambiente a consecuencia de la producción y transporte del material a la obra, así como la consideración del impacto que tendrá después de su uso.
- c) La toxicidad del material para las personas y los ecosistemas.
- d) El potencial de reutilización y reciclaje del material.

El comportamiento de la materia y la energía se explica en la ley de la conservación de la materia, la cual indica que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma. Por lo que aunque se pudiera hacer que el medio ambiente estuviera más limpio y convertir algunos productos químicos potencialmente dañinos en otras formas químicas menos

⁴³ YEANG, KEN. *El rascacielos ecológico*. Barcelona, G. Gili, 2001. Pág. 166-172.

⁴⁴ *Ibidem*. Pág. 62-63.

perjudiciales, esta ley muestra que siempre se tendrá que afrontar el problema de qué hacer con los residuos⁴⁵.

2.4. Alternativas de eficiencia energética.

2.4.1. Comodidad Ambiental.

El medio ambiente causa efectos que inciden directamente en la salud del hombre, por lo que su fuerza física y su actividad mental se desarrollan mejor si las condiciones de entorno físico son óptimas. Este entorno físico está formado por numerosos elementos relacionados entre sí, como la luz, el sonido, el clima, el espacio, entre otros, todos ellos inciden en el cuerpo, el cual puede intentar absorberlos o contrarrestar sus efectos⁴⁶.

El cuerpo lucha por conseguir el equilibrio biológico produciendo diversas reacciones físicas y psicológicas, esforzándose por adaptarse a su entorno con un mínimo de energía.

De acuerdo con Víctor Olgyay, las condiciones bajo las cuales el hombre consigue este objetivo se define como "zona de confort" donde la mayor parte de la energía humana se libera para dedicarse a la productividad⁴⁷. Polv Ole Fanger define una "zona de bienestar" como la condición mental que expresa satisfacción con el medio que le rodea⁴⁸. Baruch Givoni expresa que el "estado de confort" puede definirse en sentido negativo como la ausencia de irritación o malestar térmico⁴⁹.

En la arquitectura se pueden producir las características ambientales de un espacio determinado que cause molestia o comodidad en el usuario dependiendo de los estímulos percibidos en ese ambiente. A esto se le denominará como Comodidad Ambiental, la cual hasta cierto punto es inconsciente, hasta que alguna determinada circunstancia provoca que pongamos atención en ello. En la sensación de comodidad ambiental intervienen estímulos captados a través de los sentidos y personales, son específicos para cada sentido, como los térmicos, acústicos o visuales. Pueden ser generales, los cuales afectan al mismo tiempo a todos los sentidos, como las dimensiones del espacio y tiempo. Estos estímulos son manifestaciones energéticas, que expresan las características físicas y ambientales de un

⁴⁵ MILLER, G. TYLER. *Introducción a la Ciencia Ambiental, desarrollo sostenible de la Tierra, un enfoque integrado*. Madrid, Thomson, 2002. Pág. 28.

⁴⁶ NEILA GONZÁLEZ, F. JAVIER. *Arquitectura bioclimática, en un entorno sostenible*. Madrid, Munilla-Lería, 2004. Pág. 177.

⁴⁷ OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, G. Gili, 1998. Pág. 15-23.

⁴⁸ SERRA FLORENSA, RAFAÉL. *Arquitectura y energía natural*. México, D.F., Alfaomega, 2005. Pág. 79.

⁴⁹ GIVONI, BARUCH. *Climate considerations in building and urban design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1998. Pág. 22-38.

espacio, teniendo una cualidad de específicos y susceptibles de medición. Por otro lado, los estímulos propios del individuo son las características de sus condiciones físicas, sociológicas y psicológicas, las cuales son tan individuales que son poco susceptibles de medición⁵⁰.

Por sus cualidades de ser específicos y medibles, en esta investigación se emplearán los estímulos ambientales relacionados con la comodidad higrométrica, en la cual intervienen fenómenos energéticos de intercambio entre el cuerpo y el medio ambiente.

El cuerpo cuenta con sistemas de eliminación de energía que permiten regular la producción de calor y su pérdida para mantener el equilibrio. Estos sistemas actúan modificando el flujo sanguíneo, el metabolismo, la cantidad de transpiración y el ritmo respiratorio. La producción de calor compensa las pérdidas hacia el exterior manteniendo estable la temperatura, dando una sensación de comodidad. Sin ese equilibrio, al aumentar o disminuir la temperatura interna, se produce una sensación de molestia⁵¹.

En el medio ambiente los parámetros que influyen en la respuesta del cuerpo son:

a. Temperatura del aire, que envuelve el cuerpo, regula la cesión de calor por conducción y por respiración.

b. Temperatura de radiación, que es la temperatura media ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, influye en los intercambios por radiación.

c. Humedad relativa del aire, modifica las pérdidas por evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración.

d. Velocidad del aire respecto al cuerpo, influye en la disipación por convección y en la velocidad de la evaporación de la transpiración.

De la misma manera influyen otros factores como el grado de actividad del individuo que actúa directamente en el metabolismo, el tipo de vestido el cual es la barrera que da resistencia térmica y resistencia al paso de la humedad, la edad, el sexo y la educación, y el grado de aclimatación, la situación geográfica y la época del año.

La velocidad de dispersión de energía metabólica es variable y depende de diversos factores, siendo el oxígeno el principal, ya que es el comburente en la producción del calor. Sin embargo, el ritmo de consumo de oxígeno no es constante, está en función de la actividad, por lo que ese es el parámetro de cuantificación. Cuando se presenta el menor ritmo de transferencia de calor de origen metabólico entre el organismo y el entorno, se le denomina como metabolismo basal, correspondiente a un estado de reposo absoluto.

Debido a la complejidad de los parámetros que intervienen en las condiciones de comodidad, se han realizado diversos intentos de valoración conjunta de una parte y de

⁵⁰ SERRA FLORENSA, RAFAÉL. *Arquitectura y energía natural*. México, D.F., Alfaomega, 2005. Pág. 79.

⁵¹ *Ibidem*. Pág. 79-93.

todos los factores que influyen, intentando calcular numéricamente la comodidad que producen. Entre los más analizados están la Temperatura Efectiva (ASHRAE)⁵², la Gráfica Bioclimática de Víctor Olgyay⁵³, la Carta Bioclimática de Baruch Givoni⁵⁴, y el Modelo de neutralidad térmica⁵⁵.

Para esta investigación se aplicará este último debido a que para la obtención de la zona de comodidad térmica se requiere información que puede ser suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional a través de sus Normales Climatológicas, esta información corresponde a los registros de la temperatura promedio mensual.

$$Tn = 17.6 + 0.31 * Te$$

donde: Tn = Temperatura neutra que formará la zona de comodidad térmica.

Te = Temperatura Ambiente Media Mensual.

2.4.2. Elementos de diseño para una vivienda energéticamente eficiente.

Varios elementos de diseño influyen para que una vivienda sea energéticamente eficiente⁵⁶, como sería:

1. El **diseño bioclimático** de la vivienda que permita maximizar el potencial solar pasivo. Para conseguir esto, se debe tener en cuenta una serie de factores.

- a) La forma de la edificación de la vivienda y su ubicación en el terreno.
- b) La orientación de las fachadas.
- c) Las características de las ventanas.
- d) Los dispositivos pasivos de control solar.
- e) La iluminación natural.
- f) La ventilación natural.

⁵² Índice que expresa el efecto de comodidad combinando la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento, estableciendo una zona de confort en una carta psicrométrica convencional. NEILA GONZÁLEZ, F. JAVIER. *Arquitectura bioclimática, en un entorno sostenible*. Madrid, Munilla-Lería, 2004. Pág. 241-245.

⁵³ Gráfica que estudia el medio ambiente exterior, considerando directamente la temperatura del aire y la humedad relativa. Define una "zona de confort" muy amplia en el centro de la gráfica. Los elementos climáticos que la rodean indican las medidas correctivas para recuperar la sensación de confort en cualquier punto situado fuera de la zona. OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, G. Gili, 1998. Pág. 15-23.

⁵⁴ Carta que considera las temperaturas interiores del edificio. Coloca la zona de confort en el ábaco psicrométrico, estableciendo posibles sistemas de corrección mediante soluciones arquitectónicas de acondicionamiento interior sin sistemas electromecánicos. GIVONI, BARUCH. *Climate considerations in building and urban design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1998. Pág. 22-38.

⁵⁵ Se basa en una fórmula que relaciona la sensación de confort con la temperatura exterior. SZOKOLAY, STEVEN VAJK. *Introduction to architectural science, the basis of sustainable design*. Oxford, United Kingdom, Elsevier/Architectural, 2008. Pág. 20-21.

⁵⁶ YEANG, KEN. *El rascacielos ecológico*. Barcelona, G. Gili, 2001. Pág. 153-162.

- g) La vegetación integrada al edificio y en áreas exteriores.
 - h) El color de las fachadas.
 - i) Selección de materiales empleando criterios ecológicos.
2. La **envolvente** que permita minimizar la demanda de energía en la operación del edificio. Se deben considerar varios factores⁵⁷ como:
- a) El aislamiento del edificio.
 - b) Selección de materiales con propiedades térmicas.
 - c) Dispositivos de control solar.
3. Los **dispositivos tecnológicos** que permitan maximizar el uso de recursos materiales y energéticos. Considerando lo siguiente⁵⁸:
- a) Selección adecuada del dispositivo.
 - b) Principio de captación, almacenamiento y distribución según el tipo de energía.
 - c) Adecuada colocación del dispositivo.
 - d) Mantenimiento especializado.
4. Los **equipos con alta eficiencia energética** que permitan disminuir la energía residual. Cuando por las características climáticas se requiere instalar equipos de acondicionamiento electromecánicos, se deben considerar diversos factores como:
- a) Selección adecuada del equipo.
 - b) Cálculo de periodos de uso en el año.
 - c) Correcta regulación del sistema.
 - d) Control de temperaturas.
 - e) Aislamiento térmico específico.
 - f) Mantenimiento especializado.
 - g) Reducción de infiltraciones.

Además de ello la iluminación artificial debe considerar sistemas de control y regulación, y mantenimiento.

2.5. Metodologías normativas para la eficiencia energética en las edificaciones.

El sector de la construcción forma parte muy importante de la economía de los países, incluyendo el impacto ambiental, social y económico que genera.

⁵⁷ *Ibidem*. Pág. 213-217.

⁵⁸ *Ibidem*. Pág. 272-276.

En 1998 la OECD⁵⁹ inició un Proyecto de Construcción Sustentable (OECD Sustainable Building Project) con el objetivo de establecer una guía para el diseño de las políticas gubernamentales y controlar los impactos ambientales en el sector de la construcción, estableciendo tres prioridades, la reducción de las emisiones de CO₂, la reducción de los desechos generados por el proceso de la construcción y la demolición, y la prevención de la contaminación del aire al interior de los espacios construidos⁶⁰.

En los últimos años han surgido nuevas herramientas con el mismo propósito de controlar el impacto ambiental en el sector de la construcción, como los sistemas de clasificación para edificaciones ecológicas o verdes.

Estos sistemas de clasificaciones cuentan con tres componentes básicos, un conjunto de criterios ambientales, un sistema de puntuación, y un sistema de ponderaciones. El resultado de la evaluación del sistema de ponderación es una puntuación global dada al desempeño ambiental de la edificación, la cual es comparada con un caso similar de referencia. Estos sistemas utilizan un método de etiquetado de productos que permite dar a conocer a los consumidores el desempeño ambiental de la edificación y otras características particulares.

Los sistemas de clasificación son diseñados para diferentes tipos de construcciones y en distintas fases de su ciclo de vida. Estos tipos incluyen edificaciones comerciales, habitacionales, industriales, escolares, entre otros. A diferencia de sistemas de evaluación que al mismo tiempo engloban a todos los tipos de edificaciones, los sistemas de clasificación se enfocan en un tipo determinado y específico, ya que las características de cada edificación difieren de un tipo a otro.

El criterio ambiental es un componente fundamental de estos sistemas, con la finalidad de determinar cuál es el impacto negativo de las edificaciones y cómo puede ser reducido. Enfocándose a tres categorías ambientales, la energía, el agua y la calidad del ambiente al interior de los espacios. La aplicación de estos sistemas puede ser durante la etapa de diseño y planeación, o bien, en un edificio existente y en operación. El resultado de la evaluación de estos sistemas de clasificación se describe y se representa de distintas formas. La mayoría de ellos no permiten publicitar los resultados hasta obtener la certificación correspondiente y haber pagado las cuotas que se estipulan por la organización certificadora.

Unos de los mecanismos normativos con mayor trascendencia son BREEAM y LEED.

⁵⁹ OECD. The Organization for Economic Co-operation and Development. México se incorpora a la organización en Mayo de 1994.

⁶⁰ *Environmentally sustainable buildings, challenges and policies*. Paris, Organization for Economic Co-operation and Development OECD, 2003. Pág. 14-15.

2.5.1. BREEAM.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) se inició en el Reino Unido en 1990, siendo el primer sistema a nivel mundial, para la clasificación de edificios. Fue creado como una herramienta para estimular la demanda de edificios ecológicos en el mercado económico del Reino Unido⁶¹.

Pretende dar una guía para minimizar los efectos adversos que las construcciones causan en el ambiente a nivel local y global, mientras promueve un ambiente al interior de los espacios más sano y confortable.

Para lograr sus objetivos considera lo siguiente:

a. Impactos ambientales, que conducen a la protección y a la posible mejora del medio ambiente, reduciendo la contaminación en aire, tierra y agua.

b. Uso prudente de recursos naturales, a través de construcciones más durables, que puedan sobrevivir a los cambios de la moda y el uso; selección de materiales y productos no agresivos al ambiente; acciones apropiadas de reciclaje, reutilización de la edificación; la reutilización de agua, entre otras acciones que reduzcan el impacto ambiental.

c. Calidad de vida, con construcciones competitivas que promuevan una alta calidad ambiental; edificaciones y espacios interiores que cubran las necesidades de sus ocupantes.

Se basa en un esquema donde se otorga un certificado a un determinado proyecto, después de haber sido sometido al método y haber cumplido con los criterios ambientales exigentes. El certificado concede una etiqueta al proyecto, la cual permite al propietario o a los ocupantes que sean reconocidos por el desempeño ambiental de su edificación, con una significativa penetración en los mercados.

Las categorías que intervienen en la ponderación son nueve, administración, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, uso de suelo, ecología y contaminación, los créditos de cada categoría son sumados, formando el resultado final expresado en porcentaje.

2.5.2. LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es un sistema de clasificación voluntario, basado en consensos y el manejo del mercado de la construcción, apoyándose en tecnologías probadas existentes y conceptos innovadores. Evalúa el desempeño ambiental

⁶¹ *BREEAM: the Environmental Assessment Method for Buildings Around The World*. Reino Unido. BRE Global 2009. Consulta Marzo de 2010. Disponible en <<http://www.breeam.org/index.jsp>>

desde una perspectiva completa del edificio considerando su ciclo de vida, proporcionando estándares para constituir un edificio ecológico, denominado como "green building" ⁶². La primera versión formal se realizó en 1998, declarando los siguientes objetivos.

- a. Definir un "green building" estableciendo una norma común de medición.
- b. Promoción integrada a todas las prácticas del diseño de edificios.
- c. Reconocer la importancia ambiental en las edificaciones de tipo industrial.
- d. Estimular una competencia ecológica.
- e. Sensibilizar a los consumidores sobre los beneficios de un green building.
- f. Transformar el mercado de la construcción.

Estos objetivos los lleva a cabo través de guías de diseño y herramientas de certificación, mejorando el bienestar de los ocupantes, el desempeño ambiental y el retorno económico en los mercados. Establece el uso de prácticas innovadoras, normatividades y tecnología, con el fin de promover la eficiencia energética y de manejo de recursos en el desempeño de la edificación durante su diseño, construcción y operación. Plantea seis criterios a evaluar: sitios sostenibles, uso eficiente del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad del ambiente interior, procesos innovadores y diseño.

Tiene un sistema guiado donde se ganan puntos para satisfacer el criterio de cada crédito solicitado, y dependiendo de los puntos totales acumulados, se obtienen diferentes niveles de certificación.

En México, de acuerdo a los datos proporcionados por USGBC, se tiene un registro de 262 aplicaciones para la certificación LEED en todas sus categorías, pero únicamente se han certificado 25 casos hasta septiembre de 2014.

2.5.3. Limitaciones de las herramientas normativas.

Las herramientas normativas que se han desarrollado hasta ahora presentan limitaciones, una de ellas es la simplificación de los impactos ambientales causados por las edificaciones, ya que con el objeto de consolidar la evaluación en una sola y determinada puntuación, se simplifican demasiado los impactos causados al ambiente de los procesos constructivos. Incluso, una edificación que puede estar dañando de manera importante una zona, puede lograr una muy buena calificación global en las evaluaciones finales. Sin embargo, un mayor detalle podría llegar a grados altísimos de complejidad y criterios difíciles de cumplir.

⁶² LEED. *LEED Rating Systems*. U.S. Green Building Council 2010. Consulta Marzo de 2010. Disponible en <<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPaGEID=222>>

Ahora bien, para estas evaluaciones también se pueden utilizar técnicas como la evaluación del ciclo de vida, el cual es un proceso detallado para cuantificar los impactos ambientales. No es utilizada comúnmente en el diseño de edificios debido a que su desarrollo puede extenderse mucho tiempo. Sin embargo, es un componente importante en los métodos de evaluación ambiental ya que proporciona muchos datos sobre el comportamiento y los impactos del proceso de la edificación.

En muchos casos, estas herramientas normativas llegan a ser complejas y costosas. Estos costos incluyen tasas de certificación, honorarios de los consultores empleados para preparar la documentación y los cálculos, y costos que se generan de mejorar el desempeño ambiental del edificio.

No obstante, desde que algunas de estas herramientas de normatividad se volvieron voluntarias, los consumidores tienen la elección de aplicarlas o no a su proyecto, y un gran porcentaje de ellos lo hace, ya que usualmente el costo de su aplicación es un pequeño componente del costo total de la construcción y se compensa a través de la reducción de los costos de mantenimiento del edificio, una mayor valoración futura en comparación con edificios de bajo rendimiento, un personal de alta productividad como resultado de espacios interiores más sanos, un incremento en la publicidad y comercialización a través de la promoción que da un edificio certificado, y un alto potencial de incentivos fiscales.

Si bien es cierto que los mecanismos normativos son de gran utilidad para apoyar el camino de una edificación ambientalmente eficiente, no se puede generalizar el uso de determinadas normas en forma indiscriminada, debido a que en principio se tendría una situación social, económica, política y geográfica distinta, para cada caso.

Las experiencias de las aplicaciones de estas normas pueden apoyar el desarrollo de nuevas metodologías, considerando puntos como la selección de materiales, acciones de reciclaje, reutilización de la edificación, reutilización de agua, propuestas de dispositivos tecnológicos de vanguardia, manejo eficiente de recursos durante el diseño, la construcción y la operación.

La temática desarrollada en este capítulo fundamenta las posibles variables causales a analizar, como lo son los detonadores de consumo de recursos y de generaciones de emisiones en la vivienda. De la misma forma fundamenta otras variables de desarrollo e interpretación como las alternativas de eficiencia energética, que formarán parte de las metodologías de modelación.

Una vez identificada la relación entre los GEI y la vivienda, a continuación se determinarán las características de las zonas urbanas donde se desarrolla la vivienda.

Capítulo 3

Zonas urbanas

En este capítulo se describen las características y el comportamiento de las zonas urbanas donde se desarrolla la vivienda, para lo cual se señala su comportamiento climático y su impacto en el medio ambiente, esto, con el objeto de establecer las características del contexto que se integrarán como parte del proceso de análisis.

3.1. Zonas urbanas.

Una de las transformaciones más radicales del paisaje natural es el asentamiento de una ciudad o zona urbana, ya que ésta, además de cambiar la morfología del terreno, modifica las condiciones climáticas y ambientales del lugar⁶³.

Este espacio se ve influenciado por las actividades del hombre, las cuales se manifiestan de dos formas, la primera cuando modifica el espacio de manera directa y consciente; y la segunda cuando de este espacio construido se derivan otros espacios y otras actividades, dando como resultado la contaminación y la modificación local del clima. Estos procesos de urbanización constituyen un deterioro en el medio.

Las zonas urbanas tienen una producción y un consumo de energía a gran escala. Tienen además diversas características como la importación y canalización de agua y otros materiales que conllevan una acumulación de cantidades enormes de desechos. Hay una baja producción primaria y una alta actividad consumidora.

Existen cambios en los usos del suelo y alteraciones topográficas, debido a movimientos de tierra, excavaciones, pavimentaciones y rellenos⁶⁴.

⁶³ MORENO GARCÍA, MARÍA DEL CARMEN. *Climatología urbana*. Barcelona, Universitat de Barcelona, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, 1999. Pàg. 13.

⁶⁴ MARZLUFF, JOHN M. [ET AL.]. *Urban ecology, an international perspective on the interaction between humans and nature*. New York, Springer, 2008. Pàg. 249-252.

Zonas urbanas de México.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por INEGI, ocho de cada 10 mexicanos viven en zonas urbanas y seis de cada 10 habita en una zona metropolitana, triplicando en las últimas décadas la población que vive en ciudades⁶⁵.

Desde 1940 en México la expansión física de varias ciudades sobre el territorio de dos o más estados o municipios ha dado lugar a la formación y crecimiento de zonas metropolitanas⁶⁶, las cuales corresponden con el desarrollo económico, social y tecnológico alcanzado por la sociedad en un período determinado, conformando una estructura territorial compleja⁶⁷, tienen mayor jerarquía del sistema urbano nacional, en ellas se genera 71% del producto interno bruto del país y tienen el potencial de incidir favorablemente en el desarrollo económico y social de sus respectivas regiones.

3.2. Características del clima urbano

El clima urbano es la modificación climática no intencionada, lo cual constituye uno de los problemas más importantes de la actualidad por el sobrecalentamiento del planeta, altera aspectos relacionados con la composición del aire y los elementos climáticos como temperatura, precipitaciones y vientos.

Los factores que lo controlan son los diferentes procesos correspondientes al clima regional, que imponen el ritmo y la distribución temporal de los principales elementos climáticos, y los factores urbanos que los modifican.

La intensidad y las características de estas modificaciones están en función de la ciudad y sus distintos elementos que la componen, como las edificaciones, el transporte, la densidad, entre otros⁶⁸.

Existe una capa límite urbana la cual se refiere a la capa de mezcla o turbulencia, generada por la rugosidad de la superficie y los movimientos convectivos asociados al calentamiento del aire en contacto con el suelo. Esta capa en la ciudad puede alcanzar varios cientos de metros formando una cúpula de contaminación. Asimismo en el espacio comprendido entre el suelo y la parte más alta de los edificios, llamado palio o dosel urbano, el viento y las temperaturas experimentan grandes cambios, generando una diversidad de

⁶⁵ INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. México, INEGI, 2010.

⁶⁶ Zonas metropolitanas: ciudades que tienen más de un millón de habitantes. SEDESOL. Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2001-2006. México, SEDESOL, 2001.

⁶⁷ SEDESOL, CONAPO, INEGI. Delimitación de las zonas metropolitanas de México. México, SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2004.

⁶⁸ MORENO GARCÍA, MARÍA DEL CARMEN. *Climatología urbana*. Barcelona, Universitat de Barcelona, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, 1999. Pág. 13-14.

microclimas diferenciados por la trama urbana, el ancho de las calles, los usos del suelo, los componentes del asfalto, y por los materiales, alturas y orientaciones de las edificaciones.

Los principales mecanismos de configuración del clima urbano están relacionados con las modificaciones del equilibrio térmico del sistema atmósfera – ciudad debido a los siguientes factores⁶⁹:

a. La composición del aire urbano, la cual es diferente de las zonas circundantes debido a la contaminación generada.

b. El espacio construido, actúa sobre la temperatura y la humedad.

c. El tránsito, los focos de calor doméstico y la industria, modifican la composición del aire urbano y aumentar el calor y la humedad.

d. Los materiales de construcción urbanos tienen propiedades físicas distintas a las del suelo natural, con menores albedos, mayor capacidad calorífica y una buena conductividad térmica, lo que trae como resultado la modificación del balance de radiación, influyendo en la temperatura del aire.

e. El calor generado por la actividad del hombre dentro del ecosistema, modifica también el balance energético, provocando un aumento de temperatura del aire, incrementando la nubosidad y posibles precipitaciones.

f. La elevada cantidad de partículas procedentes de los procesos de combustión urbanos e industriales, reduce la visibilidad, bloquea la radiación solar y aumenta la formación de nieblas.

Las principales variables que definen el clima, están influenciadas por las transformaciones en el espacio urbano, como:

a. La temperatura es la variable más afectada, esto debido a las características físicas urbanas y al calor desprendido por actividades, contribuyendo al incremento térmico.

b. La radiación solar directa, es mucho menor en las ciudades que en las zonas no construidas, debido a la contaminación atmosférica y a las sombras creadas por los edificios.

c. El movimiento del aire de la superficie reduce su velocidad e incrementa su turbulencia, debido a que se altera la rugosidad de la superficie natural con construcciones.

d. La iluminación disminuye considerablemente como consecuencia de la altura de los edificios y la anchura de las calles.

e. La humedad, las precipitaciones y el viento sufren grandes variaciones derivadas principalmente del aumento de las temperaturas y de la pérdida del suelo natural.

⁶⁹ ALBERTI, MARINA. *Advances in urban ecology, integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*. New York, Springer, 2008. Pág. 1-26.

3.3. Impacto de las zonas urbanas en el medio ambiente natural.

Básicamente los asentamientos urbanos han provocado los mayores impactos al medio ambiente natural. La emisión de gases de efecto invernadero ha tenido potencialmente un papel importante en el cambio climático global, y aunque no se puede precisar con exactitud las cantidades emitidas, se estima que al menos el 85% del global total de bióxido de carbono antropogénico, los clorofluorocarbonos y el ozono troposférico, se origina en las zonas urbanas⁷⁰.

El impacto ambiental que han causado las ciudades sobre el medio ambiente ha tenido consecuencias en la atmósfera, los mantos acuíferos y cuerpos de agua, el suelo y el subsuelo⁷¹. La atmósfera tiene una gran cantidad de contaminantes, afectando la temperatura, el movimiento del aire y la humedad, provocando el efecto invernadero y al mismo tiempo repercutiendo en la salud de las personas.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos subterráneos, el desperdicio o la no utilización del agua de lluvia, la alteración de la capacidad de absorción de los suelos y la eliminación de la cubierta vegetal, produce una gran cantidad de aguas residuales que serán vertidas en algún sitio generando mayor contaminación⁷² y alterando otros ecosistemas.

En una escala local, los cambios ambientales como la pérdida del ecosistema o la contaminación atmosférica y del agua, pueden ser altamente riesgosos para su población y su economía, resultando en degradación ecológica del suelo fértil, contaminación extrema, pérdida de biodiversidad y por consecuencia un cambio climático irreversible.

3.4. Flujos de energía en las ciudades.

Dentro del funcionamiento urbano, los flujos de energía determinan las características de cada asentamiento y su entorno.

La principal fuente de energía que recibe es la radiación solar. En las zonas urbanas se producen grandes pérdidas de energía traducidas en calor sensible, el cual es devuelto al espacio exterior, modificando las proporciones de flujo de energía en comparación con áreas no urbanizadas. La energía en las ciudades se enfoca principalmente en usos visibles como en transporte, industrias, calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire en general. También se emplea en cualquier cosa que sea obtenida de una preparación industrial, de

⁷⁰ Oke, T. R. *Boundary layer climates*. London, Methuen, 1987. Cap. 9 Air Pollution in the boundary. Pág. 304-330.

⁷¹ FARIÑA TOJO, JOSÉ. *La ciudad y el medio natural*. Madrid, España, Akal, 1998. Pág. 281.

⁷² TURK, AMOS. *Ecología, contaminación, medio ambiente*. México, Interamericana, 1973. Pág. 1-2.

una fertilización artificial, o de un proceso que requiera de empaque, refrigeración o transporte. Es importante destacar que existe una relación directa entre la cantidad del consumo energético y el nivel de desarrollo, y por consecuencia entre el consumo desmedido de energía y la contaminación ambiental, incrementándose el uso de combustibles fósiles en lugar de energías primarias.

3.4.1. Isla de calor.

En 1958 se estableció el término "isla de calor urbana"⁷³, cuyo precedente es la "temperatura urbana"⁷⁴, como resultado de observaciones que mostraron que la temperatura en el centro de las zonas urbanas era más cálida que en el medio rural. Posteriormente el investigador Landsberg en 1981 expresa que la isla de calor es el reflejo de la totalidad de los cambios microclimáticos producidos por la alteración del espacio urbano debido a la acción antropogénica⁷⁵. La concentración de edificaciones en una extensión reducida y la cantidad de partículas suspendidas en el aire de la atmósfera en la capa límite, provocan un fenómeno de almacenamiento de calor. Este fenómeno va creciendo con el paso del tiempo, ya que las ciudades van aumentando su dimensión, y con ello van incrementando su temperatura. Su intensidad depende básicamente del tamaño de la ciudad.

La radiación que emite el suelo es atrapada durante el día por contaminantes, edificios y vapor de agua, dificultando su paso hacia las capas superiores de la Atmósfera, provocando un aumento en la temperatura, particularmente en las noches. Asimismo, cuando el viento es débil o está en calma, la nube de smog de la urbe se vuelve más densa, presentándose al amanecer diferencias considerables de temperatura entre la ciudad y el campo. Induce una circulación centrípeta del aire superficial, que se mantiene hasta las primeras horas después de la mañana; aunado a la presencia del aire estable, restringe la dispersión de contaminantes, tanto vertical por la estabilidad como lateralmente.

Alrededor del mediodía, la turbulencia inducida por el calentamiento solar favorece la dispersión de contaminantes, así se reducen de manera significativa las concentraciones, con excepción del ozono que usualmente prevalece sobre los otros contaminantes (polvos, CO y SO₂) y alcanza su máximo después del mediodía. La mayor reducción de incidencia de energía solar debida a la urbanización, se observa durante las horas de la mañana cuando la capa de contaminantes es más densa. La urbanización no sólo disminuye la radiación solar e

⁷³ "Isla de calor urbana" (urban heat island) acuñado por Manley en 1958.

⁷⁴ "Temperatura urbana" (Stadttemperatur) definida por Hann en 1897.

⁷⁵ Oke, T. *Urban Climatology and the Tropical City, an Introduction*. Technical Conference by World Meteorological Organization and World Health Organization. México, 1984. Pág. 1-25.

incrementa la temperatura, también reduce la humedad del aire. Asimismo, por este fenómeno se modifican poco a poco los patrones de lluvia, intensificándose los aguaceros.

Las áreas verdes dentro de la ciudad ayudan a que la isla de calor no sea tan intensa debido a que absorben el calor por los procesos de fotosíntesis y evaporación de agua.

De las diversas variables climáticas, el viento es el que más influye sobre la isla de calor. Esta influencia se manifiesta por el debilitamiento de la isla de calor y el desplazamiento del máximo térmico en la dirección del viento. El aire que llega al centro de la ciudad encuentra obstáculos, como los grandes edificios, los cuales disminuyen su intensidad y aumentan el calor. La intensidad de la isla de calor es directamente proporcional a la población e inversamente proporcional a la velocidad del viento.

La densidad de edificaciones y los diferentes usos del suelo condicionan la distribución de las temperaturas en el interior de la ciudad⁷⁶.

La morfología y la estructura condicionan las variaciones espaciales de la temperatura de dos formas, según el tipo de materiales y usos del suelo, y según la altura y trazado de la red urbana, ya que modifica la radiación que alcanza la superficie.

3.5. Vegetación Urbana.

El entorno construido debe ser seguro, saludable y estético, debe respetar el legado cultural y natural de la ciudad, tratando el territorio como un bien escaso y susceptible de conservar. Debe considerar dentro de su planeación las infraestructuras necesarias y tener un impacto mínimo sobre el medio ambiente, donde las actividades de intercambio económico se promuevan y tengan una infraestructura con viabilidad ecológica⁷⁷.

Las zonas urbanas deben incorporar las áreas verdes como parte de su propio tejido para buscar un posible equilibrio ambiental. Se debe tener un interés por los espacios conurbados analizando la ciudad con todo su ámbito real y el exceso del consumo de recursos. Asimismo, hay que considerar un planteamiento ecosistémico con una concepción global, integrando principios ecológicos que regulan los ecosistemas naturales, como la mínima afectación de los espacios naturales y el equilibrio entre población y recursos⁷⁸.

En el espacio urbano las calles, las edificaciones, las banquetas, el mobiliario y la vegetación en la propiedad pública conforman la infraestructura de una comunidad. Esta

⁷⁶ JÁUREGUI, ERNESTO Y LUYANDO, ELDA. *Long-term association between pan evaporation and the urban heat island in Mexico City*. Revista *Atmósfera* V11 N1 P45-60 Año 1998. Pág. 45-60.

⁷⁷ OOI, GIOK LING. *Sustainability and cities, concept and assessment*. Singapore, Institute of Policy Studies, World Scientific, 2005. Pág. 1-15.

⁷⁸ SALVADOR PALOMO, PEDRO. *La planificación verde en las ciudades*. Barcelona, G. Gili, 2003. Pág. 86.

vegetación en la propiedad pública, es decir la vegetación urbana, contribuye al sentimiento de identidad, haciendo la ciudad habitable y creando un ambiente benéfico para la salud⁷⁹.

La presencia de la vegetación mejora las condiciones climáticas de la ciudad, aumenta la humedad y controla la temperatura, disminuyendo el efecto de la isla de calor; reduce la contaminación ambiental; sirve como filtro y freno de la velocidad del viento; amortigua el ruido de baja frecuencia; proporciona espacios adecuados para el desarrollo de la fauna; ornamenta la ciudad; y proporciona espacios recreativos favoreciendo el contacto con la naturaleza. Sin embargo, el paisaje densamente edificado dentro de la evolución de la ciudad conlleva a la destrucción de los ecosistemas naturales y la desaparición de la vegetación. Con regularidad este espacio está sometido a una gran cantidad de contaminantes atmosféricos y auditivos, los cuales reducen la presencia de la flora y la fauna, disminuyendo la vitalidad de la zona y acelerando su vejez⁸⁰.

Siendo conscientes de las ventajas que la vegetación tiene sobre las ciudades se debe incrementar las áreas verdes, pero de manera estructurada con procedimientos de planeación y mantenimiento para su óptimo desarrollo.

Se deben considerar diversos aspectos como los siguientes⁸¹:

- a. La selección de la especie de acuerdo a las características del sitio.
- b. La selección del árbol tomando en cuenta su tamaño, las características de su raíz, su tipo de tronco, las características de su follaje y los cuidados que requiere.
- c. Las necesidades de riego, fertilización y poda.
- d. Las plagas y enfermedades.

Se necesita conocer las características de la vegetación que se pretende incluir para obtener todas sus ventajas y determinar si es apropiada para las condiciones del medio y para el uso que se le pretenda dar.

El contenido mostrado en este capítulo fundamenta las posibles variables contextuales a analizar, como lo son los elementos y factores del clima urbano. De la misma manera fundamenta otras variables de desarrollo e interpretación como la vegetación urbana.

A continuación se precisan metodologías que permitan analizar las variables y a su vez posibiliten la realización del diseño del modelo.

⁷⁹ MARTÍNEZ GONZÁLEZ, LORENA. *Los árboles de la Ciudad de México*. México, D.F. UAM, Azc., 1994. Pág. 23-24.

⁸⁰ GARCÍA CHÁVEZ, JOSÉ ROBERTO (COMPILADOR). *Arquitectura, medio ambiente y desarrollo sustentable*. México, UAM, Azcapotzalco, 1999. Pág. 193-203.

⁸¹ MARTÍNEZ GONZÁLEZ, LORENA. *Los árboles de la Ciudad de México*. México, D.F. UAM, Azc., 1994. Pág. 32-39.

Capítulo 4

Metodología de modelación y herramienta de análisis

En este capítulo se especifica la metodología de modelación cualitativa que se va a usar, y debido a que la constitución de un modelo corresponde con una estructura lógica, es pertinente definir conceptos como los sistemas, basados en la teoría de sistemas. Además de ello, por la característica de la metodología se detalla el proceso de modelación y diseño cualitativos.

Seguido, se precisa la herramienta a emplear sobre el análisis del ciclo de vida de la vivienda y su metodología.

4.1. Sistemas.

Es preciso establecer las partes de un todo para poder ser analizado, creando una estructura de una manera lógica, como la basada en la teoría de sistemas⁸².

Un sistema es la unión de componentes conectados en una forma organizada, es decir, un conjunto de unidades que interactúan y están interrelacionados⁸³. Los componentes se describen por sus propiedades y atributos, pudiendo a su vez ser sistemas (que se transforman en subsistemas), y las relaciones que existen entre ellos estructuran el sistema. El ambiente donde se desarrolla es el conjunto de todas las entidades con atributos cuyo cambio afecta al sistema, y a las entidades cuyos atributos sufren cambios debido al comportamiento del mismo.

Las distintas unidades que componen el sistema forman un conjunto de elementos interdependientes e integrados o un grupo combinado bajo cierta organización, con un propósito u objetivo establecido. Se caracterizan por incluir también un proceso de conversión, programas y misiones, decisiones y una estructura determinada.

⁸² La teoría de sistemas se ocupa de las relaciones entre las partes que forman un todo. VAN GIGCH, JOHN P. *Teoría general de sistemas*. México, Trillas, 2006. Pág. 45-50.

⁸³ *Ibidem*. Pág. 16-17.

Los métodos que aplica la teoría de sistemas permiten analizar distintos aspectos de algo como si se tratara de un sistema, poniendo especial interés en su organización interna, sus interrelaciones recíprocas, sus niveles jerárquicos, su capacidad de variación y adaptación, su autonomía, su desorganización y su destrucción. La complejidad del sistema depende de la cantidad de información que contenga cada una de las unidades que lo conforman. Cuando estas unidades tienen una conexión directa, las condiciones se tornan más complejas y de diferente tipo, y cada una de las partes no necesariamente van unidas unas a otras dentro de la totalidad del sistema.

De una manera similar, el sistema constructivo puede ser disgregado en procesos físicos y procesos sociales, formando complejos subsistemas de un todo, estableciendo al sistema como un conjunto de elementos que se encuentran interrelacionados entre ellos mismos y con su ambiente. Un proceso constructivo es un sistema abierto donde se toman recursos energéticos y materiales procedentes del medio ambiente, se transforma la energía, y se expiden productos residuales al ambiente.

Cuando se lleva a cabo todo el proceso del diseño de un proyecto, se establece la cantidad de recursos necesarios que requiere para su realización, así como se estima la cantidad de residuos que generará. Sin embargo, además de ello, se necesita entender más sobre cómo la edificación y el resto del mundo actúan e interactúan.

4.2. El Modelo.

El modelo es una representación ideal de un objeto o situación a investigar, en donde se abstraen sus elementos y relaciones consideradas esenciales y se sistematizan con el fin de analizarlas. Asimismo, constituye un medio para la obtención de nueva información en la elaboración de su fundamentación teórica. Proporciona una descripción del sistema en términos de variables importantes, tendencias y órdenes de magnitud, para realizar la construcción formal del conocimiento y sistematizarlo, ya que es considerado como una conceptualización del problema, donde su metodología buscará soluciones⁸⁴.

La construcción de un modelo es una tarea sistemática y estructurada, donde se toman consideraciones generales⁸⁵ como: el propósito del modelo, las variables que intervendrán en él, el desecho de consideraciones superfluas, y la representación del modelo en forma simplificada. El procedimiento de una modelación está conformado de una

⁸⁴ *Ibidem*. Pág. 115.

⁸⁵ MCMILLAN, CLAUDE. *Análisis de sistemas: Modelos de toma de decisiones por computadora*. México, Trillas, 1986. Pág. 17-33.

metodología que permite involucrar a todos los factores que intervienen con sus características y las relaciones que tienen entre sí.

4.2.1. Modelo cualitativo.

En esta investigación las variables que intervendrán en el modelo no necesariamente cuentan con una medición numérica, por lo que el proceso tendrá un enfoque cualitativo.

Los modelos cualitativos determinan de una forma general, las relaciones entre los diferentes elementos, factores o componentes de un determinado sistema. Estos modelos no pretenden cuantificar dichas relaciones, sino únicamente pretenden proporcionar la comprensión de cómo funciona el proceso específico del sistema.

Los planteamientos cualitativos comúnmente incluyen los objetivos, preguntas de investigación, justificación y viabilidad, así como las definiciones del problema y del contexto en el que se desarrolla. Estos planteamientos se justifican por su conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas y demás valores teóricos. Son abiertos, no direccionados y basados en la experiencia.

Para poder cumplir el objetivo de la investigación es necesario establecer el contexto o ambiente donde se lleva a cabo el estudio, precisando el planteamiento en espacio y tiempo. Una vez elegido el ambiente se inicia la recolección y análisis de los datos.

Prácticamente la recolección y el análisis de los datos se llevan de manera paralela, con el propósito esencial de explorar ambientes, describir contextos, comprender sus vinculaciones e identificar problemas.

Análisis de datos cualitativos.

Una vez que se tiene toda la información reunida, se está en condiciones de realizar el análisis de los datos, considerando siempre los objetivos de la investigación.

Este análisis de datos es una búsqueda sistemática y reflexiva de información obtenida a través de diferentes instrumentos, donde los datos serán recopilados, organizados en unidades manejables, sintetizados, observados en sus relaciones entre ellos, y señalados en su importancia para la investigación.

Estos datos son las variables que intervendrán en la investigación. Estas variables por su esencia tienen diversas características⁸⁶, pueden ser dependientes, independientes, intervinientes, etc.

⁸⁶ HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO. *Metodología de la investigación*. México, McGraw-Hill Interamericana, 2006. Pág. 623-625.

El proceso de análisis está formado con tres momentos interdependientes los cuales son el análisis exploratorio, la descripción y la interpretación⁸⁷.

a. Análisis exploratorio. Este primer punto implica el análisis del contexto con un marco conceptual previo. Una vez obtenida la información se inicia el primer nivel de reducción de datos. Se explora la información con el fin de elaborar categorías. Se seleccionan los datos acumulados a través de una selección secuencial, la cual es un procedimiento abierto con el que a lo largo de la investigación se determinan nuevos conjuntos de fenómenos para el análisis.

b. Descripción. En la descripción se examinan todos los segmentos de cada categoría para establecer patrones en los datos, lo cual implica el siguiente nivel de reducción de los mismos. Se elabora un primer resumen de lo obtenido indicando los aspectos más destacados en la primera categorización y las primeras asociaciones encontradas.

c. Interpretación. En este punto se debe integrar, relacionar y establecer conexiones entre las diferentes categorías y sus posibles comparaciones. Se sugieren nuevas relaciones y podemos volver a iniciar el proceso de análisis de datos.

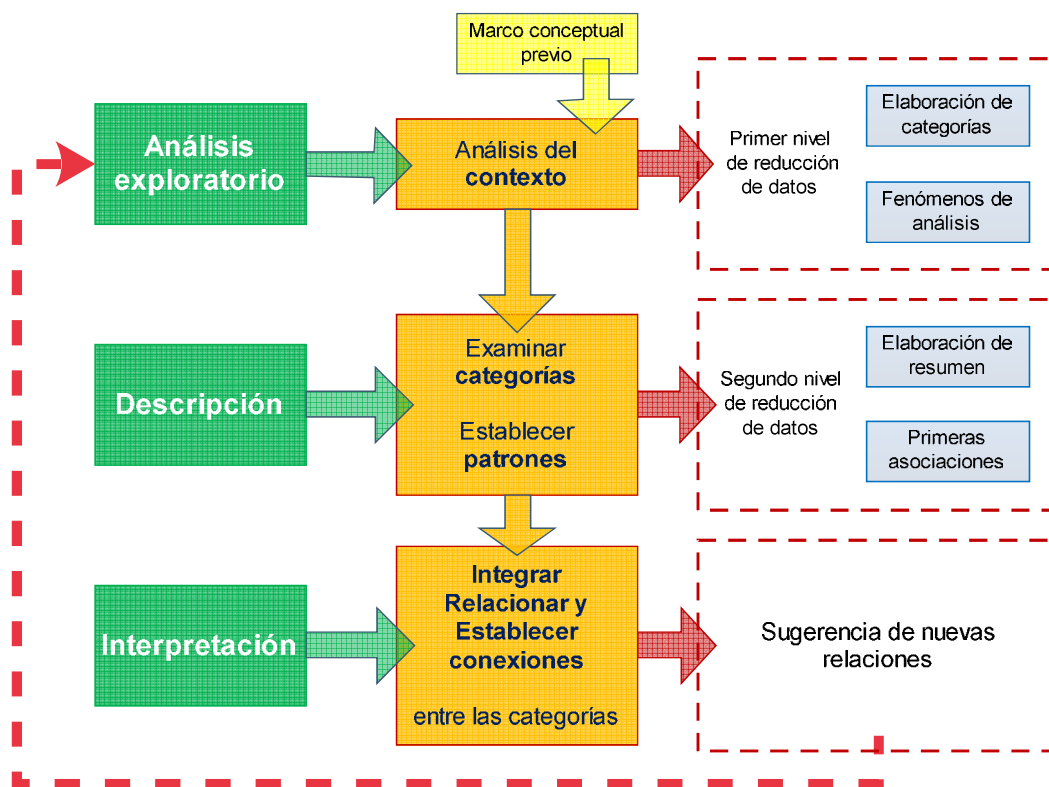


Diagrama 4. 1. Proceso de análisis de datos cualitativos.

⁸⁷ PÉREZ SERRANO, GLORIA. *Investigación cualitativa, retos e interrogantes*. Vol. 2. Técnicas y análisis de datos. Madrid, Muralla, 1994. Pág. 101-108.

4.2.2. Diseño del proceso de la investigación cualitativa para la modelación.

Existen diversas tipologías de diseño para el planteamiento de un modelo cualitativo planteadas por varios autores con diferentes enfoques y teorías conceptuales. Debido a esta complejidad, Hernández Sampieri considera cuatro tipologías de manera genérica, las cuales son: la teoría fundamentada, los diseños etnográficos y los diseños de investigación-acción⁸⁸. Por las necesidades propias de esta investigación se empleará la **teoría fundamentada**.

Esta tipología utiliza un procedimiento sistemático cualitativo para generar una teoría que explique en un nivel conceptual una acción, una interacción o un área específica. Se relaciona con una situación y un contexto particular. Sus proposiciones teóricas surgen de los datos obtenidos en la investigación y es el procedimiento mismo el que genera el entendimiento de un problema.

Esta teoría fundamentada puede tener un diseño sistemático o uno emergente. Para el caso de la investigación se utilizará el sistemático. El **diseño sistemático** consiste en el empleo de ciertos pasos en el análisis de datos. Los datos recolectados se analizan a través de una determinada codificación para visualizar la teoría.

El tipo de codificación que se usará será la **codificación axial**. Este diseño se refiere a la forma en que se va a abordar la resolución del problema en el proceso de investigación, donde se usan **categorías** como temas de información básica identificados en los datos para entender el proceso o fenómeno al que se hace referencia. En principio dentro de esta codificación axial se determina una categoría central, que es el fenómeno clave, y se va a relacionar con las otras categorías que tienen distintas funciones como:

- a. Condiciones causales, que son categorías que influyen y afectan a la central.
- b. Acciones e interacciones, que son categorías que resultan de la central o de las condiciones contextuales.
- c. Consecuencias, que son categorías resultantes de las acciones e interacciones, y del empleo de las estrategias.
- d. Estrategias, que son categorías de implementación de acciones que influyen en la central y en las de acciones, interacciones y consecuencias.
- e. Condiciones contextuales, que son categorías que forman parte del ambiente y que enmarcan la categoría central, y que influyen en cualquier categoría.
- f. Condiciones intervinientes, que son categorías que también influyen a otras y que median la relación entre éstas.

⁸⁸ HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO. *Metodología de la investigación*. México, McGraw-Hill Interamericana, 2006. Pág. 686-691.

La **codificación axial** parte del análisis en donde se agrupan los datos identificados para crear conexiones entre categorías y temas, construyendo un modelo del fenómeno estudiado. Concluyendo con un diagrama o modelo que muestra las relaciones entre todos los elementos.

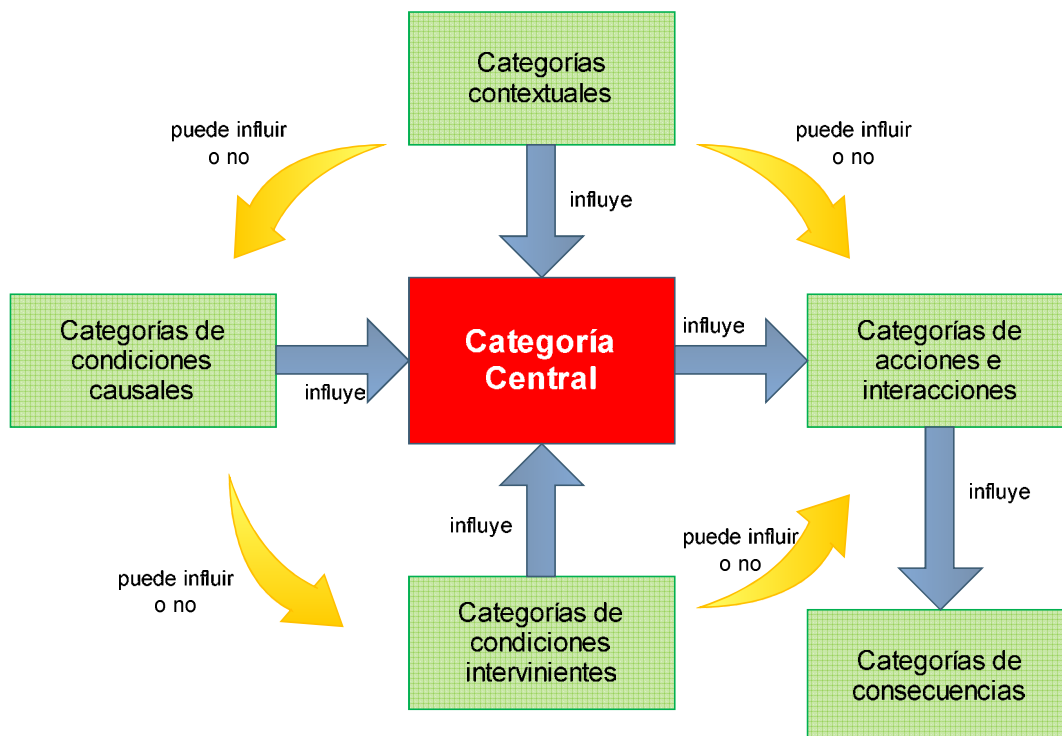


Diagrama 4. 2. Diseño de modelación. Secuencia y producto de la teoría fundamentada. Diseño sistemático de codificación axial (Creswell, 2005).

4.3. Análisis. Sistemas de gestión medioambiental: ISO 14000.

Un sistema de gestión medioambiental es una herramienta que tiene por objeto sistematizar las buenas prácticas realizadas en un proceso y asegurar su mejora continua⁸⁹. Su implementación conlleva un importante ahorro energético y económico, permitiendo definir una política energética a seguir y determinar las principales líneas de control y mantenimiento.

En la actualidad existen dos normas de carácter voluntario para la implantación de un sistema de gestión medioambiental. Una de ellas es la norma de ámbito internacional ISO 14000⁹⁰, la cual comprende un conjunto de guías y normativas a cumplir por una empresa.

⁸⁹ ARANDA USÓN, ALFONSO... [ET AL.]. *El Análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. Madrid, Fundación CONFEMETAL, 2006. Pág. 31-32.

⁹⁰ *International Standard ISO 14000*. Quality Network. 2005. Fecha de consulta Junio de 2010. Disponible en <<http://www.quality.co.uk/iso14000.htm>>

La ISO 14000 está compuesta por una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental, cuyo objetivo es apoyar la protección medioambiental y la prevención de la contaminación. De acuerdo con la norma, un sistema de gestión medioambiental debe considerar una política medioambiental, una etapa de planificación, una de implantación y operación, una de verificación, y una de revisión. Abarca aspectos como auditorías ambientales, evaluaciones de desempeño ambiental y análisis de ciclo de vida. Dentro de esta normativa se destaca la norma ISO 14040, la cual abarca todos los aspectos a considerar para que se pueda llevar a cabo un estudio de análisis de ciclo de vida de productos o servicios. Este tipo de estudios permite evaluar el impacto medioambiental real de una actividad. La valoración se hace desde la extracción de materias primas necesarias hasta la disposición final de los residuos.

4.3.1. Análisis de ciclo de vida y su metodología.

El análisis de ciclo de vida es un proceso para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. Identificando la energía, materias utilizadas y los residuos de todo tipo de vertido al ambiente, determinando el impacto, evaluando e implementando prácticas de mejora ambiental⁹¹.

La norma donde se describe el proceso del análisis de ciclo de vida (ACV), es la ISO 14040⁹², la cual trata los aspectos e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final.

Está compuesta de las siguientes normas:

a) ISO 14040. Principios y marco general. Especifica la estructura general, los principios y requisitos que debe contemplar un estudio de ACV.

b) ISO 14041. Definición del objetivo y ámbito y análisis del inventario. Define los principios a considerar en la definición de objetivos y alcances, también el análisis de inventario del ciclo de vida.

c) ISO 14042. Evaluación del impacto del Ciclo de vida. Describe los requisitos generales para desarrollar la evaluación del impacto del ciclo de vida y de las distintas fases que lo componen.

⁹¹ ARANDA USÓN, ALFONSO... [ET AL.]. *El Análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. Madrid, Fundación CONFEMETAL, 2006. Pág. 36.

⁹² UNE-EN ISO 14040. Norma española. Diciembre de 2006. Título: Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040:2006).

d) ISO 14043. Interpretación del ciclo de vida. Describe la etapa de interpretación de un ACV, considerando los resultados del análisis de inventario y de la evaluación del impacto para elaborar y presentar conclusiones del estudio.

e) ISO 14047. Ejemplos de la aplicación de ISO.

f) ISO 14042 a ISO 14048. Formato de documentación de datos del análisis.

Estas normas se llevan a cabo a través de una metodología que consta de cuatro fases⁹³ fundamentales:

1. Definición de los objetivos y el alcance. Se establece la finalidad del estudio, los límites del sistema, el nivel de detalle, la profundidad y amplitud. En esta fase se define y describe la unidad funcional⁹⁴.

2. Análisis de Inventario. Se realiza un inventario donde se cuantifican los flujos de energía y materiales que entran y salen del sistema durante toda la vida útil del producto o servicio, estos flujos son extraídos o emitidos hacia el medio ambiente.

3. Evaluación de los impactos. Se lleva a cabo una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionándolos con efectos ambientales observables. En esta fase los datos obtenidos en el inventario deben clasificarse, caracterizarse, normalizarse y finalmente asignarles una valoración.

4. Interpretación. Se evalúan los resultados de las fases anteriores en conjunto, estableciendo conclusiones y recomendaciones, de acuerdo a objetivos y alcances definidos.

Esta metodología presenta algunas limitaciones. Una de ellas es que la precisión del estudio del ACV puede estar condicionada por la accesibilidad o disponibilidad de datos importantes, o bien por la calidad de la información. La ausencia de dimensiones temporales y espaciales en los datos del inventario genera incertidumbre en los resultados del impacto arrojado. Para una edificación este proceso permite evaluar sus cargas ambientales, identificando por una parte la materia y energía empleadas, y por otra los residuos generados, para determinar el impacto generado e implementar mejores prácticas.

En este capítulo se fundamentan las posibles variables a analizar y el desarrollo de la metodología de la modelación que se aplicará. Cabe mencionar que se deben desarrollar metodologías de investigación que permitan incluir tanto variables cualitativas como cuantitativas, donde el análisis de las variables cualitativas no necesariamente esté basado en el comportamiento social, y los resultados pueden ser mesurables y estar basados en variables cualitativas. En el siguiente capítulo se da paso al planteamiento del modelo.

⁹³ ARANDA USÓN, ALFONSO... [ET AL.]. *El Análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. Madrid, Fundación CONFEMETAL, 2006. Pág. 70-85.

⁹⁴ La unidad funcional es la unidad de referencia para todas las entradas y salidas del sistema. *Ibidem*. Pág. 72.

Capítulo 5

Modelo. Propuesta

5.1. Descripción de las categorías.

Tomando como referencia el diseño de modelación sistemático de codificación axial, en este capítulo se desarrollará la propuesta del modelo, objeto principal de esta investigación. Cuyo propósito es sistematizar la información de los factores que intervienen en la problemática de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la vivienda en las zonas urbanas en el país, para con ello generar alternativas que permitan disminuir dichas emisiones.

De acuerdo a la codificación axial del diseño del modelo, las diversas variables que intervienen se analizarán a través de categorías.

5.1.1. Categoría Central.

Como categoría central o fenómeno clave se señala lo siguiente: Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, originadas por las viviendas en las zonas urbanas de México.

5.1.2. Categorías contextuales.

Estas categorías son las que enmarcarán el complejo ambiente en el que se desarrollará el proyecto de vivienda, con diversas variables que nos determinarán el contexto, como las características del clima y las del entorno inmediato.

En las características climáticas se incluyen diversas variables, y el incremento o la disminución de estos valores influyen en la utilización de sistemas de acondicionamiento electromecánicos e iluminación artificial, generando a su vez emisiones de GEI a la atmósfera. Estas características del clima que se considerarán son la temperatura, la radiación solar, el movimiento del aire, la humedad y la precipitación, y para identificar el tipo de clima se usará su clasificación climática, como se muestra a continuación:

Variab les	Datos a utilizar
Temperatura	<p>Para los datos de temperatura se utilizarán los registros de temperatura de bulbo seco, en la media (ambiente), la máxima y la mínima.</p> <p>De la misma forma se obtendrá la oscilación, para saber su cualidad de extremo. Las unidades de medición son °C.</p> <p>Los datos son proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional en sus Normales Climatológicas.</p>
Radiación Solar	<p>Para los datos⁹⁵ de radiación solar se utilizarán los registros de radiación global o total.</p> <p>Trayectoria Solar.</p> <p>De la misma forma se obtendrá la trayectoria solar, con la determinación de la posición relativa del Sol.</p> <p>Para fijar la posición del Sol con respecto a la Tierra se consideran dos sistemas de referencia: el plano del ecuador celeste, cuyas coordenadas se llaman coordenadas ecuatoriales u horarias, y el plano del horizonte, cuyas coordenadas se denominan coordenadas horizontales (Ver Anexo. Procedimientos para el Cálculo de Datos).</p>
Movimiento del aire	<p>Para los datos del movimiento del aire se considera un elemento muy importante del clima que es el viento, con sus cualidades de dirección, velocidad y frecuencia.</p> <p>Los datos son proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, o bien, obtenidos del Atlas del Agua⁹⁶.</p>
Humedad	<p>Para los datos⁹⁷ de la Humedad, se emplearán los datos de Humedad Relativa, la media, la máxima y la mínima. Sus valores se expresan en porcentaje.</p> <p>Los datos son proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional en sus Normales Climatológicas.</p>
Precipitación	<p>Para los datos de precipitación se utilizarán los registros de precipitación total o normal. Se mide en mm de precipitación.</p> <p>Los datos son proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional.</p>
Clasificación Climática	<p>En la Clasificación climática se indicará su generalidad. En México los climas más extendidos son los siguientes⁹⁸.</p> <p>A - Tropical lluvioso. Sin estación fría. Temperatura media del mes más frío mayor de 18°C. (Af - Cálido húmedo con lluvias todo el año. Am - Cálido húmedo con lluvias en verano. Aw - Subhúmedo con lluvias en verano.)</p> <p>B - Seco. (BW - Muy árido. BS₀ - Árido. BS₁ - Semiárido. Con régimen de lluvias en verano.)</p> <p>C - Templado lluvioso. Temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C. Temperatura del mes más caliente mayor de 10°C. (Cf - Húmedo con lluvias todo el año. Cm - Húmedo con lluvias en verano. Cw - Subhúmedo con lluvias en verano.)</p>

Tabla 5. 1. Variables del clima urbano utilizadas en el modelo.

⁹⁵ ALMANZA SALGADO, RAFAEL. *Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana*. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1996.

⁹⁶ *Atlas del agua de la República Mexicana*. México, D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976.

⁹⁷ Datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. O bien son calculados con un algoritmo desarrollado por el Dr. Adalberto Tejeda, en el Programa para el cálculo de la humedad relativa, en la Universidad Veracruzana.

⁹⁸ GARCÍA MIRANDA, ENRIQUETA. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, Instituto de Geografía de la UNAM, 1988.

En lo que respecta al entorno inmediato se considerarán las características de la calle o calles próximas y las de los edificios circundantes:

Variables	Datos a utilizar																		
<p>Características de la calle o calles próximas</p>	<p>Para los datos de los materiales de construcción urbanos se considerarán algunas de sus características térmicas (Densidad y Conductividad Térmica) y propiedades ópticas (Absortancia y Reflectancia).</p> <p>Tipo de pavimento para estimar su temperatura, expuesto al sol y a la sombra⁹⁹.</p> <table border="1" data-bbox="505 583 1357 915"> <thead> <tr> <th>Tipo de Pavimento</th> <th>Expuesto al sol</th> <th>Sombreado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pavimento de color claro</td> <td>La temperatura exterior más 10°C</td> <td>La temperatura exterior</td> </tr> <tr> <td>Pavimento de color medio</td> <td>La temperatura exterior más 20°C</td> <td>La temperatura exterior más 5°C</td> </tr> <tr> <td>Pavimento de color oscuro</td> <td>La temperatura exterior más 30°C</td> <td>La temperatura exterior más 10°C</td> </tr> <tr> <td>Césped regado</td> <td>La temperatura exterior menos 5°C</td> <td>La temperatura exterior menos 5°C</td> </tr> <tr> <td>Césped sin regar</td> <td>La temperatura exterior</td> <td>La temperatura exterior</td> </tr> </tbody> </table> <p>Vegetación, si existe indicar especie, tamaño, características de la raíz, tipo de tronco, características del follaje, necesidades de riego, fertilización y poda, plagas y enfermedades.</p> <p>Uso, indicando si en peatonal y/o vehicular.</p> <p>Ancho de las banquetas.</p> <p>Obstrucciones, si existen indicar tipo, altura y localización.</p> <p>Pendientes del emplazamiento, si existen indicar la orientación y la inclinación.</p> <p>En esquemas generales en planta y en alzado de las áreas exteriores próximas al lugar donde se desarrolla el proyecto de vivienda, se indicarán las localizaciones de materiales de construcción urbanos, vegetación, uso, banquetas, obstrucciones y pendientes.</p>	Tipo de Pavimento	Expuesto al sol	Sombreado	Pavimento de color claro	La temperatura exterior más 10°C	La temperatura exterior	Pavimento de color medio	La temperatura exterior más 20°C	La temperatura exterior más 5°C	Pavimento de color oscuro	La temperatura exterior más 30°C	La temperatura exterior más 10°C	Césped regado	La temperatura exterior menos 5°C	La temperatura exterior menos 5°C	Césped sin regar	La temperatura exterior	La temperatura exterior
	Tipo de Pavimento	Expuesto al sol	Sombreado																
Pavimento de color claro	La temperatura exterior más 10°C	La temperatura exterior																	
Pavimento de color medio	La temperatura exterior más 20°C	La temperatura exterior más 5°C																	
Pavimento de color oscuro	La temperatura exterior más 30°C	La temperatura exterior más 10°C																	
Césped regado	La temperatura exterior menos 5°C	La temperatura exterior menos 5°C																	
Césped sin regar	La temperatura exterior	La temperatura exterior																	
<p>Características de los edificios circundantes</p>	<p>Para las características de los edificios circundantes se considerarán datos como alturas, distancias y las características de sus materiales.</p> <p>Para los datos de los materiales de construcción de las envolventes se considerarán algunas de sus características térmicas y propiedades ópticas.</p> <p>En esquemas generales en alzado de los edificios circundantes, se indicarán las características antes mencionadas.</p>																		

Tabla 5. 2. Variables de las características del entorno inmediato.

A continuación se muestra el diagrama sobre las categorías de contextuales:

⁹⁹ NEILA GONZÁLEZ, JAVIER. *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Lería, Madrid, 2004. Pág. 437.

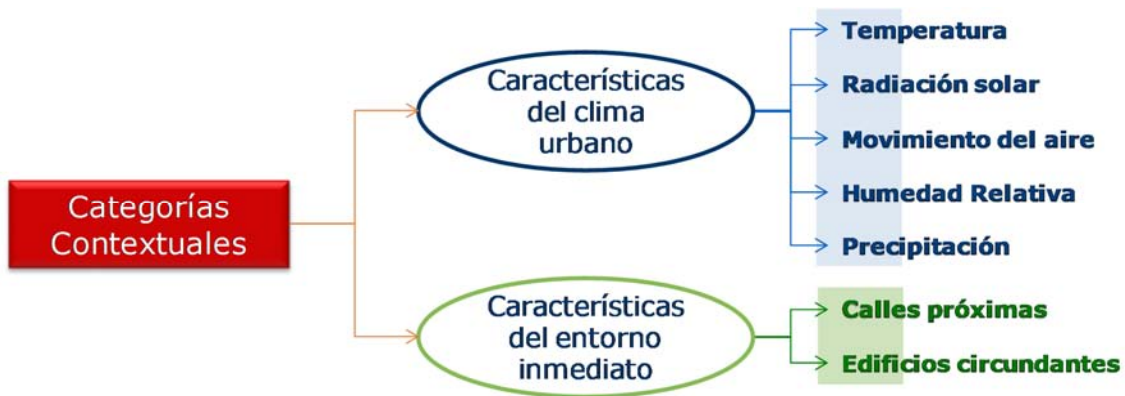


Diagrama 5. 1. Categorías Contextuales del Modelo.

5.1.3. Categorías de condiciones causales.

Para este punto se consideran como categorías a las fases del ciclo de vida de la vivienda. Cada una de ellas con diversas variables.

El ciclo de vida de una vivienda se basa en un sistema que es alimentado por materia y energía en cada una de sus etapas, las cuales a su vez se convierten en pequeños subsistemas o fases. Estas fases son las siguientes: fase de producción, fase de construcción, fase operativa o de consumo, y fase de recuperación.

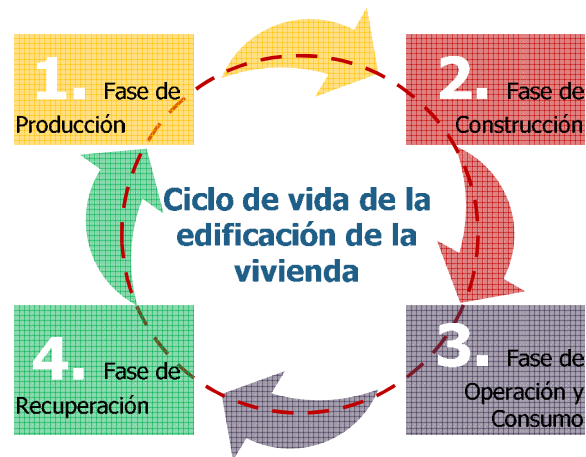


Diagrama 5. 2. Ciclo de Vida de la Edificación de la vivienda.

La **fase de producción** de una vivienda comienza desde la iniciación del proyecto, desde el diseño, hasta la manufactura de los materiales y de los componentes a emplear. Es aquí donde se desarrolla el diseño del proyecto y la planeación completa, por lo que se deben realizar todos los análisis relacionados con el proyecto, como los análisis de costos, de

impacto ambiental del sitio afectado, de impactos de los procedimientos y productos resultantes, de ciclo de vida, entre otros, que influirán en la toma de decisiones finales.

Asimismo, en esta fase se incluyen procesos y actividades relacionados con la extracción, preparación, distribución y transportación de materias primas y formas de energía para su uso en el sitio de construcción. Se emplean grandes cantidades de energía y materiales para excavar, transportar y tratar los materiales para la construcción generando materiales de desecho y energía residual. Estos procesos requieren enormes cantidades de energía y otros recursos materiales, y en la misma medida generan cantidades comparables de residuos, tales como gases de efecto invernadero, hidrocarburos, productos químicos peligrosos y residuos sólidos, además de ecosistemas devastados.

	Datos a utilizar
A. Diseño de la vivienda	
Diseño bioclimático	Si es un volumen con pérdida o ganancia de calor. Necesidades de comodidad térmica, iluminación y ventilación de acuerdo a las actividades que se llevarán a cabo en cada espacio y su horario de uso. Las características de las ventanas en cuanto a su tamaño, forma y orientación, ya que afectan directamente la iluminación y la ventilación de los interiores. Características de las protecciones solares.
Envolvente del edificio	Las propiedades físicas de los materiales empleados como su coeficiente de conductividad, reflectancia, emitancia y absortancia. Ubicación de su colocación en las fachadas.
Dispositivos Tecnológicos	Si se utiliza la energía solar para proporcionar calor al edificio. Si se utiliza la energía solar en forma de calefacción mediante el uso de dispositivos tecnológicos como colectores solares térmicos. Si se utiliza la energía solar en forma de electricidad mediante el uso de dispositivos tecnológicos como fotovoltaicos. Si se utiliza la energía solar de alguna forma, indicar su tipo y uso.
Equipos con alta eficiencia energética	En equipos de acondicionamiento electromecánico como lo son el aire acondicionado, el aire lavado, los calefactores eléctricos y de gas. En equipos de uso doméstico como refrigeradores, lavadoras, secadoras, hornos de microondas y eléctricos, calentadores de agua, entre otros. Si se emplea alguno, indicar su tipo, para qué y cuándo se usará.
B. Materiales	
Tipo de materia prima de materiales y componentes de construcción	La extracción del material. La transportación de la materia prima hacia la manufactura. El proceso de manufactura. La transportación hacia el área de almacenamiento o construcción de la obra.
Cuantificación	Cuantificación aproximada de los materiales empleados en la vivienda.

Tabla 5. 3. Variables de la fase de producción.

La **fase de construcción** consiste en los procesos y actividades que tienen como marco espacial el lugar de emplazamiento de la edificación de la vivienda. Puede incluir la fabricación de elementos y componentes constructivos, todas las actividades y procesos constructivos que se desarrollan en sitio, el uso en sitio de materiales y formas de energía en la construcción, y los procesos de producción en sitio.

	Datos a utilizar
Limpieza y preparación del terreno	Actividades de deshierbe si se llevarán a cabo y de qué manera. Preparación del terreno, si se va a realizar alguna modificación y de qué forma. Conservación y protección de la vegetación existente.
Cimentación	Proceso constructivo de la cimentación. Materiales y tipo de componentes.
Estructura	Proceso constructivo de la estructura. Materiales y tipo de componentes.
Instalaciones	Proceso de colocación. Materiales y tipo de componentes.
Acabados interiores y exteriores	Proceso de colocación de materiales. Materiales a emplear.
Limpieza	Proceso de limpieza de obra. Materiales a emplear.

Tabla 5. 4. Variables de la fase de construcción.

La **fase de operación y consumo** consiste en los procesos y actividades que se llevarán a cabo en la edificación ya concluida. Se incluyen aquí la operación, funcionamiento, mantenimiento y modificaciones posteriores de los sistemas edificados y otros procesos de consumo. Se emplean recursos energéticos para su operación como electricidad, gas y agua. Y de la misma forma se generan emisiones a la atmósfera y productos de desecho como aguas residuales y objetos sólidos. En esta etapa se encuentran los procedimientos de renovación y rehabilitación de la construcción.

	Datos a utilizar
A. Operación y consumo	
Aparatos eléctricos	Tiempo de operación de los aparatos eléctricos. Consumo por hora de los aparatos eléctricos.
Iluminación	Tipo de los artefactos de iluminación eléctrica y sus características. Tiempo de operación de los artefactos de iluminación eléctrica. Consumo por hora de los artefactos de iluminación eléctrica.
Aparatos para calentar empleando gas como combustible.	Tiempo de operación de los aparatos. Consumo de gas de los aparatos. Tipo de aparato y sus características.

Actividades que implican consumo de agua.	Consumo de agua en actividades de aseo personal. Consumo de agua en actividades de limpieza general. Consumo de agua en riego.
B. Mantenimiento y renovación	
Actividades de mantenimiento y renovación	Proceso constructivo o de colocación de cualquier actividad. Materiales y componentes empleados.

Tabla 5. 5. Variables de la fase de operación y consumo.

La **fase de recuperación** consiste en los procesos y actividades realizados para cerrar el circuito en el ciclo de uso de los materiales. Se incluyen aquí los procesos de evacuación, desmantelamiento, demolición, reciclaje, reutilización y regeneración.

	Datos a utilizar
Demolición	Las actividades de desmantelamiento. Demolición indicar su tipo, materiales y maquinaria empleados. Transportación de material de desecho hacia un área determinada.
Recuperación	Reciclaje. Reutilización. Regeneración.

Tabla 5. 6. Variables de la fase de producción.

A continuación se muestra el diagrama sobre las categorías de condicionantes causales y sus variables.

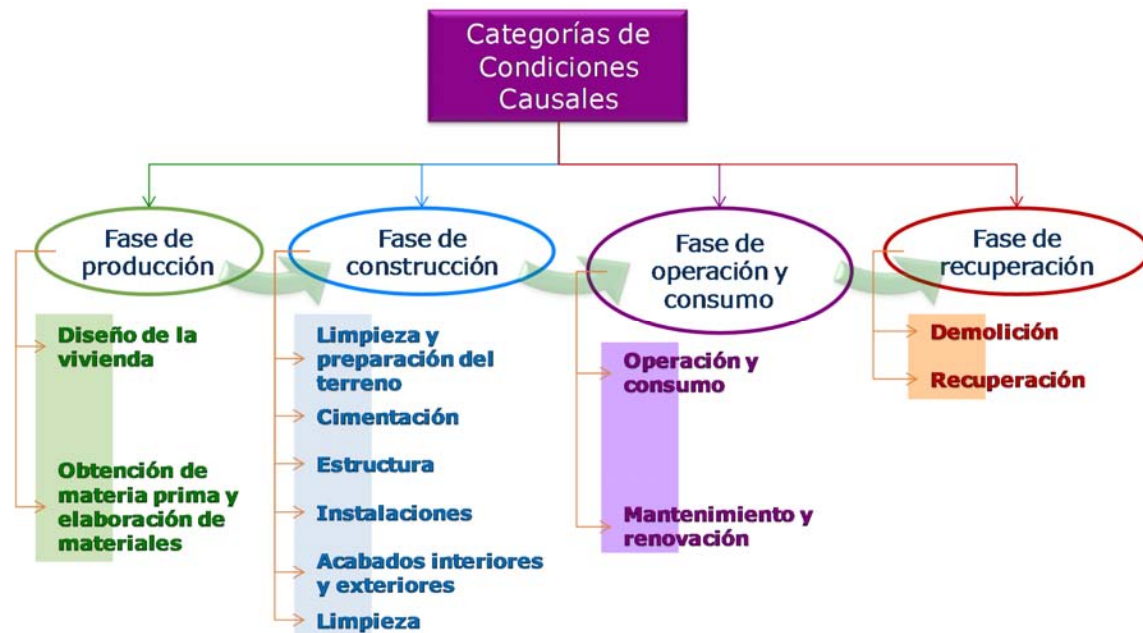


Diagrama 5. 3. Categorías de Condicionantes Causales del Modelo.

5.1.4. Categorías intervinientes.

Estas categorías influyen directamente en las variables de las otras categorías, ya que consideran aspectos relacionados con las condiciones ecológicas actuales, las necesidades de comodidad del usuario y el desempeño económico de la vivienda en cuanto a los costos de los energéticos empleados.

Variables	Datos a utilizar
Aspectos ecológicos	Condiciones ecológicas actuales. Identificación de posibles fuentes emisoras a la atmósfera.
Aspectos Sociales	Necesidades de comodidad del usuario. El periodo de la Comodidad higrotérmica. Para estimar el periodo de comodidad se utilizarán los datos de las categorías contextuales en sus variables temperatura y humedad.
Aspectos económicos	Desempeño económico referente a los costos de los energéticos usados. Costo por consumo de electricidad ¹⁰⁰ . Costo por consumo de gas ¹⁰¹ .

Tabla 5. 7. Variables de las categorías intervinientes.

A continuación se muestra el diagrama sobre las categorías intervinientes:

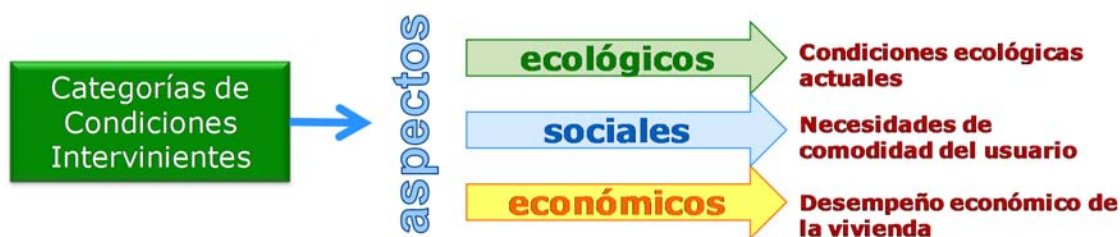


Diagrama 5. 4. Categorías Intervinientes del Modelo.

5.1.5. Categorías de acciones e interacciones.

En estas categorías se mostrarán las estrategias metodológicas y de análisis para lograr el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Estas estrategias se dividirán en dos partes, una corresponderá a la metodología de diseño propuesta y la otra al análisis de ciclo de vida de la vivienda.

¹⁰⁰ Datos obtenidos de la CFE. Disponibles en <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_casa.asp>

¹⁰¹ Datos obtenidos de la Secretaría de Energía. Disponibles en <http://www.sener.gob.mx/portal/dg_de_gas_lp.html>

Parte 1. Metodología de diseño bioclimático.

La metodología de diseño bioclimático está compuesta de cuatro etapas.

Etapas	Desarrollo
1. Descripción del sitio.	Descripción de las características del sitio y se divide en las características del clima urbano y las del entorno inmediato.
Características del clima urbano.	<p>Se refiere a la descripción detallada de las variables que lo componen, de la temperatura, la radiación, el movimiento del aire, la humedad y la precipitación (variables de las categorías contextuales).</p> <p>Una vez obtenidos los datos, ya sean proporcionados por algún organismo encargado del acopio de la información o bien estimados por medio de algoritmos, se procederá a tabular y graficar cada uno de los parámetros, con valores mensuales y anuales. Para algunos casos como el de la temperatura y la humedad, se mostrarán datos horarios.</p> <p>De la misma manera se definirá su clasificación climática general, y se realizará también la descripción del comportamiento solar.</p>
Características del entorno inmediato.	<p>Se refiere a la descripción detallada de las variables que lo componen, de los materiales de construcción urbanos, las características de los edificios circundantes y las características de las calles próximas (variables de las categorías contextuales).</p> <p>Una vez obtenidos los datos, se procederá a tabular la información, y esquematizarla con gráficos que muestren de manera general planta y alzados.</p>
Comprensión. Identificación de la información.	En este punto de comprensión, se realizará la identificación de la información para su análisis, anexando conclusiones específicas sobre la descripción del sitio, y dar paso a la interpretación de la información para la siguiente etapa de análisis.
2. Análisis de necesidades del usuario.	En esta etapa se realizan dos análisis, el climatológico y el de necesidades y requerimientos.
Análisis climatológico: requerimientos de comodidad.	<p>Se analizarán las condiciones particulares de comodidad del usuario en cuanto a la comodidad higrotérmica (variables de las categorías intervinientes).</p> <p>El análisis se mostrará en tabulaciones y gráficas, con valores mensuales y anuales, en algunos casos en datos horarios.</p> <p>Utilizando la descripción de la clasificación climatológica se analizará si el clima en general es o no extremo.</p> <p>Para estimar el rango de comodidad térmica (Ver Anexo. Procedimientos y Cálculos) se utilizará la ecuación de Auliciems. De la misma manera, en casos determinados, se considera el índice de calor y el índice de viento frío.</p> <p>Para obtener el rango de comodidad se considerarán valor determinados de entre el 30% y el 70% del valor de la Humedad Relativa.</p> <p>Análisis del emplazamiento del proyecto.</p> <p>Sobre los esquemas de las características del entorno inmediato desarrollados en la primera etapa de la metodología se realiza un análisis gráfico de lo siguiente:</p> <p>La geografía que rodea al sitio indicando la trayectoria del sol y de los vientos en las diferentes estaciones del año, así como los posibles obstáculos que</p>

	<p>impidan estas trayectorias.</p> <p>La topografía del sitio indicando la existencia de pendientes, y si éstas influyen en la conservación y captación de energía solar de acuerdo a la orientación que presenten.</p> <p>La vegetación existente indicando su influencia en la conservación y captación de energía solar y la trayectoria del viento de acuerdo a su tipo y ubicación.</p> <p>Las áreas del proyecto expuestas o protegidas del sol y del viento en las diferentes estaciones del año.</p> <p>El espacio entre las edificaciones indicando su influencia en la conservación y captación de energía solar y la trayectoria del viento.</p>
<p>Análisis de necesidades y requerimientos espaciales.</p>	<p>Para establecer las necesidades y requerimientos espaciales se considerarán la demanda térmica, lumínica y de ventilación de cada espacio descrito en el proyecto de vivienda en particular.</p> <p>Se consideran las áreas interiores y exteriores con su cualidad de zona de estar, zona de servicio y zona de transición, de acuerdo a las actividades llevadas a cabo y el horario de uso, diurno, vespertino y/o nocturno.</p> <p>Para la demanda térmica se indica si cada espacio determinado debe estar dentro del área de comodidad o bien puede estar ligeramente por arriba o por debajo de ésta, de acuerdo a la actividad y horario de uso.</p> <p>Para la demanda lumínica se indican los requerimientos de iluminación de acuerdo a la actividad realizada dentro de los espacios.</p> <p>Para la demanda de ventilación se indican los requerimientos de cambios de aire de acuerdo a la actividad realizada dentro de los espacios (Ver Anexo. Procedimientos y Cálculos).</p>
<p>Análisis. Determinación de necesidades y requerimientos.</p>	<p>En este punto de análisis del usuario, se darán las conclusiones sobre el análisis climatológico (contexto donde se desarrolla el proyecto) y espacial (específicamente del proyecto de vivienda caso de estudio), para así continuar con la construcción de propuestas en la siguiente etapa de la metodología.</p>
<p>3. Desarrollo de estrategias de diseño bioclimático.</p>	<p>De acuerdo a la determinación de necesidades y requerimientos para cada espacio de la vivienda y sin perder de vista el objetivo de la investigación, en esta tercera etapa se diseñarán propuestas de estrategias de diseño que ayuden a disminuir, ya sea de manera directa o indirecta, las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.</p> <p>Esta etapa está seccionada en cuatro grupos de la siguiente manera.</p>
<p>Diseño bioclimático pasivo.</p>	<p>Se darán propuestas de estrategias de diseño bioclimático, las cuales permitan maximizar el potencial solar pasivo.</p> <p>En este primer punto de diseño bioclimático pasivo se darán propuestas fundamentadas en los análisis previos sobre la forma de la vivienda, la orientación de sus espacios, las características de sus ventanas y la vegetación.</p> <p>Para la forma de la edificación de la vivienda dentro de su contexto se propone de manera gráfica y esquemática la forma que pierda mínimo calor en época de frío y que gane mínimo época de calor.</p> <p>Para la orientación de sus espacios se considera el comportamiento horario de la temperatura, y si es el caso del índice de calor, y la posición solar, datos relacionados con las actividades y horarios de uso de cada espacio, se propone un listado con las posibles orientaciones.</p> <p>Para las características de las ventanas se considerará la trayectoria solar, la temperatura, la radiación y la nubosidad para determinar la ubicación, orientación, tamaño, el área de ventila, el tipo de cristal y forma del vano, para satisfacer las necesidades térmicas, de iluminación y ventilación natural de cada espacio. Se propone un listado con esquemas de las características antes</p>

	<p>mencionadas y de las características de las posibles protecciones con dispositivos de control solar para cada orientación.</p> <p>Para la vegetación se considerará la trayectoria solar para determinar la ubicación, el tipo y el tamaño, para satisfacer las necesidades de iluminación y obstrucción o paso de los rayos solares directos.</p> <p>Selección de materiales empleando criterios ecológicos.</p>
Características de la envolvente de la edificación.	<p>Se darán propuestas de la utilización de materiales de construcción con propiedades físicas que permitan captar, almacenar y distribuir la energía natural a través de la envolvente, para disminuir la demanda de energía en el interior.</p> <p>Para las características de la envolvente de la edificación de la vivienda se darán propuestas sobre los materiales utilizados empleando sus cualidades físicas en estimaciones de ganancias o pérdidas de calor a través de los mecanismos de transferencia de calor: conducción y radiación.</p> <p>Se propondrán materiales para las fachadas y la cubierta de acuerdo a lo anterior.</p>
Uso de dispositivos tecnológicos.	<p>Si el proyecto lo requiere, se darán propuestas del uso de dispositivos tecnológicos que permitan la transformación de la energía solar en forma de calor o en forma de electricidad, para maximizar el uso de los recursos energéticos naturales.</p> <p>Se darán propuestas de transformación de la energía solar ya sea en forma de calor o en forma de electricidad, indicando sus especificaciones de utilización dentro del proyecto de vivienda. Las propuestas de basarán en los datos de radiación y temperatura principalmente.</p>
Empleo de equipos de alta eficiencia energética.	<p>Haciendo referencia al análisis horario de temperatura y humedad, se darán propuestas de uso y horarios de uso de equipos de acondicionamiento electromecánico (si es que el proyecto lo demanda), así como artefactos para iluminación, para disminuir la energía residual, indicando su tipo y sus especificaciones de utilización dentro del proyecto de vivienda.</p>
Síntesis. Formulación de estrategias de diseño bioclimático.	<p>En este punto de síntesis, se darán las conclusiones sobre las propuestas para así dar paso a la medición de resultados de las propuestas en la siguiente etapa de la evaluación.</p>
4. Evaluación.	<p>En este punto restante de evaluación se hará una revisión de los resultados de cada una de las etapas de la metodología.</p>
Evaluación. Revisión de los resultados de las estrategias.	<p>Primordialmente se calificará si se redujo la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera por la aplicación de las propuestas de diseño bioclimático y en qué forma.</p> <p>De la misma manera se estimará el costo-beneficio de las propuestas susceptibles de ser evaluadas, considerando los datos de las categorías intervinientes en los aspectos económicos sobre el costo de los energéticos empleados.</p>

Tabla 5. 8. Desarrollo de la Metodología de Diseño.

A continuación se muestra la metodología de diseño propuesta para el modelo, con las cuatro etapas y sus secuencias.

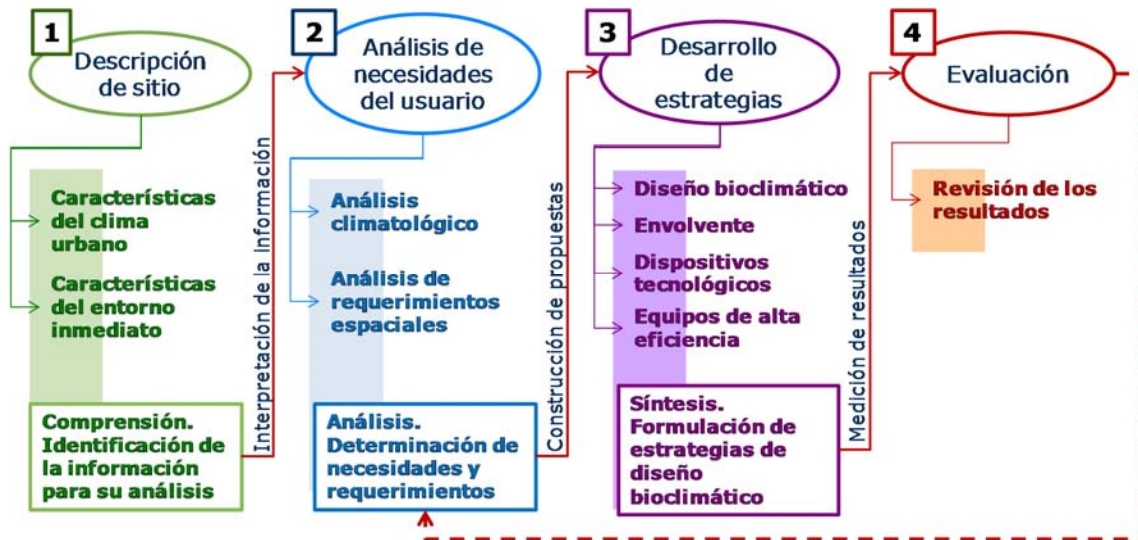


Diagrama 5.5. Metodología de Diseño propuesta para ser utilizada en el Modelo.

Parte 2. Análisis de ciclo de vida de la vivienda.

Para dar respuesta al objetivo de la investigación, en primera instancia se requiere establecer cómo y en qué momento se generan las emisiones de GEI a la atmósfera. Por lo que considerando la complejidad de los procesos que intervienen en el desarrollo de la vivienda que se encuentra en zonas urbanas, se utilizará la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida para conocer estos datos.

Este proceso posibilita determinar el impacto ocasionado al medio por un producto como el de la vivienda. La metodología consta de cuatro etapas, la definición de objetivos, el análisis de inventario, la evaluación de los impactos y la interpretación de los resultados.

A. Definición de objetivos.

La definición de objetivos de esta primera etapa está enfocada a proponer alternativas sostenibles que permitan la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero generados por la vivienda en zonas urbanas en México. Estos objetivos irán enfocados al lugar donde se ubica el caso de estudio.

Donde la unidad funcional o de referencia del sistema total es la vivienda y no cambia, únicamente tiene características particulares para cada caso. Los límites del sistema estarán dados por las fases del ciclo de vida de la edificación, las cuales son las fases de producción, construcción, operación y consumo, y recuperación. Analizando específicamente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

B. Análisis de inventario.

En esta etapa de análisis de inventario se cuantifican los flujos de energía y materiales entrantes y salientes del sistema, definiendo como sistema principal todos los procesos y actividades relacionadas con la vivienda durante su vida útil, identificando cuáles de estas entradas y salidas son extraídas, o bien, emitidas al medio ambiente.

Este análisis de inventario muestra las cuatro fases del ciclo de la vivienda. Cada una de las fases se convierte en un subsistema con procesos propios.

Para fines de esta investigación se fijará la atención en las emisiones a la atmósfera.



Diagrama 5. 6. Entrada de recursos y salidas de emisiones del sistema.

b.1. Análisis de Inventario. Fase de producción.

Esta es la fase con la que inicia el ciclo y se divide en dos partes, una es el **desarrollo del proyecto** y la otra es la **obtención de materiales y componentes de construcción**. El desarrollo del proyecto incluye la planeación, el análisis y el diseño de la vivienda. Es en este momento donde se realiza el diseño del proyecto como resultado de diversos análisis para así poder realizar una eficaz planeación.

Esta primera parte de la fase puede llegar a demandar mucho tiempo y trabajo, así como costos económicos, sin embargo, debido a la diversidad y cantidad de recursos empleados para estas actividades para cada caso específico, no se tomarán en cuenta los recursos energéticos empleados en esta primera parte de la fase, ni las emisiones generadas de la obtención de éstos.

La obtención de materiales y componentes de construcción incluye diversos procesos y actividades relacionados con la extracción de la materia prima, su transportación al sitio donde será manufacturada, el proceso o procesos de manufactura de la materia prima para

la fabricación de materiales y componentes de construcción, y finalmente, la transportación de materiales y componentes de construcción al sitio de almacenaje o a la obra.

En todos estos procesos se tiene quema de combustibles fósiles, emitiendo a la atmósfera CO₂ principalmente. También se emiten otros gases de efecto invernadero, estimándose que por cada kWh generado en una de las centrales termoeléctricas del país se emiten a la atmósfera 0.62 kg de GEI¹⁰².

La unidad de medida empleada es el megajoule (MJ), 1 MJ equivale a 0.277 kWh, y 1 kWh genera 0.62 kg de CO₂ eq (equivalente)¹⁰³.

La energía requerida para la manufactura de los materiales de construcción puede diferir de un producto a otro. Los materiales que requieren mucha energía son los metales, vidrios y plásticos, y los que requieren menos son las arcillas y yesos.

A continuación se muestra el diagrama del Análisis de Inventario de esta fase:

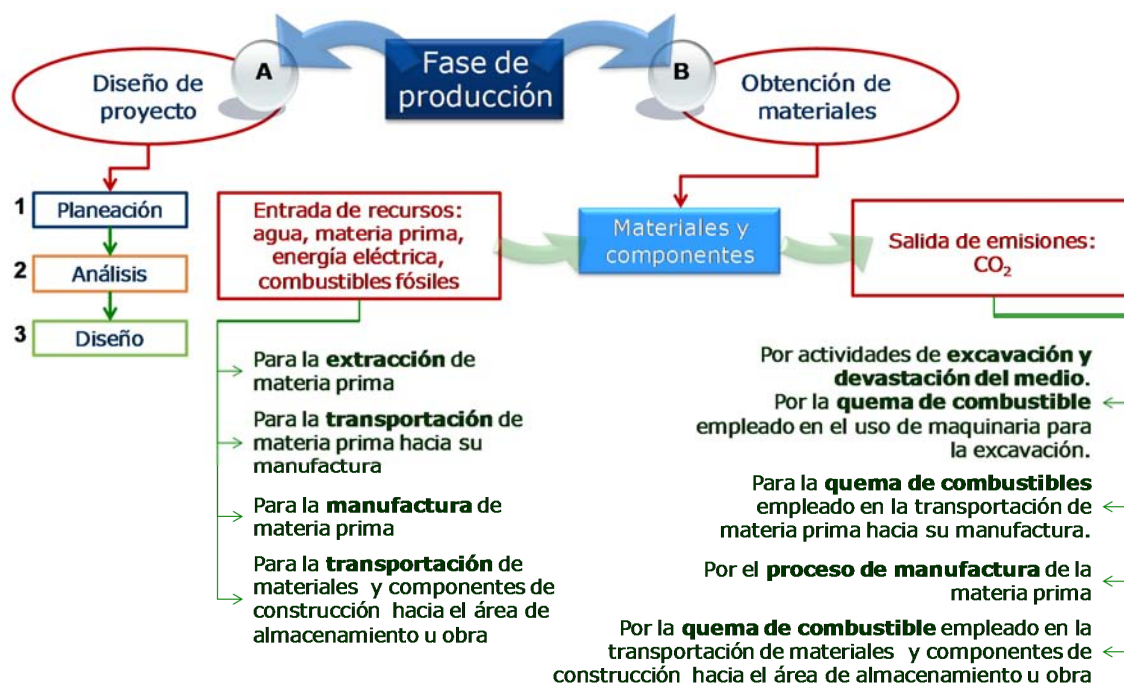


Diagrama 5. 7. Análisis de Inventario. Fase de Producción.

¹⁰² *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002, México*. Semarnat, Instituto Nacional de Ecología, Septiembre 2006. Fecha de consulta Junio de 2010. Disponible en <dGEIawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dGEIa_mce/html/RECUADROS_INT_GLOS/D3_ATMÓSFERA/D3_Aire_02/D3_R_AIRE02_02.htm>

¹⁰³ CO₂ eq (equivalente) es la concentración de CO₂ que causarían el mismo impacto sobre el cambio climático que un determinado tipo y concentración de gases de efecto invernadero.

Para los materiales de construcción que conforman la vivienda en las zonas urbanas del país y que caracterizan la vida útil nominal¹⁰⁴ de la construcción, se tiene que la vida útil nominal del tabique y del concreto es de 50 años. Algunos de los materiales de construcción más empleados en la elaboración de viviendas en las áreas urbanas de México son el tabique en muros, el acero de refuerzo, el concreto, el aluminio y el vidrio. Cada uno de estos materiales emplea grandes cantidades de energía y materia prima para su obtención, transportación y manufactura, de la misma manera que genera materiales de desecho y energía residual.

b.2. Análisis de Inventario. Fase de construcción.

En esta siguiente fase, donde se lleva a cabo la edificación de la vivienda, se presentan procesos y actividades propios para la elaboración de elementos y componentes constructivos desarrollados en sitio, haciendo uso de agua, materiales y energía. Para la obtención de un litro de agua se consumen 0.004 kWh y se emiten a la atmósfera 0.0025 Kg de CO₂ eq.

A continuación se muestra el diagrama del Análisis de Inventario de esta fase:



Diagrama 5. 8. Análisis de Inventario. Fase de Construcción.

¹⁰⁴ Entendiendo por vida útil nominal al total de años durante los cuales su costo de mantenimiento no supera su costo de sustitución.

Existe poca información sobre el consumo de materiales y de energía, así como de las emisiones generadas específicamente en esta etapa, sin considerar la etapa de producción.

Esta fase se divide en dos partes, las etapas de la obra y el almacenamiento de materiales, herramientas y utensilios. Las etapas de la obra inician desde la limpieza y preparación del terreno, la cimentación, la estructura, las instalaciones, los acabados, los exteriores y la limpieza.

Edificios y casas para vivienda en las zonas urbanas en México, con muros de tabique de cualquier tipo o de concreto, con cadenas, pilares y vigas de concreto armado, con losas de concreto armado y sistemas como vigueta y bovedilla, se les considera con una vida útil nominal de 50 años.

b.3. Análisis de Inventario. Fase de operación y consumo.

En esta fase de procesos y actividades ya concluida la vivienda, se emplean recursos energéticos para su operación, mantenimiento y renovación, como electricidad, gas y agua, y la generación constante de productos de desecho como aguas residuales y objetos sólidos.

Este subsistema se puede dividir en dos partes, la primera es la de operación y consumo, donde se consume energía eléctrica, gas y agua.

La energía eléctrica se emplea en distintos elementos como aparatos eléctricos en la cocina, para entretenimiento, de escritorio, para el funcionamiento del hogar y en la iluminación interior y exterior. El consumo energético de estos elementos varía de un aparato a otro, dependiendo del número de kWh (kilo-Watt-hora) de consumo unitario que lo caracterice¹⁰⁵. Asimismo, cada kWh que consume, genera 0.62 kg de CO_{2 eq}.

En cuanto a la iluminación, el consumo también varía de una lámpara a otra.

El gas se emplea para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua. La combustión de 1 kg de gas LP tiene un consumo energético de 11,000 kcal¹⁰⁶, lo que equivale a 46.05 MJ, es decir, 12.79 kWh, generando 7.93 kg de CO_{2 eq}. En la combustión de 1 m³ de gas natural se tiene un consumo energético de 8,205 kcal¹⁰⁷, lo que equivale a 34.35 MJ, o bien, 9.54 kWh, generando 5.92 kg de CO_{2 eq}. 1 kg de gas LP equivale a 1.24 m³

¹⁰⁵ Para conocer el consumo de cada aparato eléctrico se pueden revisar las especificaciones técnicas proporcionadas por el proveedor, o bien se puede consultar la Tabla de Consumo de la Comisión Federal de Electricidad. *Tabla de Consumo*. CFE. 2010. Disponible en <<http://www.cfe.gob.mx>>

¹⁰⁶ Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo. SENER 2009. Consulta julio de 2010. Disponible en <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva_gasnatural_2009-2024.pdf>

¹⁰⁷ Prospectiva del mercado de gas natural. Secretaría de Energía. 2009. Fecha de consulta julio de 2010. Disponible en <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Prospectiva_gasnatural_2009-2024.pdf>

de gas natural, esto es, el consumo energético de 1 kg de gas LP es de 46.05 MJ y el de 1.24 m³ de gas natural es de 42.59 MJ, lo que muestra que el consumo de gas LP es un poco más contaminante que el de gas natural.

El agua se emplea en el aseo personal, la limpieza en general y en el riego.

La otra parte en que se divide esta fase es la de mantenimiento y renovación. Para llevarlos a cabo se utilizan materiales y componentes de construcción así como agua, en diversas actividades como el resane y la pintura de la edificación, la impermeabilización de azoteas, el desazolve de tuberías y drenaje, la limpieza de tinacos y cisternas, la sustitución de componentes eléctricos, hidráulicos y sanitarios (alambrado, balastros, cajas, apagadores, tubos, llaves, accesorios, muebles de baño, etc.), y la renovación de los espacios en general.

El análisis de inventario de esta parte de mantenimiento y renovación presenta dificultad en realizarse extensivamente debido a que las actividades que se llevan a cabo al respecto pueden ser muy variadas y los productos empleados también.

A continuación se muestra el diagrama del Análisis de Inventario de esta fase:

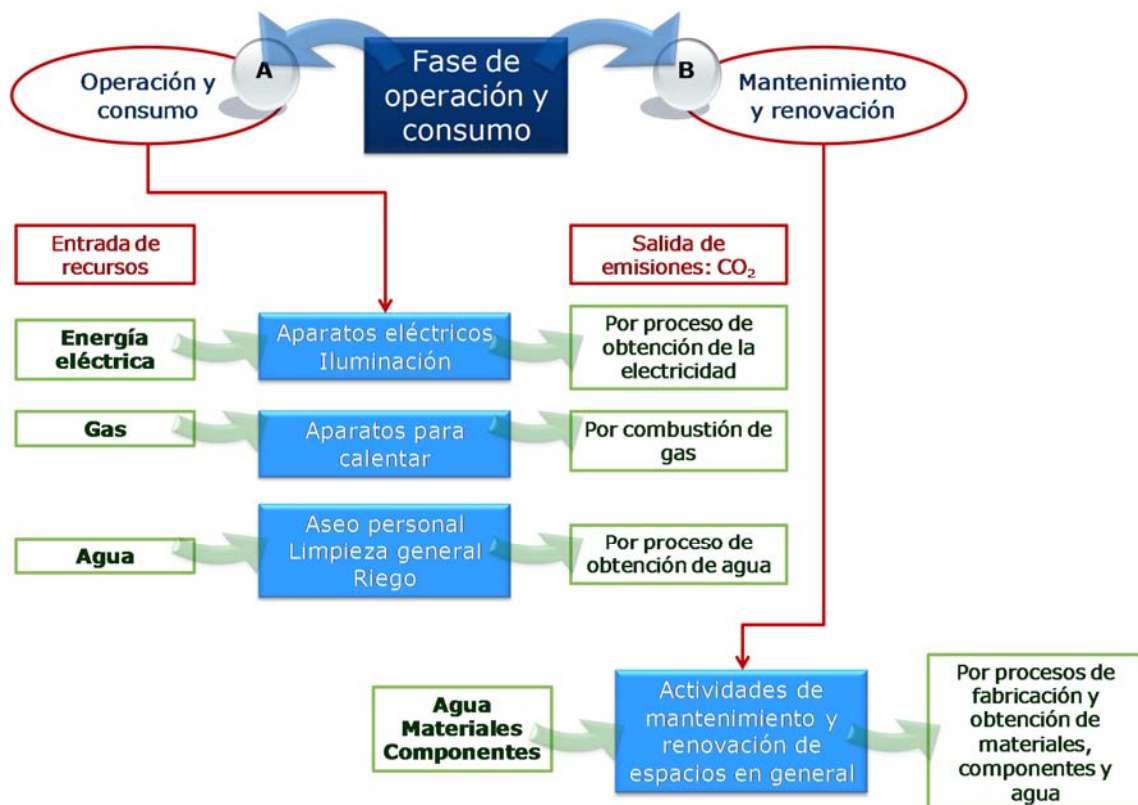


Diagrama 5. 9. Análisis de Inventario. Fase de operación y consumo.

Dependiendo de la calidad de los productos aplicados desde el inicio de la edificación hasta su mantenimiento en su vida útil, se tendrán más o menos insumos, y por tanto más o

menos consumos energéticos. Otro obstáculo para la realización del análisis es que los productos no presentan en sus fichas técnicas información sobre sus características energéticas y ambientales, en cuanto a resultados del análisis del ciclo de vida del producto y sus emisiones al medio ambiente.

b.4. Análisis de Inventario. Fase de recuperación.

En esta fase se encuentran los procesos de demolición y recuperación. Se compone de dos partes consecutivas. La primera de ellas es la parte de la demolición, donde se llevan a cabo actividades de desmantelamiento, demolición¹⁰⁸ y transportación¹⁰⁹.

El desmantelamiento incluye los materiales y componentes de la vivienda, muchos de ellos pueden ser reutilizados e incluso reciclados. Los materiales y componentes menos complejos en cuanto a su composición, tienen mayores posibilidades de ser reutilizados o bien reciclados, como el vidrio, las piedras naturales y los metales. Estas actividades se realizan en forma manual, por lo que no se considera el consumo de energéticos ni las emisiones de gases a la atmósfera¹¹⁰.

La demolición debe incluir la separación de materiales pétreos del acero y de las tuberías de instalaciones eléctricas y sanitarias.

La transportación de cascajo debe estar cubierta y regada ligeramente la capa superior del material con agua tratada.

Para la parte de recuperación, se incluyen actividades de reciclaje de materiales, la reutilización de los mismos, y las acciones de regeneración necesarias según el caso. Para estas actividades no se consideran consumos energéticos ni las emisiones de gases, debido a que justo en este proceso se inician nuevos ciclos de vida.

En esta fase se tiene un área de oportunidad para la reducción de emisiones de manera indirecta. El cascajo generado de la demolición es transportado y llevado a diferentes sitios. El costo de transporte de este cascajo es cubierto por quien lleva a cabo la demolición de la edificación. En lugar de depositarlo en algún tiradero de desechos, se puede depositar en un lugar determinado donde se realicen procesos para su reutilización.

¹⁰⁸ Para la demolición mecánica se emplea una retroexcavadora, la cual tiene un consumo de 147.08 kWh y una generación de 91.19 kg de CO₂ eq cada hora. BEDEC, banco de datos de empresas fabricantes de productos de la construcción. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. 2010. Disponible en <<http://www.itec.es/noumetabase2.e/Presentacio.aspx?page=bancbedec>>

¹⁰⁹ Para la transportación de escombros al sitio de descarga se utiliza comúnmente un camión de volteo de 7 m³, el cual tiene un consumo energético de 201.18 kWh, y genera 124.73 kg de CO₂ eq. *Ibidem*.

¹¹⁰ En este punto se recuperan materiales naturales como mármol, granito, entre otros, maderas en buen estado, herrerías y demás componentes que por sus condiciones valga la pena reusar.

Los materiales pétreos pueden ser reutilizados dentro de otras construcciones como plantillas para desplantes de cimentación. También pueden ser reciclados con el propósito de obtener otros materiales de construcción como arenas y gravas, pudiéndose fabricar concreto reciclado para adocretos, adopasos y demás materiales para exteriores en recubrimientos y pisos.

Para el reciclaje, se puede separar el material por tipo, color, textura, etc., o bien todo junto, posteriormente se tritura para lograr una determinada granulometría. Se pueden obtener nuevos materiales como agregados, incluso se les puede añadir algún pigmento. El consumo energético para la obtención de estos materiales únicamente se deriva en el uso de la máquina trituradora y su transportación, reduciendo de manera importante la generación de GEI originados de su fabricación.

A continuación se muestra el diagrama del Análisis de Inventario de esta fase:

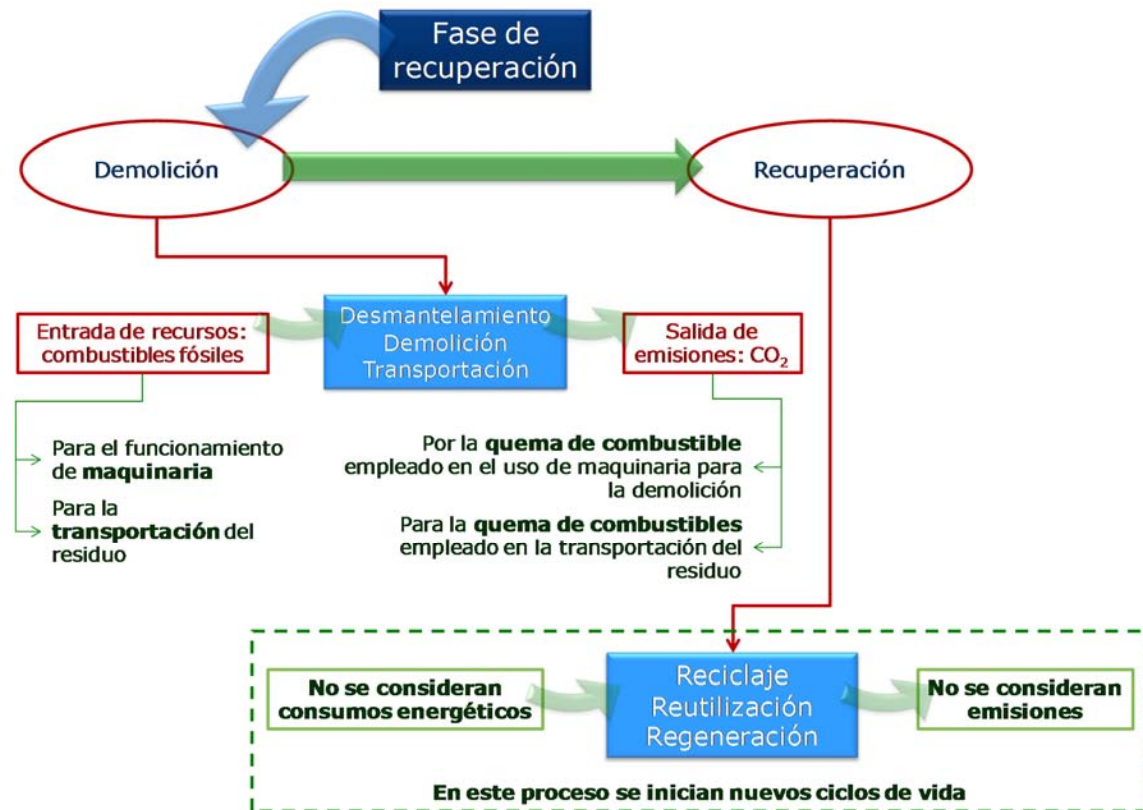


Diagrama 5. 10. Análisis de Inventario. Fase de recuperación.

Para el análisis de inventario se elaborará una tabla la cual indicará el consumo energético y la generación de emisiones de la siguiente manera y se muestra un resumen del análisis de inventario indicando además los porcentajes de consumo:

Fases	Desarrollo
Fase de Producción	Se indicará la cuantificación del material empleado con sus respectivas unidades de medición, señalando el consumo energético en kWh con su consecuente generación de emisiones en kg de CO ₂ eq.
Fase de Construcción	Se indicará el consumo energético y la generación de emisiones sobre maquinaria y actividades de colocación de materiales.
Fase de Operación y Consumo	Se indicará el consumo de energía eléctrica en aparatos según su actividad, como actividades de cocina, del hogar, de entretenimiento, de tipo oficina, y el consumo en iluminación. De la misma forma se indicará el consumo de gas y de agua. También se señalará el consumo energético del mantenimiento. De todo lo anterior se muestra la generación de emisiones.
Fase de Recuperación	Se indicará el consumo energético y la generación de emisiones sobre maquinaria y actividades de recuperación de materiales.

Tabla 5. 9. Resultados del Análisis de Inventario de todas las etapas.

C. Evaluación de impactos.

En esta etapa se realiza la clasificación y evaluación de los resultados del inventario. Para llevar a cabo la evaluación de los resultados del análisis de inventario, se considerará la influencia que la edificación tiene en el efecto invernadero, partiendo de lo siguiente:

Los árboles llevan a cabo la captura del carbono únicamente durante su desarrollo para alcanzar su madurez. La cantidad de CO₂ que un árbol captura durante un año, equivale a multiplicar sólo el pequeño incremento anual de la biomasa en el árbol, por la biomasa del árbol que contiene carbono. Cuando mueren, emiten hacia la atmósfera la misma cantidad de carbono que se capturó. De esta manera, un bosque en plena madurez aporta la misma cantidad de carbono que captura. Siendo entonces lo más importante, conocer cuánto carbono captura durante toda su vida. Debido a diferentes factores como el tipo de árboles, suelos y topografía, los índices de captura de carbono presentan variaciones.

Eventualmente, la acumulación de carbono llega a un punto de saturación, resultando imposible una mayor captura. Una tonelada de carbono en la madera de un árbol o en la biomasa de un bosque representa aproximadamente 3.5 toneladas de CO₂ atmosférico por año. Considerando la pérdida de árboles en 25% por cada hectárea, entonces la captura de carbono en la madera es de 0.75 ton por cada hectárea, lo cual es equivalente a 2.62 ton de CO₂ cada año por hectárea.

Para la evaluación se elaborará una tabla la cual indicará la generación de emisiones y las hectáreas de bosque a lo largo de un año que se necesitarían para cubrir la demanda de la siguiente manera:

Fases	Desarrollo
Fase de Producción	Se indicará la cuantificación del material empleado con sus respectivas unidades de medición, señalando la generación de emisiones en kg de CO ₂ eq y las Ha de bosque necesarias sobre materiales y componentes de construcción.
Fase de Construcción	Se indicará la generación de emisiones y Ha de bosque necesarias sobre maquinaria y actividades de colocación de materiales.
Fase de Operación y Consumo	Se indicará la generación de emisiones y de bosque necesarias en aparatos según su actividad y el consumo en iluminación. Se indicará por el consumo de gas y de agua, así como del mantenimiento.
Fase de Recuperación	Se indicará la generación de emisiones y Ha de bosque necesarias sobre maquinaria y actividades de recuperación de materiales.

Tabla 5. 10. Resultados de la Evaluación de todas las etapas.

D. Interpretación de resultados.

En esta parte de la interpretación se evaluarán todos los resultados de acuerdo a los objetivos, dando conclusiones y recomendaciones. Se indicarán conclusiones y se señalarán áreas de oportunidad para el cumplimiento de los objetivos.

Fases	Desarrollo
Fase de Producción	Se darán conclusiones sobre la obtención de materiales y componentes de construcción.
Fase de Construcción	Se darán conclusiones sobre el uso de maquinaria y las actividades de colocación de materiales.
Fase de Operación y Consumo	Se darán conclusiones sobre el consumo de energía en aparatos eléctricos e iluminación, sobre el consumo de gas y de agua, así como del mantenimiento.
Fase de Recuperación	Se darán conclusiones sobre el uso de maquinaria y las actividades de recuperación de materiales.

Tabla 5. 11. Resultados de la Interpretación de Resultados de todas las etapas.

En esta categoría se considerarán como variables cada etapa de la metodología.

Variables	Datos a utilizar
Definición de objetivos	Objetivos.
Análisis de inventario	Tabulación de los materiales, componentes, procedimientos, maquinaria, empleados.
Evaluación de impactos	Tabulación de los impactos generados.
Interpretación de resultados	Descripción de resultados.

Tabla 5. 12. Variables del análisis de ciclo de vida

A continuación se muestra la metodología del análisis de ciclo de vida propuesta para el modelo, con las cuatro etapas y sus secuencias.

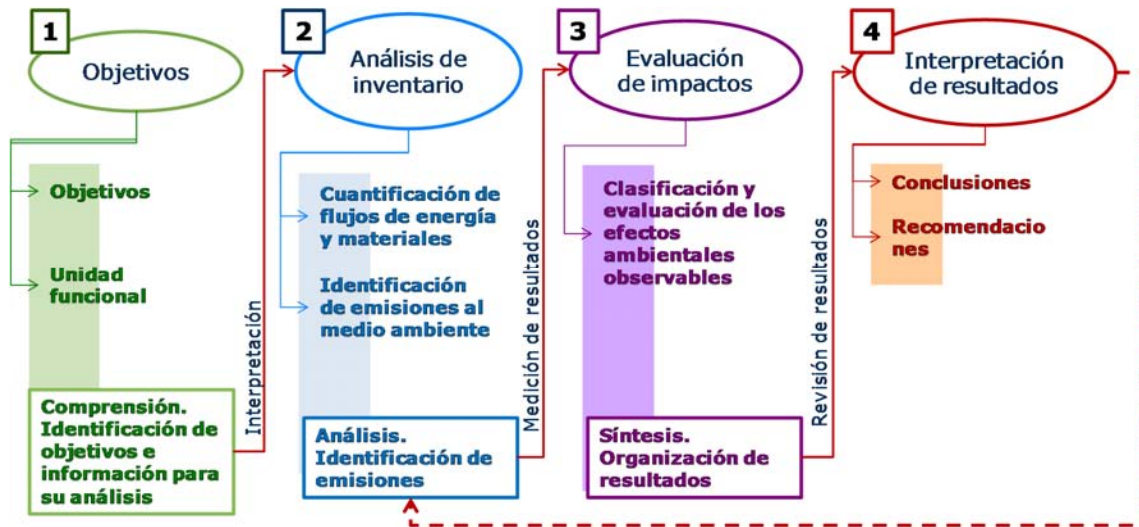


Diagrama 5. 11. Desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida.

El siguiente diagrama muestra las categorías de acciones e interacciones con sus dos partes, la metodología de diseño bioclimático y el análisis de ciclo de vida.

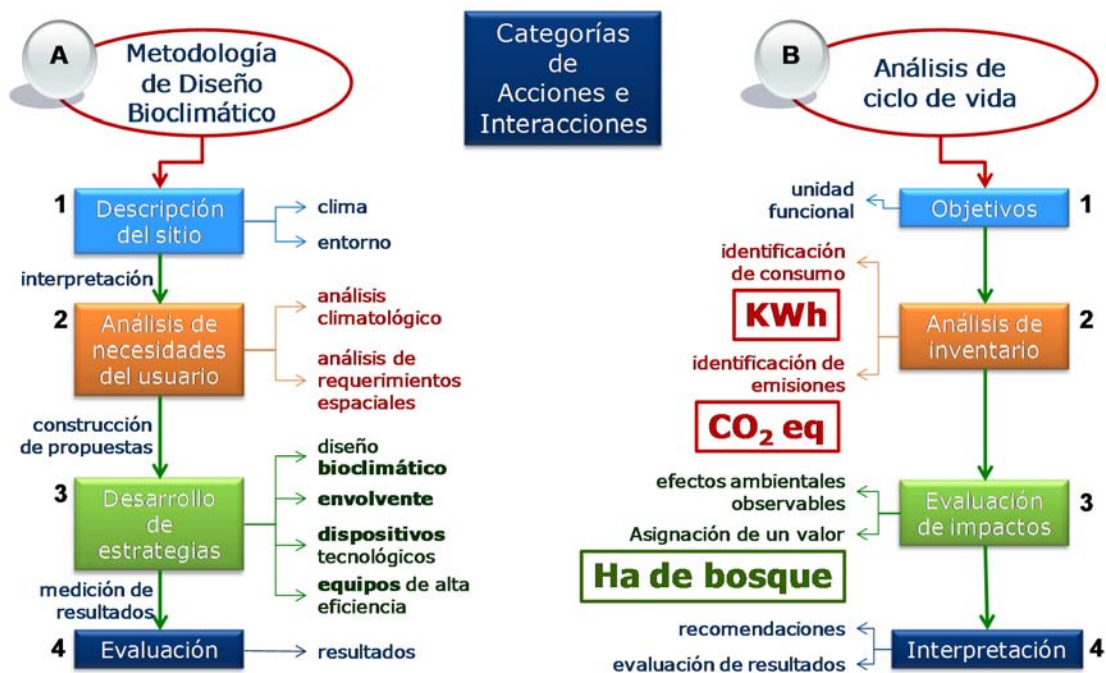


Diagrama 5. 12. Categorías de Acciones e Interacciones del Modelo.

5.1.6. Categorías de Consecuencias.

Estas categorías tienen que ver con la evaluación del procedimiento completo del modelo y se divide en tres variables:

Resultados. Evaluación de los resultados de la aplicación de las metodologías.

Conclusiones. Justificación del cumplimiento de los objetivos planteados.

Otras preguntas. Planteamiento de otras preguntas que den continuidad a la investigación.

5.1.7. Diagrama general del modelo propuesto.

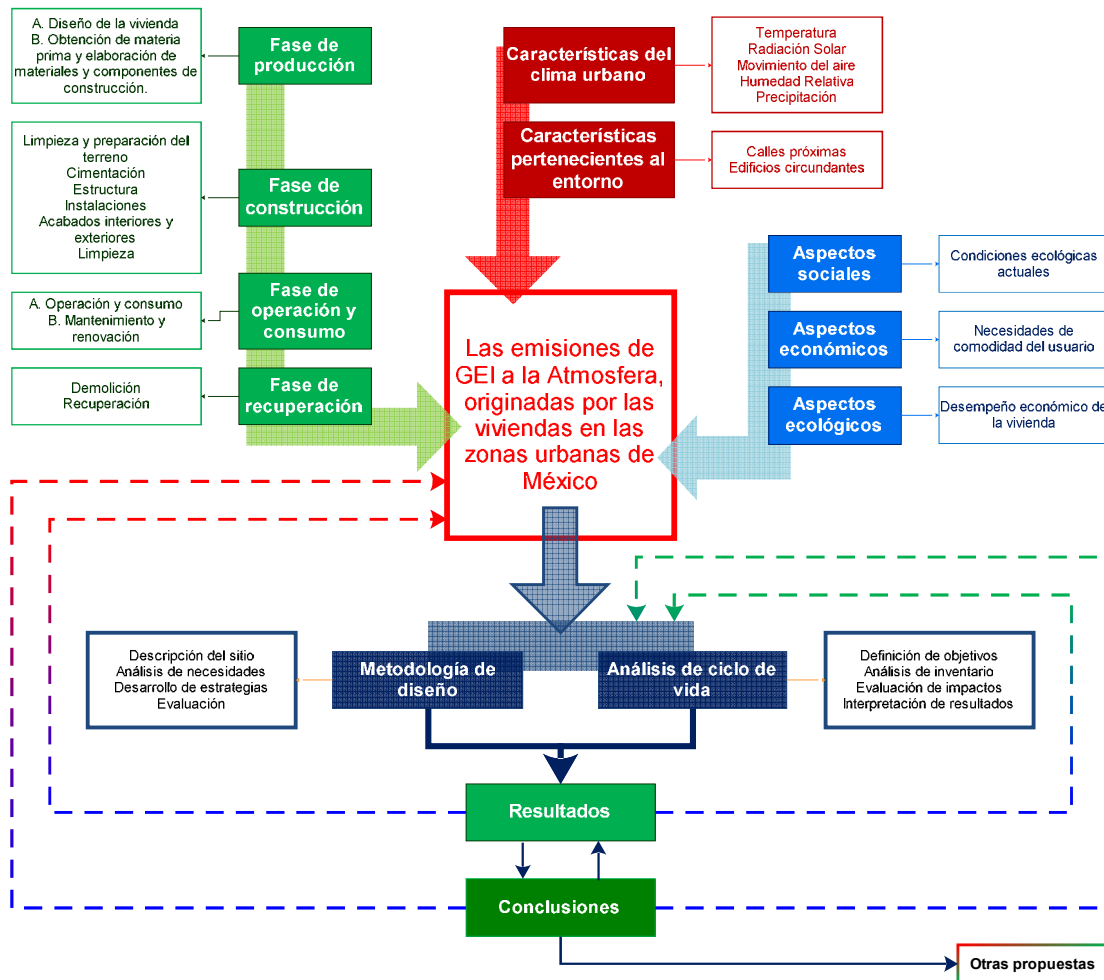


Diagrama 5. 13. Modelo propuesto.

En el siguiente capítulo se llevará a cabo la aplicación del modelo aquí propuesto a un caso de estudio específico localizado en la Ciudad de México.

Capítulo 6

Aplicación de modelo

6.1. Ciudad de México. Escenario del caso de estudio.

Aproximadamente el Distrito Federal representa apenas el 0.1% de la superficie del país. Sin embargo, cuenta con la mayor densidad urbana de la República, y concentra las actividades más importantes del país sobre política, inversiones económicas, infraestructura industrial y financiera, comercio, vida social, educación, ciencia y cultura.

Por consiguiente también concentra los mayores consumos energéticos. Estos consumos de diversos energéticos y la extensión de la mancha urbana han modificado el microclima de la zona. La sustitución de suelo natural por elementos urbanos como calles, banquetas y edificios, modifica el clima, volviendo al aire urbano más tibio y, en general, más seco que el del entorno rural¹¹¹.

De acuerdo a la estimación que realizó el Instituto de Ingeniería de la UNAM en el año 2000¹¹², el consumo de energía eléctrica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México contribuye con el 17.3% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero.

El número de usuarios consumidores ha aumentado considerablemente en los últimos 20 años. Este incremento no ha sido uniforme en todos los sectores, siendo el doméstico el más elevado y el agrícola el menor. En el sector doméstico en 1980 se tenían 8,400,901 de usuarios y para el año 2003 se registraron 23,691,586, esto debido a que se triplicó el número de usuarios¹¹³, y se espera un incremento aproximado del 30%, tomando en cuenta que puede variar de acuerdo a la situación social y económica que enfrente el país en los próximos años. El sector doméstico constituyó el 16% del consumo final de energía en México en 2008¹¹⁴. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, los combustibles fósiles

¹¹¹ *II Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la producción y el uso de la energía en la Zona Metropolitana del Valle de México.* Energía y ambiente. Inst. Ingeniería UNAM. México, 2002. Disponible en <<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/489/inventario.pdf>>

¹¹² *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a la producción y uso de la energía en la ZMVM.* Energía y Ambiente, Inst. Ingeniería de la UNAM. 2000.

¹¹³ *Balance Nacional de Energía 2004.* Secretaría de Energía 2005. Fecha de consulta Abril de 2010. Disponible en <http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/balance2004.pdf>

¹¹⁴ Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (Pronase), SENER. 2008.

cubren aproximadamente el 87% del consumo final de energía¹¹⁵. El consumo de energía en las viviendas está determinado principalmente por el crecimiento poblacional.

Además de ello existen otros factores como el número de personas que ocupan la vivienda, la capacidad económica de poder disponer de varios equipos eléctricos, las características de redes de distribución de electricidad y de gas que hacen posible el uso de equipos que funcionan con estos energéticos, el desarrollo tecnológico empleado en los equipos eléctricos, los materiales y diseños constructivos de las viviendas, y la normatividad relacionada con las normas de eficiencia energética a los que pueden estar sujetos los equipos consumidores de energía y el diseño y construcción de las viviendas¹¹⁶.

6.2. Objetivo.

Como objetivo del modelo, es decir como categoría central, se tiene: Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera en una vivienda en la Ciudad de México. La vivienda se ubica en la zona centro de la Ciudad de México, en la calle 5 de Febrero esquina con la calle de Cádiz, en la Colonia Álamos en la delegación Benito Juárez.

Sus datos de localización son los siguientes:

Datos	
<p>Latitud 19° 23' 55.05" N</p> <p>Longitud 99° 08' 20.80" O</p> <p>Altitud 2233 msnm</p>	 <p>Gráfico 6. 1. Mapa de localización del caso de estudio¹¹⁷.</p>

Tabla 6. 1. Datos de localización de la vivienda caso de estudio.

¹¹⁵ MOLINA, LUISA T, MOLINA, MARIO J. *La Calidad del aire en la megaciudad de México, un enfoque integral*. México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 2005. Pág. 120-126.

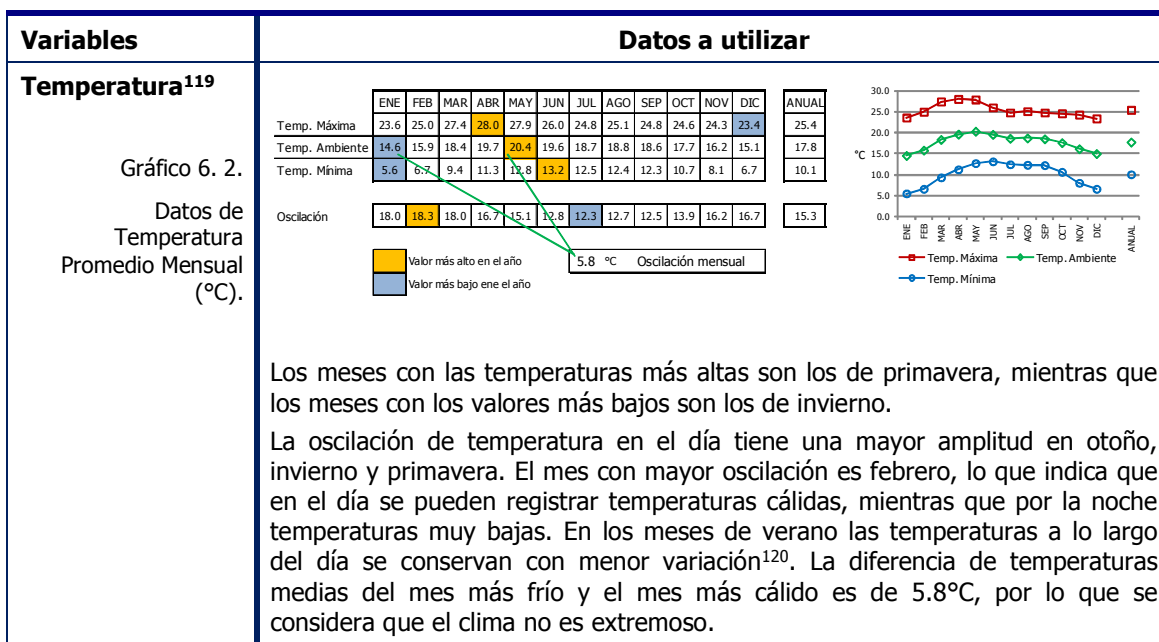
¹¹⁶ CONAFOVI. *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*. CONAFOVI. México, 2006. Disponible en <http://www.conafovi.gob.mx/documentos/publicaciones/guia_energia.pdf>

¹¹⁷ Imagen de: Google Maps - ©2012 Google.

En la actualidad en el sitio se encuentra una vivienda de dos niveles, ocupada por una familia de 4 personas y el estado de la construcción es regular. Tomando en consideración las estadísticas del INEGI¹¹⁸ sobre los materiales de construcción empleados, los procedimientos constructivos, el número de ocupantes promedio, la disposición de servicios y bienes, se hace la consideración que se puede reutilizar la construcción existente determinando que la vivienda es tipo casa independiente, de 150 m² de construcción y cuatro ocupantes, con una cimentación de mampostería, muros de block de concreto y losas planas de concreto armado. Para las construcciones de vivienda en México el INEGI considera una vida útil de 50 años.

6.3. Categorías Contextuales del caso de estudio.

6.3.1. Variables del clima urbano.



¹¹⁸ Las viviendas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México incluyen varios tipos que son casas independientes (62.57%), departamentos en edificio (20.81%), cuartos en vecindad o azotea (11.17%), y otros tipos (5.45%), con un promedio de 4 ocupantes por vivienda. Se ha incrementado el uso del concreto en muros y techos, y disminuido los pisos de tierra. El 98.5% cuentan con servicio de energía eléctrica, el 96.1% con agua de la red pública, y el 97.8% con drenaje. INEGI. *Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2009*. México, INEGI, 2009.

¹¹⁹ Los datos son proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional en sus Normales Climatológicas. Estación 00009007 Cintel 42, Col. Sevilla, Latitud 19°25'00" N, Longitud 099°07'00" O, estación más cercana a la vivienda y con datos recientes.

¹²⁰ La variación anual de la temperatura es pequeña, aproximadamente de 5°C, sin embargo en la segunda mitad de la estación seca el rango diurno es mayor, aproximadamente de 15°C. Durante este periodo cuando ocurre la inversión de la radiación en la mañana se prevé la dispersión de contaminantes en el aire. JÁUREGUI, ERNESTO. *El clima de la Ciudad de México*. México, D. F., UNAM, Instituto de Geografía, Plaza y Valdés, 2000. Pág. 31-74.

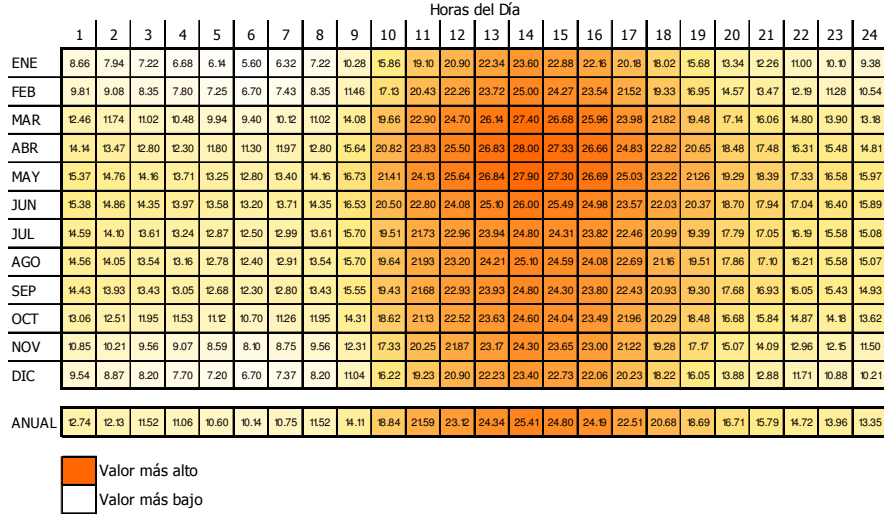


Gráfico 6. 3.

Datos Horarios de Temperatura (°C).

El comportamiento de la temperatura a lo largo del día muestra que las horas más cálidas se presentan principalmente de las 11:00 a las 17:00 horas en los meses de marzo a mayo. Siendo las horas más frías de las 2:00 a las 8:00 horas en los meses de noviembre a febrero.

Radiación¹²¹

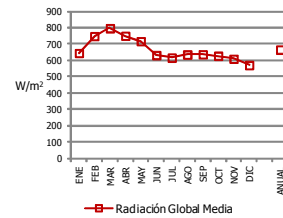
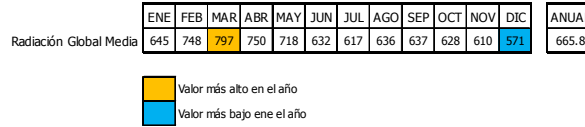


Gráfico 6. 4.

Datos de Radiación Solar Global Mensual (W/m²).

Los meses con mayor radiación son febrero, marzo, abril y mayo, es decir al finalizar el invierno y durante la primavera. Los meses con menor radiación son justamente antes de los anteriores, noviembre y diciembre, al finalizar el otoño.

		Oro																	Ocaso
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			17:30:19		
Ene	Altura Solar	6:29:41	6.60	19.17	30.79	40.74	47.82	50.46	47.82	40.74	30.79	19.17	6.60			17:30:19			
	Azmut		65.91	59.41	50.60	38.28	21.22	0.00	-21.22	-38.28	-50.60	-59.41	-65.91			17:43:58			
Feb	Altura Solar	6:16:02	10.07	23.45	36.12	47.44	56.00	59.38	56.00	47.44	36.12	23.45	10.07			17:59:43			
	Azmut		74.21	67.81	59.17	46.48	27.00	0.00	-27.00	-46.48	-59.17	-67.81	-74.21			17:59:43			
Mar	Altura Solar	6:00:17	14.06	28.06	41.74	54.66	65.49	70.40	65.49	54.66	41.74	28.06	14.06			18:16:36			
	Azmut		84.72	78.93	71.38	59.80	38.61	0.00	-38.61	-59.80	-71.38	-78.93	-84.72			18:16:36			
Abr	Altura Solar	5:43:24	3.83	17.82	31.93	46.07	60.11	73.60	82.22	73.60	60.11	46.07	31.93	17.82	3.83			18:29:54	
	Azmut		100.97	96.37	91.84	86.68	79.38	63.87	0.00	-63.87	-79.38	-86.68	-91.84	-96.37	-100.97			18:29:54	
May	Altura Solar	5:30:06	6.61	20.13	33.88	47.79	61.81	75.87	89.12	75.87	61.81	47.79	33.88	20.13	6.61			18:35:09	
	Azmut		109.22	105.21	101.90	99.14	96.95	96.12	0.00	-96.12	-96.95	-99.14	-101.90	-105.21	-109.22			18:35:09	
Jun	Altura Solar	5:24:51	7.60	20.86	34.39	48.08	61.83	75.47	85.95	75.47	61.83	48.08	34.39	20.86	7.60			18:35:09	
	Azmut		112.25	108.50	105.68	103.85	103.66	108.84	0.00	-108.84	-103.66	-103.85	-105.68	-108.50	-112.25			18:29:52	
Jul	Altura Solar	5:30:08	6.60	20.12	33.88	47.79	61.80	75.87	89.14	75.87	61.80	47.79	33.88	20.12	6.60			18:16:33	
	Azmut		109.20	105.19	101.88	99.11	96.90	96.03	0.00	-96.03	-96.90	-99.11	-101.88	-105.19	-109.20			18:16:33	
Ago	Altura Solar	5:43:27	3.82	17.81	31.92	46.06	60.10	73.58	82.18	73.58	60.10	46.06	31.92	17.81	3.82			17:59:40	
	Azmut		100.94	96.34	91.80	86.63	79.31	63.76	0.00	-63.76	-79.31	-86.63	-91.80	-96.34	-100.94			17:42:50	
Sept	Altura Solar	6:00:20	14.05	28.05	41.72	54.63	65.46	70.36	65.46	54.63	41.72	28.05	14.05			17:24:52			
	Azmut		84.68	78.89	71.34	59.75	38.55	0.00	-38.55	-59.75	-71.34	-78.89	-84.68			17:24:52			
Oct	Altura Solar	6:17:10	9.77	23.10	35.69	46.88	55.30	58.60	55.30	46.88	35.69	23.10	9.77			17:29:44			
	Azmut		73.48	67.06	58.38	45.69	26.41	0.00	-26.41	-45.69	-58.38	-67.06	-73.48			17:29:44			
Nov	Altura Solar	6:30:16	6.45	18.99	30.56	40.45	47.48	50.10	47.48	40.45	30.56	18.99	6.45			17:24:52			
	Azmut		65.58	59.08	50.28	37.99	21.02	0.00	-21.02	-37.99	-50.28	-59.08	-65.58			17:24:52			
Dic	Altura Solar	6:35:08	5.27	17.49	28.67	38.12	44.73	47.16	44.73	38.12	28.67	17.49	5.27			17:24:52			
	Azmut		62.87	56.41	47.68	35.67	19.52	0.00	-19.52	-35.67	-47.68	-56.41	-62.87			17:24:52			

Gráfica Solar

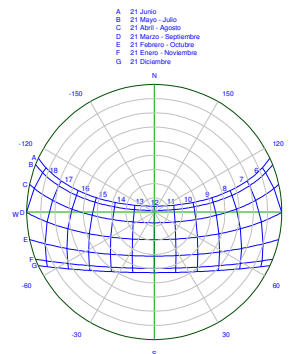


Gráfico 6. 5.

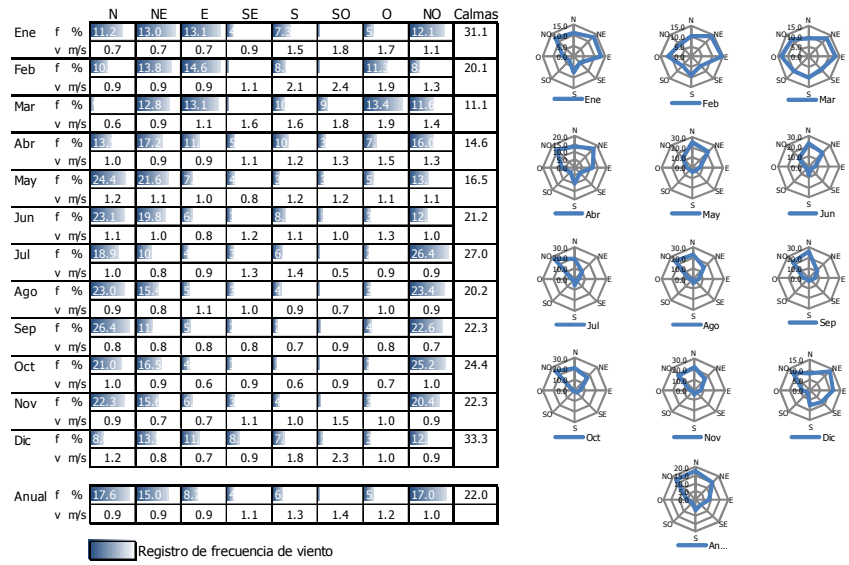
Datos Horarios de la Posición Relativa del Sol.

¹²¹ Datos obtenidos de ALMANZA SALGADO, RAFAEL. *Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana*. México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1996.

Los meses con mayor número de horas de luz son de abril a agosto.
 La hora más temprana en salir el Sol es 5:24 horas y última en ponerse es a las 18:35 horas, esto en el solsticio de verano.
 Los meses con menor número de horas de luz son de octubre a febrero.
 La hora en que más tarda en salir el Sol es 6:35 horas y primera en ponerse es a las 17:24 horas, esto en el solsticio de invierno.

Movimiento del aire^{122 123}

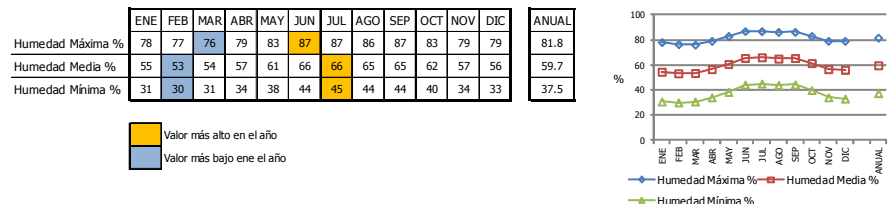
Gráfico 6. 6.
 Datos Mensuales del Movimiento del Aire.



Las direcciones con mayores frecuencias de viento son la NO, N y NE. La velocidad para esas direcciones es en promedio de 0.9 m/s.

Humedad¹²⁴

Gráfico 6. 7.
 Datos de Humedad Relativa Promedio Mensual (%).

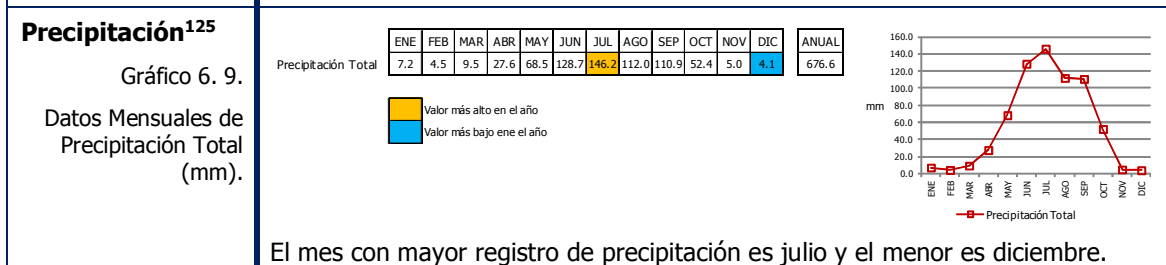


Los meses con mayor humedad relativa son los de verano y los más secos los de invierno y primavera.
 El comportamiento de la humedad a lo largo del día muestra que las horas más húmedas se presentan principalmente de las 4:00 a las 7:00 horas en los meses de junio a septiembre.
 Siendo las horas más secas de las 13:00 a las 16:00 horas en los meses de diciembre a marzo.

¹²² Los datos fueron obtenidos de *Atlas del agua de la República Mexicana*. México, D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976.
¹²³ Los primeros meses del año son los más secos y hay presencia de vientos fuertes vespertinos que provienen del noreste, estos vientos acarrean partículas de áreas sin vegetación o pavimentadas, provocando tolvaneras locales. En estos mismos meses los vientos del norte y ocasionalmente los del sur, limpian el aire al medio día, con buenas condiciones de visibilidad. JÁUREGUI, ERNESTO. *El clima de la Ciudad de México*. México, D. F., UNAM, Instituto de Geografía, Plaza y Valdés, 2000. Pág. 31-74.
¹²⁴ Los datos son calculados con un algoritmo desarrollado por el Dr. Adalberto Tejeda, con base en los datos de temperatura promedio mensual máxima, ambiente y mínima.

	Horas del Día																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ENE	70.27	72.17	74.07	75.49	76.91	78.33	76.44	74.07	66.01	51.31	42.78	38.04	34.24	30.92	32.82	34.72	39.93	45.62	51.78	57.95	60.79	64.11	66.48	68.38
FEB	68.71	70.57	72.43	73.83	75.22	76.62	74.76	72.43	64.52	50.10	41.73	37.08	33.36	30.10	31.96	33.82	38.94	44.52	50.57	56.62	59.41	62.66	64.99	66.85
MAR	68.53	70.34	72.16	73.52	74.88	76.25	74.43	72.16	64.44	50.26	42.19	37.65	34.02	30.84	32.65	34.47	39.47	44.91	50.82	56.72	59.44	62.62	64.89	66.71
ABR	71.53	73.34	75.14	76.50	77.85	79.20	77.40	75.14	67.47	53.49	45.37	40.86	37.25	34.09	35.89	37.70	42.66	48.07	53.94	59.80	62.51	65.67	67.92	69.73
MAY	75.50	77.29	79.08	80.42	81.76	83.09	81.31	79.08	71.48	57.64	49.60	45.14	41.56	38.44	40.22	42.01	46.92	52.28	58.09	63.89	66.57	69.70	71.93	73.72
JUN	79.80	81.51	83.21	84.49	85.77	87.05	85.35	83.21	75.96	62.72	55.04	50.77	47.36	44.37	46.08	47.78	52.48	57.60	63.15	68.70	71.26	74.25	76.38	78.09
JUL	79.90	81.58	83.25	84.51	85.77	87.02	85.35	83.25	76.14	63.16	55.63	51.44	48.09	45.16	46.83	48.51	53.11	58.14	63.58	69.02	71.53	74.46	76.56	78.23
AGO	79.13	80.83	82.52	83.79	85.06	86.33	84.63	82.52	75.32	62.21	54.59	50.36	46.97	44.01	45.70	47.40	52.05	57.13	62.63	68.13	70.67	73.63	75.75	77.44
SEP	79.37	81.06	82.74	84.00	85.26	86.52	84.84	82.74	75.59	62.55	54.98	50.78	47.41	44.47	46.15	47.84	52.46	57.51	62.97	68.44	70.96	73.91	76.01	77.69
OCT	75.80	77.53	79.26	80.55	81.85	83.15	81.42	79.26	71.91	58.52	50.74	46.42	42.96	39.93	41.66	43.39	48.14	53.33	58.95	64.57	67.16	70.18	72.34	74.07
NOV	71.53	73.33	75.14	76.49	77.84	79.20	77.39	75.14	67.47	53.49	45.37	40.87	37.26	34.10	35.90	37.71	42.67	48.08	53.94	59.81	62.51	65.67	67.92	69.73
DIC	71.41	73.26	75.10	76.48	77.86	79.25	77.40	75.10	67.27	52.98	44.69	40.08	36.39	33.17	35.01	36.85	41.92	47.45	53.44	59.43	62.20	65.42	67.73	69.57
ANUAL	74.29	76.07	77.84	79.17	80.50	81.83	80.06	77.84	70.30	56.54	48.56	44.12	40.57	37.47	39.24	41.02	45.90	51.22	56.99	62.76	65.42	68.52	70.74	72.52

Gráfico 6. 8. Datos Horarios de Humedad (%).
 Valores más altos
 Valores más bajos



Clasificación Climática
 C(w₀)(w). Templado subhúmedo con lluvias en verano.
 Se presentan estaciones de verano e invierno diferenciadas.
 Predominan las plantas mesotermas, las cuales florecen en temperaturas moderadas y son capaces de sobrevivir suspendiendo algunas funciones¹²⁶.

Tabla 6. 2. Variables del Clima Urbano.

6.3.2. Variables de las características del entorno inmediato.

Variables	Datos a utilizar
Características de la calle o calles próximas	<p>Las calles están compuestas de asfalto, están libres de obstáculos y su uso es específicamente vehicular.</p> <p>Las banquetas son de concreto de color medio, están libres de obstáculos y su uso es específicamente peatonal.</p> <p>Las calles y banquetas no tienen pendientes.</p> <p>El uso de suelo es habitacional con la presencia de comercios pequeños.</p> <p>La mayoría de los árboles situados son de la especie <i>Ficus benjamina</i>¹²⁷. Sus alturas se desarrollan desde los arbustos hasta árboles de más de 6 metros. También se encuentran cerca de la zona especies como la yuca¹²⁸ y níspero¹²⁹.</p>

¹²⁵ Los datos son proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica.

¹²⁶ GARCÍA MIRANDA, ENRIQUETA. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, Instituto de Geografía de la UNAM, 1988.

¹²⁷ Árbol de porte pequeño a mediano, perennifolio, desarrolla raíces aéreas. Cuenta con hojas pequeñas y con un color verde brillante y forma oval. MARTÍNEZ GONZÁLEZ, LORENA. *Los árboles de la ciudad de México*. México, UAM-A, 1994. Pág. 195.

Las características térmicas y propiedades ópticas¹³⁰ de los materiales de construcción urbanos presentes son las siguientes:

Gráfico 6. 10.
Características térmicas y propiedades ópticas de los materiales de construcción urbanos.

Materiales	Características térmicas		Propiedades ópticas		
	Densidad Kg/m ³	Conductividad Térmica W/m°C	Absortancia α	Reflectancia φ	Emitancia en onda larga ϵ
Asfalto	2100	0.7	0.95	0.05	0.95
Concreto en masa normal sin vibrar, de color medio	2000	1.16	0.55	0.45	0.9

A continuación se muestran los esquemas generales del entorno inmediato, en planta y alzado, indicando los materiales, el uso de suelo, la vegetación y las características de sus vialidades:

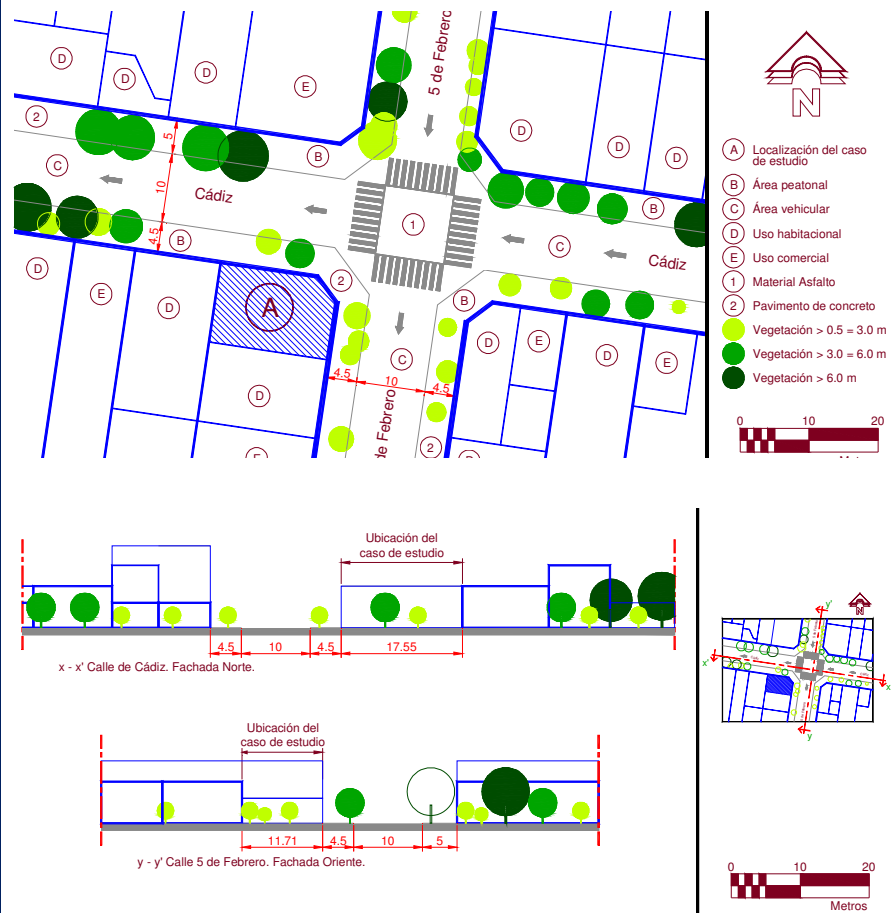


Gráfico 6. 11.
Esquema general del entorno inmediato en planta y alzado.

¹²⁸ Puede alcanzar 8 m de altura. Tiene varios troncos erectos, poco ramificado. Sus hojas son perennes, numerosas y puntiagudas que sobrepasan el metro de longitud. Cuenta con flores blancas. *Ibidem*. Pág. 121.

¹²⁹ Árbol muy alto (6-9 m) de copa redondeada, tronco muy corto que ramifica a muy baja altura, con ramillas gruesas y lanosas. Es perennifolio, con hojas muy largas, grandes y extremadamente pilosas. *Ibidem*. Pág. 179.

¹³⁰ NEILA GONZÁLEZ, F. JAVIER. *Arquitectura bioclimática, en un entorno sostenible*. Madrid, Munilla-Lería, 2004. Pág. 376-380.

Características de los edificios circundantes

Se encuentran edificios en su mayoría de 1 a 2 niveles y algunos otros pueden tener hasta 5 niveles.

En general las fachadas están repelladas, algunas pintadas con color claro, medio o sin pintar.

El impermeabilizante empleado es básicamente de color rojo.

A continuación se muestran los esquemas generales de los edificios circundantes, en planta y alzado, indicando los materiales de construcción de sus fachadas y sus alturas:

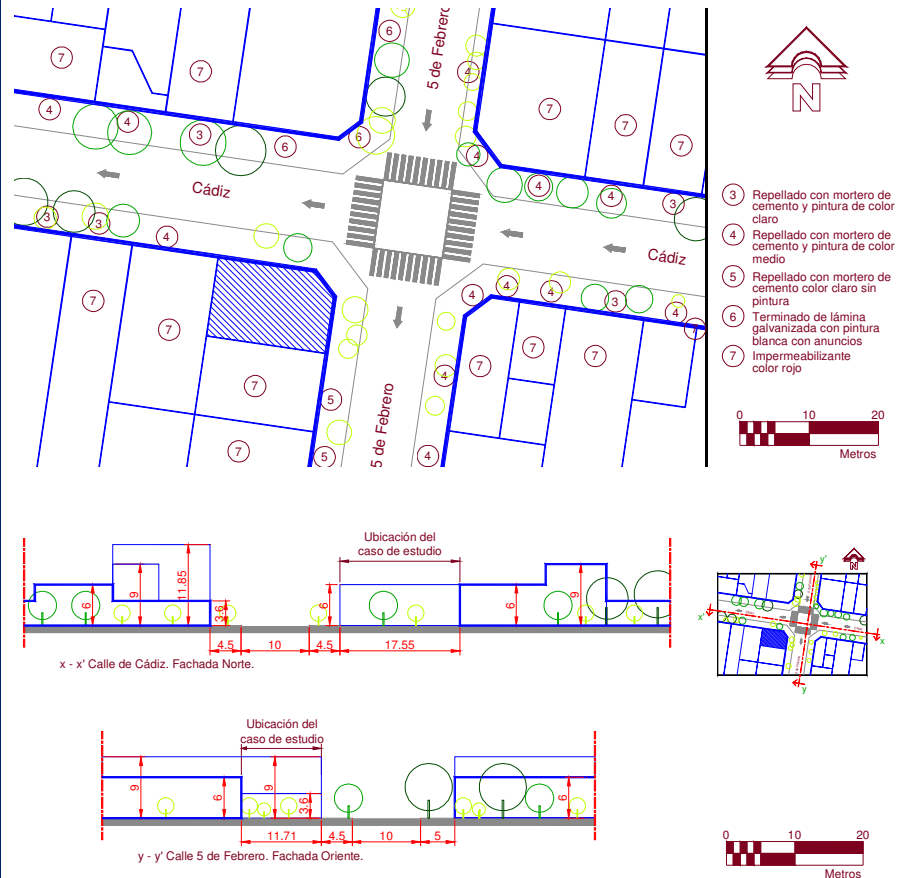


Gráfico 6. 12. Esquemas generales de los edificios circundantes en planta y alzado.

Tabla 6. 3. Variables de las características del entorno inmediato.

6.4. Categorías de condiciones causales del caso de estudio.

Fases	Datos a utilizar
Fase de Producción	
A. Diseño de la vivienda	
Forma del edificio	La forma de la vivienda es ligeramente rectangular en sentido oriente - poniente, sin patio central. Por su volumen, la construcción gana calor y lo conserva.

Orientación de los espacios interiores	<p>Los espacios interiores tienen sus ventanas orientadas al oriente o al poniente: Oriente: en planta baja: entrada principal, comedor y medio baño. En planta alta: recámara secundaria y baño completo. Poniente: en planta baja: estancia y cocina. En planta alta: recámara principal y recámara secundaria.</p>																																																																												
Ventanas	<p>Las ventanas con las que cuenta son en general ligeramente rectangulares en el sentido vertical, son pequeñas aproximadamente de 1.00 x 1.20 m. Se encuentran orientadas Oriente y Poniente. No tiene protecciones que impidan la entrada de los rayos solares.</p>																																																																												
Envoltorio del edificio	<p>Características térmicas y propiedades ópticas¹³¹ de los materiales de construcción de los edificios.</p> <table border="1" data-bbox="500 598 1377 1003"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Materiales</th> <th colspan="2">Características térmicas</th> <th colspan="3">Propiedades ópticas</th> </tr> <tr> <th>Densidad</th> <th>Conductividad Térmica</th> <th>Absortancia</th> <th>Reflectancia</th> <th>Emitancia en onda larga</th> </tr> <tr> <th>Kg/m³</th> <th>W/m°C</th> <th>α</th> <th>φ</th> <th>ε</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mortero de cemento</td> <td>2000</td> <td>1.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mortero de cemento para repello</td> <td>1800</td> <td>0.9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mortero de yeso</td> <td>800</td> <td>0.3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Concreto armado</td> <td>2400</td> <td>1.63</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tabique de arcilla</td> <td>1800</td> <td>0.87</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Block de concreto</td> <td>1200</td> <td>0.49</td> <td>0.78</td> <td>0.22</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Vidrio plano</td> <td>2500</td> <td>1.16</td> <td>0.3</td> <td>0.7</td> <td>0.94</td> </tr> <tr> <td>Pintura clara</td> <td></td> <td></td> <td>0.3</td> <td>0.7</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Pintura media</td> <td></td> <td></td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Pintura oscura</td> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>0.2</td> <td>0.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>Gráfico 6. 13. Características térmicas y propiedades ópticas de los materiales de construcción de los edificios circundantes.</p> <p>Todas las fachadas están repelladas con mortero de cemento y están pintadas con color medio (naranja claro).</p>	Materiales	Características térmicas		Propiedades ópticas			Densidad	Conductividad Térmica	Absortancia	Reflectancia	Emitancia en onda larga	Kg/m ³	W/m°C	α	φ	ε	Mortero de cemento	2000	1.4				Mortero de cemento para repello	1800	0.9				Mortero de yeso	800	0.3				Concreto armado	2400	1.63				Tabique de arcilla	1800	0.87				Block de concreto	1200	0.49	0.78	0.22	0.9	Vidrio plano	2500	1.16	0.3	0.7	0.94	Pintura clara			0.3	0.7	0.9	Pintura media			0.5	0.5	0.9	Pintura oscura			0.8	0.2	0.9
Materiales	Características térmicas		Propiedades ópticas																																																																										
	Densidad		Conductividad Térmica	Absortancia	Reflectancia	Emitancia en onda larga																																																																							
	Kg/m ³	W/m°C	α	φ	ε																																																																								
Mortero de cemento	2000	1.4																																																																											
Mortero de cemento para repello	1800	0.9																																																																											
Mortero de yeso	800	0.3																																																																											
Concreto armado	2400	1.63																																																																											
Tabique de arcilla	1800	0.87																																																																											
Block de concreto	1200	0.49	0.78	0.22	0.9																																																																								
Vidrio plano	2500	1.16	0.3	0.7	0.94																																																																								
Pintura clara			0.3	0.7	0.9																																																																								
Pintura media			0.5	0.5	0.9																																																																								
Pintura oscura			0.8	0.2	0.9																																																																								
Dispositivos tecnológicos	<p>La vivienda no cuenta con ningún dispositivo tecnológico para transformar la energía solar en calor o electricidad. Ni tampoco para utilizar cualquier otro tipo de energía renovable.</p>																																																																												
Equipos con alta eficiencia energética	<p>La vivienda no cuenta con equipos de acondicionamiento electromecánico.</p>																																																																												
B. Obtención de materia prima y elaboración de materiales y componentes de construcción																																																																													
<p>Gráfico 6. 14. Cuantificación general aproximada para los materiales que se emplearon para la vivienda.</p>	<p>Según las estadísticas de INEGI, la antigüedad de la construcción y la observación personal, se estima que para la vivienda se necesitaron los siguientes materiales y componentes:</p> <table border="1" data-bbox="500 1564 1385 1801"> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>m³</th> <th>Materiales</th> <th>Ton</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piedra para mampostería calcárea</td> <td>20.78</td> <td>Acero estructural</td> <td>2.67</td> </tr> <tr> <td>Mortero de cemento</td> <td>54.29</td> <td>Vidrio plano</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>Mortero de yeso</td> <td>53.11</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Concreto in situ</td> <td>28.63</td> <th>Materiales con solventes</th> <th>kg</th> </tr> <tr> <td>Tabique de arcilla</td> <td>12.51</td> <td>Pintura</td> <td>79.31</td> </tr> <tr> <td>Block de concreto</td> <td>27.22</td> <td>Sellador</td> <td>69.39</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Impermeabilizante acrílico</td> <td>88.2</td> </tr> </tbody> </table>	Materiales	m ³	Materiales	Ton	Piedra para mampostería calcárea	20.78	Acero estructural	2.67	Mortero de cemento	54.29	Vidrio plano	0.41	Mortero de yeso	53.11			Concreto in situ	28.63	Materiales con solventes	kg	Tabique de arcilla	12.51	Pintura	79.31	Block de concreto	27.22	Sellador	69.39			Impermeabilizante acrílico	88.2																																												
Materiales	m ³	Materiales	Ton																																																																										
Piedra para mampostería calcárea	20.78	Acero estructural	2.67																																																																										
Mortero de cemento	54.29	Vidrio plano	0.41																																																																										
Mortero de yeso	53.11																																																																												
Concreto in situ	28.63	Materiales con solventes	kg																																																																										
Tabique de arcilla	12.51	Pintura	79.31																																																																										
Block de concreto	27.22	Sellador	69.39																																																																										
		Impermeabilizante acrílico	88.2																																																																										

¹³¹ *Ibidem*. Pág. 376-380.

Fase de construcción			
Limpieza y preparación del terreno	En general con actividades de deshierbe y aplanado de terreno, sin maquinaria.		
Cimentación	Cimentación de zapata aislada de mampostería y dalas de cimentación, con empleo de maquinaria como el rodillo vibrador y la revoladora de concreto.		
Estructura	Estructura a base de castillos y traveses con losas planas de concreto de 10 cm de espesor, con empleo de maquinaria como el rodillo vibrador de concreto de 5.5 HP y la revoladora de concreto de 5 HP. Con la colocación de tabique, mortero, pintura, sellador e impermeabilizante.		
Instalaciones	Instalación eléctrica con tendido de alambre de cobre. Instalación hidráulica con tubería de cobre. Instalación sanitaria con tubería de PVC.		
Acabados interiores y exteriores	Colocación de pinturas, selladores e impermeabilizantes.		
Limpieza	Uso de limpiadores y solventes.		
Fase de operación y consumo.			
Operación y consumo	Se tiene consumo de energía eléctrica ¹³² , gas ¹³³ y agua ¹³⁴ .		
	Consumo de energía eléctrica.		
	Equipo en actividades de la cocina		
	Consumo energético	Días en el año	Horas en el día
	W	días	hora
Refrigerador	290.00	365.00	8.00
Horno de Microondas	1,200.00	365.00	0.25
Licuadaora	400.00	365.00	0.20
Exprimidor de cítricos	30.00	365.00	0.20
Cafetera	750.00	365.00	1.00
Extractor de aire de estufa	127.00	365.00	0.10
	Actividades del hogar		
Aspiradora	800.00	104.00	2.00
Lavadora de Ropa	400.00	104.00	4.00
Plancha	1,000.00	104.00	3.00
Secadora de cabello	1,600.00	365.00	0.20
Bomba de agua	400.00	365.00	0.40
	Actividades de entretenimiento		
Televisión 29"	120.00	365.00	6.00
Televisión 21"	70.00	365.00	6.00
Consola de juego	250.00	260.00	2.00
DVD	25.00	208.00	3.00
Estéreo	75.00	365.00	4.00
Radio-reloj despertador	40.00	365.00	1.00

¹³² Datos proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad, 2010.

¹³³ Datos proporcionados por la Secretaría de Energía, 2009.

¹³⁴ Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, 2008.

Gráfico 6. 15. Consumo de energía eléctrica, gas y agua.	Decodificador de cable	6.00	365.00	6.00
	Actividades tipo oficina			
	Computadora de escritorio	360.00	312.00	6.00
	No-break	50.00	312.00	6.00
	Impresora	10.00	156.00	0.25
	Modem	5.00	365.00	4.00
	3 Cargadores de celular	12.00	365.00	0.50
	Teléfono inalámbrico	30.00	365.00	24.00
	Iluminación			
	3 focos incandescentes de 100 W	300.00	365.00	3.00
	6 focos fluorescentes de 13 W	78.00	365.00	1.00
	4 focos fluorescentes de 22 W	88.00	365.00	3.00
	Foco fluorescente exterior de 60 W	60.00	365.00	10.00
	Consumo de gas LP		Consumo en kg/día	
			kg	
	Estufa			0.98
	Calentador de agua			1.54
	Consumo de agua		Consumo al año	
			Litros	
	Tarja			16,425.00
Lavadora de ropa			4,160.00	
Lavadero			6,240.00	
Llave exterior			1,040.00	
Regadera			146,000.00	
2 Inodoros			26,280.00	
2 Lavabos			2,190.00	
Mantenimiento y renovación	Se emplean los siguientes materiales: Pintura (cada 5 años). Sellador (cada 5 años). Impermeabilizante (cada 10 años).			
Fase de recuperación.				
Demolición	Según las actividades que comúnmente se realizan para la demolición, se emplea la siguiente maquinaria: Retroexcavadora con rendimiento de 5.4 m ³ cada hora. Camión de volteo con capacidad de 14 m ³ .			
Recuperación	De acuerdo a las acciones que en la actualidad se realizan, no se tendría una recuperación importante de materiales ¹³⁵ .			

Tabla 6. 4. Categorías de condiciones causales del caso de estudio.

¹³⁵ La mayor parte de estos materiales se eliminan actualmente mediante el sistema de depositarlos en el suelo, en forma incontrolada y sin que se aprovechen los materiales que contienen, como concreto, morteros, ladrillos, bloques, cerámicas, madera, hierro y otros metales. SOTO, MAZARI, Y BOJÓRQUEZ. *Entidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México propensas a la contaminación de agua subterránea*. Boletín del Inst. Geografía, UNAM. Núm. 43, 2000. Pág. 60-75.

6.5. Categorías intervinientes del caso de estudio.

Variables	Datos a utilizar
<p>Aspectos ecológicos</p>	<p>Contaminación a la atmósfera.</p> <p>De acuerdo a diversas investigaciones¹³⁶, su ubicación geográfica y su entorno ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire existente en la zona. El entorno montañoso que rodea la cuenca constituye una barrera natural, la cual dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes, propiciando la acumulación de los contaminantes atmosféricos.</p> <p>La radiación solar que se registra es intensa y constante a lo largo del año, favoreciendo la formación del ozono. El contenido de oxígeno en el aire es 23% menor que en el nivel del mar, esto debido a su altitud, lo que provoca que los procesos de combustión tiendan a ser más contaminantes.</p> <p>Las inversiones térmicas influyen de manera importante en la concentración de contaminantes del aire. Estas concentraciones ocurren en las primeras horas del día, cuando la masa de aire frío superficial queda atrapada por una masa de aire caliente en las alturas, lo que provoca que los contaminantes emitidos durante la noche anterior se acumulen, así como los arrojados por las actividades matutinas de la población y de la industria.</p> <p>Las inversiones térmicas se presentan durante todo el año, pero su frecuencia de ocurrencia y duración es mayor en los meses de invierno. En esta época las inversiones térmicas coinciden con otros sistemas meteorológicos como los sistemas de alta presión. Estos fenómenos limitan todavía más la escasa dispersión de los contaminantes. También en esta época invernal las inversiones térmicas se rompen alrededor de las 10 de la mañana debido a la acción del sol, ya que éste calienta el aire superficial de la ciudad, generando un movimiento de aire ascendente que permite la dispersión de los contaminantes.</p> <p>Se estima que más de 100 mil toneladas de contaminantes tóxicos se liberan cada año. En suspensión en el aire se encuentran partículas de diversos tamaños, formas y composición química, que son un importante componente del smog de la ciudad. Debido a la altura de la ciudad, la contaminación del aire es atrapada y alterada químicamente por la radiación ultravioleta y otros procesos¹³⁷.</p> <p>La alta presencia de óxidos de azufre y nitrógeno pueden transformarse en compuestos ácidos a través de reacciones que involucran el vapor de agua, la luz solar y otros gases. En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácidos nítricos. Estos ácidos que se encuentran en forma de pequeñas gotas suspendidas crean la lluvia ácida¹³⁸.</p> <p>Por las características propias de la zona, es el área del país con mayor consumo de combustibles derivados del petróleo. Esto ha provocado emisiones contaminantes cuya naturaleza y magnitud dependen de la calidad y la cantidad de combustibles que se queman¹³⁹.</p>

¹³⁶ JÁUREGUI, ERNESTO. *El clima de la Ciudad de México*. México, D. F., UNAM, Instituto de Geografía, Plaza y Valdés, 2000. Pág. 31-74.

¹³⁷ LACY, RODOLFO. *La calidad del aire en el Valle de México*. México, Col- Mex, 1993. Pág. 41-54.

¹³⁸ MILLER, G. TYLER. *Introducción a la Ciencia Ambiental, desarrollo sostenible de la Tierra, un enfoque integrado*. Madrid, Thomson, 2002.

¹³⁹ SHEINBAUM C. P., OZAWA L., VASQUEZ O., ROB. *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a la producción y uso de la energía en la ZMVM*. UNAM. GEF. 2000.

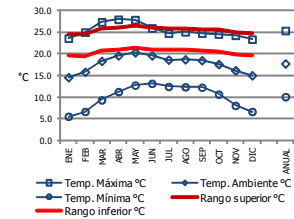
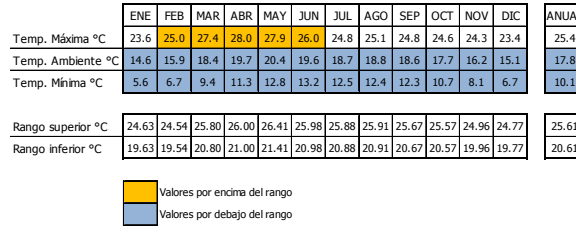
Aspectos sociales

Comodidad Integral

Para el análisis climatológico se analizarán las condiciones particulares de comodidad del usuario en cuanto a la comodidad higrotérmica (variables intervinientes).

Gráfico 6.16.

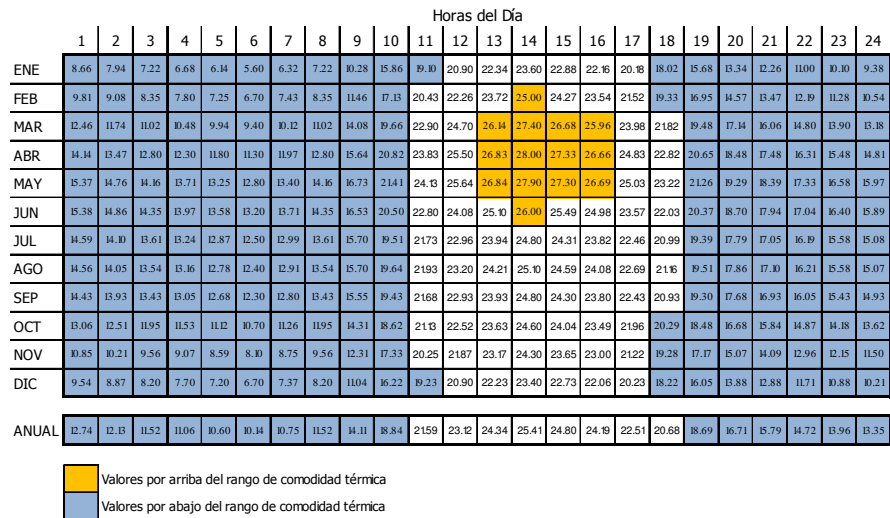
Datos del Rango de Comodidad Térmica Mensual (°C).



Para el rango de comodidad térmica mensual se observa que de febrero a junio una parte del día está fuera del rango por arriba, de la misma manera se muestra que prácticamente todo el año parte del día está fuera del rango por debajo. Por lo que los meses más confortables son de julio a enero.

Gráfico 6.17.

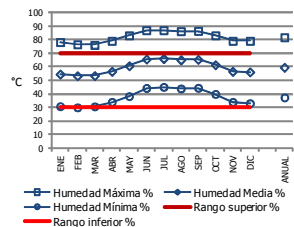
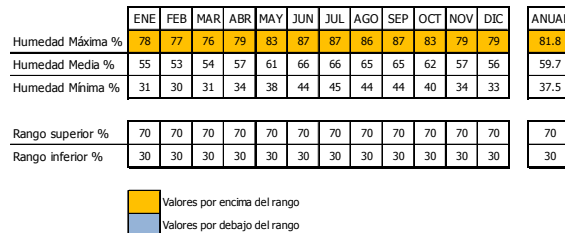
Datos Horarios del Rango de Comodidad Térmica (°C).



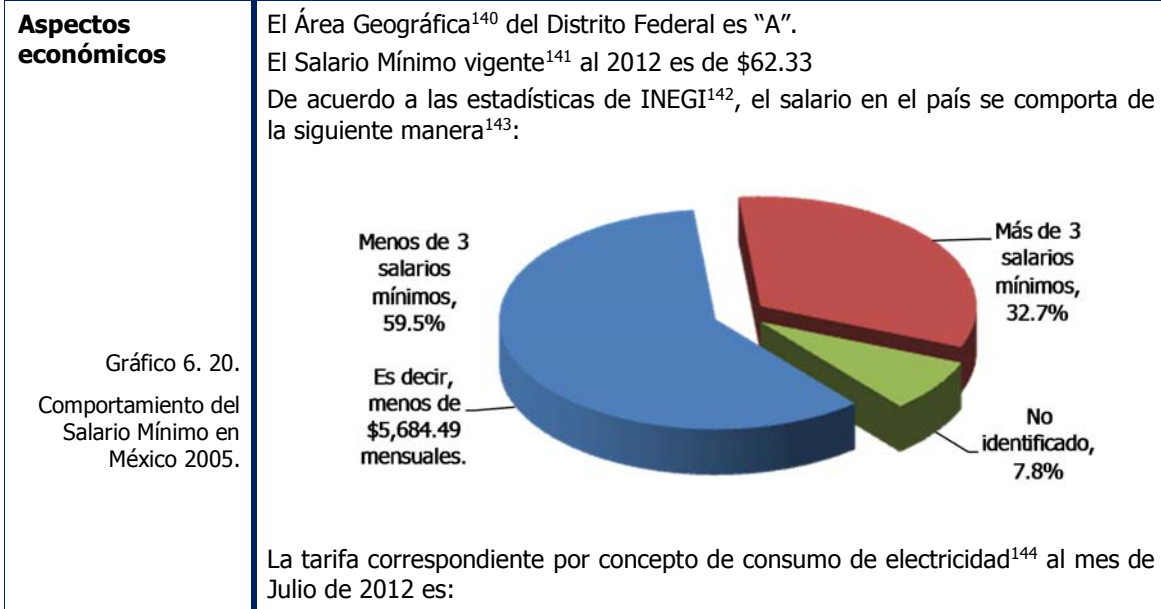
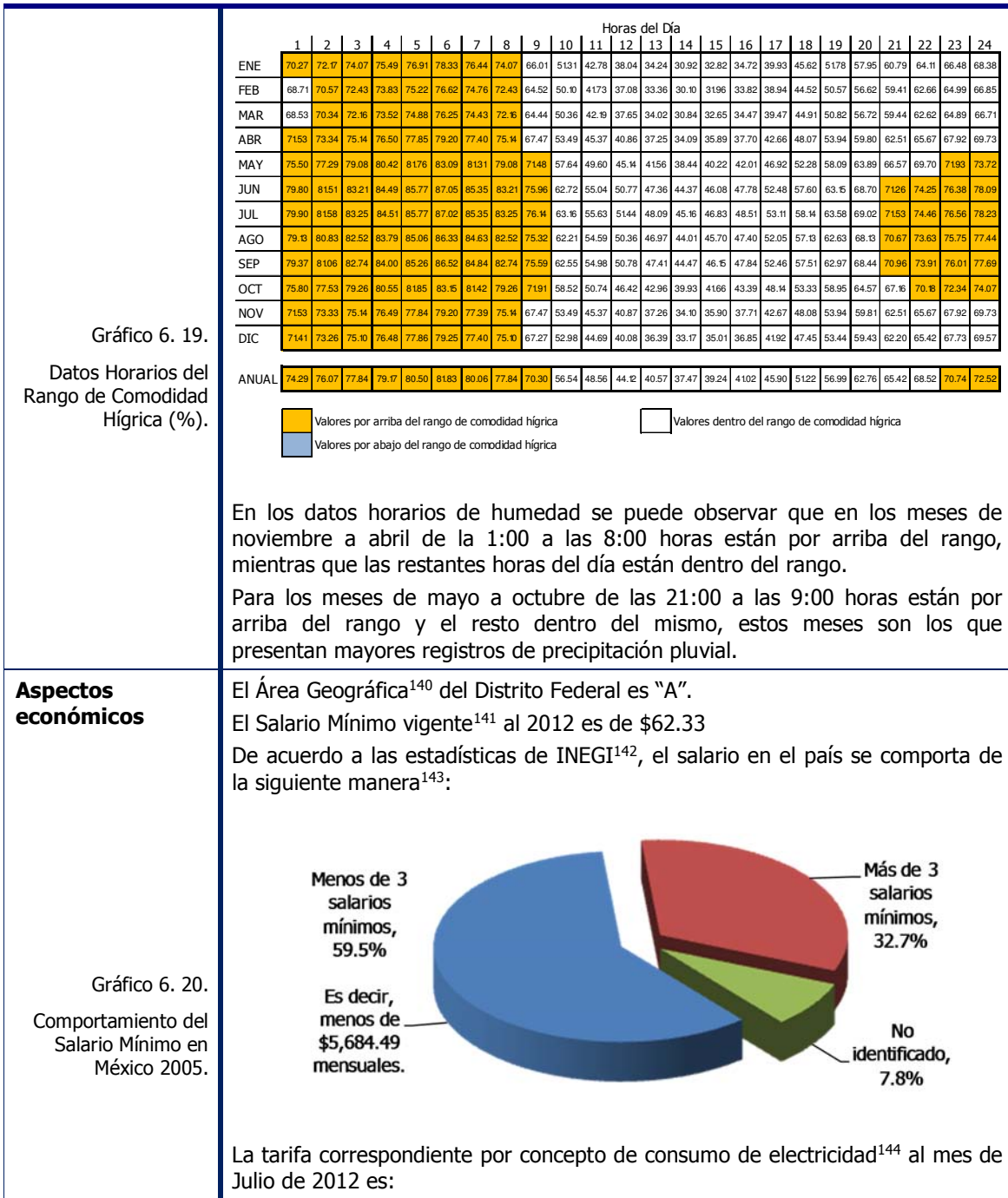
Observando los datos horarios de temperatura se muestra que todo año de las 11:00 a las 18:00 horas aproximadamente se tiene comodidad térmica a excepción de unas horas en el día de marzo a mayo de las 13:00 a las 16:00 horas, que está por arriba del rango.

Gráfico 6.18.

Datos del Rango de Comodidad Hígrica Mensual (%).



Para el rango de comodidad higríca mensual se observa que todo el año se rebasa un poco el rango, pero en general se muestran los valores dentro del rango.



¹⁴⁰ Información proporcionada por CONASAMI. *Clasificación de los Municipios por Área Geográfica*. 2012. Disponible en <<http://www.conasami.gob.mx>>

¹⁴¹ Información proporcionada por CONASAMI. *Salarios Mínimos Generales por Área Geográfica*. 2012. *Ibidem*.

¹⁴² INEGI. *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda*. México, 2010.

¹⁴³ El proceso urbano ha acelerado la transformación económica incrementándose la población dedicada a actividades industriales y de servicios. Las modificaciones en los sectores económicos ha provocado que un porcentaje de la población tenga un nivel económico altamente precario. OCDE. *Estudio del Área Metropolitana de la Ciudad de México*. México, D. F., 5 de enero de 2005. Consulta Abril de 2010. Disponible en <<http://www.oecd.org/dataoecd/33/63/36741653.pdf>>

	<p>TARIFA 1-A Servicio Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 grados centígrados.</p> <p>Cargos por energía consumida, para consumos hasta 150 kilowatts-hora (kw h):</p> <p>a) Consumo básico: \$0.67 por cada uno de los primeros 100 kw h.</p> <p>b) Consumo intermedio: \$0.77 por cada kw h adicional a los anteriores.</p> <p>Cargos por energía consumida, para consumos mayores a 150 kw h¹⁴⁵.</p> <p>a) Consumo básico: \$0.67 por cada uno de los primeros 100 kw h.</p> <p>b) Consumo intermedio: \$1.00 por cada uno de los siguientes 50 kw h.</p> <p>c) Consumo excedente: \$2.65 por cada kw h adicional a los anteriores.</p> <p>El costo¹⁴⁶ por consumo de gas¹⁴⁷ es el siguiente:</p> <p>a) \$11.53 por cada Kg.</p> <p>b) \$6.23 por cada Lt.</p> <p>c) Factor de Conversión de Kg. a litros: 0.5400</p>
--	---

Tabla 6. 5. Aspectos ecológicos, sociales y económicos.

6.6. Categorías de acciones e interacciones del caso de estudio.

6.6.1. Metodología de diseño bioclimático.

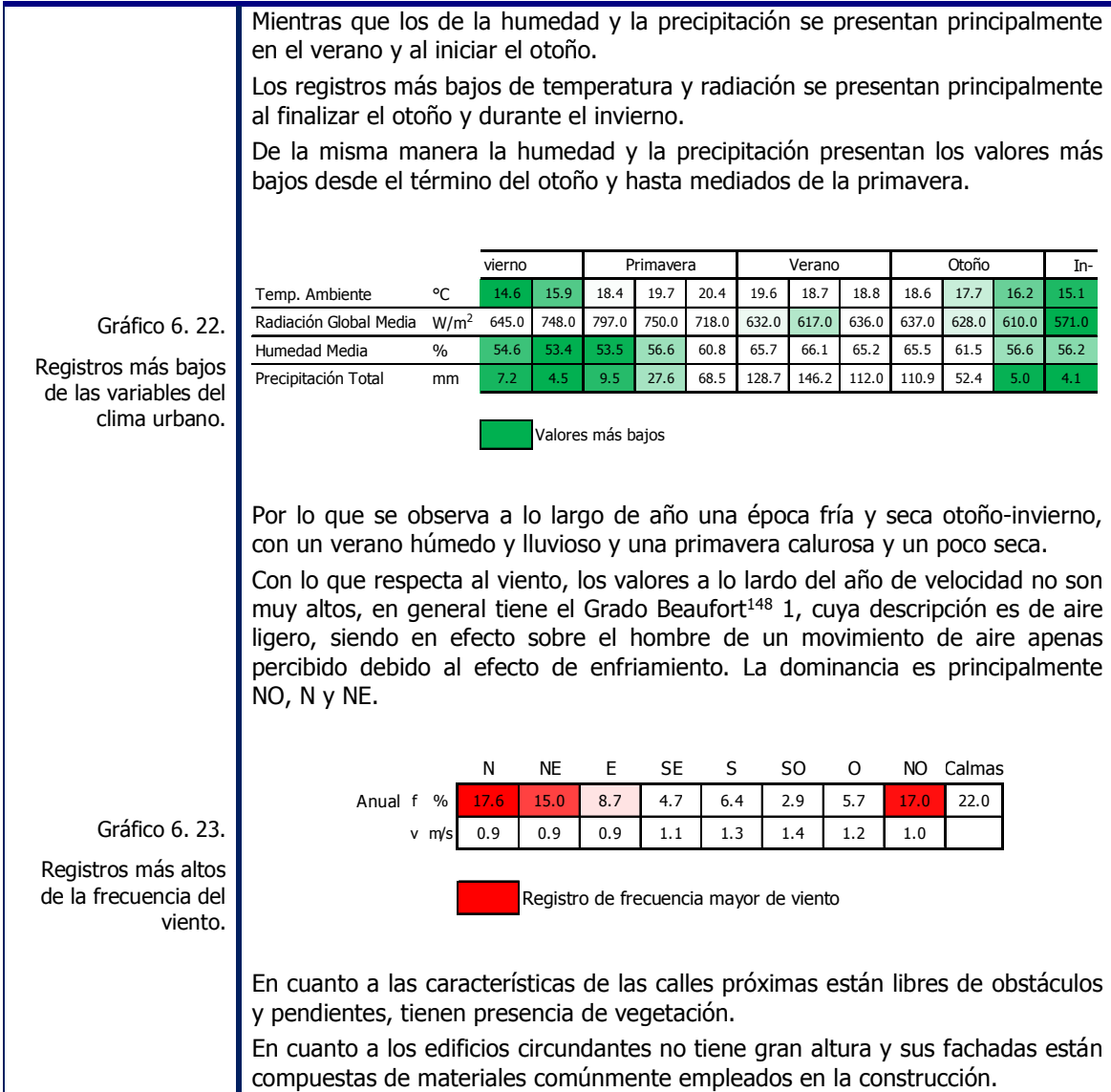
Etapas	Desarrollo																																																															
Descripción del sitio.																																																																
Características del clima urbano.	Ver 8.3.1. Variables del clima urbano.																																																															
Características del entorno inmediato.	Ver 7.3.2. Variables de las características del entorno inmediato.																																																															
Comprensión. Identificación de la información.	<p>Para la identificación de la información para su análisis se tiene lo siguiente:</p> <p>En cuanto a las variables del clima urbano se tiene que los registros más altos de temperatura se presentan durante la primavera y al iniciar el verano, y los de la radiación se presentan al finalizar el invierno y durante la primavera.</p>																																																															
<p>Gráfico 6. 21.</p> <p>Registros más altos de las variables del clima urbano.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>vierno</th> <th colspan="2">Primavera</th> <th colspan="3">Verano</th> <th colspan="3">Otoño</th> <th>In-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp. Ambiente °C</td> <td>14.6</td> <td>15.9</td> <td>18.4</td> <td>19.7</td> <td>20.4</td> <td>19.6</td> <td>18.7</td> <td>18.8</td> <td>18.6</td> <td>17.7</td> <td>16.2</td> <td>15.1</td> </tr> <tr> <td>Radiación Global Media W/m²</td> <td>645.0</td> <td>748.0</td> <td>797.0</td> <td>750.0</td> <td>718.0</td> <td>632.0</td> <td>617.0</td> <td>636.0</td> <td>637.0</td> <td>628.0</td> <td>610.0</td> <td>571.0</td> </tr> <tr> <td>Humedad Media %</td> <td>54.6</td> <td>53.4</td> <td>53.5</td> <td>56.6</td> <td>60.8</td> <td>65.7</td> <td>66.1</td> <td>65.2</td> <td>65.5</td> <td>61.5</td> <td>56.6</td> <td>56.2</td> </tr> <tr> <td>Precipitación Total mm</td> <td>7.2</td> <td>4.5</td> <td>9.5</td> <td>27.6</td> <td>68.5</td> <td>128.7</td> <td>146.2</td> <td>112.0</td> <td>110.9</td> <td>52.4</td> <td>5.0</td> <td>4.1</td> </tr> </tbody> </table> <p> Valores más altos</p>		vierno	Primavera		Verano			Otoño			In-	Temp. Ambiente °C	14.6	15.9	18.4	19.7	20.4	19.6	18.7	18.8	18.6	17.7	16.2	15.1	Radiación Global Media W/m ²	645.0	748.0	797.0	750.0	718.0	632.0	617.0	636.0	637.0	628.0	610.0	571.0	Humedad Media %	54.6	53.4	53.5	56.6	60.8	65.7	66.1	65.2	65.5	61.5	56.6	56.2	Precipitación Total mm	7.2	4.5	9.5	27.6	68.5	128.7	146.2	112.0	110.9	52.4	5.0	4.1
	vierno	Primavera		Verano			Otoño			In-																																																						
Temp. Ambiente °C	14.6	15.9	18.4	19.7	20.4	19.6	18.7	18.8	18.6	17.7	16.2	15.1																																																				
Radiación Global Media W/m ²	645.0	748.0	797.0	750.0	718.0	632.0	617.0	636.0	637.0	628.0	610.0	571.0																																																				
Humedad Media %	54.6	53.4	53.5	56.6	60.8	65.7	66.1	65.2	65.5	61.5	56.6	56.2																																																				
Precipitación Total mm	7.2	4.5	9.5	27.6	68.5	128.7	146.2	112.0	110.9	52.4	5.0	4.1																																																				

¹⁴⁴ Datos obtenidos de la Comisión Federal de Electricidad. Disponible en <<http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/Conocetutarifa.aspx>>

¹⁴⁵ Mínimo mensual: El equivalente a 25 (veinticinco) kilowatts-hora.

¹⁴⁶ Precios publicados en el Diario Oficial de la Federación. 2012.

¹⁴⁷ Secretaría de Energía. Disponible en <http://www.sener.gob.mx/portal/dg_de_gas_lp.html>

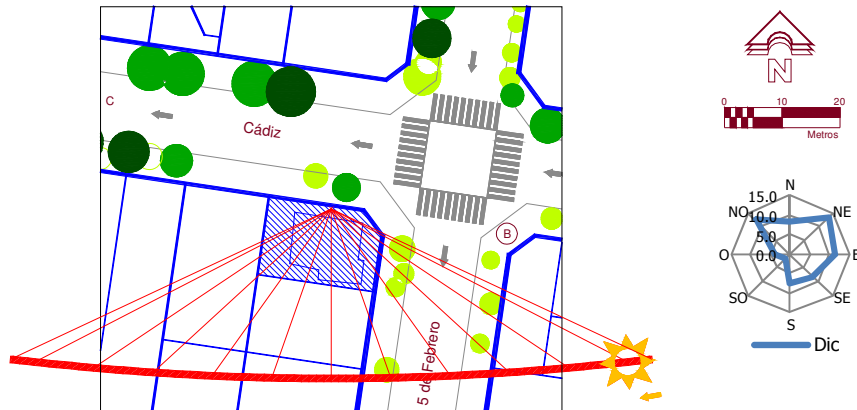


Análisis de necesidades del usuario.	
Análisis climatológico: requerimientos de comodidad.	
Comodidad higrotérmica.	Ver 8.5. Categorías intervinientes del caso de estudio. Variables. Aspectos sociales. Comodidad Integral. En este caso de estudio no se considera el índice de calor, ya que en general no se presentan temperaturas mayores a 26°C. Del mismo modo no se considera el índice de viento frío debido a que se registran pocas horas con temperaturas menores a 10°C y la velocidad del viento no rebasa los 2 m/s.
Análisis del emplazamiento del proyecto	Para la geografía que rodea al sitio sobre la trayectoria del sol y de los vientos se tiene que no se encuentra algún obstáculo importante, ya que los edificios cercanos al caso de estudio cuentan con alturas similares, y la vegetación próxima al terreno es de escasa altura.

¹⁴⁸ Escala de fuerza del viento de Beaufort. Disponible en <<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html>>

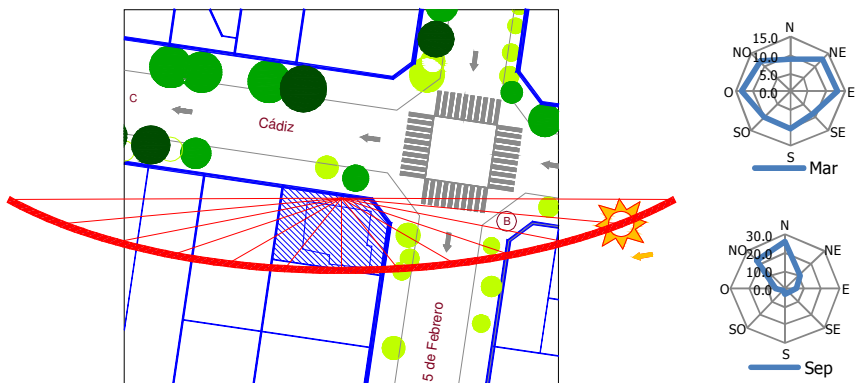
Del mismo modo, no existen en las calles obstáculos que impidan el paso del viento.
 El paso vehicular en ambas calles es muy bajo, por lo que tampoco influye en el movimiento del viento.

Gráfico 6. 24.
 Asoleamiento en el
 Solsticio de Invierno.



Para el invierno, cuando se presenta el día más corto del año y las temperaturas más bajas (6.7°C la mínima, 15.1°C la media y 23.4°C la máxima), la dominancia del viento es principalmente del NO y del NE con velocidades de 0.8 y 0.9 m/s, con una descripción de aire ligero.

Gráfico 6. 25.
 Asoleamiento en los
 Equinoccios de
 Primavera y Otoño.



Para la primavera, cuando se presenta la misma duración del día y la noche, y las temperaturas más altas (9.4°C la mínima, 18.4°C la media y 27.4°C la máxima), la dominancia del viento es principalmente del NE, E y del O con velocidades de 0.9, 1.1 y 1.9 m/s respectivamente, con una descripción de aire ligero para las dos primeras y de brisa la ligera para la última.

Para el otoño, cuando se presenta la misma duración del día y la noche, y las temperaturas empiezan a descender (12.3°C la mínima, 18.6°C la media y 24.8°C la máxima), la dominancia del viento es principalmente del NO y del N, con velocidades de 0.7 y 0.8 m/s respectivamente, con una descripción de aire ligero.

Para el verano, cuando se presenta el día más largo, y las temperaturas empiezan bajar un poco después de la primavera (13.2°C la mínima, 19.6°C la media y 26.0°C la máxima), en este momento se presenta la época de lluvias,

la dominancia del viento es principalmente del N y del NE, con velocidades de 1.1 y 1.0 m/s respectivamente, con una descripción de aire ligero.

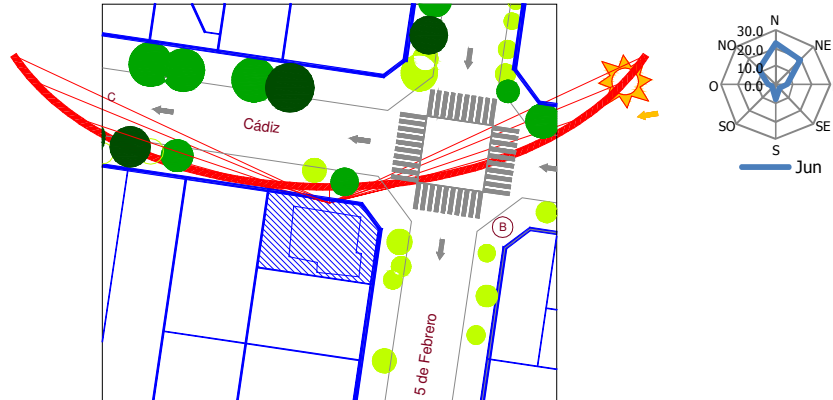


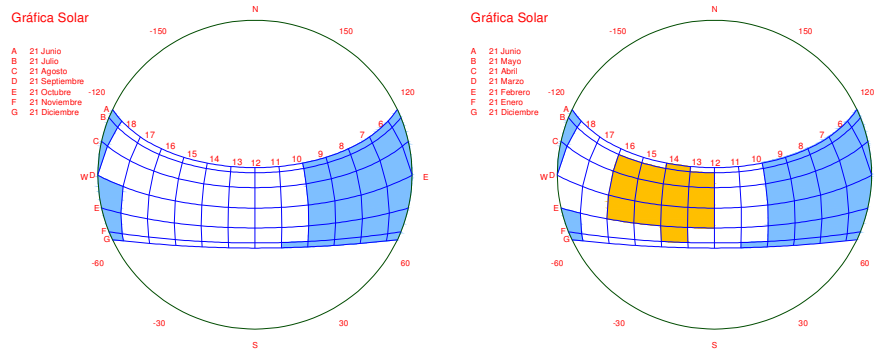
Gráfico 6. 26.
Asoleamiento en el
Solsticio de Verano.

En cuanto a la **topografía** del sitio no existen pendientes por lo que no hay influencia en la conservación y captación de energía solar.

La **vegetación** existente no influye de manera importante en la conservación y captación de energía solar y la trayectoria del viento, ya que la vegetación próxima al terreno es de escasa altura. Son pequeños árboles ficus, los más altos están al norte son 2 y los más pequeños al este son 3.

Las **áreas expuestas** al sol son básicamente la azotea y la fachada que da al este, y las **protegidas** son sus colindancias, al sur y al oeste con edificios de alturas similares, y la fachada norte que tiene poca incidencia solar. En cuanto al viento las áreas expuestas son la azotea, y las fachadas este y norte.

Gráfico 6. 27.
Gráfica Solar para
cada semestre
indicando el rango
horario de comodidad
térmica.



Como se puede ver en la grafica solar para cada semestre, se deben proteger las orientaciones sur, suroeste, este y noreste, para disminuir el sobrecalentamiento en las horas por arriba del rango de comodidad térmica, y no incrementar el calor en las horas dentro del rango. Por otro lado se debe favorecer la captación solar en las orientaciones noreste, este y sureste.

El **espacio entre las edificaciones** de sus colindancias ayudan a conservar la energía, y la fachada este y la azotea permiten la captación de energía solar.

Análisis de necesidades y requerimientos espaciales.

Para el caso de estudio se establecen los requerimientos espaciales en cada área de la vivienda.

Todos los espacios interiores con cualidad de área de *Estar* deben estar dentro del rango de comodidad térmica.

En general, los espacios demandan un buen nivel de iluminación y ventilación para realizar las actividades determinadas.

Espacios como las recámaras requieren mayor control de temperatura principalmente en las tardes y las noches.

Gráfico 6. 28.
Requerimientos espaciales para cada área de la vivienda.

Áreas	Ubicación	Cualidad	Actividad	Horario	Comodidad térmica	Requerimiento de iluminación (luxes)	Requerimiento de ventilación (cambio/h)
Estancia	Interior	Estar	Estar	Diurno	Dentro del rango	200	4.1
				Vespertino			
			Entretención	Diurno			
				Vespertino			
Comedor	Interior	Estar	Consumir alimentos	Día completo	Dentro del rango	200	4.3
Recámaras	Interior	Estar	Dormir	Nocturno	Dentro del rango	70	2.2
				Trabajo de oficina			
			Entretención	Vespertino			
				Leer			
Estudio	Interior	Estar	Trabajo de oficina	Día completo	Dentro del rango	200	2.7
				Leer			
			Entretención	Nocturno			
				Vespertino			
Jardín	Exterior	Estar	Estar	Diurno	Puede o no estar		
Cocina	Interior	Servicio	Preparar alimentos	Día completo	Dentro del rango o por debajo	200	2.5
Baños	Interior	Servicio	Aseo general	Día completo	Puede o no estar	100	3.5
						Aseo puntual	500
Patio de servicio	Exterior	Servicio	Lavar	Diurno	Puede o no estar		
Estacionamiento	Exterior	Servicio	Guardar autos	Día completo	Puede o no estar		
Escalera	Interior	Transición	Pasar de un lugar a otro verticalmente	Día completo	Puede o no estar	150	3.4
Pasillos	Interior	Transición	Pasar de un lugar a otro horizontalmente	Día completo	Puede o no estar	100	3.0

Análisis. Determinación de necesidades y requerimientos.

En general la mayoría de las horas durante el día a lo largo del año tienen comodidad higrotérmica, a excepción de unas cuantas horas en la tarde en los meses de primavera que están por arriba del rango de temperatura.

Las noches son frescas y un poco más húmedas que el resto del día.

Las fachadas hacia la calle del lado Norte y Este están expuestas a la radiación solar y al viento.

En cuanto al emplazamiento, no se tienen mayores obstáculos al paso del sol y del viento. No presenta pendientes.

Para los requerimientos espaciales donde hay que enfocarse es en la iluminación y ventilación natural de todos los espacios y en cuidar la comodidad térmica de los espacios de las recámaras, ya que éstas se utilizan principalmente en las noches cuando los registros de temperatura y humedad exteriores están fuera de los rangos de comodidad.

Desarrollo de estrategias de diseño bioclimático.

Diseño bioclimático pasivo.

Forma de la edificación.

Estado actual.

Presenta una forma compacta donde su estructura básica se desarrolla desde el interior. Los espacios interiores tienen una mínima exposición a la radiación solar. Sin embargo, debido a que se encuentra separada de las colindancias, todas sus fachadas presentan cierta exposición al medio ambiente.

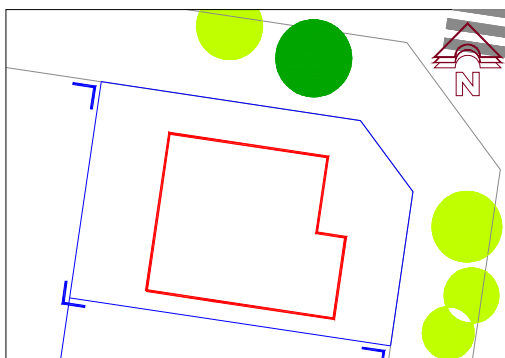


Gráfico 6. 29.
Forma de la edificación, estado actual.

Cómo maximizar el potencial pasivo.

La forma de la edificación actual no presenta cambios térmicos estacionales extremos, permitiendo una forma libre.

Para maximizar el potencial pasivo de conservar el calor, se puede pegar la construcción a la colindancia del lado sur para tener menos pérdidas de calor por convección, ya que la separación es menor a 1 m de ancho al largo del pasillo formado y la altura de los edificios es similar entre ellos.

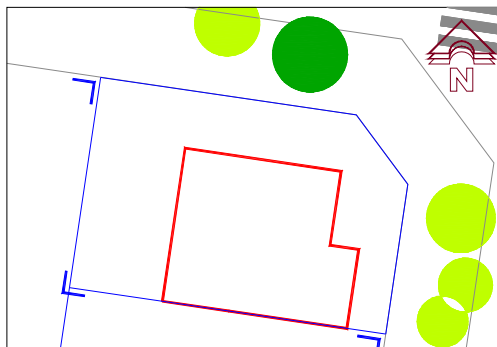


Gráfico 6. 30.
Forma de la edificación, modificación.

Cómo disminuye la emisión de GEI.

Manteniendo la forma de la edificación pero pegándola a la colindancia sur, se tendrían menos pérdidas de calor lo que mantendría un mejor nivel de comodidad térmica interior, aunque con ello no necesariamente disminuyan los GEI a la atmósfera, ya que por no tener temperaturas extremas en la localidad no se hacen uso común el calentamiento o enfriamiento electromecánico.

Por otro lado, el material empleado en repellar y pintar ese pasillo de muros que son ciegos, sí disminuye las emisiones de GEI por reducción de utilización de materia y energía en la fabricación y colocación de materiales y la utilización de solventes.

Orientación de los espacios interiores

Estado actual.

Todos los espacios en general están orientados al este y al oeste, pero en dos áreas en planta alta se tienen también ventanas con orientación norte.

Cómo maximizar el potencial pasivo.

Los espacios de estar como recámaras deben omitir la orientación norte para no tener pérdidas de calor por la noche en las estaciones con temperaturas más bajas registradas.

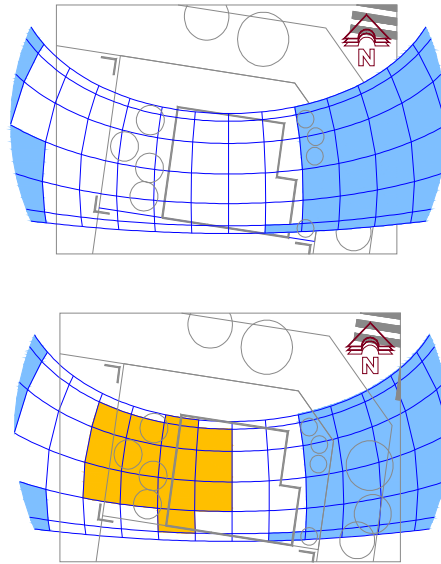


Gráfico 6. 31.

Análisis de los datos horarios del rango de comodidad térmica y posición relativa del sol en la vivienda.

Cómo disminuye la emisión de GEI.

La omisión de las ventanas hacia el norte en las recámaras mantendría un mejor nivel de comodidad térmica interior, aunque con ello no necesariamente disminuyan los GEI a la atmósfera, ya que por no tener temperaturas extremas en la localidad no se hacen uso común el calentamiento electromecánico.

Características de las ventanas

Estado actual.

Las ventanas actuales son rectangulares de manera vertical con una base de 0.90 m y una altura de 1.20 m. con protecciones solares.

Cómo maximizar el potencial pasivo.

Para maximizar el potencial pasivo de las ventanas, se puede hacer lo siguiente: incrementar el área de ventana para permitir la entrada de la luz solar en mayor cantidad y más horas del día.

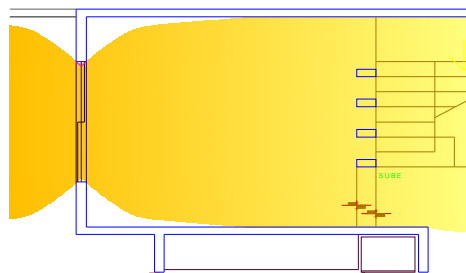


Gráfico 6. 32.

Incremento de área de ventana.

Para no tener sobrecalentamiento hacia el medio día se requiere una protección de ventanas en la fachada este que cubra aproximadamente 70° de altura solar.

Gráfico 6. 33.
Análisis de protecciones solares para la fachada este en los dos semestres del año.

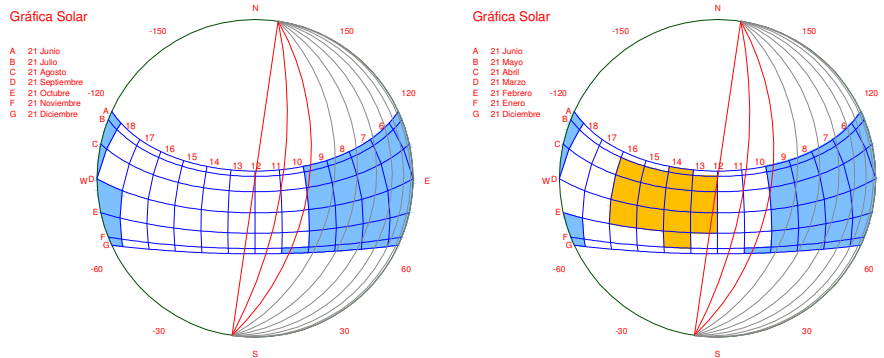
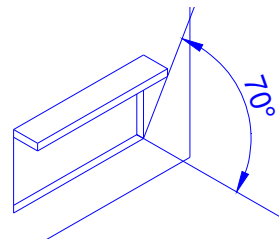


Gráfico 6. 34.
Recomendación para las protecciones solares de la fachada este.



Para no tener pérdidas de calor por conducción en las tardes, las ventanas orientadas al este deben tener protecciones interiores como cortinas o persianas que detengan en las tardes noches el paso del calor ganado durante la mañana.

Para no tener un sobrecalentamiento en las tardes y noches de los meses de primavera, las ventanas con orientaciones oeste deben contar con protecciones externas como parasoles que permitan bloquear los rayos solares a esas horas.

Gráfico 6. 35.
Análisis de protecciones solares para la fachada oeste en los dos semestres del año.

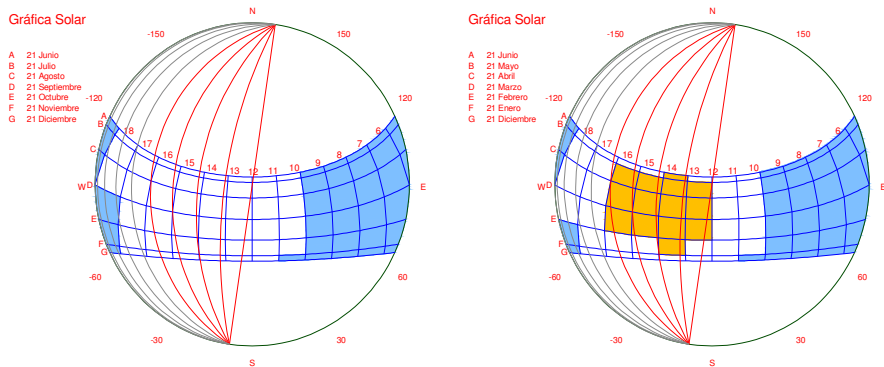
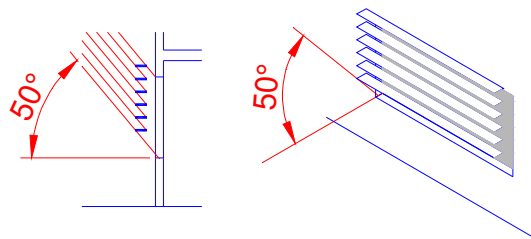


Gráfico 6. 36.
Recomendación para las protecciones solares de la fachada oeste.



	<p>En la escalera se puede colocar un domo que permita la entrada de la luz a espacios de circulación y apoye a la iluminación de los espacios de estar.</p> <p><i>Cómo disminuye la emisión de GEI</i></p> <p>Incrementar el espacio de ventana permite incrementar la iluminación natural en los espacios interiores, disminuyendo el número de horas de utilización de iluminación artificial, y con ello se disminuye las emisiones de GEI por reducción de uso de energía eléctrica.</p> <p>Vegetación</p> <p><i>Estado actual.</i></p> <p>Dentro del predio no hay vegetación importante.</p> <p><i>Cómo maximizar el potencial pasivo.</i></p> <p>Se puede colocar vegetación de hoja caduca, cuya característica sea conservar el follaje en la primavera, en la fachada Oeste para bloquear el paso de la radiación en las horas de mayor calor en las tardes.</p> <p>No colocar vegetación de gran altura en la fachada Este para no perder captación de radiación solar y por tanto de luz natural en las mañanas.</p> <div data-bbox="678 814 1182 1165" data-label="Image"> </div> <p><i>Cómo disminuye la emisión de GEI.</i></p> <p>La colocación de vegetación en la fachada oeste mantendría un mejor nivel de comodidad térmica interior, aunque con ello no necesariamente disminuyan los GEI a la atmósfera, ya que por no tener temperaturas extremas en la localidad no se hacen uso común el enfriamiento electromecánico.</p> <p>La omisión de vegetación de gran altura en la fachada este, favorece la iluminación natural y con ello una reducción de horas de iluminación artificial y por tanto de GEI por consumo de energía eléctrica.</p>
<p>Gráfico 6. 37. Vegetación. Modificación.</p> <p>Características de la envolvente de la edificación.</p>	<p>Uso de materiales</p> <p>En este apartado se analiza el actual estado con base a las propiedades físicas de los materiales de la envolvente comparándola con la nueva propuesta. El análisis se realiza a través del cálculo de ganancia o pérdida por conducción y de ganancia por radiación.</p> <p><i>Estado actual</i></p> <p>Básicamente los materiales que forman la envolvente de la vivienda son:</p> <ol style="list-style-type: none"> Muros: Tabique de barro extruido, Aplanado de yeso, Mortero cemento arena, Pintura exterior color medio. Vidrio: Vidrio. Losa: Impermeabilizante color rojo, Enladrillado de baldosa Santa Julia, Entortado de concreto pobre, Relleno de tezontle, Losa plana de concreto

armado, Aplanado de yeso.

d) Puerta: Madera de encino.

La ganancia en W para las 6:00 y a las 14:00 horas es:

Gráfico 6. 38.
Ganancia Total de Watts Mensual a las 6:00 horas (W).

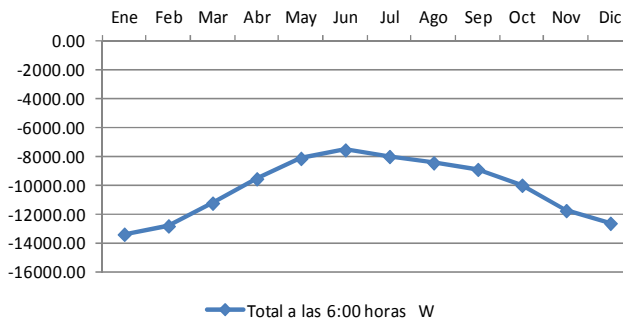
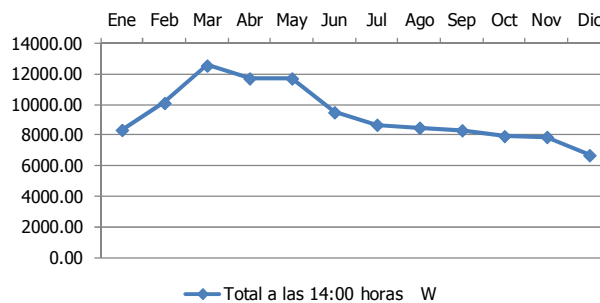


Gráfico 6. 39.
Ganancia Total de Watts Mensual a las 14:00 horas (W).



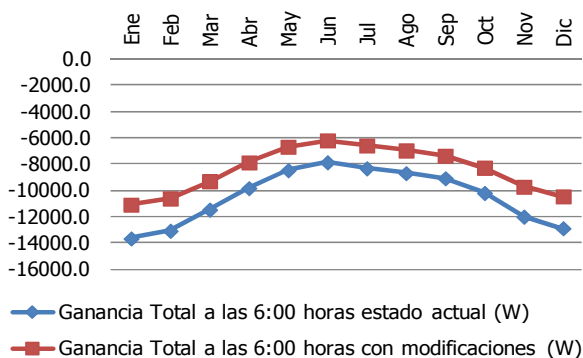
Cómo captar, almacenar y distribuir la energía natural a través de la envolvente para disminuir la demanda de energía en el interior.

Realizando las modificaciones sobre el diseño bioclimático pasivo y algunos cambios en materiales de construcción, se tienen los siguientes resultados:

- a) Muros: **Block hueco de concreto**, Aplanado de yeso, Mortero cemento arena, Pintura exterior color medio.
- b) Vidrio: Vidrio.
- c) Losa: Impermeabilizante color rojo, Enladrillado de baldosa Santa Julia, Entortado de concreto pobre, Relleno de tezontle, **Losa de vigueta y bovedilla**, Aplanado de yeso.
- d) Puerta: Madera de encino.

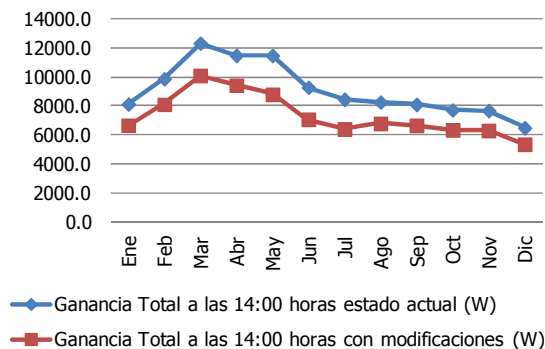
Cuando se registran las temperaturas más bajas y se está por debajo de la zona de comodidad térmica, con las modificaciones a la vivienda la pérdida de calor por conducción y radiación se reduce.

Gráfico 6. 40.
Ganancia Total de Watts Mensual del estado actual y con modificaciones a las 6:00 horas (W).



Cuando se registran las temperaturas más altas y en cinco meses del año se está por arriba de la zona de comodidad térmica, con las modificaciones a la vivienda la ganancia de calor por conducción y radiación se reduce.

Gráfico 6. 41.
Ganancia Total de Watts Mensual del estado actual y con modificaciones a las 14:00 horas (W).



Cómo disminuye la emisión de GEI

El cambio de materiales que componen la envolvente de la vivienda mantendría un mejor nivel de comodidad térmica interior, aunque con ello no necesariamente disminuyan los GEI a la atmósfera, ya que por no tener temperaturas extremas en la localidad no se hacen uso común el calentamiento ni el enfriamiento electromecánicos.

Uso de dispositivos tecnológicos.

Transformación de energía solar en calor

Estado actual.

La vivienda no cuenta con ningún dispositivo tecnológico que permita la transformación de energía solar en calor.

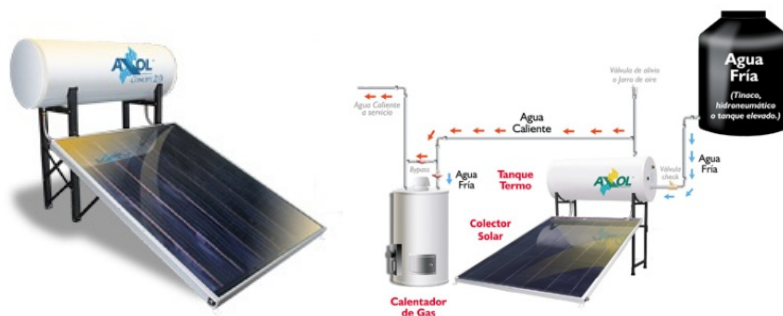
Cómo maximizar el uso de los recursos energéticos naturales

Por las características de la localidad sobre los registros de radiación solar, se puede instalar un colector solar para calentar el agua de uso común.

Especificaciones de: Tipo: Axol 150. **Axol 150** ® perteneciente a **Módulo Solar** ® Proveedor y artículo certificado por CONUEE DIT/08/11. Sistema de circulación natural o termosifón, integrado por el colector solar, el termotanque y la estructura de soporte. Capacidad: 150 litros. Rendimiento: 4 personas.

Ubicación en el proyecto: en la azotea donde no encuentre obstrucción solar a ninguna hora del día durante todo el año. Se colocará con el colector orientado hacia el sur y con una inclinación de 19.4°.

Gráfico 6. 42.
Calentador solar recomendado.



Cómo disminuye la emisión de GEI.

La colocación de un colector solar para calentar agua de uso común reduciría de manera importante en un 70 a 80% el uso de gas LP y con ello las emisiones de GEI por dejar de quemar combustibles fósiles.

	<p>Transformación de energía solar en electricidad</p> <p><i>Estado actual.</i></p> <p>La vivienda no cuenta con ningún dispositivo tecnológico que permita la transformación de energía solar en electricidad.</p> <p><i>Cómo maximizar el uso de los recursos energéticos naturales.</i></p> <p>Por las características de la localidad sobre los registros de radiación solar, precipitación y con ello nubosidad, no es conveniente instalar un panel fotovoltaico que permita generar electricidad, ya que su eficiencia estaría reducida debido a que los niveles mensuales de radiación no superan los 700 w/m² a lo largo del año, y se reduciría todavía más en los meses de mayor precipitación. Por lo que el tiempo de recuperación de la inversión se extendería.</p> <p><i>Cómo disminuye la emisión de GEI.</i></p> <p>Debido a que no se colocaría ningún sistema, no hay disminución de GEI.</p>
<p>Empleo de equipos de alta eficiencia energética.</p>	<p>Equipo de calentamiento electromecánico</p> <p><i>Estado actual.</i></p> <p>La vivienda no cuenta con ningún equipo de calentamiento electromecánico.</p> <p><i>Cómo disminuir la energía residual.</i></p> <p>Debido a que las características del clima urbano no registran valores de temperatura ni humedad extremos, no se emplean equipos de acondicionamiento electromecánico para calentamiento.</p> <p><i>Cómo disminuye la emisión de GEI.</i></p> <p>Debido a que no se colocaría ningún sistema, no hay disminución de GEI.</p> <p>Equipo de enfriamiento electromecánico</p> <p><i>Estado actual.</i></p> <p>La vivienda no cuenta con ningún equipo de enfriamiento electromecánico.</p> <p><i>Cómo disminuir la energía residual.</i></p> <p>Debido a que las características del clima urbano no registran valores de temperatura ni humedad extremos, no se emplean equipos de acondicionamiento electromecánico para enfriamiento.</p> <p><i>Cómo disminuye la emisión de GEI.</i></p> <p>Debido a que no se colocaría ningún sistema, no hay disminución de GEI.</p> <p>Artefactos para iluminación</p> <p><i>Estado actual.</i></p> <p>La vivienda tiene las siguientes luminarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 focos incandescentes de 100 W, con un uso de 3 horas diarias. - 6 focos fluorescentes de 13 W, con un uso de 1 hora diaria. - 4 focos fluorescentes de 22 W, con un uso de 3 horas diarias. - 1 foco fluorescente exterior de 60 W, con un uso de 10 horas diarias. <p><i>Cómo disminuir la energía residual.</i></p> <p>La sustitución de focos incandescentes 100 W por fluorescentes de 22 W reduciría el consumo de energía de 300 W diarios a 66 W.</p> <p><i>Cómo disminuye la emisión de GEI.</i></p> <p>Sustituir los focos incandescentes por fluorescentes permite disminuir las emisiones de GEI por reducción en el consumo de energía eléctrica.</p>

**Síntesis.
Formulación de
estrategias de
diseño
bioclimático.**

Para esta localidad en particular en la formulación de estrategias de diseño bioclimático se tiene lo siguiente:

	Estrategias de diseño bioclimático	Aspectos que se mejoran	Disminución de GEI
Diseño bioclimático pasivo	Forma de la edificación: pegando el edificio a la colindancia.	Comodidad térmica: conservación del calor interior.	
	Forma de la edificación: reducción de la colocación de materiales.	Disminución del uso de materia y energía en la fabricación y uso de materiales.	Directamente
	Orientación de los espacios interiores	Comodidad térmica: pérdida de calor.	
	Características de las ventanas: incrementar el área de ventana.	Comodidad visual: iluminación natural	Directamente
	Características de las ventanas: protecciones solares.	Comodidad térmica: disminuir sobrecalentamiento.	
	Características de las ventanas: domo en escaleras.	Comodidad visual: iluminación natural	Directamente
	Vegetación: colocación en la fachada oeste.	Comodidad térmica: disminuir sobrecalentamiento.	
	Vegetación: omisión en la fachada este.	Comodidad visual: iluminación natural	Directamente
Características de la envolvente de la edificación	Uso de materiales: cambio de algunos materiales.	Comodidad térmica: conservación del calor interior.	
Uso de dispositivos tecnológicos	Transformación de energía solar en calor: colocación de calentador solar.	Disminución del uso de gas LP: disminución de la quema de combustibles fósiles.	Directamente
	Transformación de energía solar en electricidad	N/a	
Empleo de equipos de alta eficiencia energética	Equipo de calentamiento electromecánico	N/a	
	Equipo de enfriamiento electromecánico	N/a	

Gráfico 6. 43. Formulación de estrategias de diseño bioclimático.		Artefactos para iluminación: sustitución de focos incandescentes por fluorescentes	Disminución del uso de energía eléctrica: disminución de la quema de combustibles fósiles.	Directamente
--	--	---	---	--------------

Evaluación.

Evaluación. Revisión de los resultados de las estrategias.	Etapa A. Descripción del sitio							
	<p>En esta etapa se pudieron obtener todos los datos requeridos para determinar las características del clima urbano y las del entorno inmediato. Para más detalle ver Comprensión. Identificación de la información. En esta misma tabla.</p>							
Etapa B. Análisis de necesidades del usuario								
<p>En esta etapa y tomando como base los datos obtenidos de la etapa anterior, se realizaron todos los procedimientos de análisis, el climatológico y el del emplazamiento de la vivienda. De la misma manera se llevó a cabo el de necesidades y requerimientos espaciales.</p> <p>Para más detalle ver Análisis. Determinación de necesidades y requerimientos.</p>								
Etapa C. Desarrollo de estrategias de diseño bioclimático								
<p>En esta etapa y a partir de los análisis hechos se desarrollaron estrategias de diseño bioclimático.</p> <p>El resultado de estas estrategias no siempre finalizaron con la disminución de emisiones de GEI a la atmósfera, esto debido a las características particulares del clima urbano de la localidad, sin embargo todas las propuestas mejoraron en alguna medida la comodidad del ambiente para el usuario. Para más detalle sobre estos resultados ver Síntesis. Formulación de estrategias de diseño bioclimático.</p> <p>A continuación se muestran las estrategias que de ser aplicadas sí reducen las emisiones de GEI y una estimación de costo-beneficio de éstas.</p>								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th data-bbox="488 1213 685 1297">Estrategias de diseño bioclimático</th> <th data-bbox="685 1213 1089 1297">Cómo se redujo</th> <th data-bbox="1089 1213 1373 1297">Costo-beneficio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="488 1297 685 1896"> Diseño bioclimático pasivo. Forma de la edificación: reducción de la colocación de materiales. </td> <td data-bbox="685 1297 1089 1896"> Pegando la vivienda a la colindancia sur se omitiría el material empleado en repellar y pintar ese pasillo de muros que son ciegos, disminuyendo las emisiones de GEI por reducción de utilización de materia y energía en la fabricación y colocación de materiales y la utilización de solventes. El área que se dejaría de repellar y pintar es de 123 m² aproximadamente. </td> <td data-bbox="1089 1297 1373 1896"> El costo por m2 de repellar es de \$72.00 aprox. incluye materiales, mano de obra, equipo y herramienta. El costo por m2 de pintar es de \$63.00 aproximadamente, incluye materiales, mano de obra y herramienta. Entonces se tiene que se dejarían de gastar \$8,856.00 por el repellado y \$7,749.00 por la pintura. Es decir, un total de \$16,605.00. </td> </tr> </tbody> </table>	Estrategias de diseño bioclimático	Cómo se redujo	Costo-beneficio	Diseño bioclimático pasivo. Forma de la edificación: reducción de la colocación de materiales.	Pegando la vivienda a la colindancia sur se omitiría el material empleado en repellar y pintar ese pasillo de muros que son ciegos, disminuyendo las emisiones de GEI por reducción de utilización de materia y energía en la fabricación y colocación de materiales y la utilización de solventes. El área que se dejaría de repellar y pintar es de 123 m ² aproximadamente.	El costo por m2 de repellar es de \$72.00 aprox. incluye materiales, mano de obra, equipo y herramienta. El costo por m2 de pintar es de \$63.00 aproximadamente, incluye materiales, mano de obra y herramienta. Entonces se tiene que se dejarían de gastar \$8,856.00 por el repellado y \$7,749.00 por la pintura. Es decir, un total de \$16,605.00.		
Estrategias de diseño bioclimático	Cómo se redujo	Costo-beneficio						
Diseño bioclimático pasivo. Forma de la edificación: reducción de la colocación de materiales.	Pegando la vivienda a la colindancia sur se omitiría el material empleado en repellar y pintar ese pasillo de muros que son ciegos, disminuyendo las emisiones de GEI por reducción de utilización de materia y energía en la fabricación y colocación de materiales y la utilización de solventes. El área que se dejaría de repellar y pintar es de 123 m ² aproximadamente.	El costo por m2 de repellar es de \$72.00 aprox. incluye materiales, mano de obra, equipo y herramienta. El costo por m2 de pintar es de \$63.00 aproximadamente, incluye materiales, mano de obra y herramienta. Entonces se tiene que se dejarían de gastar \$8,856.00 por el repellado y \$7,749.00 por la pintura. Es decir, un total de \$16,605.00.						

<p>Gráfico 6. 44. Estimación de costo-beneficio de las estrategias de diseño bioclimático.</p>	<p>Diseño bioclimático pasivo. Características de las ventanas y vegetación: incrementar el área de ventana, y colocar un domo en la escalera.</p>	<p>Con el aumento del espacio de la ventana, la colocación de un domo en las escaleras y la omisión de vegetación en la fachada este, permite incrementar la iluminación natural en los espacios interiores, disminuyendo el número de horas de utilización de iluminación artificial, y con ello se disminuye las emisiones de GEI por reducción de uso de energía eléctrica.</p> <p>Considerando que el consumo total de todos los focos interiores en una hora es de 466 W, al año se consumirían 170,090 W, es decir 170.09 KWh.</p>	<p>Considerando los costos de la energía eléctrica en la localidad se tiene que por el consumo de 170.09 kWh se dejarían de pagar \$120.59 al año por una hora de iluminación.</p>
	<p>Uso de dispositivos tecnológicos. Transformación de energía solar en calor: colocación de calentador solar.</p>	<p>La colocación de un colector solar para calentar agua de uso común reduciría de manera importante en un 70 a 80% el uso de gas LP y con ello las emisiones de GEI por dejar de quemar combustibles fósiles.</p> <p>Considerando que un calentador de agua de gas para 4 usuarios consume 1.54 kg de combustible al día, al mes consume 46.2 kg.</p>	<p>Considerando los costos del gas LP en la localidad se tiene que por el consumo de 46.2 kg se dejarían de pagar \$532.68 al mes.</p> <p>Al año se dejaría de pagar \$6,392.16, sin considerar el incremento mensual a los precios del combustible.</p>
	<p>Empleo de equipos de alta eficiencia energética. Artefactos para iluminación: sustitución de focos incandescentes por fluorescentes.</p>	<p>La sustitución de focos incandescentes 100 W por fluorescentes de 22 W reduciría el consumo de energía de 300 W diarios a 66 W, lo que permite disminuir las emisiones de GEI por reducción en el consumo de energía eléctrica.</p> <p>Considerando que el consumo total de los tres focos de 100 W en tres horas diarias es de 300 W, al año se consumirían 109,500 W, es decir 109.5 KWh, pero si se sustituyen por focos de 22 W, se dejarían de consumir 85,410 W, es decir 85.41 KWh al año.</p>	<p>Considerando los costos de la energía eléctrica en la localidad se tiene que por el consumo de 85.41 kWh se dejarían de pagar \$57.22 al año.</p>
<p>Con las estrategias planteadas se tiene un ahorro inicial de \$16,505 además del ahorro en mantenimiento.</p> <p>Anualmente se tendría un ahorro de \$6,569.97.</p>			

Tabla 6. 6. Metodología de diseño bioclimático. Caso de estudio.

6.6.2. Análisis de ciclo de vida de la vivienda caso de estudio.

Etapas	Desarrollo				
Objetivos.					
Objetivos de investigación.	Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a atmósfera en una vivienda en la Ciudad de México.				
Unidad Funcional	La unidad funcional en una vivienda de dos niveles, es de tipo independiente, de 150 m ² de construcción y cuatro ocupantes, con una cimentación de mampostería, muros de block de concreto y losas planas de concreto armado, con una vida útil de 50 años.				
Comprensión. Identificación de objetivos e información para su análisis.	<p>Para la etapa del análisis de inventario se mostrará el consumo energético expresado en MJ (Mega Joules) ó en kWh (kilo Watt hora), y las generaciones a la atmósfera expresadas en kg de CO₂ eq (kilogramos de Bióxido de Carbono equivalente).</p> <p>Para la evaluación se mostrarán los resultados del inventario con respecto a efectos ambientales, expresados en Ha de bosque (Hectáreas de bosque).</p> <p>La información sobre el consumo energético es procedente de la Comisión Federal de Electricidad, de la Secretaría de Energía, de la Comisión Nacional del Agua, del Manual de Energía de Hegger en Munich (Energy Manual), y de BEDEC del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña. Datos actualizados y con antigüedad de no más de tres años.</p> <p>Para la obtención y uso de 1 litro de agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se calcula un consumo de 0.004 kWh¹⁴⁹, generando 0.0025 kg de CO₂ eq.</p>				
Análisis de Inventario.					
Fase de Producción	Materiales	Consumo energético ¹⁵⁰		Generación de emisiones	
		m ³	MJ	kWh	kg de CO ₂ eq
	Piedra para mampostería calcárea	20.78	7,481.38	2,072.34	1,284.85
	Mortero de cemento	54.29	57,387.17	15,896.25	9,855.67
	Mortero de yeso	53.11	78,951.84	21,869.66	13,559.19
	Concreto in situ	28.63	51,163.05	14,172.16	8,786.74
	Tabique de arcilla	12.51	26,553.79	7,355.40	4,560.35
	Block de concreto	27.22	194,876.75	53,980.86	33,468.13
		Ton	MJ	kWh	kg de CO ₂ eq
	Acero estructural	2.67	65,541.31	18,154.94	11,256.06
	Vidrio plano	0.41	5,765.76	1,597.12	990.21

¹⁴⁹ *La crisis del agua*. Reporte CESOP No. 28. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la Cámara de Diputados. 2009. Fecha de consulta junio de 2010. Disponible en <<http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/223610/579809/file/Reporte%20CESOP%20No.%2028%20Crisis%20del%20Agua.pdf>>

¹⁵⁰ BEDEC, banco de datos de empresas fabricantes de productos de la construcción. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. 2010. Disponible en <<http://www.itec.es/noumetabase2.e/Presentacio.aspx?page=banchedec>>

	kg	MJ	kWh	kg de CO ₂ eq		
Pintura	79.31	1,958.91	542.62	336.42		
Sellador	69.39	1,714.04	474.79	294.37		
Impermeabilizante acrílico	88.2	18,522.00	5,130.59	3,180.97		
TOTAL DE FASE DE PRODUCCIÓN		509,916.00	141,246.73	87,572.97		
Fase de Construcción	Maquinaria y colocación de materiales	Consumo energético¹⁵¹		Generación de emisiones		
		kWh		Kg de CO₂ eq		
	Rodillo vibrador de concreto de 5.5 HP	7,730.29		4,792.78		
	Revolvedora de concreto de 5 HP	722.26		447.80		
	Colocación de tabique	3.18		1.97		
	Colocación de mortero	98.81		61.26		
	Colocación de pintura	2,196.89		1,362.07		
	Colocación de sellador	1,922.10		1,191.70		
	Colocación de impermeabilizante	2,443.14		1,514.75		
	TOTAL DE FASE DE CONSTRUCCIÓN		15,116.67	9,372.34		
Fase de Operación y Consumo	Consumo de energía eléctrica					
		Consumo unitario ¹⁵²	Días en el año	Horas en el día	Consumo total anual	Generación de emisiones
	Equipo en actividades de la cocina	W	días	hora	kWh	Kg CO₂ eq
	Refrigerador	290	365	8	846.80	525.02
	Horno de Microondas	1,200	365	0.25	109.50	67.89
	Licuada	400	365	0.2	29.20	18.10
	Exprimidor de cítricos	30	365	0.2	2.19	1.36
	Cafetera	750	365	1	273.75	169.73
	Extractor de aire de estufa	127	365	0.1	4.64	2.87
	Actividades del hogar					
	Aspiradora	800	104	2	166	103.00
	Lavadora de Ropa	400	104	4	166.40	103.17
	Plancha	1,000	104	3	312.00	193.44
	Secadora de cabello	1,600	365	0.2	116.80	72.42
	Bomba de agua	400	365	0.4	58.40	36.21

¹⁵¹ *Ibidem.*

¹⁵² Comisión Federal de Electricidad. 2010. Disponible en <<http://www.cfe.gob.mx>>

Actividades de entretenimiento					
Televisión 29"	120	365	6	263	163.00
Televisión 21"	70	365	6	153.30	95.05
Consola de juego	250	260	2	130.00	80.60
DVD	25	208	3	15.60	9.67
Estéreo	75	365	4	109.50	67.89
Radio-reloj despertador	40	365	1	14.60	9.05
Decodificador de cable	6	365	6	13.14	8.15
Actividades tipo oficina					
Computadora de escritorio	360	312	6	673.92	417.83
No-break	50	312	6	93.60	58.03
Impresora	10	156	0.25	0.39	0.24
Modem	5	365	4	7.30	4.53
3 Cargadores de celular	12	365	0.5	2.19	1.36
Teléfono inalámbrico	30	365	24	262.80	162.94
Iluminación					
3 focos incandescentes de 100 W	300	365	3	328.50	203.67
6 focos fluorescentes de 13 W	78	365	1	28.47	17.65
4 focos fluorescentes de 22 W	88	365	3	96.36	59.74
Foco fluorescente ext. 60 W	60	365	10	219.00	135.78
Total por consumo de energía eléctrica				4,497.55	2,788.48
Consumo de gas LP	Consumo en kg/día¹⁵³	Consumo al día¹⁵⁴	Consumo anual	Generación de emisiones	
	kg	MJ	MJ	kWh	Kg de CO₂ eq
Estufa	0.98	45.13	16,472.09	4,575.58	2,836.86
Calentador de agua	1.54	70.92	25,884.71	7,190.20	4,457.92
Total por consumo de gas LP				11,765.78	7,294.78

¹⁵³ Secretaría de Energía. 2009.

¹⁵⁴ 1 litro de gas LP equivale a 46.05 MJ.

Consumo de agua	Consumo al año ¹⁵⁵	Consumo energético anual ¹⁵⁶	Generación de emisiones
	Litros	kWh	Kg CO ₂ eq
Tarja	16,425	65.70	40.73
Lavadora de ropa	4,160	16.64	10.32
Lavadero	6,240	24.96	15.48
Llave exterior	1,040	4.16	2.58
Regadera	146,000	584.00	362.08
2 Inodoros	26,280	105.12	65.17
2 Lavabos	2,190	8.76	5.43
Total por consumo de agua		809.34	501.79
		kWh	Kg CO₂ eq
Total por consumo de energía eléctrica, gas y agua en 1 año		17,072.66	10,585.05
Total por consumo de energía eléctrica, gas y agua en 50 años (vida útil)		853,633.02	529,252.48
Mantenimiento	Consumo energético ¹⁵⁷	Generación de emisiones	
	kWh	Kg de CO ₂ eq	
Pintura (cada 5 años)	5,426.18	3,364.23	
Sellador (cada 5 años)	4,747.89	2,943.69	
Impermeabilizante (cada 10 años)	25,652.97	15,904.84	
Colocación de pintura (cada 5 años)	21,968.87	13,620.70	
Colocación de sellador (cada 5 años)	19,221.03	11,917.04	
Colocación de impermeabilizante (cada 10 años)	12,215.7	7,573.73	
Total de mantenimiento	89,232.64	55,324.24	
		kWh	Kg de CO₂ eq
TOTAL DE FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		942,865.67	584,576.71

¹⁵⁵ Comisión Nacional del Agua. 2008.

¹⁵⁶ 1 litro de agua equivale a 0.004 kWh.

¹⁵⁷ BEDEC, banco de datos de empresas fabricantes de productos de la construcción. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. 2010. Disponible en <<http://www.itec.es/noumetabase2.e/Presentacio.aspx?page=bancbedec>>

Fase de Recuperación	Maquinaria	Consumo energético	Generación de emisiones
		kWh	Kg de CO ₂ eq
	Retroexcavadora con rendimiento de 5.4 m ³ cada hora	5,353.13	3,318.94
	Camión de volteo con capacidad de 14 m ³	11,297.04	7,004.16
	TOTAL DE FASE DE RECUPERACIÓN	16,650.17	10,323.10
Análisis. Identificación de emisiones.	Fases del ciclo de vida	kWh	Kg de CO ₂ eq emitido a la atmósfera
	Fase de producción	141,246.73	87,572.97 12.66%
	Fase de construcción	15,116.67	9,372.34 1.35%
	Fase de operación y consumo	942,865.67	584,576.71 84.50%
	Fase de recuperación	16,650.17	10,323.11 1.49%
	TOTAL DEL CICLO DE VIDA	1,115,879.24	691,845.13
<p>Observación: el 56% de los datos del consumo energético se obtuvieron de BEDEC, el cual es un banco de datos de empresas fabricantes de productos de la construcción en España, la equivalencia de estos datos en México pudieran ser más altos o más bajos, hasta el momento no se puede saber debido a que los fabricantes en México no muestran información relacionada con el consumo energético contenido en sus productos, por lo que para fines de la investigación, se tomará a BEDEC como parámetro. Estos aparecen en la fase de análisis de inventario y tendrán influencia en el análisis del caso y por consiguiente en la propuesta.</p> <p>Durante todas las fases del ciclo de vida de una vivienda de 150 m² se tiene un consumo energético de 1,115,879.24 kWh, teniendo una emisión a la atmósfera de 691,845.13 kg de CO₂ eq. El 85% del consumo y las generaciones se presentan en la fase de operación y consumo, esto debido al consumo sostenido a lo largo de toda su vida útil. Le sigue la fase de producción con un 12.66%. Finalmente la fase de recuperación y la de construcción presentan un consumo mucho menor.</p>			
Evaluación de impactos.			
Fase de Producción	Materiales	Generación de emisiones	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año
		kg de CO ₂ eq	Ha
	Piedra para mampostería calcárea	1,284.85	0.49
	Mortero de cemento	9,855.67	3.76
	Mortero de yeso	13,559.19	5.18
	Concreto in situ	8,786.74	3.35
	Tabique de arcilla	4,560.35	1.74
	Block de concreto	33,468.13	12.77
	Acero estructural	11,256.06	4.30

	Vidrio plano	990.21	0.38
	Pintura	336.42	0.13
	Sellador	294.37	0.11
	Impermeabilizante acrílico	3,180.97	1.21
	TOTAL DE FASE DE PRODUCCIÓN	87,572.97	33.42
Fase de Construcción	Maquinaria y colocación de materiales	Emisiones a la atmósfera	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año
		Kg de CO₂ eq	Ha
	Rodillo vibrador de concreto de 5.5 HP	4,792.78	1.83
	Revolvedora de concreto de 5 HP	447.80	0.17
	Colocación de tabique	1.97	7.53 x 10 ⁻⁴
	Colocación de mortero	61.26	2.34 x 10 ⁻²
	Pintura	1,362.07	0.52
	Sellador	1,191.70	0.45
	Impermeabilizante	1,514.75	0.58
		TOTAL DE CONSTRUCCIÓN	9,372.34
Fase de Operación y Mantenimiento.	Consumo de energía eléctrica.	Emisiones a la atmósfera / año	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año
		Kg CO₂ eq	Ha
	Refrigerador	525.02	0.20
	Horno de Microondas	67.89	0.03
	Licuadora	18.10	6.91 x 10 ⁻³
	Exprimidor de cítricos	1.36	5.18 x 10 ⁻⁴
	Cafetera	169.73	0.06
	Extractor de aire de estufa	2.87	1.10 x 10 ⁻³
	Aspiradora	103	0.04
	Lavadora de Ropa	103.17	0.04
	Plancha	193.44	0.07
	Secadora de cabello	72.42	0.03
	Bomba de agua	36.21	0.01
	Televisión 29"	163	0.06
	Televisión 21"	95.05	0.04
	Consola de juego	80.60	0.03
	DVD	9.67	3.69 x 10 ⁻³
	Estéreo	67.89	0.03
Radio-reloj despertador	9.05	3.45 x 10 ⁻³	
Decodificador de cable	8.15	3.11 x 10 ⁻³	

Computadora de escritorio	417.83	0.16
No-break	58.03	0.02
Impresora	0.24	9.23 x 10 ⁻⁵
Modem	4.53	1.73 x 10 ⁻³
3 Cargadores de celular	1.36	5.18 x 10 ⁻⁴
Teléfono inalámbrico	162.94	0.06
3 focos incandescentes de 100 W	203.67	0.08
6 focos fluorescentes de 13 W	17.65	6.74 x 10 ⁻³
4 focos fluorescentes de 22 W	59.74	0.02
Foco fluorescente exterior de 60 W	135.78	0.05
Total por consumo de energía eléctrica	2,788.48	1.06
Consumo de gas LP	Emisiones a la atmósfera / año	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año
	Kg de CO₂ eq	Ha
Estufa	2,836.86	1.08
Calentador de agua	4,457.92	1.70
Total por consumo de gas LP	7,294.78	2.78
Consumo de agua	Emisiones a la atmósfera / año	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año
	Kg CO₂ eq	Ha
Tarja	40.73	0.02
Lavadora de ropa	10.32	3.94 x 10 ⁻³
Lavadero	15.48	5.91 x 10 ⁻³
Llave exterior	2.58	9.84 x 10 ⁻⁴
Regadera	362.08	0.14
2 Inodoros	65.17	0.02
2 Lavabos	5.43	2.07 x 10 ⁻³
Total por consumo de agua	501.79	0.19
	Kg CO₂ eq	Ha
Total por consumo de electricidad, gas y agua en 1 año	10,585.05	4.04
Total por consumo de electricidad, gas y agua en 50 años	529,252.48	202.00

	Mantenimiento		Emisiones a la atmósfera	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año	
			Kg de CO₂ eq	Ha	
	Pintura (cada 5 años)		3,364.23	1.28	
	Sellador (cada 5 años)		2,943.69	1.12	
	Impermeabilizante (cada 10 años)		15,904.84	6.07	
	Colocación de pintura (cada 5 años)		13,620.70	5.20	
	Colocación de sellador (cada 5 años)		11,917.04	4.55	
	Colocación de impermeabilizante (cada 10 años)		7,573.73	2.89	
	Total de mantenimiento		55,324.24	21.12	
			Kg de CO₂ eq	Ha	
	TOTAL DE FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		584,576.71	223.12	
Fase de Recuperación.	Maquinaria		Emisiones a la atmósfera	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año	
			Kg de CO₂ eq	Ha	
	Retroexcavadora con rendimiento de 5.4 m ³ / hora		3,318.94	1.27	
	Camión de volteo con capacidad de 14 m ³		7,004.16	2.67	
	TOTAL DE FASE DE RECUPERACIÓN		10,323.10	3.94	
Síntesis. Organización de resultados.	Fases del ciclo de vida de la vivienda	Consumo energético	Emisiones a la atmósfera	Hectáreas de bosque a lo largo de 1 año	
		kWh	kg de CO₂ eq	Ha	
	Fase de producción	141,246.73	87,572.97	33.42	Al inicio de la vivienda
	Fase de construcción	15,116.67	9,372.34	3.58	Al inicio de la vivienda
	Fase de operación y consumo	942,865.67	584,576.71	223.12	Durante 50 años, es decir, 4.46 Ha al año
	Fase de recuperación	16,650.17	10,323.11	3.94	Al final de la vivienda
	TOTAL	1,115,879.24	691,845.13	264.06	Es decir, se requieren 5.28 Ha al año, en 50 años

	<p>El consumo energético de la vivienda durante las fases de su ciclo de vida es de aproximadamente de 1,115,879.24 kWh. Este consumo permitiría tener un foco de 100 W encendido durante 11,158,792.39 horas continuas, ó durante 464,949.68 días, ó 1,273.83 años. Es decir, se podrían mantener al menos 25 focos de 100 W encendidos de manera continua durante los 50 años de vida útil de la vivienda.</p> <p>En los resultados de la evaluación del inventario se puede ver que se requieren aproximadamente 264.06 Ha de bosque a lo largo de 50 años, con un promedio de 5.28 Ha al año. De acuerdo con los datos estadísticos de INEGI, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México existen 2,988,718 viviendas clase casa independiente.</p> <p>En la consideración de que en promedio todas esas viviendas consten de 150 m² construidos, se necesitarían 15,784,198.37 ha de bosque para absorber las más de 691 ton de CO₂ eq que genera cada una de esas viviendas.</p> <p>Tan solo la Zona Metropolitana de la Ciudad de México comprende un área de aproximadamente 7,661.06 km², es decir, 766,106 ha y casi en su totalidad está urbanizada. Esto quiere decir que se necesita 20.60 veces el área de la Zona Metropolitana de bosque para poder mitigar los efectos de los gases de efecto invernadero tan solo por este tipo de viviendas.</p>
--	--

Interpretación de resultados.

<p>Fase de Producción.</p>	<p>Con respecto a la energía consumida y a las emisiones de CO₂ a la atmósfera, los procesos más perjudiciales para el medio ambiente corresponden principalmente a la fase de operación y mantenimiento, seguido de la fase de producción, después de la fase de recuperación y finalmente de la fase de construcción.</p> <p>En esta fase se puede ver que la mayor parte de los materiales tienen una importante generación de emisiones, pero son necesarios para la edificación de la vivienda.</p> <p>Sin embargo, se pueden hacer algunas modificaciones en el sistema constructivo, por ejemplo, en lugar de hacer losas planas de concreto, las cuales requieren de acero y concreto, se puede emplear el sistema de vigueta y bovedilla.</p> <p>Para las losas planas se requieren de 14.7 m³ de concreto, lo cual tiene un consumo energético de 26,268.90 MJ, o bien, 7,276.49 kWh y una generación de emisiones de 4,511.42 kg de CO₂ eq. También se necesitan 0.98 ton de acero estructural, lo que consume 24,060.03 MJ, o bien, 6,664.63 kWh y genera 4,132.07 kg de CO₂ eq. En total se tiene un consumo de 13,941.11 kWh y una generación de 8,643.49 kg de CO₂ eq.</p> <p>Para losas de vigueta y bovedilla se requieren 204 piezas de bovedillas, las cuales tienen un consumo de 18,351.84 MJ, ó 5,083.46 kWh y una generación de emisiones de 3,151.75 kg de CO₂ eq. De la misma manera se necesitan 168 mts de vigueta, que tienen un consumo de 18,715.20 MJ, ó 5,184.11 kWh y generan 3,214.15 kg de CO₂ eq. Con un consumo total de 10,267.57 kWh y una generación total de 6,365.89 kg de CO₂ eq.</p> <p>La reducción en el consumo es de aproximadamente 3,673.54 kWh, y en las emisiones es de 2,277.60 kg de CO₂ eq.</p> <p>Pegando la vivienda a la colindancia sur se omitiría el material empleado en repellar y pintar ese pasillo de muros que son ciegos, disminuyendo las emisiones de GEI por reducción de utilización de materia y energía en la fabricación y colocación de materiales y la utilización de solventes. El área que se dejaría de repellar y pintar es de 123 m² aproximadamente. Cada m³ de mortero de cemento genera 181.53 kg de CO₂ equivalente. Para un repellado de 1.5 cm se requieren 1.84 m³ de mortero. Lo que genera 334.92 kg de CO₂ eq. Cada</p>
-----------------------------------	---

	<p>litro de pintura genera 5.51 kg de CO₂ eq. 1 litro de pintura tiene un rendimiento de 8 m², a una mano, entonces para 123 m² se requieren 30.75 litros aprox. Para pintar a dos manos. Lo que genera 169.43 kg de CO₂ eq.</p>
<p>Fase de Construcción.</p>	<p>En esta fase uno de los mayores consumos de energéticos se tiene en el uso de maquinaria, como el rodillo vibratorio que tiene un consumo total de 7,730.29 kWh. Por otra parte, con el cambio de sistema constructivo de losas planas a losas de vigueta y bovedilla, se dejarían de vibrar 14.7 m³ de concreto, por lo que se dejaría de consumir 2,659.23 kWh y se dejaría de emitir 1,648.72 kg de CO₂ eq.</p> <p>De la misma forma, la revolvedora dejaría de revolver 14.7 m³ de concreto, dejando de consumir 256.07 kWh y de emitir 158.77 kg de CO₂ eq.</p> <p>La colocación de materiales con solvente genera emisiones altas. En este caso se pueden utilizar pinturas epoxi a base de agua libres de emisiones, logrando una reducción de 2,196.89 kWh y de 1,362.07 kg de CO₂ eq. La colocación de selladores epoxi a base de agua libres de emisiones, logrando una reducción de 1,922.10 kWh y de 1,191.70 kg de CO₂ eq. Con un total de 4,118.99 kWh y de 2,553.77 kg de CO₂ eq que se dejan de emitir a la atmósfera.</p>
<p>Fase de Operación y Consumo.</p>	<p>En esta fase el calentamiento de agua con uso de gas LP tiene un alto consumo de combustible. En un año se consumen 25,884.71 MJ (7,190.20 kWh), generando 4,457.92 kg de CO₂ eq, y durante la vida útil de la vivienda de 50 años el consumo es de 359,509.79 kWh y las emisiones de 222,896.07 kg de CO₂ eq. Sustituyendo este sistema de calentamiento de agua de calentador de gas, por un calentador solar, el consumo y las emisiones se reducen a cero.</p> <p>Haciendo un cambio en el combustible también se pueden tener algunas pequeñas reducciones. Si se sustituye el gas LP por gas natural para la cocción de alimentos, se tendría un consumo de 4,232.19 kWh y una emisión de 2,623.96 kg de CO₂ eq anual y en 50 años 211,609.36 kWh y 131,197.80 kg de CO₂ eq con gas natural, a diferencia de 4,575.58 kWh y emisiones de 2,836.86 kg de CO₂ eq anual y en 50 años 228,778.96 kWh y 141,842.95 kg de CO₂ eq de gas LP.</p> <p>Para el mantenimiento, cambiando pinturas y selladores a base de solventes, por otros epoxi a base de agua se pueden reducir las emisiones en la colocación de estos materiales, ya que durante la vida útil de la vivienda se consumen 41,189.90 kWh y se emiten 25,537.74 kg de CO₂ eq los cuales se omitirían.</p> <p>Pegando la vivienda a la colindancia sur se omitiría el material empleado en pintar ese pasillo de muros que son ciegos, disminuyendo las emisiones de GEI por reducción de utilización de materia y energía en la fabricación y colocación de materiales y la utilización de solventes. El área que se dejaría de pintar a lo largo de 50 años es de 123 m² aproximadamente. Cada litro de pintura genera 5.51 kg de CO₂ eq. 1 litro de pintura tiene un rendimiento de 8 m², a una mano, entonces para 123 m² se requieren 30.75 litros aprox. Para pintar a dos manos. Lo que genera 169.43 kg de CO₂ eq, y considerando que se debiera pintar cada 5 años para su mantenimiento se dejarían de emitir a la atmósfera 1,694.30 kg de CO₂ eq.</p> <p>La sustitución de focos incandescentes 100 W por fluorescentes de 22 W reduciría el consumo de energía de 300 W diarios a 66 W, lo que permite disminuir las emisiones de GEI por reducción en el consumo de energía eléctrica. Considerando que el consumo total de los tres focos de 100 W en tres horas diarias es de 300 W, al año se consumirían 109,500 W, es decir 109.5 KWh, pero si se sustituyen por focos de 22 W, se dejarían de consumir 85,410 W, es decir 85.41 KWh al año.</p>

	<p>Cada KWh genera 0.62 kg de CO_{2 eq}, por lo que se dejarían de emitir 52.95 kg de CO_{2 eq} al año. Durante la vida útil de la vivienda de 50 años se dejarían de emitir a la atmósfera 2,647.5 kg de CO_{2 eq}.</p> <p>Con el aumento del espacio de la ventana, la colocación de un domo en las escaleras y la omisión de vegetación en la fachada este, permite incrementar la iluminación natural en los espacios interiores, disminuyendo el número de horas de utilización de iluminación artificial, y con ello se disminuye las emisiones de GEI por reducción de uso de energía eléctrica.</p> <p>Considerando que el consumo total de todos los focos interiores en una hora es de 466 W, al año se consumirían 170,090 W, es decir 170.09 KWh.</p> <p>Cada KWh genera 0.62 kg de CO_{2 eq}, por lo que se dejarían de emitir 105.46 kg de CO_{2 eq} al año, y 5,273 kg de CO_{2 eq} durante toda su vida útil.</p>
<p>Fase de Recuperación.</p>	<p>En esta fase el consumo es básicamente de la maquinaria para la demolición y transportación de cascajo, por lo que no se puede tener ninguna reducción. Sin embargo, la reutilización y reciclaje de materiales puede tener ventajas para las reducciones de CO₂ al ambiente.</p> <p>Para el desmantelamiento se deben separar materiales y componentes. Los materiales son el vidrio, las piedras naturales y los metales básicamente, los cuales tienen un alto potencial de reutilización y reciclaje. Por ejemplo, tan solo para esta vivienda se tienen 0.41 ton de vidrio en puertas y ventanas, lo que se convierte en 0.41 ton de materia prima para volver a generar otros productos de vidrio.</p> <p>Los componentes son los empleados en la instalación eléctrica, los muebles de baño cocina y patio, los accesorios de la instalación hidráulica, puertas, ventanas y barandales. Algunos de ellos pueden reutilizarse o bien separarse por tipo de material y reciclarse.</p> <p>Para la demolición se deben separar los materiales pétreos del acero y de las tuberías de instalaciones eléctricas y sanitarias. Los materiales resultados de la demolición, tienen un gran potencial de reutilización y reciclaje.</p> <p>Por ejemplo, el total de los materiales pétreos son de 196.54 m³ entre mamposterías, concretos, morteros, tabiques y bloques de concreto, lo que se convierte en 196.54 m³ de materia prima para volver a fabricar otros materiales de construcción. De la misma manera las 2.67 ton de acero se convierten en 2.67 ton de materia prima para la fabricación de otras varillas corrugadas.</p> <p>El reciclaje de los materiales pétreos producto de la demolición de esta vivienda puede generar los siguientes materiales:</p> <p>De la piedra de mampostería, los morteros, el concreto y el block de concreto, se tiene un total de 76.63 m³ de materia prima que se puede transformar en arena y grava de diversas granulometrías.</p> <p>O bien, de la piedra de mampostería, los morteros, el concreto y el block de concreto se pueden tratar para la elaboración de concreto reciclado con una resistencia de hasta 300 kg/m³. Este concreto reciclado puede emplearse en la construcción de una nueva vivienda o en fabricación de otros materiales, como materiales para recubrimientos en fachadas y pisos exteriores, como adocretos.</p> <p>El consumo energético de la fabricación de 1 m² de adocreto con concreto regular, es de 460 MJ, y el de concreto reciclado de 370 MJ, es decir, 90 MJ menos por cada m², dejando de generar 15.46 kg de CO_{2 eq}.</p> <p>El tabique de arcilla puede emplearse como un agregado a los materiales obtenidos proporcionándoles coloración.</p>

Interpretación de resultados. Calificación del proceso.	A continuación se muestran los resultados del Análisis de Ciclo de Vida del estado actual de la vivienda y las reducciones que se obtuvieron con las modificaciones hechas.			
	Fases	Emisiones de kg de CO₂ eq del estado actual	Propuesta	Kg de CO₂ eq que se deja de emitir a la atmósfera
	Fase de Producción	87,572.97	Sustitución de losa plana de concreto armado por sistema de vigueta y bovedilla.	-2,277.60
			Reducción en el consumo de materiales para repellar por pegar la vivienda a la colindancia.	-334.92
			Reducción en el consumo de materiales para pintar por pegar la vivienda a la colindancia.	-169.43
	Fase de Construcción	9,372.34	Reducción en el consumo energético por el uso de rodillo vibratorio por sustitución de sistema constructivo.	-1,648.72
			Reducción en el consumo energético por el uso de por sustitución de sistema constructivo.	-158.77
			Sustitución de pinturas a base de solventes por tipo epoxi a base de agua.	-1,191.70
			Sustitución de selladores a base de solventes por tipo epoxi a base de agua.	-2,553.77
	Fase de Operación y Consumo	584,576.71	Reducción de combustión de gas LP por sustitución a un calentador de agua.	-222,896.07
			Cambio de combustible de gas LP a gas natural.	-10,645.15
			Por la sustitución de pinturas y selladores a base de solventes por otro tipo epoxi a base de agua.	-25,537.74
			Omisión de colocación de pintura por pegar la vivienda a la colindancia.	-1694.30

		Sustitución de focos incandescentes de 100 W por tipo fluorescentes de 22 W.	-2,647.50
		Incremento de luz natural en espacios interiores para disminuir las horas de encendido de los focos interiores.	-5,273.00
Fase de Recuperación	10,323.11		0
TOTAL	691,845.13		-277,028.67
Llevando a cabo las propuestas descritas anteriormente, se obtuvo una reducción de 277,028.67 kg de CO₂eq a la atmósfera, un 40%.			

Tabla 6. 7. Análisis de ciclo de vida de la vivienda. Caso de estudio.

6.7. Categorías de Consecuencias del caso de estudio.

	Datos
Resultados.	<p>Los resultados de la aplicación del modelo propuesto son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Sobre las variables del clima urbano utilizadas, los datos fueron determinantes para el análisis y las propuestas. Únicamente, los datos de precipitación se utilizaron para determinar los meses de con lluvias y así inferir las características del cielo. Para que la información sea más precisa se debieran anexar datos específicos de nubosidad, los cuales presentan gran dificultad de obtener debido a que los registros de las estaciones meteorológicas en su gran mayoría no los muestran. Sobre las variables de las características del entorno inmediato, fueron importantes para las propuestas de diseño pasivo. Particularmente, las características específicas de la vegetación pueden ser de gran utilidad para la toma de decisiones, pero no hay suficiente información documentada al respecto sobre necesidades de riego, alturas, entre otros datos. Sobre las fases de la vivienda dentro de las categorías de las condiciones causales, no se tiene suficiente información técnica sobre los materiales y procedimientos de construcción. La fase de operación y consumo presenta diversos comportamientos a lo largo de la vida útil de la vivienda debido a los costos de electricidad, gas y agua, a la eficiencia de los artefactos empleados y del consumismo. Los datos de las categorías intervinientes son determinantes para los análisis de comodidad y los análisis económicos. Sin embargo, no siempre se obtienen datos actualizados y específicos sobre los salarios en la localidad. Sobre las categorías de acciones e interacciones, en la Metodología de Diseño bioclimático, tomando como base la identificación de la información para su análisis y determinando las necesidades y requerimientos, el desarrollo de las estrategias propuestas arrojó lo

siguiente. El uso de dispositivos tecnológicos presenta una reducción directa en las emisiones de GEI y el mayor ahorro económico. Le sigue el diseño bioclimático pasivo, y después el empleo de equipos de alta eficiencia energética. Las características de la envolvente no presenta una reducción directa de GEI y por consiguiente, tampoco un ahorro económico. Sin embargo, la aplicación de todas las estrategias propuestas mejora las condiciones de la comodidad ambiental interior.

En el Análisis de Ciclo de Vida, después de definir la unidad funcional e iniciando con el Análisis de Inventario, se presenta la dificultad de no tener suficiente información técnica sobre los materiales y elementos de construcción en cuanto a su consumo energético y demás información del ciclo de vida en particular, y lo mismo sucede con el uso de maquinaria, los procedimientos de construcción en general, aparatos eléctricos y demás artefactos, hechos en el país o de importación, los cuales consumen energía en cualquiera de sus formas, pero sus fabricantes por lo regular no muestran información.

En general, desde el Análisis de Inventario, la Evaluación de Impactos y la Interpretación de Resultados, la fase de Operación y Consumo es la que más emisiones de GEI tiene, seguida de la de Producción, Recuperación y Construcción.

De forma indirecta se pueden reducir las emisiones de GEI justo en la fase de recuperación, donde con la reutilización y el reciclaje de materiales se puede generar ahorros energéticos.

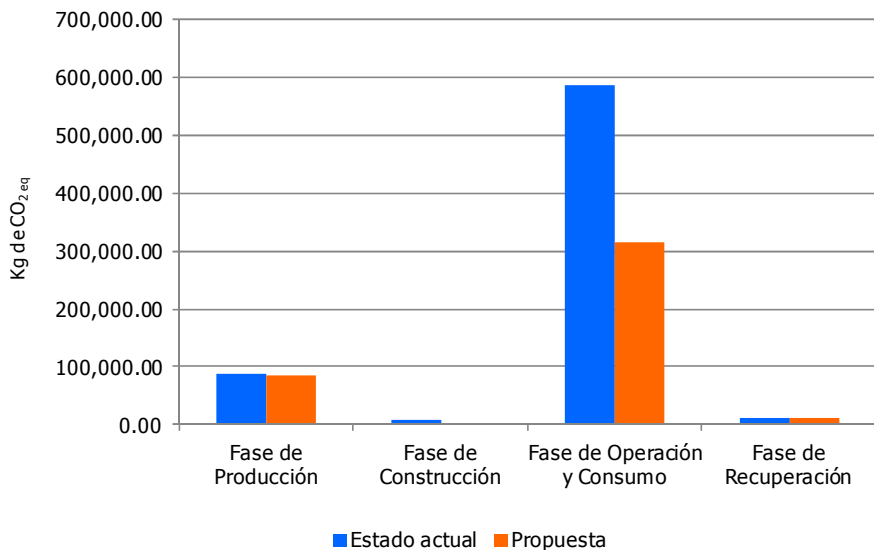
Conclusiones.

El objetivo del modelo, denominado como **categoría central**, se cumple, ya que se logró la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera generadas por una vivienda en la Ciudad de México.

Como se mostró a lo largo del desarrollo del modelo, las cuatro estrategias de diseño bioclimático: Diseño bioclimático pasivo, Características de la envolvente de la edificación, Uso de dispositivos tecnológicos y Empleo de equipos de alta eficiencia energética dieron pauta para las disminuciones de GEI.

Llevando a cabo las estrategias propuestas, se obtuvo una reducción de 277,028.67 kg de CO₂ eq a la atmósfera, que equivale el 40% de las emisiones.

Gráfico 6. 45.
Registro de emisiones de GEI a la atmósfera del estado actual y la propuesta en cada fase del ciclo de vida de la vivienda.



<p>Otras preguntas.</p>	<p>A partir del desarrollo de este caso de estudio surgen diversas preguntas como las siguientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) ¿Cuál hubiera sido el resultado si en vez de una vivienda unifamiliar se colocaran dos o más viviendas en el predio, considerando el consumo energético por unidad de área? b) ¿Se tendrían ventajas no solo ambientales sino también económicas, de la colocación de vegetación en azoteas y muros, considerando los costos de instalación y mantenimiento? ¿Se lograría tener una mayor disminución de GEI, o mayor área de absorción de CO₂, o bien, mejores condiciones interiores? c) ¿Cuáles serían los resultados ambientales y económicos de la colocación de materiales de construcción como tabiques de adobe con algún cementante en lugar de block de concreto, o pintura elaborada a base de nopal en vez de pinturas con solventes, considerando los costos principalmente de mantenimiento?
--------------------------------	--

Tabla 6. 8. Categorías de Consecuencias. Caso de estudio.

Conclusiones

Resultados.

Como resultado de esta investigación se construyó un modelo que permite disminuir las emisiones de GEI a la atmósfera originadas por la vivienda en zonas urbanas del país.

De la aplicación del modelo se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Dentro de la información del clima urbano, se requieren completar los datos horarios de todas las variables, así como agregar datos de otras como la nubosidad.

b) Se evidencia la insuficiente información técnica sobre materiales y procedimientos de construcción de los fabricantes y distribuidores en México. El 56% de los datos del consumo energético se obtuvieron de BEDEC, el cual es un banco de datos español, la equivalencia de estos datos en México pudieran ser más altos o más bajos, hasta el momento no se puede saber debido a que los fabricantes en México no muestran información relacionada con el consumo energético contenido en sus productos, por lo que se tomó a BEDEC como parámetro.

c) La aplicación de un diseño bioclimático pasivo mejora principalmente las condiciones de comodidad ambiental interior.

d) La transformación de energía solar a través de dispositivos tecnológicos permite la mayor disminución de GEI a la atmósfera.

e) En las fases de ciclo de vida de la vivienda, la fase de producción consume una gran cantidad de recursos energéticos y materiales. De acuerdo a la energía contenida en los materiales de construcción, además del consumo de energía, se desencadenan impactos ambientales debido a los flujos de recursos en materia y energía resultantes.

f) La fase de la construcción de la vivienda genera pocas emisiones a la atmósfera, siendo la utilización de maquinaria la que propicia el consumo de energéticos.

g) La fase de operación y consumo es la que mayor cantidad de emisiones genera, esto debido al uso sostenido de energía eléctrica, gas y agua.

h) El reciclaje es una gran área de oportunidad de ahorro energético específicamente en la fase de recuperación del ciclo de vida de la vivienda.

i) Cada uno de los flujos de recursos energéticos y de materiales en todas las fases de la edificación únicamente puede ser reducido, pero no eliminado.

j) Se obtuvo una reducción del 40% de GEI a la atmósfera aproximadamente.

Los resultados anteriores muestran que la hipótesis de la investigación se cumplió debido a que se disminuyó más del 20% las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera del proceso común sobre el consumo de recursos durante el ciclo de vida de una vivienda en zonas urbanas del país.

Para llegar a estos resultados se establecieron alternativas sobre el diseño bioclimático pasivo, la envolvente de la edificación, el uso de dispositivos tecnológicos y de equipos de alta eficiencia energética. Los cuales se fundamentaron en las características climatológicas urbanas, las características del entorno, las fases del ciclo de vida de la vivienda, y las características sociales, económicas y ambientales del emplazamiento.

Recomendaciones.

a) En el desarrollo del proyecto se deben cuantificar los componentes físicos y realizar una previsión de los posibles impactos ambientales, expresando sus equivalentes de energía e impacto ecológico incorporado.

b) Se debe tener una adecuada explotación de materias primas, ensamblados simples, medidas de durabilidad y uso de materiales renovables para disminuir el uso de materiales o lograr la optimización de ellos.

c) Se debe establecer desde el inicio un plan de mantenimiento específico para cada material y así anticipar sus requerimientos.

d) Algunas emisiones en los procesos de obtención y fabricación de materiales correspondientes al transporte se pueden mitigar, abasteciéndose de productos cuya fabricación y/o almacenamiento se encuentre cercano al sitio de obra, o bien, eligiendo un producto cuyo transporte de un lugar lejano con respecto a otro, tenga una energía contenida menor y eficiente.

e) Para poder llevar a cabo el análisis de ciclo de vida de productos y servicios en México, todos los materiales y componentes de la construcción deben incluir en sus especificaciones información ambiental sobre su producto en lo que respecta a la energía contenida en éste. Esto propiciaría la elección selectiva del constructor por adquirir productos y servicios ambientalmente eficientes o con un impacto ambiental menor y obligaría a los

fabricantes a mejorar la calidad de sus productos y servicios para tener un alto nivel de competencia en el mercado.

f) Se debe llevar a cabo un desarrollo eficiente de la fase de recuperación, que incluya el desmantelamiento, la demolición y la transportación. Las ventajas de la reutilización es que el ciclo de vida de estos nuevos materiales de reuso iniciaría en la preparación y separación ya en la planta de procesamiento, su gasto energético ya no incluye el consumo anterior para el que fue obtenido. Asimismo, disminuirían en número los sitios de vertido clandestino. Económicamente, se puede vender el material obtenido como agregado para la realización de nuevos materiales.

Para dar continuidad a las investigaciones relacionadas con las emisiones de GEI a la atmósfera concernientes a las edificaciones, se pueden explorar diversas líneas de investigación como lo siguiente:

a) La realización del análisis del ciclo de vida de los materiales y procedimientos constructivos utilizados en México, especificando la cantidad de energía necesaria para la fabricación y suministro del producto, material o proceso desde la extracción de la materia prima hasta su desecho o eliminación.

b) Desarrollar procesos de normalización en la construcción para la disminución de GEI en México, donde se simplifiquen los procesos normativos, se unifiquen conceptos y procedimientos para permitir el intercambio a nivel internacional y primordialmente que funcione en su totalidad para el contexto del país.

Anexo

A.1. Procedimientos y cálculos

<p>Trayectoria Solar</p>	<p>Las coordenadas ecuatoriales u horarias son la declinación y el ángulo horario.</p> <p>La declinación se calcula de la siguiente manera:</p> $\delta = 23.45^{\circ} * \text{sen} \left[360 * \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$ <p>Donde: δ = ángulo de declinación, medido en °, ', ". n = enésimo día del año.</p> <p>El ángulo horario se obtiene como sigue:</p> $H = 15 * (12 - t)$ <p>Donde: H = ángulo horario, medido en °, ', ". t = hora solar.</p> <p>Las coordenadas horizontales son la altura solar y el azimut.</p> <p>La altura solar se calcula de la siguiente forma:</p> $h = \text{arsen}((\cos L * \cos \delta * \cos H) + (\sin L * \sin \delta))$ <p>Donde: h = ángulo de altura solar, medido en °, ', ". L = latitud.</p> <p>El Azimut solar se obtiene:</p> $Z = \ar \cos \frac{(\sin L * \sin h) - \sin \delta}{\cos L * \cos h}$ <p>Donde: Z = ángulo de azimut, medido en °, ', ".</p> <p>De acuerdo a la latitud de la localidad en estudio se tabulan los datos para los días 21 de cada mes, y se grafican en una Gráfica Solar¹⁵⁸.</p>
<p>Humedad</p>	<p>La Humedad Relativa Media se calcula a través del siguiente algoritmo:</p> $HR = ((7.517268 + 0.084757 Tm + 0.03727 Tm^2 - 0.001755 Tm^3 + 0.000193 Tm^4 - 0.000005 Tm^5) / (6.115 + 0.42915 T + 0.014206 T^2 + 0.0003046 T^3 + 0.0000032 T^4)) * 100$ <p>La Humedad Relativa Máxima, se calcula a través del siguiente algoritmo:</p> $HRM = (2HR - (((HR / 100) * (6.115 + 0.42915 T + 0.014206 T^2 + 0.0003046 T^3 + 0.0000032 T^4))) / (6.115 + 0.42915 TM + 0.014206 TM^2 + 0.0003046 TM^3 + 0.0000032 TM^4))) * 100$ <p>Si $HRM > 100$, entonces $HRM = 100$</p> <p>La Humedad Relativa Mínima, se calcula a través del siguiente algoritmo:</p>

¹⁵⁸ Gráfica obtenida del programa Sunchart V. 1.01 1991 de Massimo Mancini. Università di Roma.

	$HRm = (((HR / 100) * (6.115 + 0.42915 T + 0.014206 T^2 + 0.0003046 T^3 + 0.0000032 T^4))) / (6.115 + 0.42915 TM + 0.014206 TM^2 + 0.0003046 TM^3 + 0.0000032 TM^4)) * 100$ <p>Si $HRM > 100$, entonces $HRm = 2HR - 100$</p> <p>Donde: T = temperatura media. Tm = temperatura mínima. TM = temperatura máxima. HR = humedad relativa media. HRm = humedad relativa mínima. HRM = humedad relativa máxima.</p>
Comodidad Térmica	<p>Se estimará utilizando la ecuación de Auliciems¹⁵⁹:</p> $Tn = (17.6 + 0.31 * Te) \pm 2.5^{\circ}C$ <p>Donde: Tn = Temperatura neutra que formará la zona de comodidad térmica. Te = Temperatura Ambiente Media Mensual.</p> <p>De la misma forma se emplearán datos horarios de temperatura para observar los rangos de comodidad térmica a lo largo del día, utilizando la siguiente expresión:</p> $Te(h) = TMax - [(1 - Y(h)) * (TMin - TMax)]$ <p>Donde: $Te(h)$ = Temperatura horaria. $TMax$ = Temperatura Máxima. $TMin$ = Temperatura Mínima. $Y(h)$ = Valor horario de la curva sinusoidal a partir del eje central de la curva, es decir de la amplitud térmica¹⁶⁰.</p>
Comodidad Hígrica	<p>El periodo es muy amplio, en general se considera que está entre el 30% y el 70% de Humedad Relativa¹⁶¹.</p> <p>De la misma forma se emplearán datos horarios de humedad relativa para observar los rangos de comodidad hígrica a lo largo del día, con la siguiente expresión:</p> $HR(h) = HRMin - [(1 - Y(h)) * (HRMax - HRMin)]$ <p>Donde: $HR(h)$ = Humedad Relativa horaria. $HRMax$ = Humedad Relativa Máxima. $HRMin$ = Humedad Relativa Mínima. $Y(h)$ = Valor horario de la curva sinusoidal a partir del eje central de la curva, es decir de la amplitud hígrica.</p>
Índice de Calor	<p>Tomando como base los datos anteriores se considera el índice calor o temperatura aparente para localidades con temperaturas mayores a 26°C, ya que a mayores temperaturas la humedad relativa influye de manera importante en la percepción térmica y por tanto en la comodidad.</p>

¹⁵⁹ AULICIEMS, A., SZOKOLAY, S. *Thermal Comfort. Notes of Passive and Low Energy Architecture International*. Brisbane, PLEA – University of Queensland, 1997.

¹⁶⁰ Valor horario de la curva sinusoidal a partir del eje central de la curva: 0.17, 0.13, 0.09, 0.06, 0.03, 0, 0.04, 0.09, 0.26, 0.57, 0.75, 0.85, 0.93, 1, 0.96, 0.92, 0.81, 0.69, 0.56, 0.43, 0.37, 0.3, 0.25, 0.21.

¹⁶¹ FUENTES FREIXANET, VÍCTOR. *Clima y arquitectura*. México, UAM-Azcapotzalco, 2004. Página: 169.

	<p>Este índice de calor se calcula como sigue: $IC = - 42.379 + 2.04901523 * T + 10.14333127 * HR - 0.22475541 * T * HR - 6.83783 \times 10^{-3} * T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} * HR^2 + 1.22874 \times 10^{-3} * T^2 * HR + 8.5282 \times 10^{-4} * T * HR^2 - 1.99 \times 10^{-6} * T^2 * HR^2$</p> <p>Donde: IC = índice de calor. HR = humedad relativa en %. T = temperatura del termómetro en grados Fahrenheit.</p>
Índice de Viento Frío	<p>Da la misma manera se considera el índice de viento frío para localidades con temperaturas bajas, menores a 10°C y al menos con 2 m/s de velocidad del viento. Este índice de viento frío¹⁶² se calcula como sigue: $WCI = [(10.45 + 10 * v^{0.5} - v) * (33 - t)]$</p> <p>Donde: WCI = Índice de Viento Frío (Wind Chill Index), medido en kcal/m²h. v = velocidad del viento, medida en m/s. t = temperatura del aire, medida en °C.</p> <p>Y a continuación se calcula la temperatura equivalente de viento frío: $teq,wc = 33 - \left(\frac{WCI}{22}\right)$</p> <p>Donde: teq,wc = Temperatura equivalente de viento frío, medida en °C.</p>
Ventilación	<p>Considerando que cada persona produce 0.015 m³/h de CO₂, y se desea que en los espacios interiores el CO₂ no sobrepase el 0.1%, cuando la ventilación se realiza introduciendo aire con una concentración de 0.07% de CO₂, la demanda de aire en el espacio interior es la siguiente¹⁶³:</p> $V = \frac{0.015 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.001 - 0.0007} * \text{personas}$ <p>Donde: V = Demanda de aire, en m³/h personas = número de ocupantes del espacio.</p> <p>Para determinar los cambios de aire se considera lo siguiente: $\text{Cambios de aire} = \text{Volumen de la vivienda} * V$ Cambios de aire = medido en cambios/hora. $\text{Volumen de la vivienda}$ = medido en m³. V = Demanda de aire, en m³/h</p>
Conducción	<p>La ganancia o pérdida de calor por conducción del material se estima como sigue¹⁶⁴:</p> $QC = U * A * (t_{sol/aire} - t_{interior})$ <p>Donde: QC = flujo de energía calorífica por conducción, medido en W. U = Coeficiente global de transferencia de calor, medido en W/m² °C:</p> $U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_n}{k_n} + \frac{1}{h_c} + \frac{e_n}{k_n} + \frac{1}{h_i}}$ <p>h_e = coeficiente de convección del aire exterior. e = espesor de cada capa del material.</p>

¹⁶² Metodología obtenida de ASHRAE.

¹⁶³ García Chávez, José Roberto. Viento y Arquitectura. México, Trillas, 1995. Pag. 33-34

¹⁶⁴ Fuente: Procedimiento del Cálculo Térmico desarrollado por Dr. José Diego Morales Ramírez.

	<p> k_n = coeficiente de conductividad térmica del material. h_c = coeficiente de convección de aire entre dos muros. h_i = coeficiente de convección de aire interior. A = área del mismo tipo expuesta al flujo de calor, medida en m². $T_{sol / aire}$ = temperatura sol / aire, medida en °C. </p> $t_{sol / aire} = t_{ambiente} + \left(Ht * \frac{\alpha}{ho} \right) - \left(Dr * \frac{\epsilon}{ho} \right)$ <p> $t_{ambiente}$ = temperatura ambiente en °C. Ht = radiación solar global, en W/m². α = absortancia de la superficie, en %. ϵ = emitancia de la superficie, en %. ho = coeficiente de convección más coeficiente de radiación. Dr = diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y del medio ambiente, y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior. T_{int} = temperatura interior, medida en °C. </p>
Radiación	<p>La ganancia de calor por radiación del material se estima de la siguiente manera¹⁶⁵:</p> $Q_{SHG} = A_v * Fc * Ht$ <p>Donde:</p> <p> Q_{SHG} = flujo de energía por radiación, medido en W. A_v = área de ventana, en m². Fc = fracción de la radiación solar que pasa por la ventana Ht = radiación solar global, en W/m². </p>

A.2. Equivalencias

Unidad	Equivalencia
1 kWh	3.6 MJ
1 kWh	0.62 kg de CO ₂ eq
1 MJ	0.28 kWh
1 MJ	0.06 kg de CO ₂ eq
1 kg de gas LP	1.77 litros de gas LP
1 litro de gas LP	25.6 MJ
1 litro de agua	0.004 kWh
1 Ha de bosque	absorbe 2.62 ton de CO ₂ cada año

¹⁶⁵ *Ibidem.*

Glosario

- Acción fotolítica.** Acción donde uno o más compuestos químicos sufren una ruptura de enlaces debido a la acción de la luz, básicamente de la luz ultravioleta.
- Acero – obtención.** La fabricación del tabique inicia desde la extracción de la arcilla, la transportación a la fábrica, la molienda de la materia prima, el moldeo y el corte, posteriormente, su secado y cocción, y finalmente su empaquetado y transportación al área de consumo. Para este proceso se emplea agua.
- Acuerdo Forestal.** Declaración general no vinculante de principios de manejo y protección de los bosques.
- Agenda 21.** Plan de acción no vinculante, para conducir a los países hacia un desarrollo sostenible y a la protección del medio ambiente mundial durante el siglo XXI.
- AIE.** La Agencia Internacional de la Energía (AIE) Organización internacional, creada en 1973 por la OCDE para coordinar las políticas energéticas.
- Altura solar.** Ángulo que forma un rayo solar con el plano del horizonte.
- Aluminio – obtención.** Para la fabricación del aluminio se requiere la obtención en este caso de la bauxita, la cual se transporta al lugar de manufactura donde se extrae la alúmina, que es sometida a un proceso de fundido junto con la criolita y el fluoruro de aluminio, después es sometida a un flujo eléctrico a través de bloques de carbón para separar de la alúmina el oxígeno y el aluminio. Finalmente se le da su conformación última al aluminio, es empaquetado y transportado al área de consumo. Para todo este proceso se emplea agua.
- Ángulo horario.** Desplazamiento del Sol con relación a su posición al medio día.
- Bono de Carbono.** Un bono de carbono corresponde a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera y se traduce en Certificados de Emisiones Reducidas (CER), y puede ser vendido en el mercado de carbono a los países desarrollados. En este mercado internacional, los países no desarrollados pueden ser apoyados por los desarrollados con tecnología limpia e inversiones directas en proyectos dirigidos a estos fines, para que de esta manera los países desarrollados puedan acreditar sus compromisos, asumiendo las disminuciones de los países en vías de desarrollo como si las hubieran logrado en su propio territorio.
- Carta de la Tierra.** Acuerdo no vinculante de principios generales como guía de la política medioambiental que compromete a los países desarrollados firmantes a proseguir el desarrollo sostenible y a trabajar para erradicar la miseria.
- Categoría.** Temas de información básica identificados en datos para entender el proceso o fenómeno al que se hace referencia.
- Clima extremo (e).** Tiene una oscilación de temperaturas medias entre 7°C y 14°C.
- CO₂ eq (equivalente).** Concentración de CO₂ que causaría el mismo impacto sobre el cambio climático que un determinado tipo y concentración de gases de efecto invernadero.
- Comisión de la ONU sobre el Desarrollo Sostenible.** Compuesta por representantes de alto nivel de los gobiernos encargados de llevar a cabo y supervisar la puesta en marcha de los acuerdos tomados.
- Comodidad ambiental.** Se produce cuando las características ambientales de un espacio determinado generan estímulos que provocan reacciones en el organismo de tal forma que se pueda calificar al ambiente como confortable o no confortable.
- Concreto – obtención.** El concreto de cemento Portland es una mezcla de cemento Portland, agua, arena, y grava. Se constituye aproximadamente de entre 70-80% de agregados, como grava y arena en volumen, el resto es pasta de cemento. La pasta de cemento a su vez se compone

de un 30-50% de cemento en volumen y el resto es agua. La fabricación del cemento Portland requiere la obtención de materia prima, en este caso el clinker, la cual es transportada para su manufactura, es triturado y molido, pasando por procesos de secado, deshidratación, descarbonatación y clinkerización, finalmente se empaca y transporta al área de consumo. La arena es extraída y transportada. La grava es extraída y transportada al sitio donde se afinará su granulometría, posteriormente es nuevamente transportada al área de consumo.

Conducción. Transferencia de calor por actividad molecular, mediante el contacto de dos cuerpos distintos, o a través de un mismo cuerpo cuando los extremos se encuentran a distinta temperatura.

Conductividad térmica. Es el tiempo que emplea el flujo de calor en estado estable al atravesar una unidad de área de un material homogéneo inducido por una unidad de gradiente de temperatura en una dirección perpendicular a esa unidad de área.

Contaminación. Cualquier cosa que se añada al aire, al agua, al suelo o a los alimentos y que amenace la salud, la supervivencia y las actividades de cualquier organismo vivo.

Contaminantes tóxicos. Se refieren a un compuesto o grupo de compuestos que se encuentran en la atmósfera, y pueden tener efectos nocivos en la salud a corto o largo plazo. Pueden presentarse en forma gaseosa, como el amoníaco y el cloro, o en forma de partículas sólidas, como el plomo y el cromo.

Convención sobre el Cambio Climático. En donde se exige a los países desarrollados a emplear sus mejores esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Convención sobre la Protección de la Biodiversidad. En donde se pide a los países desarrollados que establezcan estrategias para la conservación y utilización viable de la diversidad biológica.

Declinación. Desplazamiento del Sol con relación al plano del ecuador celeste.

Desarrollo sostenible. Aquel que permite satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. Informe sobre Nuestro Futuro Común coordinado por la Doctora Gro Harlem Brundtland.

Dirección del viento. Señala de dónde viene el viento, es decir, su procedencia. Se mide por medio de veletas y siempre está referida a los puntos cardinales.

Ecología urbana. El estudio de ecosistemas donde se incluyen personas viviendo en ciudades y demás zonas urbanas. Surge de manera interdisciplinar con el objetivo de entender cómo las personas y el proceso ecológico pueden coexistir en un sistema predominantemente humano.

Energía sostenible. Término que surge de la energía denominada como renovable. Esta energía incluye la energía solar, la eólica, la hidráulica, así como la geotérmica, la de las mareas, la biomasa y la generación de gas metano.

Forzamiento radiativo. Cambio en el balance entre la radiación solar que entra y la radiación infrarroja que sale de la Tierra. Se expresa en W/m^2 .

Frecuencia del viento. Permite estimar la dirección dominante del viento. Estará expresada en % y se grafica en una Rosa de Vientos.

Gases de efecto invernadero. Estos gases tienen la propiedad de absorber parte de la radiación atmosférica, de tal manera que cuando su concentración aumenta, la radiación que se dirige al espacio exterior disminuye y por tanto la temperatura que adquiere el planeta aumenta.

Gráfica solar. Representación geométrica de todos los rayos solares durante el año en un lugar determinado, desde el amanecer hasta el atardecer.

Humedad Relativa Máxima. Es el valor de humedad relativa más alto registrado en un día, y se presenta normalmente entre las 6:00 y las 8:00 horas.

Humedad Relativa Mínima. Es el valor de humedad relativa más bajo registrado en un día, y se presenta normalmente entre las 14:00 y las 16:00 horas.

Humedad Relativa. Es la relación entre el contenido de vapor de agua y el valor que tendría si el aire estuviera totalmente saturado a la misma temperatura y presión.

Impacto ambiental. Definiendo al impacto ambiental como la modificación o alteración en el medio ambiente o en alguno de sus componentes, con determinada magnitud y complejidad, pudiendo ser originado por los efectos de la actividad humana. Estos cambios o modificaciones inciden en la calidad ambiental y de vida, y pueden ser tanto favorables como desfavorables, dependiendo primeramente del impacto que se genere y que puede ser negativo o positivo; será negativo cuando afecte la existencia y desarrollo de los ecosistemas y de sus componentes. Y será positivo cuando su intervención facilite los procesos naturales de manera espontánea.

Índice de calor. Medida de la temperatura del aire en relación a la humedad relativa, que es usada como un indicador de la temperatura que se percibe. Universidad Politécnica de Madrid. Climatología aplicada a la Ingeniería y Medioambiente.

IPCC. Creado en 1988 con el propósito de analizar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

Normales Climatológicas. Valores medios de los elementos meteorológicos calculados con datos recabados durante un periodo largo y relativamente uniformes, generalmente de 30 años.

Precipitación Total o Normal. Media aritmética de la cantidad de lluvia acumulada mensual y anualmente durante un período.

Radiación Solar Global o Total. Es la suma de las radiaciones directa y difusa que se reciben sobre la superficie de la Tierra.

Radiación. Transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas, no requiere de la presencia de materia para su transporte.

Sistema abierto. Sistema que interactúa con otros sistemas externos y con él mismo, y está determinado por los ambientes en que se desarrollan los otros sistemas y por el propio.

Tabique – obtención. La fabricación del tabique inicia desde la extracción de la arcilla, la transportación a la fábrica, la molienda de la materia prima, el moldeo y el corte, posteriormente, su secado y cocción, y finalmente su empaquetado y transportación al área de consumo. Para este proceso se emplea agua.

Temperatura Ambiente. Temperatura del aire registrada en el instante de la lectura.

Temperatura Máxima. Es la mayor temperatura registrada en un día, y se presenta normalmente entre las 14:00 y las 16:00 horas.

Temperatura Mínima. Es la menor temperatura registrada en un día, y se presenta normalmente entre las 6:00 y las 8:00 horas.

Variabilidad climática. Variaciones del estado promedio del clima en escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. Puede deberse a procesos naturales del sistema climático o a procesos influenciados por fuerzas externas naturales o antropogénicas.

Velocidad del viento. Es la razón del movimiento del viento en unidad de distancia por cada unidad de tiempo. Se mide en m/s o en km/h.

Vidrio – obtención. El vidrio se obtiene artificialmente mediante la mezcla y fusión a altas temperaturas de un material silicoso y diversos óxidos. Su fabricación inicia desde la extracción de la materia prima, la transportación a la fábrica, la preparación y el fundido, posteriormente, su formado y recocido, y finalmente su empaquetado y transportación al área de consumo. Se emplea agua en el proceso.

Viento. El viento es el aire en movimiento generado por las diferencias de temperatura y presión atmosférica, que son causadas por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre.

Fuentes de información

- ALBERTI, MARINA. *Advances in urban ecology, integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*. New York, Springer, 2008.
- ALMANZA SALGADO, RAFAEL. Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana. México, UNAM, 1996.
- ARANDA USÓN, ALFONSO... [ET AL.]. *El Análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial*. Madrid, Fundación CONFEMETAL, 2006.
- Atlas del agua de la República Mexicana*. México, D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976.
- AULICIEMS, A., SZOKOLAY, S. *Thermal Comfort. Notes of Passive and Low Energy Architecture International*. Brisbane, PLEA – University of Queensland, 1997.
- BARROS, VICENTE. *El cambio climático global*. Buenos Aires, Libros del Zorzal, 2004.
- BEDEC, banco de datos de empresas fabricantes de productos de la construcción. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. 2010.
<<http://www.itec.es/noumetabase2.e/Presentacio.aspx?page=banctbedec>>
- BREEAM: *the Environmental Assessment Method for Buildings Around The World*. About BREEAM. Reino Unido. BRE Global 2009. <<http://www.breeam.org/index.jsp>>
- CABALLERO, MARGARITA; LOZANO, SOCORRO; ORTEGA, BEATRIZ. *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las Ciencias de la Tierra*. Revista Digital Universitaria. Volumen 8, Número 10. 10 de octubre 2007. Instituto de Geofísica, Instituto de Geología. UNAM. <<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>>
- Climate and Health. WHO fact sheet*. World Health Organization (WHO). August 2007.
<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/index.html>>
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. CONUEE. 2010.
<<http://www.conae.gob.mx/wb/>>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Artículo 1. Definiciones. IPCC. 1992. Organización de las Naciones Unidas.
<<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>>
- Environmentally sustainable buildings, challenges and policies*. Paris, Organization for Economic Co-operation and Development OECD, 2003.
- FARIÑA TOJO, JOSÉ. *La ciudad y el medio natural*. Madrid, España, Akal, 1998.
- FUENTES FREIXANET, VÍCTOR ARMANDO. *Clima y arquitectura*. México, UAM-Azc., 2004.
- GARCÍA CHÁVEZ, JOSÉ ROBERTO (COMPILADOR). *Arquitectura, medio ambiente y desarrollo sustentable*. México, UAM, Azcapotzalco, 1999.
- GARCÍA CHÁVEZ, JOSÉ ROBERTO. *Viento y Arquitectura*. México, Trillas, 1995.
- GIVONI, BARUCH. *Climate considerations in building and urban design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1998.
- GÓMEZ DOMÍNGUEZ, JORGE. *Materiales de construcción*. ITESM, Ingeniería Civil, 2000.
- GRANA, ROBERTO C., [ET AL.]. *Ecología y calidad de vida, sociedad y naturaleza*. Buenos Aires, Espacio, 1997.
- HEGGER, ... [ET AL.]. *Energy manual, sustainable architecture*. Munich, Basel, Boston, Mass., Birkhäuser, 2008.

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO. *Metodología de la investigación*. México, McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- International Standard ISO 14000*. Quality Network. 2005. <<http://www.quality.co.uk/iso14000.htm>>
- JÁUREGUI OSTOS, ERNESTO Y HERES PULIDO, MARÍA EUGENIA. *El clima/bioclima de un parque periurbano de la Ciudad de México*. Revista Investigaciones Geográficas - Instituto de Geografía. UNAM N67 Diciembre Año 2008. Páginas: 101-112.
- JÁUREGUI OSTOS, ERNESTO Y LUYANDO, ELDA. *Long-term association between pan evaporation and the urban heat island in Mexico City*. Revista *Atmósfera* V11 N1 Año 1998. Páginas: 45-60.
- LEED. LEED Rating Systems. U.S. Green Building Council 2010.
<<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPaGEID=222>>
- MARZLUFF, JOHN M. [ET AL]. *Urban ecology, an international perspective on the interaction between humans and nature*. New York, Springer, 2008.
- McMILLAN, CLAUDE. *Análisis de sistemas: Modelos de toma de decisiones por computadora*. México, Trillas, 1986.
- MILLER, G. TYLER. *Introducción a la Ciencia Ambiental, desarrollo sostenible de la Tierra, un enfoque integrado*. Madrid, Thomson, 2002.
- MORENO GARCÍA, MARÍA DEL CARMEN. *Climatología urbana*. Barcelona, Universitat de Barcelona, 1999.
- NEILA GONZÁLEZ, F. JAVIER. *Arquitectura bioclimática, en un entorno sostenible*. Madrid, Munilla-Lería, 2004.
- OCED. *La OCDE presenta el Estudio del Área Metropolitana de la Ciudad de México*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). México, D. F., 5 de enero de 2005.
<<http://www.oecd.org/dataoecd/33/63/36741653.pdf>>
- OKE, TIMOTHY R. *Boundary layer climates*. London, Methuen, 1987.
- OKE, TIMOTHY R. *Urban Climatology and the Tropical City, an Introduction*. Technical Conference by World Meteorological Organization and World Health Organization. México, 1984.
- OLGYAY, VÍCTOR. *Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, G. Gili, 1998.
- OOI, GIOK LING. *Sustainability and cities, concept and assessment*. Singapore, Institute of Policy Studies, World Scientific, 2005.
- PÉREZ SERRANO, GLORIA. *Investigación cualitativa, retos e interrogantes. Vol. 2. Técnicas y análisis de datos*. Madrid, Muralla, 1994.
- RUANO, MIGUEL. *Ecourbanismo, entornos humanos sostenibles*. Barcelona, G. Gili, 2000.
- SALVADOR PALOMO, PEDRO. *La planificación verde en las ciudades*. Barcelona, G. Gili, 2003.
- SERRA FLORENSA, RAFAÉL. *Arquitectura y energía natural*. México, D.F., Alfaomega, 2005.
- Servicio Meteorológico Nacional. <<http://smn.cna.gob.mx>>
- SZOKOLAY, STEVEN VAJK. *Introduction to architectural science, the basis of sustainable design*. Oxford, United Kingdom, Elsevier/Architectural, 2008.
- TEJEDA MARTÍNEZ, ADALBERTO. *On the evaluation of the wet bulb temperature as a function of dry bulb temperature and relative humidity*. Revista *Atmósfera* V7 P 179-184 Año 1994.
- TURK, AMOS. *Ecología, contaminación, medio ambiente*. México, Interamericana, 1973.
- VAN GIGCH, JOHN P. *Teoría general de sistemas*. México, Trillas, 2006.
- WILLIAMSON, T. J. *Understanding sustainable architecture*. New York, Spon Press, 2002.
- YEANG, KEN. *El rascacielos ecológico*. Barcelona, G. Gili, 2001.

anabelnm@yahoo.com