

# EL CLIMA Y SU IMPACTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS VIVIENDAS DE MÉXICO

*Climate and its impact on domestic electricity  
consumption in Mexico*

POR

Hernán D. **MAGAÑA ALMAGUER**

Instituto Tecnológico de  
Mexicali, Ingeniería Metal-  
Mecánica. Mexicali, México.  
[maganahernan@hotmail.com](mailto:maganahernan@hotmail.com)

Carlos **PÉREZ TELLO**

Instituto de Ingeniería,  
Universidad Autónoma de Baja  
California. Baja California,  
México.  
[carlosperez@uabc.edu.mx](mailto:carlosperez@uabc.edu.mx)

Héctor **CAMPBELL**

Instituto de Ingeniería,  
Universidad Autónoma de Baja  
California. Baja California,  
México.  
[hcampbellr@gmail.com](mailto:hcampbellr@gmail.com)

Arturo **BARRIOS NUÑEZ**

Instituto Tecnológico de  
Mexicali, Ingeniería  
Metal-Mecánica. Mexicali,  
México.  
[abarrios\\_itm@yahoo.com](mailto:abarrios_itm@yahoo.com)

José A. **SUÁSTEGUI**

Instituto de Ingeniería,  
Universidad Autónoma de Baja  
California. Baja California,  
México.  
[alex\\_sm87@hotmail.com](mailto:alex_sm87@hotmail.com)

pp. 66 — 73

RECIBIDO 12/12/2012  
ACEPTADO 26/05/2013

## RESUMEN

El presente trabajo utiliza registros de información climatológica de temperaturas medias de las ciudades de México, con una población mayor de 100.000 habitantes para caracterizar sistemáticamente el clima de las diferentes regiones del país. El objetivo principal es evaluar el comportamiento térmico y energético de los sistemas constructivos en el país y que pueda ser utilizado confiablemente para proponer acciones y medidas de ahorro y uso eficiente de la energía. La metodología utilizada fue el análisis de la tipología de clima y sus temperaturas máximas y mínimas durante los años 2009, 2010 y 2011, información proporcionada por el Sistema Meteorológico Nacional.

## PALABRAS CLAVE

Uso eficiente de la energía,  
sistemas constructivos,  
capacidad de climatización,  
tipos de clima.

## KEY WORDS

Efficient energy use,  
building systems, HVAC  
capacity, types of weather.

## SUMMARY

This paper uses weather data of recorded average temperatures of Mexican cities with a population of over 100,000 people to systematically characterize the climate of the different regions of the country. The main objective is to evaluate the thermal performance and energy efficiency of building systems in the country, so that this knowledge can feed into evidence-based proposals containing actions and measures aimed at energy savings and efficiency. The methodology used was the analysis of climate typology and its maximum and minimum temperature during the years 2009, 2010 and 2011. This information was provided by the National Meteorological System.

Hernán **MAGAÑA ALMAGUER**, Carlos **PÉREZ TELLO**,  
José A. **SUÁSTEGUI**, Héctor **CAMPBELL**, Arturo **BARRIOS NUÑEZ**

ECODISEÑO  
& SOSTENIBILIDAD

5(1)2013 / enero-diciembre | 67

## 1. INTRODUCCIÓN

Los climas cálido y seco exhiben las temperaturas más altas con rangos de 25 a 30 grados Celsius en promedio anual, siguiéndole el clima templado con temperaturas de 20°C a 25°C y de 10°C a 20°C. Por otra parte, la mayoría de los ciudadanos mexicanos viven en clima templado con 24.657.217 habitantes; le sigue el clima seco con 21.327.627 habitantes y el clima cálido con 18.172.072 habitantes. Adicionalmente, el clima de mayor cobertura territorial fue el clima seco con 854.269 km<sup>2</sup>, el clima cálido con 698.184 km<sup>2</sup> y el templado con 256.847 km<sup>2</sup>.

El estudio proporciona agrupaciones de ciudades con el mismo intervalo de temperaturas y puede utilizarse para determinar de manera confiable la capacidad del equipo de climatización ambiental. El trabajo sienta las bases de una regionalización sistemática para caracterizar termo-energéticamente los sistemas constructivos de la mayor parte del país. México exhibe a lo largo de su territorio cuatro climas diferentes clasificados y agrupados por el Sistema Meteorológico Nacional, de la siguiente manera: cálido húmedo y sub húmedo, templado húmedo y sub húmedo, muy seco, seco y semi seco, y frío de alta montaña. A continuación se definen los seis primeros (SC, 2012):

- **Clima cálido húmedo y sub húmedo.** Es el que tiene las mayores temperaturas durante todo el año y se encuentra principalmente en las zonas sureste y suroeste de México. El clima cálido húmedo ocupa el 4,7% del territorio nacional y se caracteriza por una temperatura media anual entre 22°C y 26°C y precipitaciones de 2.000 a 4.000 mm anuales. Por su parte, el clima cálido sub húmedo se encuentra en el 23% del país; en él se registran precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm anuales y temperaturas que oscilan entre 22°C a 26°C, con regiones en donde eventualmente se superan los 26°C.
- **Clima templado húmedo y sub húmedo.** Presenta las temperaturas menores durante todo el año en el período de verano. Se aprecia en las zonas central y la denominada como la del bajo. El clima templado se divide en húmedo y sub húmedo; en el primero de ellos se registran

temperaturas entre 18°C a 22°C, precipitaciones en promedio de 2.000 a 4.000 mm anuales y comprende el 2,7% del territorio nacional. La condición de templado sub-húmedo corresponde al 20,5% del país y con temperaturas de 10°C a 18°C; pero, en algunas regiones puede ser menor a 10°C, registrando precipitaciones de 600 a 1.000 mm en promedio durante el año.

- **Clima muy seco, seco y semi seco.** Es aquel que presenta las temperaturas más elevadas en el período de verano (mayo a octubre) y se encuentra en las zonas norte, noreste y noroeste de México. La característica de seco y semi seco se observa en la mayor parte del centro y norte del país, región que comprende el 28,3% del territorio nacional; se caracteriza por la circulación de los vientos que provocan escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, con temperaturas anuales promedio de 22°C a 26°C en algunas regiones, y en otras de 18°C a 22°C. El clima muy seco registra temperaturas en promedio de 18° a 22°C, con casos extremos de más de 26°C, con precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio, esta condición se encuentra en el 20,8% del país.

Conocer técnicamente la agrupación de las ciudades mexicanas con los mismos intervalos de temperaturas, es poder prever desde el proyecto y a partir de una buena data técnica, la particularización climática y racionalización de uso de equipos, pero en especial la disminución de porcentajes de consumo de energía eléctrica.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso metodológico del presente trabajo, se fundamenta en el abordaje de los siguientes ítems:

- Análisis del clima en México.
- Analizar la población y como está distribuida por regiones climáticas.
- Analizar el territorio y como está distribuido el clima.
- Seleccionar las ciudades con población mayor a los 100.000 habitantes.
- Conocer las temperaturas máximas y mínimas de las ciudades según el tipo de clima.

- Identificar las ciudades donde se tienen las máximas temperaturas, y las regiones donde se presentan.
- Establecer rangos de temperaturas para seleccionar las temperaturas altas, medias y bajas.
- Establecer grupos de ciudades con rangos de temperatura y tipo de clima con la variante que sea en el período del verano.
- Seleccionar ciudades y solicitar información climatológica de dos años al Sistema Meteorológico Nacional, para ingresarla al simulador de cálculos térmicos.
- Seleccionar viviendas para simulación térmica.
- Identificar viviendas con alto consumo eléctrico por climatización en el período del verano.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

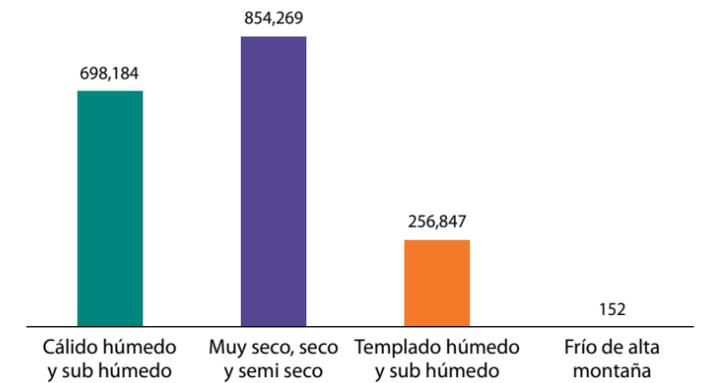
### 3.1. ANÁLISIS DEL CLIMA, LA POBLACIÓN Y COMO ESTÁ DISTRIBUIDA POR REGIONES CLIMÁTICAS EN MÉXICO

Dentro de los diferentes tipos de clima en nuestro país fue necesario hacer una agrupación por clima, en relación a su extensión territorial, y después con las ciudades con población mayor a 100.000 habitantes. En la [Fig. 1], se puede observar la extensión territorial y el tipo de clima, y en la [Fig. 2], la cantidad de población por el tipo de clima.

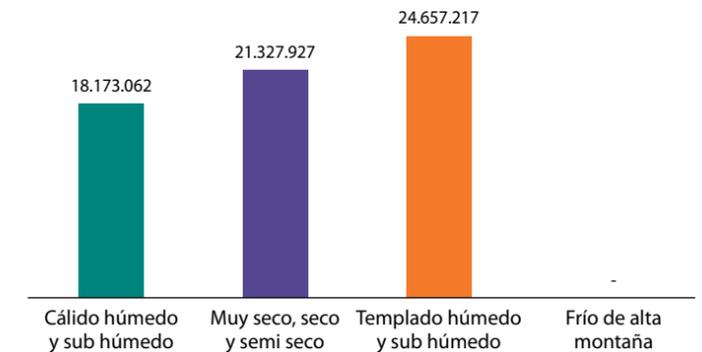
El clima que predomina es el seco y el cálido, pero el de mayor concentración de comunidades o población es el templado, para el clima frío de alta montaña es casi insignificante estas dos variables.

### 3.2. LAS CIUDADES Y SUS TEMPERATURAS

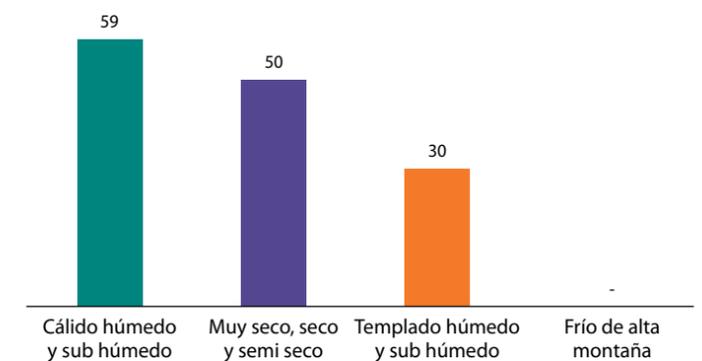
El último censo de población realizado en México fue en el año 2010 y se registró una población de 112 millones de habitantes (INEGI, 2010 a). Por otra parte, se identificaron 139 ciudades con una población mayor a los 100.000 habitantes. En la [Fig. 3] se pueden identificar las ciudades por el tipo de clima. La información de las temperaturas fue proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN,



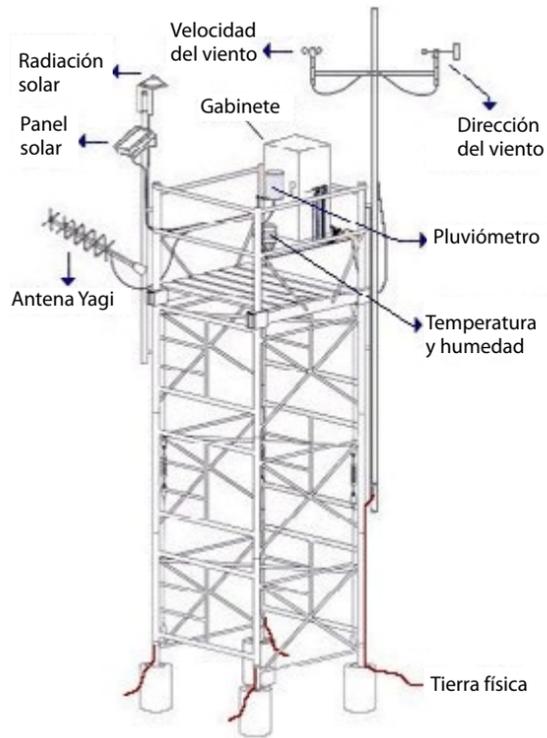
[Fig. 1] Territorio por tipo de clima. FUENTE: elaboración propia.



[Fig. 2] Población por tipo de clima. FUENTE: elaboración propia.



[Fig. 3] Cantidad de ciudades por tipo de clima. FUENTE: elaboración propia.



[Fig. 4] Estación meteorológica automática. FUENTE: elaboración propia.

2012), este organismo genera información meteorológica y climatológica del país, por medio de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) y se encuentran ubicadas estratégicamente (ASRAHE Handbook, 2012) [Fig. 4].

Una EMA está conformada por un grupo de sensores que registran y transmiten información de forma automática de los sitios donde están colocadas. Su función principal es la recopilación y monitoreo de variables como la velocidad del viento, temperatura y humedad relativa, radiación solar, dirección del viento, precipitación pluvial, y presión atmosférica. De esta forma, se obtiene en intervalos de cada 10 minutos una lectura, y es enviada vía satélite. En la [Fig. 4], se puede apreciar una estación meteorológica automática tipo andamio. En el [Cuadro 1], se encuentra la información resumida por tipo de clima en relación con habitantes, territorio y número de ciudades de México.

### 3.3. GRUPOS DE TEMPERATURA POR CIUDAD

Las agrupaciones de las ciudades se realizó estableciendo tres grupos, el primero es el de las ciudades con temperaturas altas, el segundo y el tercero de las demás ciudades con las temperaturas medias y las temperaturas bajas.

[Cuadro 1] Cantidad de ciudades por tipo de clima. FUENTE: INEGI, 2010 b.

Nº	TIPO DE CLIMA	HABITANTES	CIUDADES	EXTENSIÓN TERRITORIAL (km <sup>2</sup> )
1	Cálido sub húmedo	14.207.920	39	562.129
2	Seco y semi seco	13.318.566	34	521.676
3	Templado sub húmedo	8.984.315	28	27.093
4	Muy seco	8.794.443	33	332.593
5	Cálido húmedo	4.260.767	37	136.155
6	Templado húmedo	155.253	2	229.754

### 3.3.1. PRIMER GRUPO DE TEMPERATURA CON VALORES DE 30 A 25 GRADOS CELSIUS PROMEDIO

Este grupo se compone principalmente de las zonas cálidas húmedas y sub-húmedas y de las zonas muy secas y secas. Estas zonas se encuentran ubicadas geográficamente en el norte para el clima seco; y en el sureste para el clima cálido. Este grupo contiene los registros de temperatura más altos. Sin embargo, para el clima seco se presenta sólo en el período de verano, y para el clima cálido es todo el año.

### 3.3.2. SEGUNDO Y TERCER GRUPO DE TEMPERATURA CON VALORES DE 25 A 15 Y 28 A 10 GRADOS

Este grupo contiene todos los tipos de clima de las zonas secas, cálidas y templadas. Los perfiles de temperatura de este grupo son muy parecidos. Estas ciudades exhiben los registros de temperatura de menor rango. Sin embargo, en algunas regiones templadas las mayores temperaturas están en el orden de 25 grados Celsius y sólo se presentan en el período de verano.

### 3.4. CLIMA CON MAYOR IMPACTO ENERGÉTICO

Consultando a Mc Quiston y Spliter (1989), se determinó al aplicar su metodología que el clima con mayor impacto sobre el consumo y demanda de energía es aquel que impone mayores exigencias de climatización y corresponde al más caluroso durante todo el año y en la estación de verano. Esto también implica mayor gasto económico sobre los consumidores del fluido eléctrico, debido al consumo extra por la climatización obligada. Los climas que representan las mayores temperaturas durante todo el año son el cálido húmedo y cálido sub húmedo, estos corresponden al primer grupo de temperaturas de 30 a 25 grados en las zonas geográficas del sureste de México, los estados son Tabasco, Chiapas, Veracruz, Quintana Roo, Campeche, Nayarit, Morelos, Colima, Yucatán. El clima muy seco, seco y semi seco se encuentran en la zona geográfica del norte de México y presentan las mayores temperaturas durante los

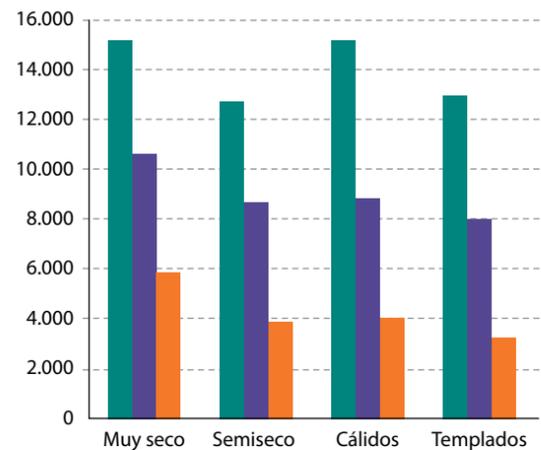
meses de verano (mayo-octubre), los estados son Baja California, Baja California Sur, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí entre otros.

### 3.5. PERFIL DE CONSUMO ELÉCTRICO

Se realizaron 210 encuestas para determinar los hábitos de consumo eléctrico de las viviendas de Mexicali, con el fin de conocer los materiales de construcción, habitantes, electrodomésticos, aires acondicionados, iluminación, entre otros equipos. Procesada la información se obtuvieron comportamientos de utilización de energía, para compararla con su historial de consumo eléctrico anual por medio del recibo que expide la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El [Cuadro 2] y las [Fig. 5,6,7] proporcionan los resultados de las viviendas y su consumo de energía eléctrica en rangos de alto, mediano y bajo, durante un año con los diferentes tipos de clima; en ellas se visualiza el consumo eléctrico por climatización. Encontramos que los climas muy secos tienen el mayor consumo por climatización, luego le siguen los cálidos y los templados con menor valor.

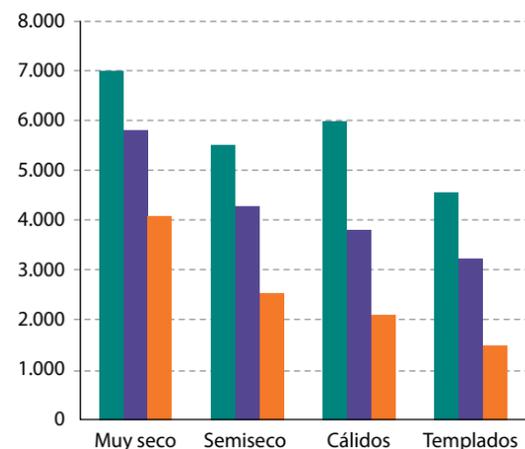
[Cuadro 2] Ciudades y tipos de clima con rango de consumo eléctrico. FUENTE: elaboración propia a partir de SCT (2012).

TIPOS DE CONSUMO	TIPO DE CLIMA	CONSUMO KWH ANUAL	CONSUMO KWH VERANO	CONSUMO KWH AIRE ACONDICIONADO	CIUDAD
Vivienda de alto consumo eléctrico	Muy seco	15184	10634	5866	Mexicali, Baja California
	Semiseco	12705	8667	3900	Culiacan, Sinaloa
	Calidos	15165	8830	4067	Campeche, Campeche
Vivienda de mediano consumo eléctrico	Templados	12956	8038	3261	Durango, Durango
	Muy seco	6969	5752	4029	Mexicali, Baja California
	Semiseco	5453	4236	2514	Culiacan, Sinaloa
Vivienda de bajo consumo eléctrico	Calidos	5937	3759	2036	Campeche, Campeche
	Templados	4491	3180	1458	Durango, Durango
	Muy seco	3895	2791	780	Mexicali, Baja California
Vivienda de bajo consumo eléctrico	Semiseco	3610	2505	495	Culiacan, Sinaloa
	Calidos	3659	2421	411	Campeche, Campeche
	Templados	3426	2321	310	Durango, Durango

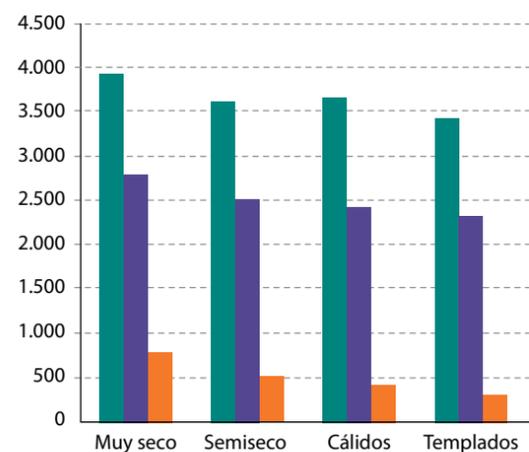


**[Fig. 5]**  
Vivienda con alto consumo de energía eléctrica.  
FUENTE: elaboración propia.

KWH Anual  
KWH Verano  
KWH Aire acondicionado



**[Fig. 6]**  
Vivienda con mediano consumo de energía eléctrica.  
FUENTE: elaboración propia.



**[Fig. 7]**  
Vivienda con bajo consumo de energía eléctrica.  
FUENTE: elaboración propia.

## 4. CONCLUSIONES

Las variables climatológicas importantes para la realización de los cálculos térmicos, son la temperatura hora por hora; los tipos de clima que se tienen en México no impactan de manera significativa para la determinación de una ganancia térmica en las edificaciones.

El tipo de clima lo determina el porcentaje de la humedad contenida en el aire y su promedio de lluvia anual.

En este trabajo se encontró que en México se pueden tener temperaturas de hasta 45°C en el período de verano en un clima seco como en uno cálido, un ejemplo podría ser el desierto de los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California, que en verano alcanzan temperaturas muy similares al del estado de Yucatán o Tabasco.

Las ciudades se agruparon con rangos de temperatura sin importar su tipo de clima, y se encontró que una ciudad puede tener un incremento en la temperatura horaria de manera igual que otra ciudad, sin importar el tipo de clima, y las ganancias instantáneas de calor dentro de una construcción pueden ser muy similares.

La información registrada por las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), puede ser utilizada de manera extendida en la simulación térmica; ya que tales registros horarios de temperatura, humedad relativa y radiación solar, son variables determinantes en el cálculo térmico de todo tipo de sistemas constructivos.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASRAHE Handbook. 2012. Fundamentals Volume. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Inc. En línea: <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/handbook-online> [Consultado: 23/10/2012]
- INEGI. 2010 a. Censo 2010. En línea: <http://cuentame.inegi.gob.mx/>. [Consultado: 27/10/2012]
- INEGI. 2010 b. Instituto Nacional De Estadística Geografía e Informática En línea: <http://www.inegi.org.mx/> [Consultado: 29/10/2012]
- Mc QUISTON, F. y J. SPLITER. 1989. *Cooling and Heating Load Calculation Manual*. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, Inc. Segunda Edición. Atlanta, Georgia. USA. 296 p.
- SCT. 2012. *Simulador Cálculos Térmicos*. Instituto de Ingeniería de la UABC. Méxicali, México. 175 p.
- SE. 2012. Secretaría de Energía. En línea: <http://www.sener.gob.mx/> [Consultado: 15/11/2012]
- SMN. 2012. Servicio Meteorológico Nacional. En línea: <http://smn.cna.gob.mx/> [Consultado: 10/11/2012]