

5

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**



**IMPLICACIONES DEL ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DEL  
SECTOR RESIDENCIAL EN EL CONSUMO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS CÁLIDO  
SECAS EXTREMAS: EL CASO DE MEXICALI, B.C.**

---

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**DOCTOR EN ARQUITECTURA**  
P R E S E N T A  
**RAMONA ALICIA ROMERO MORENO**

---

AÑO 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

USIA TUSSE MO NAI E  
DE LA BIBLIOTECA

---

DIRECCIÓN DE TESIS

**Dr. José Diego Morales Ramírez**

SINODALES

**Dr. José Diego Morales Ramírez**

**M. en Arq. Francisco Reyna Gómez**

**Dr. Roberto Best Brown**

**Dr. David Morillón Gálvez**

**M. en Arq. Hermilo Salas Espíndola**

**Dr. Gaudencio Ramos Niembro**

**Dra. Claudia Sheinbaum Pardo**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

---





---

***A Jorge Arturo  
y nuestros hijos,  
Alicia Ameyali y Jorge Arturo.***

***A mis padres,  
Arnulfo y Ma. Virgen.***

---

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



---

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo durante todo el proceso de mi director de tesis, Dr. José Diego Morales Ramírez, y su interés en apoyar la formación de otros investigadores en el país.

Agradezco a mis asesores y amigos M. C. Agustín Sáñez Pérez, Dr. Gaudencio Ramos Niembro y Dr. Alfonso Alfonso González, por el apoyo académico y moral requerido en el trabajo.

A mi comité tutorial M. en Arq. Francisco Reyna Gómez, Dr. Roberto Best Brown, Dr. David Morillón Gálvez, Dr. Gaudencio Ramos Niembro, Dra. Claudia Sheinbaum Pardo y M. en Arq. Hermilo Salas, por las revisiones, asesorías y comentarios en puntos específicos, que con las distintas formaciones académicas apoyaron el desarrollo y culminación de la investigación.

A mis amigos y compañeros de la UABC, M. Arq. María Corral Martínez, M.I. Ricardo Gallegos Ortega, M. Arq. Gonzalo Bojórquez Morales, Dra. Rosa Imelda Rojas Caldelas, M. C. Delia Chan López, M. Arq. Aníbal Luna, M.C. Rafael Onofre García Cueto, por el apoyo y presiones para que terminara.

Agradezco el apoyo que tuve y he tenido de prestadores de servicio social y tesisistas, entre ellos a Emma Adaliz Ochoa Sanora y especialmente a Akemi Hotta Nomoto, por todo su apoyo.

A la Universidad Autónoma de Baja California, especialmente a la Facultad de Arquitectura en el período de la M. Arq. Ana María Fernández Butchart, por el apoyo al iniciar, y al Arq. Aarón Bernal Rodríguez, por el apoyo al finalizar el proyecto de Doctorado.

A la Comisión Federal de Electricidad, División Baja California: Ing. Enrique Guzmán, Ing. Rafael Ceja Barragán, Ing. José Luis Martínez Carreón y a la Arq. Laura Ivette Morales Sosa, por el apoyo con información estadística durante todo el desarrollo del proyecto.

Agradezco, al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), por el apoyo económico que se otorgó.

Finalmente, agradezco a mi familia, esposo, hijos y madre, por todo el apoyo para el logro de esta meta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# **IMPLICACIONES DEL ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DEL SECTOR RESIDENCIAL EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS CÁLIDO SECAS EXTREMAS: EL CASO DE MEXICALI, B.C.**

## **RESUMEN**

El consumo de energía eléctrica en el sector residencial es un problema complejo de estudiar por la distinta naturaleza de las variables que involucra. El objetivo de esta investigación es determinar el impacto de las principales variables que influyen en el *consumo de energía eléctrica*, teniendo como caso de estudio el sector residencial de Mexicali, Baja California. Esta ciudad, ubicada en una zona árida, presenta el consumo eléctrico per cápita más alto en México. El trabajo plantea un estudio integral, que considera el consumo en tres niveles: sector residencial, grupo representativo del sector residencial y caso específico. Se presentan resultados por cada ámbito de estudio: del sector residencial, se obtienen modelos de consumo de energía eléctrica; del grupo representativo resulta la caracterización de variables a través de encuestas; y del caso específico, a partir del monitoreo en sitio, se obtienen curvas de consumo eléctrico.

# **IMPLICATIONS OF AIR-CONDITIONING USAGE ON THE ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION ON THE RESIDENTIAL SECTOR IN HOT ARID ZONES: CASE OF STUDY MEXICALI, B.C.**

## **ABSTRACT**

The study of electric energy consumption in residential sector is a complex task, due to the multiplicity of variables involved. The objective of this research is to assess the impact of the major variables on the electric energy consumption in the residential sector of Mexicali, Baja California. The city was chosen based on the fact that it reports the highest per capita consumption in the country. An integral approach is proposed, and results are obtained in three different levels: residential sector, representative group and case of studies. Results obtained at the three levels are: consumption models from residential sector, characterization of variables from survey at representative group level, and characteristics curves from in situ measures at the case of studies level.



# CONTENIDO

	Página
Contenido	i
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Índice de cuadros	xii
Índice de anexos	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I. ANTECEDENTES SOBRE EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL</b>	
1.1. Ámbito internacional	5
1.2. Ámbito nacional	11
1.3. Ámbito regional	15
1.4. Conclusiones parciales	18
<b>Capítulo II. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN UN CONTEXTO DE CLIMA CÁLIDO SECO</b>	
2.1. Planteamiento del problema	21
2.2. Justificación	25
2.3. Objetivos general y específicos	27
2.4. Hipótesis	28
2.5. Metodología	28
2.6. Alcances	30
<b>Capítulo III. ESTADÍSTICAS ANUALES DE CONSUMOS ELÉCTRICOS DEL SECTOR RESIDENCIAL</b>	
3.1. Sector eléctrico nacional	31



3.2. Sector residencial en México	34
3.2.1. Consumos eléctricos del sector residencial	34
3.2.2. Tarifas residenciales	36
3.3. Consumo de energía eléctrica del sector residencial por entidades federativas, con énfasis en los estados del norte y noroeste de México	
3.3.1. Consumo eléctrico residencial en entidades federativas	39
3.3.2. Consumo eléctrico residencial en Baja California	41
3.4. Consumo eléctrico residencial en Mexicali, B.C.	41
3.5. Conclusiones parciales	44

#### **Capítulo IV. ENERGÍA, EDIFICACIÓN Y USUARIOS**

4.1. Conceptos básicos de energía	45
4.2. Modelos de comportamiento térmico y consumo de energía eléctrica	47
4.2.1. Perspectiva ingenieril: modelos que evalúan el comportamiento térmico y/o consumo de energía en la edificación	47
4.2.1.1. DOE 2.1 Interface Doeplus	49
4.2.1.2. Metodología ASTM para la evaluación del uso de la energía en edificios residenciales	50
4.2.1.3. Metodología para medir el comportamiento energético, según ASHRAE	52
4.2.2. Perspectiva de las ciencias sociales: modelos que evalúan el comportamiento del consumo de energía en la edificación	54
4.2.3. Modelos integrados de energía, vivienda y usuario	55
4.3. Factores determinantes del consumo eléctrico residencial	57
4.3.1. Factores de naturaleza física	57

4.3.1.1. Clima	57
4.3.1.2. La envolvente arquitectónica y sistemas constructivos de la vivienda	58
4.3.1.3. Equipos de acondicionamiento ambiental mecánico	59
4.3.1.4. Otros equipos que consumen electricidad	59
4.3.2. Factores de naturaleza humana	60
4.3.3. Factores de naturaleza económica	60
4.4. Conclusiones parciales	62

**Capítulo V. DELIMITACIÓN DE CASO DE ESTUDIO:  
EL SECTOR RESIDENCIAL EN MEXICALI**

5.1. Contexto natural de Mexicali y confort térmico	65
5.1.1. Contexto climático	65
5.1.2. Clima y confort térmico en Mexicali	68
5.2. Contexto social y económico en Mexicali, su relación con el consumo de energía eléctrica	71
5.3. La vivienda y los equipos electrodomésticos	73
5.3.1. Características físicas de la vivienda en Mexicali	73
5.3.2. Equipos de acondicionamiento ambiental mecánico	79
5.3.3. Otros equipos	82
5.4. Consumo de energía eléctrica del sector residencial	83
5.4.1. Variaciones mensuales del consumo de energía eléctrica	83
5.4.2. Ábacos de consumos eléctricos en verano	85

**Capítulo VI. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS**

6.1. Primer nivel: sector residencial de Mexicali, período 1990-2000	90
--	----

6.1.1. Variables: consumo anual de energía y cantidad de usuarios	91
6.1.2. Variables: consumo de energía eléctrica, cantidad de usuarios y temperatura promedio (anual y mensual)	91
6.2. Segundo nivel: grupo de estudio del sector residencial	92
6.2.1. Generalidades	92
6.2.2. Investigación base: "Impacto del consumo de energía eléctrica sobre la economía familiar en Mexicali, B.C. ICEEFM 95"	94
6.2.3. Encuesta "Consumo de energía en la vivienda de Mexicali, 2000 CEEVVM"	96
6.3. Tercer nivel: evaluación de comportamiento térmico y consumo de energía eléctrica	
6.3.1. Generalidades	100
6.3.2. Monitoreo de consumo de energía en sitio	101

## **Capítulo VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

7.1. Primer nivel: sector residencial	103
7.1.1. Consumo anual de energía eléctrica	103
7.1.2. Consumo anual de energía eléctrica e implicaciones socioeconómicas	107
7.1.3. Modelos de consumo mensual y por períodos de verano e invierno de energía eléctrica	108
7.1.4. Discusión primer nivel	113
7.2. Segundo nivel: grupo de estudio del sector residencial	113
7.2.1. Muestra de estudio del sector residencial	113
7.2.2. Resultados seleccionados en rangos de consumo eléctrico representativos	117
7.2.2.1. Resultados globales	117

7.2.2.2. Resultados por grupos de consumo eléctrico	120
A). Características físicas de la vivienda	120
B). Estructura familiar y estilo de vida	126
C). Equipos acondicionamiento ambiental mecánico	129
D). Aparatos electrodomésticos	137
7.2.3. Concentrado de resultados por rangos de consumo	145
7.3. Tercer nivel: evaluación del consumo de energía eléctrica en un caso de alto consumo	150
7.3.1. Vivienda de altos consumos eléctricos	150
7.3.1.1. Estudio histórico del comportamiento del consumo de energía	152
7.3.1.2. Monitoreo de consumo de energía en sitio	154
7.3.1.3. Conclusiones parciales	164
<b>CONCLUSIONES</b>	165
<b>RECOMENDACIONES</b>	172
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	175
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	183
<b>ANEXOS</b>	184
Anexo A    A1 Estadísticas de consumos eléctricos	184
A2 Estadísticas del clima de Mexicali, 1990-2000	194
Anexo B    Encuesta "Consumo de energía en la vivienda de Mexicali, 2000 CEEEVm"	196
Anexo C    Caso Baikal	199
Anexo D    Glosario	211

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
3.1. Sector eléctrico nacional, 1990-2000	32
3.2. Consumo de energía eléctrica del sector residencial en México, 1990-2000	34
3.3. Consumos eléctricos y usuarios, según tarifa residencial, México, 1999	36
3.4. Consumo de energía eléctrica, sector residencial, Mexicali, 1990-2000	43
5.1. Temperatura ambiente, promedio 1990-2000, Mexicali	67
5.2. Temperatura ambiente y su relación con la temperatura de confort, promedio de 1990-2000, Mexicali	69
5.3. Requerimiento por mes (mayo-octubre) de sistemas de acondicionamiento natural o mecánico, cantidad de días, Mexicali, 2000	70
5.4. Población, vivienda, consumo eléctrico y usuarios residenciales, Mexicali, 1990 y 2000	72
5.4. Características físicas de la vivienda representativa de Mexicali, 1994	74
5.5. Consumos estimados de energía eléctrica de aparatos de acondicionamiento ambiental, según CFE	81
5.6. Consumo de energía eléctrica promedio de verano e invierno, sector residencial, Mexicali, 1990-2000	84
5.7. Proporción y diagnóstico del ábaco de consumo eléctrico, Mexicali, agosto 1995	86
6.1. Proporción de encuestas originales (1996) y actualizadas (2000), Mexicali	99
7.1. Consumo eléctrico total y per cápita, usuarios y temperatura promedio anual, sector residencial, Mexicali, 1990-2000	103

7.2.	Modelos de regresión consumo de energía eléctrica, en función de la cantidad de usuarios, sector residencial, Mexicali	104
7.3.	Modelos de regresión consumo de energía eléctrica, en función de la temperatura ambiente, sector residencial, Mexicali	104
7.4.	Modelos de regresión consumo de energía eléctrica per cápita, en función de la cantidad de usuarios y temperatura, sector residencial, Mexicali	105
7.5.	Consumo per cápita por °C, Mexicali, agosto, 1990-2000	106
7.6.	Comportamiento anual del consumo de energía eléctrica, acciones y resultados, en Mexicali, 1990-2000	107
7.7.	Resultados del análisis de regresión, en función de usuarios y temperatura por mes, según época del año, sector residencial, Mexicali, 1990-2000	109
7.8.	Saturación y horas de uso de equipos electrodomésticos, muestra de estudio, Mexicali, 2000	119
7.8.	Concentrado de características físicas de la vivienda, según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000	145
7.9.	Concentrado de estructura familiar, nivel de ingreso y tenencia de la vivienda, según rango de consumo, Mexicali, 2000	146
7.10.	Concentrado de características de los equipos de acondicionamiento ambiental, según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000	147
7.11.	Concentrado de características de los aparatos electrodomésticos, según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000	148
7.12.	Consumo eléctrico promedio, verano e invierno, caso Baikal, Mexicali, 1996-1999	153
7.13.	Consumo eléctrico mensual monitoreado, caso Baikal, Mexicali, julio y agosto 1999	154

7.14.	Porcentaje de frecuencias de consumo eléctrico por día, caso Baikal, Mexicali, julio y agosto 1999	157
7.15.	Consumo de energía eléctrica promedio por día de la semana, caso Baikal, julio y agosto, 1999	158
7.16.	Concentrado de días tipo de consumo, caso Baikal, agosto 1999	158
7.17.	Definición de días tipo de consumo, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

1	Consumo de energía eléctrica total y sector residencial, México, 1990-2000	33
2	Tendencia del consumo eléctrico per cápita sector residencial, México, 1990-2000	35
3	Proporción de consumos eléctricos y usuarios según tarifa residencial, México, 1999	37
4	Consumos eléctricos per cápita, sector residencial, según tarifa, México, 1999	38
5	Consumos eléctricos por sectores, Mexicali, 2000	42
6	Temperatura ambiente, Mexicali, 1990-2000	67
7	Diferencial de temperatura respecto a 25°C, Mexicali, 2000	69
8	Requerimientos de sistemas de acondicionamiento natural o mecánico, verano, Mexicali, 2000	71
9	Vivienda residencial de nivel económico alto, Mexicali	75
10	Vivienda de interés social de un nivel, Mexicali	76
11	Vivienda de interés social de 2 niveles, Mexicali	76
12	Vivienda popular un nivel, Mexicali	77
13	Vivienda precaria, Mexicali	77
14	Vivienda con plantación de árboles, Mexicali	78

15	Vivienda en color blanco y con p3rtico, Mexicali	78
16	Enfriador evaporativo, Mexicali	80
17	Equipo de aire acondicionado tipo central, Mexicali	80
18	Consumo mensual de energ3a el3ctrica, del sector residencial, Mexicali, 1990-2000	83
19	Consumo el3ctrico y usuarios por rango de consumo, Mexicali, agosto 1995	87
20	Comparativo de consumos el3ctricos, promedio mensual, Mexicali, 1996	95
21	Temperatura ambiente y consumo el3ctrico mensual, Mexicali, 1990-2000	109
22	Consumo de energ3a el3ctrica per c3pita, por 3C de temperatura, Mexicali, marzo-agosto, 1993	111
23	Consumo de energ3a el3ctrica per c3pita, por 3C de temperatura, Mexicali, verano (mayo-octubre), 1993	112
24	Consumo de energ3a el3ctrica per c3pita, por 3C de temperatura Mexicali, invierno (noviembre-abril), 1993	112
25	Historial de consumo el3ctrico de muestra de estudio, Mexicali, 1999-2000	115
26	Vivienda de inter3s social de la muestra de estudio, Mexicali	118
27	Vivienda con enfriador evaporativo y equipo de ventana, muestra de estudio, Mexicali	119
28-a	Habitaciones por vivienda, seg3n rango de consumo el3ctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	120
28-b	Material en muros, seg3n rango de consumo el3ctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	121
28-c	Aislamiento t3rmico en muros, seg3n rango de consumo el3ctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	122



28-d	Material en cubierta, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	123
28-e	Aislamiento térmico en cubierta, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	124
28-f	Orientación de ventanas, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	125
28-g	Cantidad de ventanas, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	126
29-a	Habitantes por vivienda, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	127
29-b	Nivel de ingreso familiar, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	128
30-a	Equipos de acondicionamiento ambiental, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	129
30-b	Enfriadores evaporativos: capacidad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	130
30-c	Enfriadores evaporativos: antigüedad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	131
30-d	Enfriadores evaporativos: adquisición, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	131
30-e	Equipos de aire acondicionado: capacidad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	132
30-f	Equipos de aire acondicionado: antigüedad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	133
30-g	Equipos de aire acondicionado: adquisición, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	133
30-h	Horas de uso de equipo de aire acondicionado, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	134

31-a	Confort en la vivienda, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	135
31-b	Nivel de temperatura a la que se duerme en el verano, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	136
31-c	Uso de cobijas al dormir durante el verano, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	136
32-a	Refrigerador: tamaño, antigüedad, adquisición y mantenimiento según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	138
32-b	Adquisición de televisor, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	139
32-c	Plancha, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	140
32-d	Lavadora de ropa, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000	141
33	Vista exterior, caso de estudio Baikal, Mexicali	150
34	Historial de consumo mensual de energía eléctrica, caso Baikal, Mexicali, 1996-1999	153
35	Consumo de energía eléctrica total diario monitoreado, caso Baikal, Mexicali, julio 1999	155
36	Consumo de energía eléctrica total diario monitoreado, caso Baikal, agosto 1999	155
37	Curva de consumo de energía eléctrica promedio horario, caso Baikal, Mexicali, julio y agosto 1999	157
38.1	Curva de consumo tipo A, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (23-31 agosto)	160
38.2	Curva de consumo tipo B, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (10,14-17,20 agosto)	161

38.3	Curva de consumo tipo C, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (1-7 agosto)	161
38.4	Curva de consumo eléctrico máximo, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (19 agosto)	162
39	Consumo de energía eléctrica y temperatura promedio horario mensual, caso Baikal, Mexicali, julio y agosto 1999	163

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Información básica para realizar la evaluación del uso de la energía en edificios residenciales según ASTM, norma E1410	51
Cuadro 2	Herramientas para evaluar el uso de la energía en el sector residencial	53
Cuadro 3	Modelo sobre el uso de la energía propuesto por Hitchcok	56
Cuadro 4	Propuesta de estudio y variables del consumo de energía eléctrica residencial	89
Cuadro 5	Alcances y relevancia de los niveles de estudio	114

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **ANEXO A-1 Estadísticas de consumos eléctricos**

Tabla 3-A	Consumo de energía eléctrica por sectores en México, 1990-2000, GWh	184
Tabla 3-B	Consumo de energía eléctrica total y residencial en México, 1990-2000	184
Tabla 3-C	Criterios de temperatura y rangos de consumo, según tipo de tarifa residencial, México, 2001	185

Tabla 3-D	Consumo y usuarios de energía eléctrica del sector residencial por tipo de tarifa en México, 1990-1999	185
Tabla 3-F	Consumo de energía eléctrica del sector residencial en estados del norte y noroeste del país, 1990-1999	186
Tabla 3-G	Consumo de energía eléctrica según tarifa, sector residencial, Baja California, 1997-1999	187
Tabla 3-H	Consumo de energía eléctrica por sectores y municipios Baja California, 1994-1998	187
Tabla 3-I	Consumo mensual de energía eléctrica, por sectores, Municipio de Mexicali, 2000	188
Tabla 3-J	Tasas de crecimiento de consumos y usuarios, sector residencial, Mexicali, 1990-1999	189
Tabla 5-C	Consumo mensual de energía eléctrica, sector residencial, Municipio de Mexicali, 1990-2000	190
Tabla 5-D	Consumo per cápita de energía eléctrica, sector residencial, Municipio de Mexicali, 1990-2000	191
Tabla 5-E	Abaco de consumos y usuarios de energía eléctrica del Municipio de Mexicali, sector residencial, agosto y septiembre (1995,1997,1998 y 1999)	192
Tabla 5-F	Jerarquización del consumo eléctrico por rango de consumo, Agosto, 1995	193
<b>ANEXO A-2</b>	<b>Estadísticas del clima de Mexicali, 1990-2000</b>	
Tabla 5-A	Temperatura ambiente, 1990-2000, Mexicali	194
Tabla 5-B	Precipitación pluvial, 1990-2000, Mexicali	195
<b>ANEXO B</b>	<b>Formato de la encuesta “Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C.”</b>	196
<b>ANEXO C</b>	<b>Caso Baikal</b>	199
<b>ANEXO D</b>	<b>Glosario</b>	211



# INTRODUCCIÓN

Ante el reto que implica para el país, tener recursos energéticos disponibles para satisfacer la demanda eléctrica necesaria para su desarrollo, el estudio de sector residencial se vuelve significativo por la cantidad de usuarios que se ven afectados.

En México, el impacto del sector residencial en el consumo eléctrico total ha variado en las últimas décadas entre un 20 y un 25% en las últimas décadas. Por ejemplo a los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el sector residencial representó un 20% del consumo de energía final (Sheinbaum, 1996). Sin embargo, en zonas con clima cálido seco, el impacto es mayor, ya que el consumo eléctrico residencial ha oscilado de un 38% a casi un 50% (Romero, 2001).

Además, mientras que en algunos países desarrollados el consumo residencial ha tendido a disminuir, en otros, como México la tendencia es de crecimiento. De acuerdo a esta situación en los próximos años no será suficiente la capacidad instalada para suministrar el servicio eléctrico en el país.

El consumo eléctrico es un indicador de un fenómeno complejo conformado por variables de diversa naturaleza. Este fenómeno es de carácter tecnológico y de acciones humanas. Por un lado, están las características físicas de las viviendas y el equipo eléctrico con que cuentan -sobre todo el equipo de acondicionamiento ambiental utilizado; y por otro, el comportamiento de los usuarios con respecto al uso de la energía en su vivienda, asociado con el nivel de ingreso y estilo de vida de la familia.

Los estudios que existen actualmente, se han realizado desde una perspectiva técnica, como son el uso de simuladores térmicos-energéticos; otros estudios se

han centrado sobre los hábitos de los usuarios; sin embargo, es importante la una visión integral, por la interacción que se da entre ambas perspectivas.

El objetivo de la presente investigación es determinar el impacto relativo de las principales variables que influyen en los consumos eléctricos, que se presentan en el sector residencial, ubicado en un contexto de clima cálido seco como Mexicali, Baja California; lo anterior, tiene como fin de establecer las bases para el planteamiento de las políticas de ahorro de energía y conocer en qué parte del fenómeno pueden incidir.

La aportación de la presente investigación consiste en integrar la perspectiva ingenieril con la social-económica, con el fin de proponer acciones para la conservación de energía, a partir de la propuesta de estudio en 3 niveles o escalas.

La investigación está enfocada para el caso de altos consumos eléctricos, sin embargo su importancia radica en que puede ser aplicable para todas las zonas áridas del país.

El estudio se enfoca al sector residencial del Municipio de Mexicali, y específicamente a la ciudad de Mexicali, ya que ahí se presenta el problema de manera crítica. Se estudia el comportamiento anual y mensual de los consumos eléctricos, con énfasis en el período de verano.

Entre los resultados obtenidos se observa que el consumo eléctrico tiene una relación con la temperatura. Sin embargo, el criterio de la temperatura no resulta suficiente para explicar el consumo eléctrico, ya que el factor que lo determina es la cantidad y tipo de equipo de acondicionamiento ambiental en el verano y la forma como se utiliza.

Por lo tanto, existe una relación directa entre el nivel de ingreso y el consumo eléctrico: a ingreso, mayor, mayor consumo. Además en la medida que aumenta el nivel de ingresos es mayor la diferencia entre el consumo de verano e invierno; en niveles bajos de ingreso en cambio, el consumo eléctrico se puede considerar similar durante el año. Sin embargo, a medida en que aumenta el nivel de ingreso, se hace más evidente la diferencia de consumo por época del año.

El documento de tesis está organizado en siete capítulos:

El capítulo I, se refiere a los antecedentes relacionados con la edificación y energía. Se analizan en el ámbito internacional, nacional, regional y local. Se presentan aquellos estudios sobre el uso de la energía eléctrica, programas que fomenten el ahorro de energía y aspectos de reglamentación energética existentes que inciden en el sector residencial.

El capítulo II, presenta el planteamiento de la investigación, se incluye el problema, la justificación, el objetivo general y los específicos, la hipótesis, metodología y alcances.

El capítulo III, analiza el comportamiento estadístico del consumo eléctrico y usuarios residenciales de la escala nacional a la local.

En el capítulo IV, se presenta el marco teórico y conceptual, que incluye conceptos sobre energía, modelos de comportamiento térmico y consumo de energía eléctrica y modelos desde la perspectiva de las ciencias sociales. Además se estudian los factores determinantes del consumo eléctrico residencial y las formas de evaluación del uso de la energía en el sector residencial.



El Capítulo V, corresponde al marco de referencia y analiza la situación actual del caso de estudio (Mexicali), en términos del clima, las características físicas de la vivienda, los equipos de acondicionamiento ambiental mecánico y el contexto económico y social. Así como el análisis del comportamiento del consumo eléctrico mensual.

El Capítulo VI, presenta el planteamiento metodológico para abordar el estudio del sector residencial a partir de 3 ámbitos: sector residencial, muestra de estudio y casos de evaluación térmica-energética.

El capítulo VII, presenta los resultados, en términos de los modelos obtenidos y las relaciones entre factores y variables identificadas.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos. Cabe mencionar que se cuenta con un anexo estadístico, que concentra el comportamiento del consumo eléctrico en México, Baja California y Municipio de Mexicali, durante el período 1990-2000.

Cabe señalar que, atender y entender la problemática del sector residencial, es significativo porque proporciona información básica para identificar las causas del comportamiento del consumo eléctrico, para realizar predicciones de consumos y demandas eléctricos y para evaluar los potenciales de ahorro de energía en el país.

En México, estos estudios son requeridos para hacer una adecuada planeación de las políticas energéticas, en términos de conservación de energía; sobre todo cuando los contextos geográficos y económicos son diferentes, como es el caso de las zonas desérticas del país.

## **Capítulo I**

# **ANTECEDENTES SOBRE EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL**

Este capítulo muestra los antecedentes sobre el uso de la energía eléctrica en el sector residencial. Se identifican aquellos estudios, programas y normas que inciden en la interrelación de energía eléctrica y sector residencial y que marcan la necesidad prioritaria de estudios en esta perspectiva en México. Los antecedentes se analizan en los ámbitos internacional, nacional y regional, a fin de enmarcar el problema energético en un contexto donde el clima tiene un impacto determinante en el uso y consumo de la energía eléctrica.

### **1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL**

En general hay preocupación por el uso racional de la energía, la conservación de los recursos naturales y las consecuencias de la utilización no adecuada de los recursos energéticos. En el caso de las edificaciones, sean de tipo residencial o no, los energéticos de mayor demanda son la electricidad y el gas.

En el caso de los Estados Unidos, el consumo de energía del sector residencial representó casi el 25% del consumo total (Cramer, 1984). Mientras que en la Unión Europea, el consumo por los edificios ha representado hasta la mitad del consumo total de energía (Sheinbaum, 1996). Aunque existen estudios para disminuir el impacto energético de todo tipo de edificios, en esta investigación se analizan solamente los de edificios residenciales, es decir, viviendas. Se tienen estudios de usos finales en Hong Kong (Lam, 1996), Suiza (Westergren, 1999), Holanda (Raaij, 1983) y Estados Unidos (Cramer, et al. 1984).

El estudio realizado en Hong Kong (Lam, 1996), encontró que los mayores consumos de electricidad se deben al sistema de aire acondicionado, a la iluminación y al refrigerador. Además identificó una relación entre el consumo eléctrico y el tamaño de la vivienda, de donde se determinó que el promedio anual del consumo eléctrico es proporcional al área de construcción de la vivienda.

Lam desarrolló la investigación a partir de aplicar encuestas a 200 usuarios residenciales, seleccionados de los 5 tipos de viviendas representativas, según m<sup>2</sup> de construcción. En este estudio se utilizaron los recibos mensuales de energía eléctrica, se registró el consumo eléctrico de los aparatos como el refrigerador, la televisión y luces principalmente y se realizaron mediciones en verano e invierno, a fin de considerar los efectos estacionales.

Uno de los estudios más sofisticados sobre usos finales es el denominado "Barómetro de la Energía" desarrollado en Suiza (Westergren, et al. 1999). Cabe señalar que las condiciones climáticas de dicho país, hacen necesario el uso de la calefacción, como sistema de acondicionamiento ambiental para mantener el confort térmico.

Entre las conclusiones obtenidas de dicho estudio se encontró que el uso de la energía por calefacción depende principalmente de la diferencia de temperatura interior y exterior y de la radiación solar incidente en plano horizontal durante el año y no del viento. Además no resultó significativo el consumo generado por los aparatos electrodomésticos, porque éstos tienen un impacto menor en el uso de la energía comparada con el efecto de la temperatura ambiente y la radiación solar.

Lo novedoso de esta investigación fue que se realizó a través de Internet y una caja instalada en las viviendas denominada "E-box" con sensores que registran

el uso final de la energía y da el resultado por día. El estudio se realizó a gran escala, en 10 semanas y se tuvo la información de 2800 usuarios. Esto resulta factible en países o zonas donde todos los hogares tengan un equipo de cómputo conectado a Internet. Posteriormente se validaron los resultados obtenidos con el monitoreo de 4 viviendas representativas, para lo cual se consideró el tipo de sistema de calefacción, la cantidad de ocupantes y la proporción de adultos, jóvenes o niños y el tamaño de la vivienda.

En un estudio en Holanda, con 145 usuarios residenciales (Raaij, et al. 1983), se encontró que no es posible separar el uso de la energía en la vivienda del comportamiento del usuario. Además encontró que el consumo de la energía está determinado tanto por las características físicas y técnicas de la vivienda y del sistema de refrigeración o calentamiento, como por el comportamiento de los residentes. En síntesis, este autor considera básico lo siguiente: a) es más relevante el comportamiento que las actitudes del usuario, b) que las principales relaciones con la energía se presentan cuando compra los equipos, cuando los utiliza y con el mantenimiento, c) que son cruciales los conceptos de estilo de vida y el comportamiento rutinario, el nivel de ingreso, la estructura familiar (cantidad de personas, edad y nivel de educación) y el precio de la energía.

En resumen, se tienen efectos separados en el uso de la energía: las condiciones de la vivienda por un lado y por otro el comportamiento de los usuarios; sin embargo, hay efectos interactivos entre ambos (viviendas más aisladas tienen el punto del termostato más bajo). Además encontró que el comportamiento de los usuarios y las características de la vivienda son más determinantes en el uso de la energía que las actitudes.

En países europeos, es factible realizar estudios comparativos, ya que se tienen viviendas con las mismas características físicas y lo que varía son los distintos comportamientos de los usuarios. Hicieron un estudio en 124 usuarios, con

condiciones similares de vivienda y tomando como referencia la temperatura y ventilación. Obtuvieron que había grupos o tipologías: la de los conservadores, gastadores, fríos, cálidos y el promedio.

Desde el punto de vista social y cultural, se estudian principalmente los patrones de consumo eléctrico como consecuencia del estilo de vida de los usuarios. Entre ellos están los de Dholakis, citado por Hitchcok (1993) sobre estilos de vida – forma de utilizar la energía en una familia en un contexto rural tradicional con respecto a una familia urbana- también sobre hogares donde está la mujer en casa todo el día y el tipo de trabajo de los residentes de la vivienda. Además, Lutzeinhiser, citado por Hitchcok (1993), menciona que los modelos culturales sobre el uso de la energía son los más completos, aunque no menciona el porqué.

Cabe mencionar, que Hitchcok (1993) menciona la necesidad de una visión integrada entre la perspectiva ingenieril y social del consumo eléctrico residencial y lo consideró a través de la existencia de dos subsistemas: el físico y el humano. Destacó la interrelación entre ambos, ya que cambios en aspectos técnicos afectan aspectos sociales y los cambios sociales influyen en los físicos. Además realizó una reseña de los distintos tipos de modelos que han abordado el estudio del uso de la energía en el sector residencial (modelos técnicos, sociales y culturales, demográficos y económicos y psicológicos).

Anteriormente, Cramer (1984), al explicar las determinantes del consumo eléctrico en verano en la comunidad de Davis, California había intentado analizar la interrelación entre aspectos técnicos y sociales y su incidencia en el consumo eléctrico. Para lo cual decidió estudiar cada aspecto por separado y luego integrarlos. Por lo que primeramente estudió las determinantes físicas del uso de la electricidad, a través de la relación entre a) consumos eléctricos y equipos de enfriamiento (capacidad y frecuencia de uso); y, b) consumo eléctrico y

aparatos electrodomésticos. El estudio lo realizó durante los meses de julio, agosto y septiembre. Obtuvo un modelo general que demostró que el consumo eléctrico del verano dependía del consumo del aparato de refrigeración y del consumo de los aparatos eléctricos, sin embargo el modelo sólo explicó el 41.3% (Cramer, 1984). Cuando pulió el modelo aumentó la precisión y llegó hasta el 50% de la variación del consumo del verano.

En general, los modelos que incluyen casos específicos de usuarios con trabajos de encuestas, cuando más han explicado alrededor del 60% o menos del fenómeno. Situación que no se presenta, cuando los modelos consideran variables totales globales: consumos, usuarios y temperatura, entre otras.

Con respecto al **modelado del consumo de energía eléctrica**, entre los estudios más recientes publicados está el realizado en Delhi (Ranjan, et. 1999) en el que analizaron los patrones de consumo de energía durante un período de 9 años (1984-1993) en función de parámetros climáticos y de la población. Se obtuvieron modelos para las distintas épocas del año en la zona (período de invierno, verano, premonzón y posmonzón), ya que el consumo varía significativamente según dichas épocas.

Estos investigadores trabajaron con datos climáticos promedios mensuales: temperatura, humedad relativa, precipitación y horas de insolación, y con estimaciones de los datos de población. Los resultados fueron obtenidos a través de un análisis de regresión multivariable. Para el invierno obtuvieron un valor de  $R^2=0.97$  y para el verano  $R^2=0.99$  con las variables población y temperatura; para el posmonzón, las variables fueron población, temperatura y precipitación. En el premonzón los valores obtenidos más altos fueron con las variables horas de insolación y humedad relativa, sin embargo se tuvo un nivel de relación muy bajo ( $R^2=0.38$ ).

Otro estudio reciente fue realizado en Chipre (Egelioglu, et al. 2001). En él se analizó la influencia de las variables económicas en el consumo anual de electricidad. El estudio realizado fue con datos estadísticos de 1988-1997 y análisis de regresión múltiple. Se encontró que el número de usuarios, el precio de la electricidad y el número de turistas influyen significativamente en el consumo eléctrico anual, y el nivel de correlación fue de  $R^2=0.903$ .

En general, el comportamiento del consumo de energía eléctrica es el resultado de consideraciones técnicas y sociales. Esta doble naturaleza, lo hace un fenómeno complejo de estudiar, y de integrar, la perspectiva ingenieril con la de las ciencias sociales (Hitchcock, 1993).

Hitchcock, fue de los que plantearon la necesidad de estudios integrales. Realizó una revisión bibliográfica general sobre modelos técnicos, económicos, sociales, culturales y hasta psicológicos; enmarca la importancia de integrar en lo posible los estudios, ya que los técnicos "cuantifican consumos eléctricos en kWh" y los otros se refieren a la forma: cómo y por qué resultan esos kWh y sus consecuencias.

Finalmente, cabe señalar que Hitchcock, sirvió como referencia en esta investigación para considerar la integración de aspectos técnicos con humanos en el estudio de la energía en el sector residencial.

Con respecto a la reglamentación en términos energéticos y relacionados con el sector residencial, se tienen entre otras, las normas o estándares de eficiencia para edificios residenciales y no residenciales (Comisión de Energía de California, 1999), y algunas de las normas publicadas por ASHRAE: Norma 100-1995 sobre conservación de energía edificios existentes, Norma 105-1984, referidos a los métodos de expresar el comportamiento energético de los

edificios, y Norma 90.2-93 sobre diseño eficiente de nuevos edificios residenciales.

## **1.2. ÁMBITO NACIONAL**

En México existen varias investigaciones sobre el sector residencial, algunas analizan el consumo residencial en una perspectiva global, otros en casos significativos de usuarios, o en ambos (Campero, 1988, 1991; Masera, 1991; de Buen, 1993; Sheinbaum, 1996; Ramos, 1994, 1998, 2001; Morales, 1998).

Campero (1988) dice que para analizar el uso de la energía en el sector residencial en México, es mejor hacerlo a través de definir los patrones de consumo con base al crecimiento del producto interno bruto, al precio de la energía, al crecimiento de la población y las mejoras tecnológicas; ya que analizar el consumo de energía desde el lado del usuario se vuelve complicado porque están involucradas variables sociales, económicas, políticas y tecnológicas.

Sheinbaum (1996) expone que el uso de la energía en el país está definido por factores estructurales y económicos. Entre los primeros, se considera el tamaño del hogar, tamaño de la vivienda, el tiempo de estancia en el hogar, la estructura del uso de la electricidad y la saturación de los electrodomésticos. Y entre los segundos: el ingreso y el precio de la energía. Además destaca la necesidad urgente de una información detallada del uso de la energía y su integración en una base de datos nacional, basada en encuestas y mediciones periódicas de la demanda por usos finales.

Sobre los usos finales en el país, la iluminación representó un 43%; la conservación de alimentos, un 22%; el aire acondicionado, un 20%; la televisión, un 12% y otros equipos, un 3% (Ramos, 1994). Dicho comportamiento es



distinto en la parte norte y noroeste del país, en donde predomina el aire acondicionado.

En otro estudio realizado (Ramos, 1998) considera que el consumo de energía eléctrica está en función de muy diversos factores: el clima, la localización geográfica, el equipamiento, las costumbres y la estructura familiar. Plantea la necesidad de determinar los usos finales en función de la estructura familiar, el tipo de casa, los ingresos, la época del año y los hábitos, entre otros factores y no sólo a partir de estadísticas de consumos eléctricos. Por lo que es importante conocer los usos finales y su impacto en la curva de consumo para su modelado y poder incidir acertadamente en los programas de ahorro y uso eficiente de la energía.

En dicho estudio, realizado con registros de 1996 y basado en casos de usuarios residenciales de ciudades de Hermosillo, Son, y Mexicali, B.C., pudo inferir el consumo de un usuario a través de su equipamiento, sobre todo el utilizado para el acondicionamiento térmico. El análisis lo realizó con base en las curvas de consumo y un año completo de mediciones. Obtuvo que con base al equipamiento, había 5 tipos de usuarios: a) usuarios con 1 ventilador, consumo máximo en agosto 280 kWh; b) usuarios con 1 refrigerador y 2 ventiladores, con consumo máximo en agosto de 697 kWh; c) usuarios con 1 enfriador evaporativo, 1 refrigerador y 1 ventilador, consumo de 587 kWh; d) usuario con un equipo de aire acondicionado tipo ventana 1.5 toneladas y 1 refrigerador, consumo de 1379 kWh; e) usuario con 1 equipo de aire acondicionado tipo central de 4 toneladas y un refrigerador, 1896 kWh (Ramos, et.al, 1998).

Entre algunos de los estudios realizados para el sector residencial de la ciudad de México, están los de Fernández (1991) y Morales (1998), enfocados a unidades habitacionales. Fernández, en un estudio de usos finales –a través de encuestas y mediciones directas en equipos– obtuvo como resultado que el uso

más importante era la iluminación, luego el refrigerador y la televisión. Morales, en un estudio para el ahorro de energía en edificios, obtuvo información sobre los hábitos y necesidades de consumo de energía. Con apoyo del programa de simulación térmica TRNSYS se estudió el desempeño térmico de un edificio habitacional y la factibilidad de instalar colectores solares en la azotea.

*En general, en México, dada la extensión del país y la diversidad de condiciones geográficas, económicas y sociales, son escasos los estudios que existen de usos finales y los de modelado de consumo eléctrico, que consideren esas diversidades. Sobre todo con el enfoque de integrar la perspectiva técnica y social del consumo eléctrico. Además de ser necesarios en sitios de condiciones climáticas críticas, ya sea por efecto de altas o bajas temperaturas.*

En México, tanto CFE como CONAE han implementado las principales acciones tendientes al uso racional o ahorro de la energía eléctrica. Ya sea como programas de ahorro de energía o como la elaboración de normas de eficiencia energética para edificios residenciales y para determinados equipos que consumen electricidad.

Desde la perspectiva de CFE, a través del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, se ha buscado concientizar y orientar a los usuarios sobre el uso eficiente de la energía eléctrica; se cuenta con folletos sobre diseño bioclimático, sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes, la eficiencia y consumos de aparatos eléctricos, además de información que se publica a través de la página de Internet.

Cabe mencionar que las principales acciones y programas para el ahorro de energía del sector residencial se han implementado primero en Mexicali, por lo que en la zona se está a la vanguardia en este tipo de programas, como lo fue el Programa de Apoyo a la Economía Familiar (1990) y el Programa de Ahorro

Sistemático Integral (1997). Cabe mencionar, que éste último ya se está aplicando en Mérida, Tampico y Veracruz (Ramos, et. al, 2001).

Entre las acciones que la CONAE ha realizado está el reglamentar o normalizar aspectos relacionados con el consumo de energía a través de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética.

Existen normas relacionadas con la eficiencia energética de aparatos eléctricos y la edificación. Entre las primeras, está en vigor la de refrigeradores electrodomésticos (NOM-015-ENER-1997), la de acondicionadores de aire tipo cuarto (NOM-073-SCFI-1994 o NOM-021-ENER), la de lavadoras de ropa electrodomésticas (NOM-005-ENER-2000), la de acondicionadores de aire tipo central (NOM-011-ENER-2001), la de lámparas fluorescentes compactas (NOM-017-ENER-1997) y la de sistemas de alumbrado en exteriores de edificios, (NOM-013-ENER-1996).

Entre las segundas, están la de aislamientos térmicos para muros y techos (NOM-018-ENER-1997). Sobre todo, aunque no está destinada directamente a atender el sector residencial, destaca la norma de eficiencia integral en edificios no residenciales (NOM-008-ENER-2001). La cual busca establecer los criterios que debe tener la envolvente de los edificios para lograr el uso eficiente de la energía. Finalmente, en proceso de normalización está a nivel anteproyecto la norma de eficiencia energética para edificaciones de uso habitacional (NOM-020-ENER).

En el ámbito nacional, se observa la escasa presencia de casos de análisis del consumo de energía del lado del usuario, así como de estudios donde se estudió a mayor especificidad. Por lo que la presente investigación es importante, por una parte porque se enmarca en la perspectiva del usuario residencial, aunque sea difícil estudiar este perfil, por la distinta naturaleza de las variables que

influyen. Sin embargo también considera la perspectiva global, es decir las implicaciones que se tienen para la CFE y busca aportar información más detallada sobre los usos finales, pero ya tomando en cuenta lo que marca Ramos, es decir considerando los usos finales ligados a la estructura familiar, características de la vivienda u otros factores. Así como lo de generar una base de datos nacional, confiable y específica.

### **1.3. ÁMBITO REGIONAL**

Con respecto a los estudios realizados en la región en la última década, destacan los de la Facultad de Arquitectura, Instituto de Investigaciones Sociales e Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California UABC y de la Comisión para el Ahorro de Energía del Municipio de Mexicali.

Entre las investigaciones desarrolladas en la Facultad de Arquitectura, destacan las relacionadas con el diseño y adecuación ambiental de la vivienda de interés social y de la vivienda popular, con la propuesta de nuevos sistemas constructivos, con la evaluación de comportamiento térmico de la vivienda por simulación térmica y /o monitoreo, con la evaluación de estrategias de ventilación natural y evaluación de la infiltración, entre otros.

Con relación a las investigaciones sobre el consumo de energía en el sector residencial en la región, realizadas de 1990 a la fecha, se tienen dos investigaciones básicas: la primera, "Encuesta sobre el grado de adecuación ambiental de la vivienda e impacto social derivado del consumo eléctrico en Mexicali B.C.," (XIII Ayuntamiento, IIS/UABC, 1992), presenta una caracterización física de la vivienda, y su asociación con el nivel de ingresos y el consumo eléctrico; en este estudio se muestra el panorama de 1990.

La segunda, realizada en 1996, "Impacto del consumo eléctrico sobre la economía familiar en Mexicali" (CFE, UABC y Gobierno del Estado de Baja

California, 1996), actualiza el trabajo de 1990 y además recaba información más específica sobre la vivienda y sobre los estilos de vida de los usuarios residenciales.

De hecho, estos dos estudios están realizados bajo el mismo esquema general: trabajos de campo con encuestas (muestra de 1096 registros efectivos en el primer estudio y de 1065 en el segundo). Con base en los estratos de consumos eléctricos del mes de agosto, se hizo una ponderación y se obtuvo el número de usuarios a investigar.

Dado que, en términos generales, las tendencias se han mantenido estables en cuanto a las características físicas de la vivienda, a los consumos promedios del sector residencial y al impacto del consumo sobre la economía familiar, estas investigaciones han servido de referencia o punto de partida para entender y analizar con mayor profundidad aspectos específicos sobre la forma de cómo y por qué se utiliza la energía en determinada forma en la vivienda de la región.

Cabe mencionar que la última investigación mencionada, forma parte de un convenio celebrado entre el Gobierno del Estado de Baja California, CFE y UABC en 1996, para realizar un estudio que buscara acciones para solucionar el problema de los altos consumos eléctricos en el verano en Mexicali. Para tal efecto se desarrollaron convenios específicos sobre: 1) análisis de las diferentes alternativas para la generación de energía eléctrica, incluyendo sus costos; 2) evaluación de equipos de aire acondicionado, motores y refrigeradores; 3) estudio sobre eficiencia y calidad de los sistemas de iluminación; 4) estudio sobre elementos pasivos para el ahorro de energía eléctrica, incluyendo películas polarizantes, así como el sellado de puertas y ventanas; 5) impacto del consumo eléctrico en la economía familiar.

En algunas de las conclusiones generales, en dicho estudio, se encontró que: no son significativos los ahorros de energía eléctrica por el cambio de motores usados por nuevos en enfriadores evaporativos; es factible ahorrar energía con la sustitución de alumbrado por fluorescente, sin embargo, con relación al ahorro generado es de un 5 a 10%; con el manejo de películas reflectivas en las ventanas, los ahorros no son significativos, sino al contrario, hay la necesidad de utilizar iluminación artificial en los espacios; el impacto social puede llegar en casos extremos hasta un 40% de incidencia en el nivel de ingreso y qué los consumos eléctricos, además varían significativamente con el nivel de ingreso.

Entre los principales programas desarrollados en la región está el de 1990, el "Programa de apoyo a la economía familiar y de ahorro de energía eléctrica para Mexicali" (CFE, 1990). De este programa se desprendió el "Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de vivienda" (FIPATERM), el cual se ha enfocado al aislamiento térmico del techo. Cabe mencionar que este programa continúa vigente, con más de 60 mil viviendas aisladas (Gutiérrez, 1999).

En 1997, CFE implementó el programa "Ahorro Sistemático Integral" (ASI), para financiamiento de adquisición de equipos de aire acondicionado de mayor eficiencia o cambio de compresor; adquisición de lámparas fluorescentes ahorradoras de energía, sellado de puertas y ventanas y realización de diagnósticos energéticos en las viviendas. Esto ha permitido el reemplazo de 2617 unidades de aire acondicionado, la instalación de 49,415 lámparas fluorescentes compactas (26, 20 y 16 W) y la realización de 5,250 diagnósticos energéticos en la zona (Ramos, et. al, 2001).

Cabe mencionar, que en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (Ramos, et. al, 2001), fue desarrollado el programa de cómputo para realizar los diagnósticos energéticos, el cual fue el primer sistema computarizado desarrollado y aplicado para las condiciones del sector residencial en México. Dicho programa está

basado en la versión DOE 2.1, está estructurado en 6 módulos (consumo eléctrico del equipo de aire acondicionado, modelación térmica de la vivienda, consumo eléctrico por iluminación, por el refrigerador, el congelador y otros equipos electrodomésticos). El programa está diseñado para mostrar el efecto de medidas de ahorro de energía que impulsa el programa ASI.

Además de dicho programa, se continuaron con otros ya existentes en la región, como: el de Interruptor de Aire Acondicionado (Plan IDEAA) y el Plan Nivelado de Pagos.

Con respecto a la reglamentación relacionada con aspectos energéticos en la región se tiene la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en ella se menciona, en el Artículo 50, aspectos generales sobre bienestar térmico y ahorro de energía eléctrica, considera que los materiales de techos y muros exteriores deberán garantizar los niveles mínimos aceptables de bienestar térmico en sus espacios interiores y, por consecuencia, se obtengan ahorros en el consumo de energía eléctrica (Gobierno del Estado de Baja California, 1994). Sin embargo, cabe aclarar que aunque en la ley se mencione, en el reglamento no está escrito.

En el caso de las construcciones realizadas en Mexicali, el Reglamento de Edificaciones (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998) no menciona ninguna acción en términos de adecuación ambiental o de reglamentación de las características térmicas de la envolvente de los edificios residenciales. Sólo menciona que por ventilación e iluminación, debe existir determinada superficie de abertura.

#### **1.4. CONCLUSIONES PARCIALES**

Cabe mencionar que, independientemente, de qué forma se estudie el consumo de energía eléctrica (sea por usos finales, por modelado, de la escala espacial: país, región, grupo de viviendas y de la escala temporal: anual, mensual o

períodos) los patrones de uso que se hacen de la energía son resultado de consideraciones técnicas y sociales. Por esta doble naturaleza, el consumo eléctrico en el sector residencial es un fenómeno complejo y difícil de estudiar.

Se observa que entre los estudios realizados en todos aquellos países donde el clima tiene un impacto significativo en el confort térmico humano -sea por el impacto de altas o bajas temperaturas- el uso de la energía que predomina es el del equipo de acondicionamiento ambiental sin importar el nivel de desarrollo económico del país.

Los estudios realizados a partir de recibos de facturación eléctrica, monitoreo de los principales equipos que consumen electricidad y encuestas son factibles de realizarse en México; aunque con un grado mayor de dificultad por la falta de uniformidad en el tipo de viviendas y equipos.

El estudio que no resulta factible de realizarse actualmente en México, es el de la conexión a través de Internet, ya que esto implicaría que en cada hogar de estudio se tenga un equipo de cómputo.

Se concluye que un estudio completo del uso de la energía en el sector residencial requiere de estrategia interdisciplinaria y de trabajo intenso. Algunos estudios en México se complican por la falta de financiamiento y de uniformidad en tipos de viviendas o de equipos utilizados; aunque existen estimaciones globales a partir de datos estadísticos, los investigadores que han trabajado en México son escasos.

Dado que no se tiene el desarrollo tecnológico y económico de países como Estados Unidos o de la Comunidad Europea, pero sí el problema en cuanto al impacto del uso de la energía en los edificios, es necesario contar con el mejor



aprovechamiento de los recursos, y para esto hay que cuantificarlo y conocer cómo se comporta.

En general, en México, dada la extensión del país y la diversidad de condiciones, son contados los estudios que existen de usos finales y los de modelado de consumo eléctrico, sobre todo, en los que se integre la perspectiva técnica y social del consumo eléctrico

En México la reglamentación energética tiene que ser viable para que pueda aplicarse en el contexto actual y no sólo referirse a las construcciones o equipos nuevos; ya que con esto queda un universo significativo sin atender, que va continuar incrementando el uso de la energía, tanto por las condiciones de la envolvente de su edificio como por el tipo de equipos que utiliza. Además, en zonas climáticas en donde debería existir una reglamentación energética por el impacto del clima, no existen regulaciones en términos de adecuación ambiental o de conservación de energía.

Se concluye, que a partir de los noventas, en la región se presentan los primeros acercamientos para lograr apreciación más objetiva de la realidad, resultante de trabajos de investigación formal y no sólo como resultado de una evidencia empírica. Estos estudios han significado un paso importante pero no suficiente, ya que hay que buscar la manera de cuantificar los fenómenos y analizar la realidad más detalladamente.

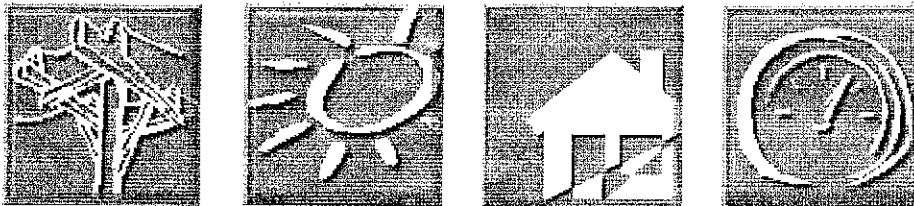
## Capítulo II

# CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN UN CONTEXTO DE CLIMA CÁLIDO SECO

Este capítulo plantea la problemática generada por el uso de la energía eléctrica en el sector residencial. Se presenta el problema, la justificación, los objetivos, la hipótesis y los alcances de la presente investigación. Se toma el sector residencial de Mexicali ya que, bajo un contexto de clima cálido seco, es el caso extremo de condiciones climáticas y de consumos eléctricos per cápita más altos en México.

### 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



El consumo de energía eléctrica en el sector residencial es un problema complejo de estudiar por la distinta naturaleza de las variables que influyen. Depende de variables climáticas, como la temperatura ambiente y humedad relativa; de la interacción de éstas con variables técnicas, como la envolvente arquitectónica de la vivienda y el uso de equipos mecánicos para mantener condiciones de confort térmico para los usuarios.

Además, el consumo eléctrico depende de variables sociales, económicas y culturales, ligadas al estilo de vida, que se refleja en las actividades que se

realizan en la vivienda, para mantener el confort térmico y la conservación de alimentos, así como de todas aquéllas otras que hacen uso de equipo eléctrico. El consumo eléctrico, en el sector residencial, es el resultado del funcionamiento de equipos que consumen electricidad, para satisfacer necesidades humanas.

El consumo eléctrico, en un contexto de clima árido, como Mexicali representa un problema tanto para la empresa generadora y suministradora del servicio eléctrico, Comisión Federal de Electricidad (CFE), como para los usuarios residenciales.

Para CFE, porque el incremento del consumo y demanda en verano, requiere ya sea de: a) tener una mayor capacidad instalada para cubrir la sobredemanda en verano, y subutilizada en el invierno, o b) importar energía en el verano para cubrir los picos de demanda.

Cabe mencionar que si el recurso eléctrico no fuera limitado, así como el nivel de ingreso de los usuarios, en ninguna de las 2 esferas habría problemas. Sin embargo, esta situación no se presenta y además se manifiesta recurrente en la zona. De ahí la importancia de buscar acciones tendientes a disminuir el impacto de los consumos eléctricos residenciales.

En la región para la CFE, el problema en Mexicali son los altos consumos eléctricos y no las tarifas eléctricas. Atribuible al uso excesivo de equipo electrodoméstico y uso de equipo para acondicionamiento ambiental ineficiente, como resultado de la adquisición de equipo usado proveniente de Estados Unidos (de Buen, 1993).

Desde el punto de vista del gobierno estatal y municipal, el problema trasciende su ámbito y sólo han tenido ingerencia directa, cuando se ha otorgado subsidios a los usuarios residenciales.

En resumen, la problemática del sector residencial en Mexicali se concentra en lo siguiente:

- Contexto climático desfavorable al confort térmico en el verano, por las altas temperaturas con promedios máximas de 41 °C en julio y agosto (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH, 1982), y en la década de los noventa con promedios máximas de 42.3 °C y 42.8 °C (Departamento de Meteorología, 2001). Consecuencia de una alta incidencia de la radiación solar máxima de 1100 W/m<sup>2</sup> en junio (Gallegos, 1998) y escasa nubosidad en verano (SARH, 1982).
- Por la ubicación geográfica de Mexicali, siempre se van a tener condiciones climáticas de altas temperaturas en el verano; y se hace necesario el uso de equipos mecánicos para el acondicionamiento ambiental de la vivienda.
- La existencia de la tarifa residencial 1E y 1F, la primera diseñada para condiciones de temperaturas medias de verano de 32 °C, y la segunda, de 33 °C; cuando en Mexicali la temperatura media del verano es superior a los 33 °C, sin considerar que se tienen temperaturas extremas hasta de 52 °C.
- El impacto del consumo eléctrico se agrava por el pago que realizan los usuarios, pues aunque se tiene una tarifa especial para zonas cálidas, no ha resultado suficiente para atenuar el impacto socioeconómico de los consumos eléctricos en el verano, aunado a un poder adquisitivo que ha ido disminuyendo.
- Problema social-económico recurrente anualmente, por el pago de la facturación eléctrica. Lo cual tiene consecuencias diferentes según el nivel de ingreso (Sández, 1998).
- El contexto socioeconómico de Mexicali, lo ubica en una zona de nivel de ingreso alto comparado con el resto del país (zona A) y ubicado en frontera con Estados Unidos. Esta situación facilita la adquisición de mayor equipo eléctrico, y acceso a equipo usado, que a corto plazo tiene un costo inicial

menor; aunque a mediano y largo plazo, el impacto es mayor por el consumo generado.

- Impacto significativo en el consumo eléctrico residencial en Mexicali durante el verano (agosto), tanto por el uso de los equipos de aire acondicionado en un tercio del total de vivienda, como por el uso de enfriadores evaporativos en las dos terceras partes restantes (Romero, 1994). Con base en lo anterior, se deduce que es igualmente importante atender al impacto de los equipos de aire acondicionado y a los enfriadores evaporativos.
- Construcción de vivienda con sistemas constructivos que favorecen mayor ganancia térmica. La mayor parte presenta problemas de adecuación ambiental, consecuencia del impacto de las condiciones climáticas ante la envolvente arquitectónica, que provoca condiciones no confortables en el interior de la vivienda. Sobre todo, cuando está construida con materiales como el concreto en cubiertas y el bloque de concreto en muros.
- Equipos de aire acondicionado que se utilizan en Mexicali, en general, funcionan a baja eficiencia y a temperatura ambiente alta para su diseño (Pérez, 1996).
- Realización de programas para disminuir los altos consumos eléctricos; sin embargo, éstos van dirigidos al 20% de los usuarios residenciales.

El efecto conjunto de todo lo anterior repercute en que en Mexicali se tengan consumos de energía eléctrica per cápita de 3 a 4 veces mayor que el promedio nacional: 1.716 MWh/año comparado con 6.03 MWh/año en Mexicali durante el año 2000 (CFE; 2001), y también superiores a los usuarios residenciales de otras zonas áridas del país. Provoca que el consumo del verano sea hasta 4 veces que el del invierno

Las preguntas fundamentales de investigación que se formularon, fueron:

¿Por qué el usuario residencial en Mexicali tiene el consumo eléctrico per cápita más alto del país?

¿Por qué el usuario residencial en Mexicali, no solo consume más energía eléctrica en verano, sino también en invierno?

¿Será atribuible al clima, a los hábitos de los usuarios, a los niveles de ingreso, la causa de los niveles de consumo eléctrico que se presentan en la ciudad?

¿En qué medida el consumo eléctrico depende de condiciones técnicas, sociales o económicas?

¿Qué acciones resultan factibles de implementar en esta zona para que atenúen el problema?

Para entender el porqué de los consumos eléctricos que se presentan en la zona, se requiere buscar las causas, su impacto y hasta dónde se pueden tener alternativas viables. Por lo anterior la presente investigación busca determinar los factores que influyen en el comportamiento de los consumos eléctricos y su peso relativo a través de la integración de aspectos climáticos y físicos con sociales y económicos

Finalmente, por lo tanto, el consumo eléctrico del sector residencial en Mexicali es un problema de impacto climático, técnico (tipos de equipos y viviendas), social y económico (cantidad de usuarios afectados, nivel de ingreso y hábitos).

## **2.2. JUSTIFICACIÓN**

Para el año 2000 en el ámbito nacional, eran más de 21 millones de usuarios residenciales, lo cual indica que el consumo ha tendido a incrementarse en vez de disminuir.

La importancia del presente estudio radica en que analiza de forma integral la perspectiva de la empresa suministradora (CFE), así como la de los beneficiarios de este servicio: los usuarios residenciales.

Es importante que el problema se investigue sobre todo en sitios donde el clima tenga un impacto determinante y sea un condicionante significativo, como es en el caso de los usuarios que habitan en las zonas áridas del país. El tema tiene como objeto de estudio el caso crítico de zonas áridas, tanto por el impacto de altas temperaturas, como por los altos consumos eléctricos per cápita. Ya que existe la necesidad que el consumo per cápita residencial tienda a disminuir y no a aumentar, como se presenta actualmente.

Son relevantes estudios que se enfoquen a cualquier zona geográfica, sin embargo se vuelven significativos en los contextos de climas áridos y semiáridos, ya que estas áreas representan el 52.5% del territorio nacional (Comisión de Zonas Áridas, 2001). Dadas las condiciones climáticas de las zonas áridas cálidas, resulta indispensable determinar si existen posibilidades de tener ahorros de energía sin afectar los niveles de confort térmico y en qué rangos de consumo es posible, para lograr el equilibrio entre consumo de energía y bienestar térmico.

Finalmente el problema no es solamente cuantificar los kilowatt-hora de consumo eléctrico, sino determinar a qué se deben y cómo impactan, a fin de generar políticas o programas para la conservación de energía acordes a la realidad.

Además que deben tener la misma relevancia y apoyos aquellos estudios que sirvan para clarificar la población y consideran que debe haber diferentes estrategias para el ahorro de energía apropiadas para cada región.

### **2.3. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS**

El objetivo general de la investigación es determinar el impacto relativo de las principales variables que influyen en los consumos eléctricos del sector residencial, con énfasis en el impacto del sistema de acondicionamiento térmico ambiental, en un contexto de clima cálido. Caso de estudio: Mexicali, Baja California, en el período 1990-2000.

**Los objetivos específicos son:**

- A. Evaluar el impacto del consumo residencial de energía eléctrica nacional, regional y enmarcar el caso Mexicali
- B. Desarrollar un modelo general de comportamiento del consumo eléctrico residencial, que relacione y pondere el comportamiento de las principales variables que influyen en los consumos.
- C. Establecer la relación existente entre el consumo eléctrico y la temperatura ambiente, con énfasis en el verano y con referencia al período 1990-2000 en Mexicali.
- D. Determinar en qué medida el consumo de energía eléctrica se debe al impacto del clima, a las características de la vivienda (superficie y materiales de construcción), al equipo de aire acondicionado (tipo, capacidad, horas de uso, eficiencia), al uso de otros equipos eléctricos y/o al nivel de ingresos de los usuarios.
- E. Identificar curvas de comportamiento de consumo de energía eléctrica, a partir del monitoreo en sitio.
- F. Proponer lineamientos generales para reducir los consumos de energía eléctrica en el sector residencial en Mexicali, que puedan ser aplicables a las zonas áridas del país y establecer lineamientos para el sector residencial mexicano.



## **2.4. HIPÓTESIS**

La hipótesis general es que el comportamiento de los consumos eléctricos en el sector residencial depende tanto de factores técnicos y del clima, como de sociales y económicos y para tener una mejor aproximación al comportamiento mencionado se tiene que estudiar integrados el aspecto técnico con el socioeconómico.

Esto significa que el consumo eléctrico en la vivienda depende del impacto del clima sobre el confort térmico de los usuarios, en términos del equipo utilizado para acondicionamiento térmico. El mayor o menor requerimiento de dicho equipo depende del tamaño, del material de construcción y del nivel de adecuación ambiental que presente la vivienda y, en menor proporción, de la cantidad de habitantes de la misma.

Además, desde el punto de vista socioeconómico, el consumo eléctrico depende del nivel de ingresos y poder adquisitivo de la familia y del estilo de vida de sus habitantes.

## **2.5. METODOLOGÍA**

La metodología general consiste en la revisión bibliográfica, trabajo de gabinete, trabajo de campo, procesamiento de la información, obtención y discusión de resultados y formulación de conclusiones y recomendaciones.

Para la revisión bibliográfica se recabó información de estudios realizados internacional, nacional, regional y localmente. Se consultaron las revistas arbitradas y de divulgación en el manejo de la energía en los edificios, de la energía desde el punto de vista económico y psicológico. Se revisaron estudios existentes, sobre todo los realizados a partir de 1990 a la fecha. Se revisó de

forma general la reglamentación y normas existentes relacionadas con la energía y las edificaciones, en términos de la envolvente o de los principales equipos que consumen electricidad en una vivienda.

Se llevó el seguimiento de acciones relacionadas con la energía eléctrica, sobre todo del sector residencial, publicadas en periódicos de circulación nacional y local.

Se recabó y procesó información estadística nacional y estatal proporcionada por CFE y CONAE, vía página electrónica en Internet. Para la información estatal y municipal anual, mensual, ábacos e historiales de consumos se obtuvieron de lo publicado en las Estadísticas Básicas del Gobierno del Estado de Baja California y directamente de CFE División Baja California.

Además, como parte del trabajo de gabinete y como base para el planteamiento del trabajo de campo de la presente investigación, se seleccionó una muestra de la base de datos de la investigación no publicada: "Encuesta sobre el impacto del consumo eléctrico en la economía familiar en Mexicali", desarrollada por el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), como resultado de un convenio efectuado en 1996 con CFE y el Gobierno del Estado de Baja California.

A fin de tener una visión integral del comportamiento de la energía eléctrica en el sector residencial en el caso de estudio, el análisis se abordó en 3 escalas o niveles de estudio, de lo general a lo particular:

Primer Nivel: estudio a través del tiempo del consumo eléctrico residencial 1990-2000 y su relación con la cantidad del usuarios y el clima (temperatura ambiente).

Segundo Nivel: estudio puntual sobre una muestra de viviendas, a través de la aplicación de encuestas a usuarios residenciales (1999-2000)

Tercer Nivel: evaluación térmica-energética de una vivienda a través del monitoreo de consumo de energía en sitio.

## **2.6. ALCANCES**

Se estudia solamente el impacto del consumo de energía eléctrica en el sector residencial. El período de estudio se delimitó de 1990-2000, ya que es un fenómeno que se ha mantenido recurrente y que, en estos últimos años, se va agravando por el crecimiento de la población y aumento de viviendas.

La investigación se enfoca al período de verano en la zona (mayo a octubre). Se circunscribe a los usuarios residenciales de la ciudad de Mexicali, Baja California, ya que en ellos está el 85% de los usuarios del Municipio de Mexicali y es donde se presenta el problema de manera crítica.

Dado el perfil del programa en que se desarrolla la presente investigación, se enfoca a la perspectiva técnica y se consideran los aspectos sociales, económicos, culturales y psicológicos en sus connotaciones más relevantes. Sin embargo, no se hace un estudio profundo en cada categoría, ya que cada perspectiva puede ser un tema de investigación por sí misma.

## **Capítulo III**

# **ESTADÍSTICAS ANUALES DE CONSUMOS ELÉCTRICOS DEL SECTOR RESIDENCIAL**

En este capítulo se muestran las estadísticas del consumo eléctrico del sector residencial en los ámbitos nacional, de los estados del norte y noroeste del país y se enmarca de manera especial el caso Mexicali. El período de estudio fue de 1990-2000.

### **3.1. SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL**

La energía que proporciona el sector eléctrico es fundamental para el desarrollo del país, tanto para satisfacer las necesidades de la población como de los distintos sectores productivos. En México, durante 1990-2000, se observa que la tendencia es de crecimiento tanto en la capacidad instalada, la generación bruta, como en las ventas y cantidad de usuarios.

El crecimiento de la capacidad instalada se presentó de 25,299 MW en 1990 a 36,268.5 MW en el año 2000. La generación bruta fue de 114,317 a 188,165.5 GWh; las ventas de 92,127 GWh a 155,349 y la cantidad de usuarios de 16,285,502 a 23,881,053 respectivamente (ver Tabla 3.1). Estas cifras indican que la capacidad instalada creció a un 4.2%, la generación bruta y las ventas a un 5.1% y los usuarios en un 3.9%. En cuanto a la fuente de generación de electricidad siguen predominando las termoeléctricas.

Esto significa que crecen a un mayor ritmo las ventas de energía o consumo eléctrico que la capacidad instalada, lo que indica que debe aumentarse ésta última para satisfacer el crecimiento del consumo eléctrico.

**Tabla 3.1 Sector eléctrico nacional, 1990-2000**

Año	Capacidad instalada (MW)	Generación bruta* (GWh)	Ventas (GWh)	Usuarios
1990	25,299.0	114,317	92,127	16,285,502
1991	26,799.0	118,412	94,768	17,153,833
1992	27,068.0	121,697	97,570	17,974,860
1993	29,204.0	126,566	101,277	18,690,375
1994	31,648.8	137,522.12	109,533	19,434,165
1995	33,037.3	142,344.29	113,365	20,143,497
1996	34,791.0	151,888.83	121,573	20,667,518
1997	34,815.1	161,385.56	130,255	21,387,531
1998 <sup>1</sup>	35,255.2	170,519	137,209	22,154,658
1999 <sup>1</sup>	35,675.1	181,987.9	144,996	22,916,937
2000	36,268.5 <sup>2</sup>	188,165.5 <sup>3</sup>	155,349 <sup>1</sup>	23,881,053 <sup>1</sup>

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas por Entidad Federativa, 1991, 1992,

1993, 1994, 1995, 1996, 1997; <sup>1</sup> [www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html), marzo 30, 2001;

<sup>2</sup> Secretaría de Energía, <http://www.energia.gob.mx/estadisti/electricidad/capacidad.htm>, mayo 31, 2001

<sup>3</sup> Secretaría de Energía, <http://www.energia.gob.mx/estadisti/electricidad/generacion.htm>, mayo 31, 2001

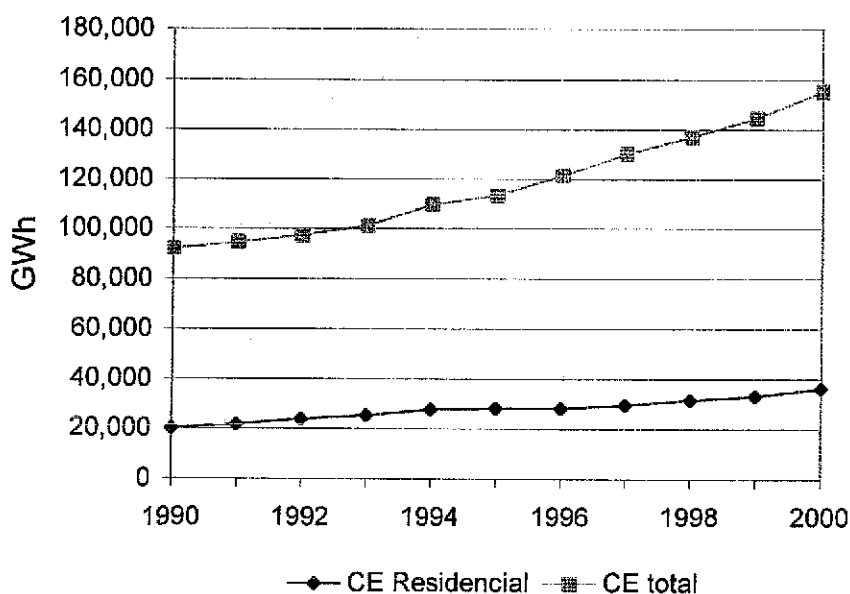
\* La generación bruta del sector público.

Las ventas o el consumo eléctrico por año no crece a tasas uniformes; existen factores como el aumento de usuarios, la inflación y el precio de la energía, que influyen para un desigual crecimiento. Las mayores tasas han sido de 8.15% de 1993-1994, un 7% de 1996-1997, y un 5.3% de 1998-1999.

En el país, los principales consumidores de energía eléctrica son los sectores industrial y residencial, con predominio del primero; esta tendencia se ha mantenido desde la década de los ochentas a la fecha. En 1990, el sector industrial representó el 57.2% y el residencial el 22.1%; para el año 2000, el industrial fue el 60.7% y el residencial el 23.1% (ver Tabla 3-A en Anexo A).

Aunque tiene un problema y un impacto diferente, cabe mencionar la necesidad de realizar estudios tanto para el sector industrial como residencial. El sector industrial, tiene un intensivo consumo eléctrico y corresponde al 1% de los usuarios del sector eléctrico; mientras que el sector residencial, que incluye alrededor del 88% de los usuarios consume aproximadamente la cuarta parte del consumo total.

Dado que en el sector residencial está la mayor parte de usuarios afectados, la presente investigación se enfocó a este sector.



Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas por Entidad Federativa, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997; 1998-2000, [www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html) marzo 30, 2001

**Figura 1. Consumo de energía eléctrica total y sector residencial, México, 1990-2000 (GWh)**

En el período de 1990-2000, la participación del sector residencial en el consumo eléctrico total, ha oscilado entre un 22.1% (1990) a un 25.3% (1994) y el promedio del período fue del 23.7%. Mientras que la proporción de usuarios se ha mantenido constante en un 88% (ver Tabla 3-B en Anexo A).

## 3.2. SECTOR RESIDENCIAL EN MÉXICO

### 3.2.1. Consumos eléctricos del sector residencial

El comportamiento del consumo eléctrico y de los usuarios del sector residencial en el país (CFE,1991-2001) se muestra en la Tabla 3.2. Mientras que los consumos eléctricos se incrementaron de 20,398 GWh en 1990 a 36,128.34 GWh en el año 2000 (tasa de crecimiento de 5.05%) los usuarios residenciales crecieron de 14,316,889 a 20,235,689 (tasa de crecimiento de 3.52%).

**Tabla 3.2. Consumo de energía eléctrica del sector residencial en México, 1990-2000, (GWh)**

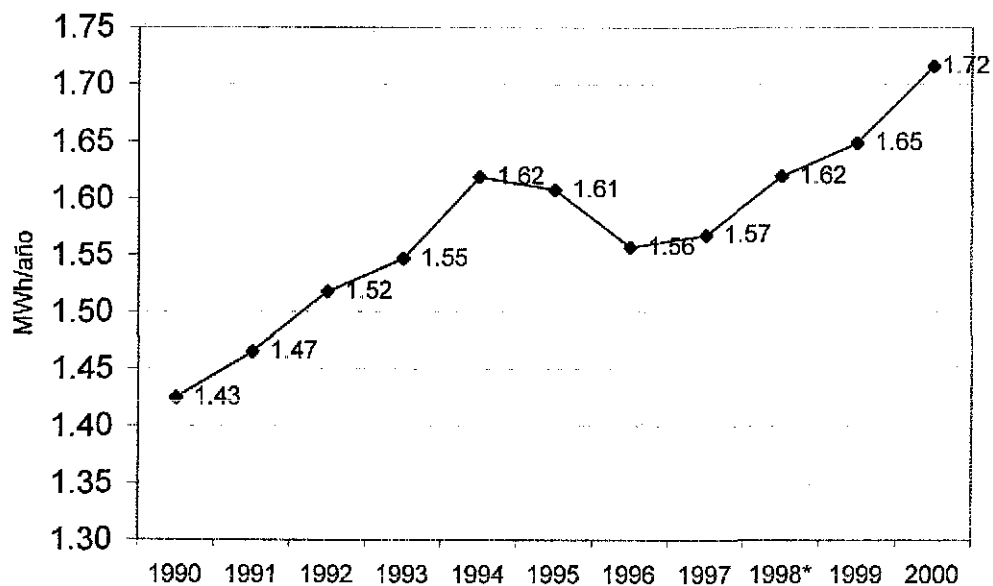
Año	Consumo (GWh)	Usuarios	Consumo per cápita (MWh/año)
1990	20,398	14,316,889	1.425
1991	21,983	15,098,180	1.465
1992	24,050	15,842,434	1.518
1993	25,510	16,493,685	1.547
1994	27,780	17,157,212	1.619
1995	28,461	17,807,637	1.608
1996	28,483	18,292,999	1.557
1997	29,643	18,907,251	1.568
1998*	31,690	19,562,076	1.620
1999*	33,370	20,235,689	1.649
2000*	36,128	21,055,344	1.716
Promedio	27,954	17,706,309	1.570

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas por Entidad Federativa, 1991, 1992, 1993,1994,1995,1996,1997, \* [www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html), marzo 30,2001

En un período de 11 años, el consumo residencial creció en un 77% y la capacidad instalada de servicio eléctrico en un 41%. Estos ritmos tan diferentes

de crecimiento hacen que exista un desfase importante entre ambos que tenderá a acentuarse si no se atiende el problema del sector residencial e industrial.

Consumo eléctrico per cápita. El consumo per cápita nacional (cociente entre el monto total de consumo eléctrico y la cantidad de usuarios correspondientes) fue 1.425 MWh/año en 1990, de 1.716 MWh/año en el año 2000 y promedio del período de 1.570 MWh/año (ver Tabla 3.2 y Figura 2).



Fuente: elaboración propia a partir Tabla 2.2.

**Figura 2. Tendencia del consumo eléctrico per cápita sector residencial, México, 1990-2000, (MWh/año)**

Sin embargo, hasta 1995 se observó una tendencia de crecimiento del consumo per cápita; de 1996 a 1997, en cambio, se consumió menos energía por usuario promedio, y a partir de 1998 se vuelve a presentar una tendencia de crecimiento (ver Figura 2)



### 3.2.2. Tarifas residenciales

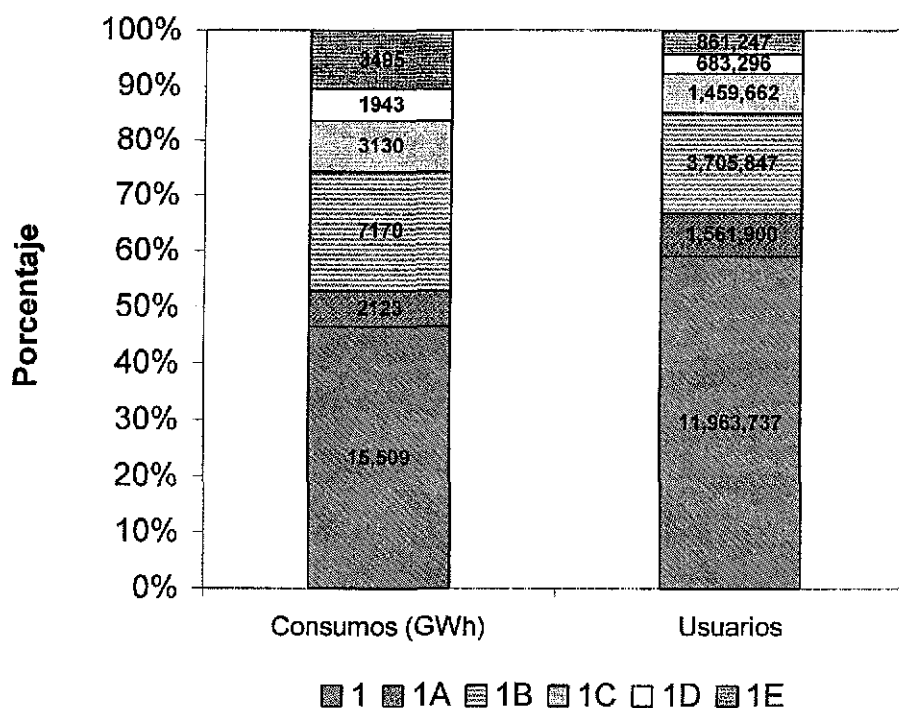
Los consumos eléctricos totales están distribuidos en los 6 tipos de tarifas residenciales que existen actualmente en México (1, 1A,1B,1C,1D y 1E), las cuales están definidas con base al criterio de la temperatura media mínima de verano y con rangos específicos para cada tipo de tarifa (ver Tabla 3-C en Anexo A).

Con respecto a las tarifas residenciales de 1990 alrededor del 60% de usuarios fueron de tarifa 1, el 13% de 1A, el 15% de 1B, el 8% de 1C y el 4% de 1D (lugares con temperaturas promedios de 30 °C). Sin embargo, a partir de 1995 se extiende el criterio de temperatura para climas cálidos a 32 °C con la entrada en vigor de la tarifa 1E (Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, 1995). En la Tabla 3-D (Anexo A) se presenta el comportamiento de los distintos tipos de tarifas residenciales de 1990-1999. Con base en 1999, en la Tabla 3.3. se observa el impacto de los distintos tipos de tarifas. En la tarifa 1 se encuentra el 59.1% de los usuarios y éstos representan el 46.5% del consumo; los usuarios de tarifas 1D y 1E, representaron el 3.4% y 4.3% de los usuarios y el 5.8% y el 10,5% del consumo respectivamente (ver Figura 3).

**Tabla 3.3. Consumos eléctricos y usuarios, según tarifa residencial, México, 1999**

	Consumos		Usuarios		Consumo per cápita
	(GWh)	%		%	(MWh/año)
1	15,509	46.5	11,963,737	59.1	1.296
1A	2,123	6.4	1,561,900	7.7	1.359
1B	7,170	21.5	3,705,847	18.3	1.935
1C	3,130	9.4	1,459,662	7.2	2.144
1D	1,943	5.8	683,296	3.4	2.844
1E	3,495	10.5	861,247	4.3	4.058
Total	33,370	100	20,235,689	100	2.273

Fuente: [www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html), marzo 30,2001



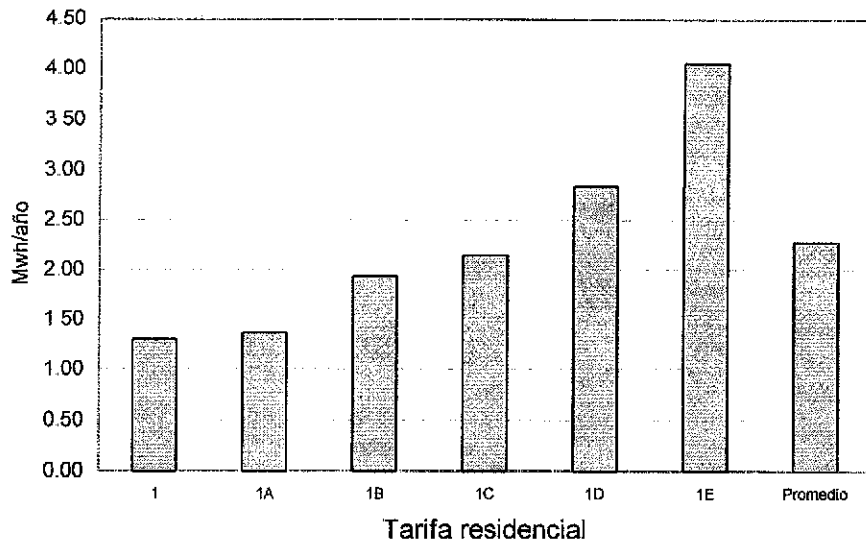
Fuente: elaboración propia a partir de Tabla 3.3.

**Figura 3. Proporción de consumos eléctricos y usuarios, según tarifa residencial, México, 1999**

Esta situación, vista desde una perspectiva nacional, aparentemente representaría una mayor atención considerando el monto de usuarios afectados y volumen de consumo de tarifa 1 que a los de 1D o 1E.

Sin embargo, es necesario observar el comportamiento de las tarifas en climas cálidos, aunque en el ámbito nacional representan porcentajes bajos; son tan significativos como los primeros o más, ya que por sus condiciones naturales su consumo per cápita está por arriba del resto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fuente: elaboración propia a partir de Tabla 3.3.

**Figura 4. Consumos eléctricos per cápita, sector residencial, según tarifa, México, 1999 (MWh/año)**

Cabe destacar que existe un impacto significativo del consumo por usuario, según el tipo de tarifa correspondiente. En la Figura 4 se observa que en México existen diferencias significativas en el consumo per cápita según el tipo de tarifa, lo que hace destacar que un usuario de la 1E, consume 3.13 veces más energía que uno de la tarifa 1.

Se observa que el criterio de temperatura media mínima que rige las tarifas es necesario, pero no debe ser el único criterio; ya que, los usuarios en tarifa 1E, requieren un especial tratamiento por el alto nivel de sus consumos per cápita. Consecuencia, principalmente por los efectos del clima y de los equipos de acondicionamiento térmico ambiental (aire acondicionado y enfriadores evaporativos) utilizados para mantener condiciones confortables en las viviendas.

Precio de la tarifa residencial. El precio de la tarifa residencial hasta 1996 tenía un incremento en determinados períodos, por lo general, al finalizar el año. Sin embargo, a partir de esa fecha las tarifas residenciales han presentado un incremento mensual acumulativo (Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, 1996).

Para el caso de la tarifa 1E, en el mes de mayo 2000, en el rango de consumo básico (0-300 kWh) tuvo un precio de \$0.294 por kWh consumido; el consumo en los siguientes 900 kWh se incrementó un 30% (\$0.376 por kWh). Sin embargo, en el siguiente rango el kWh consumido costó \$0.889, es decir, 2.4 veces más respecto al anterior. En los consumos que exceden a los 2,500 kWh, el precio de cada kWh fue de \$1.405 (CFE, 2000c).

Esta situación refleja que, además de los incrementos mensuales establecidos, el precio de kWh consumido aumenta significativamente de un rango a otro. El caso crítico es la situación que presentan los consumos que están en los rangos de 301-1200 kWh de consumo en verano, ya que al rebasar el tope de los 1200 kWh el costo del kWh es más del doble (ver Tabla 3-E en Anexo A)

### **3.3. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR RESIDENCIAL POR ENTIDADES FEDERATIVAS, CON ÉNFASIS EN LOS ESTADOS DEL NORTE Y NOROESTE DE MÉXICO**

#### **3.3.1. Consumo eléctrico residencial en entidades federativas**

El consumo de energía eléctrica varía en el país notablemente, dependiendo, entre otros factores, de la ubicación geográfica y del contexto socio-económico.

Con respecto a las entidades federativas, en el país existen dos tipos de comportamiento de los consumos eléctricos: a) a mayor cantidad de usuarios, mayor consumo eléctrico, b) pequeña proporción de usuarios que generan un

volumen considerable de consumo eléctrico. Estos últimos, son los que tienen los consumos per cápita más altos del país y se refieren a los estados ubicados en zonas áridas.

Dentro del primer grupo están: el Distrito Federal, el Estado de México, Nuevo León y Jalisco; tienen un consumo alto, pero también gran cantidad de usuarios, lo cual significa que se tiene un consumo per cápita inferior. En el segundo grupo están entre otros: Sonora y Baja California, donde se tienen consumos eléctricos importantes, pero una cantidad menor de usuarios.

Estados del norte y noroeste de México en zonas áridas. Los principales estados ubicados en esas zonas y en frontera con Estados Unidos, son: Baja California, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas; además de Baja California Sur y Sinaloa, que no están en la zona fronteriza. Estos estados han presentado altos consumos de energía; con referencia a 1999, Baja California tuvo un consumo anual de 2,107 GWh, Sonora 1,997 GWh, Sinaloa 1,630, Chihuahua 1,368 GWh, Coahuila 1,179 GWh, Baja California Sur 329 GWh (ver Tabla 3-F en Anexo A).

En total, en dichos estados, que representan el 25.7% del consumo residencial nacional, se observa una tendencia creciente en los consumos eléctricos. Por otra parte, los consumos más altos del norte del país se presentan en el estado de Baja California.

Mientras que el consumo per cápita fue en Sonora de 3.56 MWh/año, en Baja California fue de 3.34 MWh/año, en Baja California Sur de 3.04 MWh/año, en Sinaloa de 2.82 MWh/año, en Nuevo León 2.47 MWh/año y en Tamaulipas de 2.47 MWh/año (ver Tabla 3.F en Anexo A). Todos estos valores están por arriba del promedio nacional de 1.568 MWh/año, del año mencionado. Cabe aclarar, que los consumos por usuarios o per cápita aumentan notablemente en el período de verano (mayo a septiembre).

### **3.3.2. Consumo eléctrico residencial en Baja California**

En Baja California, el 89% de los usuarios de energía eléctrica son residenciales. Con respecto a 1999 fueron 623,295 usuarios, de los cuales el 65% está en la tarifa 1 y el 35% restante en la tarifa 1E. Sin embargo, proporcionalmente los de la tarifa 1 consumen el 42% y los de la tarifa 1E, el 58% restante. Es decir, que aunque en proporción son una tercera parte de usuarios, éstos consumen aproximadamente el 60% del total del Estado. Cabe aclarar, que la tarifa 1E en Baja California, se aplica solamente en el municipio de Mexicali (ver Tabla 3-G en Anexo A).

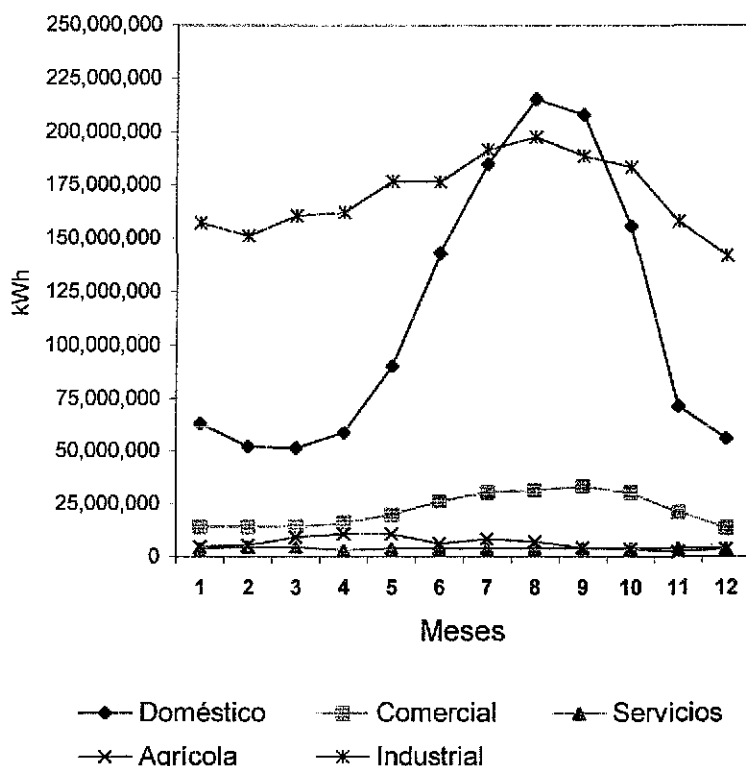
Cabe destacar la importancia que tiene el sector residencial en el Estado. Mientras en los municipios de Tijuana, Tecate y Ensenada la participación del sector residencial oscila alrededor del 25%, en Mexicali ha representado del 38 al 44% del consumo total (ver Tabla 3-H en Anexo A).

### **3.4. CONSUMO ELÉCTRICO RESIDENCIAL EN MEXICALI, B.C.**

De 1990 a 1993 el sector residencial era el mayor consumidor de energía eléctrica en Mexicali; en 1994 tuvo una proporción igual que el sector industrial con un 44% cada uno de ellos, y para 2000, el sector industrial representó el 54% del consumo total y el residencial el 35.7% (ver Tabla 3-I en Anexo A). Sin embargo, el sector residencial tiene al 90% de los usuarios de electricidad, que en 2000 eran 224,276.

Con respecto al año 2000, se puede observar claramente un comportamiento estacional en el sector residencial y en menor proporción en el sector industrial. Esto implica que en los meses de verano, el consumo residencial crece notoriamente con respecto a los otros meses. Sin embargo, en el sector industrial, aunque presenta los consumos más altos, su comportamiento es más uniforme durante el año (ver Figura 5).

Con relación al comportamiento del consumo eléctrico anual en Mexicali, se observa que ha crecido de 805.302 GWh en 1990 a 1,352 GWh en 2000, y los usuarios de 149,270 en 1990 a 224,176 en 2000. Con relación al comportamiento del consumo per cápita fue en 1990 de 5.39 MWh/año, en 1999 de 5.62 MWh/año y en 2000 de 6.03 MWh/año; el promedio fue de 5.37 MWh/año (ver Tabla 3.4).



Fuente: CFE, División Baja California, Departamento de Estudios y Estadística, 2001

**Figura 5. Consumos eléctricos por sectores, Mexicali, B.C., 2000**

**Tabla 3.4. Consumos de energía eléctrica, sector residencial Mexicali, 1990-2000, (GWh)**

Año	Consumo (GWh)	Usuarios	Índice per cáp (MWh/año)
1990	805.302	149,270	5.39
1991	795.627	157,227	5.06
1992	903.485	164,817	5.48
1993	893.853	170,562	5.24
1994	944.611	176,404	5.35
1995	980.309	183,279	5.35
1996	1,070.708	190,507	5.62
1997	1,101.478	198,578	5.55
1998	1,093.508	205,845	5.31
1999	1,209.154	215,097	5.62
2000	1,352.024	224,176	6.03
Promedio	9,798.035	181,159	5.37

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Departamento de Estadísticas, Mexicali, 2001

Durante el período de estudio, el consumo creció a una tasa del 3.9% y los usuarios a 4.1. % Se observa que los consumos tienden a incrementarse de un año a otro. Sin embargo, entre 1990-1991, el consumo total disminuyó en 9.67 GWh. Al año siguiente, en términos absolutos el consumo total aumentó 107.9 GWh (tasa de un 13.6%). De 1995-1996 se dio una tasa de crecimiento de 9.22% y de 1996-1997 fue de 2.87%. En 1998, el consumo absoluto se redujo en 8 GWh.

Como se observa, las tasas de crecimiento del consumo eléctrico varían notablemente, y el mayor crecimiento del consumo se dio entre 1995-96. Mientras que la de los usuarios ha presentado menos variaciones (ver Tabla 3-J en Anexo A) .



### 3.5. CONCLUSIONES PARCIALES

En el ámbito nacional, el sector residencial tiene un crecimiento significativo, ya que en un período de 11 años creció en promedio un 77%, que con la infraestructura actual no será suficiente a mediano plazo. Con relación al consumo per cápita nacional durante el período, se ha mantenido entre 1.143 a 1.619 MWh/año, mientras que en los estados ubicados en zonas desérticas y en frontera con Estados Unidos, está alrededor del doble; en Mexicali fue de 5.62 MWh/año. Los estados del norte presentan consumos superiores al promedio nacional y, entre ellos, Baja California tiene los mayores consumos de energía.

Desde una perspectiva nacional, el caso Mexicali representa una baja cantidad de usuarios y de consumo (5% y 3.45% respectivamente del total). Asumiendo que para quienes establecen las políticas energéticas en el país, este universo pudiera resultar poco significativo, es conveniente destacar que en un análisis a mayor profundidad de ese universo, se obtiene que esa proporción de usuarios, tiene los consumos eléctricos per cápita más altos del país.

Aunque el sector residencial en Mexicali ha crecido a una tasa de un 3.9% anual menor que la nacional (5.7%), esto no significa que no se tengan problemas de consumos en la zona. Mientras que el promedio nacional de consumo diario fue de 4.236 kWh, en Mexicali fue de 14.712 kWh. Lo anterior, es atribuible al impacto de los equipos de acondicionamiento térmico ambiental y a los de conservación de alimentos (refrigeradores). Además en términos generales, al paso del tiempo, el usuario consume en promedio más energía eléctrica.

Finalmente, el impacto que ha tenido el sector residencial en Mexicali, sobre todo durante el verano es significativo; ya que en los meses de agosto y septiembre, su consumo eléctrico es más alto que el sector industrial.

## Capítulo IV

# ENERGÍA, EDIFICACIÓN Y USUARIO

En este capítulo se aborda el marco teórico y conceptual de la investigación, se presentan algunos conceptos básicos de energía; se analizan modelos sobre comportamiento térmico y su incidencia en el consumo de energía eléctrica, desde la perspectiva ingenieril, y modelos enfocados a considerar los aspectos sociales, culturales y económicos del consumo de energía. Además, se presenta un panorama de los principales factores determinantes del consumo eléctrico residencial.

### 4.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA

Se presentan los conceptos básicos relacionados con la energía, consumo y demanda, en términos de su connotación física, económica y social. Así como la forma en que utiliza la energía o patrones de comportamiento.

La energía se concibe como la capacidad para realizar un trabajo. Existen distintas fuentes de energía que se pueden utilizar en la vivienda, entre las principales están el gas y la electricidad. La presente investigación se enfoca solamente al consumo de la energía eléctrica.

El consumo de energía, en términos generales tiene diversas connotaciones:

a) Desde el punto de vista físico o técnico, se refiere al comportamiento energético o uso de equipos; en términos de kilowatt hora (kWh) y aparece en los recibos de facturación eléctrica (ASHRAE, 1999).

b) Desde el punto de vista económico, utilizar un bien para satisfacer las necesidades de las personas o gozar un bien de consumo, extraerle la utilidad directa de que es capaz (Ricozza, 1990).

c) Desde el punto de vista social, empleo consuntivo de bienes y servicios para la satisfacción de las necesidades humanas (Fondo de Cultura Económica)

Desde el punto de vista técnico, se refiere al consumo eléctrico medible y cuantificable que se tiene por el uso de equipos que consumen electricidad registrado en el kilowattorímetro (medidor que proporciona CFE en México); es el resultado de la sumatoria de la potencia de los distintos equipos eléctricos (watts) por su tiempo de uso (horas).

La demanda de energía eléctrica, se refiere a la potencia requerida por el funcionamiento de equipos (kW). Aunque la demanda tiene distintas connotaciones, entre ellas desde el punto de vista económico, la demanda es una función matemática de más variables, entre ellas del precio del bien demandado y el monto de los medios de pago que se dispone (ingreso)

El uso de la energía se refiere a la forma en que el usuario utiliza la energía para obtener determinados satisfactores y esto se refleja en consumo eléctrico. Por ejemplo el uso de energía eléctrica para la iluminación, con el uso de focos; para la conservación de alimentos, como el refrigerador; para el acondicionamiento térmico ambiental, como equipos de refrigeración; para actividades de limpieza, o actividades de entretenimiento, como el uso de la televisión, video, entre otros, para actividades relacionadas con la preparación y cocción de alimentos.

Con respecto a los patrones de consumo de energía, se refiere a como se usa determinado recurso o equipo (que equipo, tiempo de uso y con que frecuencia). Por lo general los estudios sociales sobre la energía se hacen a través de los patrones de comportamiento y en este caso patrones de consumo de energía eléctrica.

## **4.2. MODELOS DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

El consumo de energía eléctrica es un fenómeno técnico y social complejo, conformado por variables de distinta naturaleza, con aspectos físicos y humanos, que se han estudiado por lo general desde la perspectiva ingenieril o desde las ciencias sociales.

### **4.2.1. Perspectiva ingenieril: modelos que evalúan el comportamiento térmico y/o consumo de energía en la edificación**

Existen varios modelos para estimar el comportamiento térmico y energético; los modelos, aunque varían en grado de complejidad, consideran la carga térmica del espacio y del equipo secundario y principal. La selección del método o métodos depende del objetivo del estudio, de la precisión requerida y de los recursos humanos, técnicos y financieros disponibles; ya que entre mayor precisión más costo.

El grado de complejidad se refleja cuando se decide seleccionar entre el método en estado estable, basado en los grados días, o el método dinámico, basado en las funciones de transferencia (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE, 2001). El primero, considera de forma estática las variaciones de transferencia de calor del exterior al interior de la vivienda, así como la generación interna. El segundo, considera las variaciones de lo anterior y el almacenamiento de energía.

El estado estable, implica una menor complejidad en su estudio, que el estado dinámico. Se considera que el primero es factible para estudios de consumos mensuales y anuales, para cuantificar de forma general requerimientos de aire

acondicionado; y el segundo, para un mayor nivel de precisión, para estudios de uso de energía diarios u horarios.

Los modelos mencionados cuantifican los procesos de transferencia de calor y de generación interna. Esto se entiende en términos de la cantidad de energía que hay que agregar o extraer de un espacio para mantener condiciones de confort térmico y su reflejo en el equipo de acondicionamiento ambiental requerido para tal efecto.

El proceso se da a partir de la cuantificación de los efectos externos como el sol y el viento, de superficies y materiales de la envolvente de la vivienda, cantidad de habitantes, cantidad de equipos y horas de uso, entre otros aspectos.

Cabe destacar que estos estudios son importantes porque cuantifican los aspectos físicos de la interacción del medio natural con las características físicas de las viviendas, con la cantidad de equipo y con el requerimiento de equipo de acondicionamiento térmico; en términos concretos, se reflejan en kilowatt horas consumidos, que finalmente son los que registran los medidores y sobre los que se cobran determinadas tarifas.

Cabe mencionar que los estudios del uso de energía en los edificios, pueden servir para el análisis de medidas de ahorro de energía, para detectar fallas en el funcionamiento de los equipos, para determinar las eficiencias en la que están funcionando los equipos y para los estudios de administración de la demanda.

Es factible tener distintas aproximaciones al uso de la energía desde el punto de vista técnico, ya sea que se realicen los estudios sobre el uso de la energía en los edificios a partir de la modelación -con el uso de la simulación térmica- o con la evidencia empírica -inverso a la modelación (ASHRAE, 2001).

Existen en el mercado distintos tipos de simuladores de comportamiento térmico y energético; entre ellos están el TRNSYS, BLAST, Suncode, distintas versiones del DOE: Ezdoe, Doeplus, Power Doe, Energy Plus.

Entre los simuladores más completos para conocer el comportamiento térmico-energético están el DOE2.1e en la interface Doeplus y el Power Doe.

Sea que se realice la evaluación del uso de la energía a partir de la modelación con el apoyo de simuladores térmicos o a partir de la evidencia empírica -inverso a la modelación (ASHRAE, 2001), en ambos casos se tienen resultados valiosos.

Las metodologías o protocolos, utilizan la evidencia empírica y se aplican para construcciones existentes. Entre ellas están las desarrolladas por la American Society Testing Material (ASTM) y por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

#### 4.2.1.1. DOE 2.1 interface Doeplus

En general el DOE es un programa cómputo para modelar el comportamiento térmico de edificios y el consumo de energía en los sistemas de aire acondicionado. Presenta la viabilidad que puede dar resultados horarios, diarios, mensuales y anuales.

Estudia el edificio por elementos, considera el análisis del espacio dividido en zonas y no solo el perímetro o la envolvente del edificio y los efectos de sombreado de elementos externos (árboles, bardas y construcciones inmediatas).

Como resultado se pueden obtener flujos de calor a través de los distintos elementos de la construcción, comportamiento de cargas térmicas, uso de la energía por iluminación y sistemas de aire acondicionado (Heard, 1999).

Simulador que funciona a través de 4 módulos principales: el de cargas, sistemas, plantas y económico. Entre los datos de entrada, requiere datos básicos, como la ubicación, propiedades termofísicas de los distintos materiales, conformación de sistemas constructivos. Así como la programación de las cargas internas, de iluminación, ocupantes y equipos), entre otros aspectos.

Resulta útil su utilización, por el grado de detalle en que presenta los resultados del comportamiento térmico y del consumo de energía.

#### 4.2.1.2. Metodología ASTM para la evaluación del uso de la energía en edificios residenciales

Se requiere hacer mediciones del consumo de energía directamente de los equipos que consumen electricidad, sobre todo para evaluar el uso de la energía por aire acondicionado (sea por equipo de aire acondicionado o de calefacción) así como por el calentamiento de agua en edificios residenciales. Para efecto de la presente investigación sólo se menciona los aspectos que inciden en el consumo de electricidad residencial.

En el cuadro 1 se presenta un concentrado de los principales requerimientos para realizar la evaluación energética en función de lo establecido por las normas de ASTM

**Cuadro 1. Información básica para realizar la evaluación del uso de la energía en edificios residenciales según ASTM, norma E 1410**

TIPO	OBJETO	DATOS BÁSICOS	DATOS COMPLEMENTARIOS
Registros continuos	Acondicionamiento del espacio	-Consumo de energía del sistema de enfriamiento -Uso de la energía en los espacios no acondicionados -Temperatura interior -Recibos de facturación eléctrica	-Equipo auxiliar para acondicionar -Humedad interior -Temperatura interior (varios puntos) -Penetración solar -Uso de la energía en el exterior
	Condiciones climáticas	-Temperatura del aire exterior -Velocidad de viento -Humedad exterior	-Radiación solar -Velocidad y dirección de viento en sitio
Registros una sola vez	Descripción del edificio	-Áreas -Características de la envolvente -Uso exterior de la energía	-Datos complementarios del edificio -Prueba de presurización (Método de prueba E779) -Prueba de infiltración (E 741) -Sombreado -Protección del viento -Termografía
	Descripción del sistema de acondicionamiento	-Equipo -Información de la placa -Termostato -Equipo auxiliar	-Eficiencia del equipo
	Ocupantes	-Número de ocupantes	-Cuestionario

Fuente: ASTM, Standard practice for specifying data for evaluation of energy used in residential buildings (E 1410-91 reapproved 1997), 2000

Las variaciones en la envolvente del edificio, en la temperatura interior, en el clima, en el comportamiento de los usuarios y en el funcionamiento de los equipos pueden causar grandes variaciones en el comportamiento de la energía



Destacan datos básicos y complementarios, además de mediciones continuas y mediciones de una sola vez. Esta práctica puede ser utilizar en el diseño de experimentos para medir el uso de la energía por el acondicionamiento del espacio y por calentamiento de agua en edificios residenciales. Finalmente se entrega un reporte: condiciones del espacio (consumo de energía por refrigeración, por otros equipos, la temperatura interior, recibos de facturación), las condiciones climáticas; y como datos únicos: descripción del edificio, de los equipos, de los usuarios.

Para efecto de monitoreo, se requiere del sistema de enfriamiento los siguientes datos: consumo de energía por aire acondicionado y otros equipos, registros de temperatura interna, registros de velocidad de viento y temperatura ambiente provenientes de la estación meteorológica más cercana al sitio en donde se ubique la vivienda de estudio. Así como los datos de las áreas y características de la envolvente de la vivienda; de los equipos de aire acondicionado, los datos del equipo, provenientes de la placa; el uso exterior de la energía, número de ocupantes y los recibos de facturación eléctrica.

#### 4.2.1.3. Metodología para medir el comportamiento energético, según ASHRAE

El propósito de esta metodología, es presentar un método consistente para realizar el análisis del comportamiento energético de un edificio. Se puede realizar a través de mediciones del comportamiento energético de un edificio existente; con base en los recibos de facturación de 12 meses consecutivos. También se pueden realizar estimaciones del comportamiento energético de un edificio nuevo, a través de estimar forma de energía (enfriamiento del espacio, iluminación, y refrigeración, entre otros), con algún método de simulación térmica (ASHRAE, 1999).

Finalmente, tanto con lo propuesto por ASTM como por ASHRAE se observa la necesidad de realizar un trabajo de campo exhaustivo para conocer las características de las viviendas, las actividades de los usuarios, el tipo de equipamiento para acondicionar la vivienda y el uso del otro equipo electrodoméstico. Estos estudios pueden ser basándose en monitoreo para definir usos finales, o partir de las facturaciones mensuales para conocer tendencias.

**Cuadro 2 Herramientas para evaluar el uso de la energía en el sector residencial**

Herramienta	Tipo	Observaciones
Simuladores de comportamiento térmico-energético	TRNSYS Suncode Doe2.1	El trabajo de gabinete tiene la ventaja de un menor costo comparado con el trabajo de campo. Necesita de conocimientos especializados
Protocolos de monitoreo del uso de la energía	ASTM ASHRAE	Se apoya en datos, pero requiere de trabajo de campo con monitoreo energético, que exige equipo especializado y de alto costo

Cabe mencionar, que como lo reportan varios autores, es conveniente que la evaluación térmica se apoye con un trabajo de campo, que incluya entrevista, encuestas y seguimiento al usuario residencial.

Por lo cual en la presente investigación la evaluación térmica energética, será aplicada en la escala de casos de estudio con la integración de las metodologías de ASTM y ASHRAE, y de hicieron adaptaciones de acuerdo a los recursos disponibles en la región.

#### **4.2.2. Perspectiva de las ciencias sociales: modelos que evalúan el comportamiento del consumo de energía en la edificación**

Se estudia el uso de la energía como un fenómeno basado en lo humano, inmerso un contexto social, económico, cultural y psicológico. Es decir, a qué se debe el uso de la energía, en términos de patrones de comportamiento y no solamente de kilowatt horas consumidos.

Desde la perspectiva de las ciencias sociales y del usuario, el consumo residencial depende de los patrones de consumo eléctrico, consecuencia del estilo de vida; de hecho la mayor parte de los autores coinciden en esta afirmación (Dholakis, citado por Hitchcok, 1993; Sáñez, 1996, entre otros).

Cabe destacar la interrelación entre uso de energía y comportamiento del usuario, reflejo del estilo de vida, de los hábitos del usuario y de las características del hogar y del ciclo de vida de la familia. Además se han identificado 3 tipos de comportamientos relacionados con la forma de utilizar la energía: a) a la hora de comprar equipo electrodoméstico (si considera que es ahorrador de energía), b) con relación al mantenimiento de los equipos, y c) al uso diario y concientización sobre el ahorro de energía. Este último aspecto es el que se refiere a los patrones de comportamiento y hábitos de los usuarios al realizar las actividades de limpieza, dormir, cocinar y entretenimiento, entre otras. Como dijo Raaij (1983), en términos de consumo eléctrico es más importante el comportamiento que la actitud del usuario

En resumen, se tienen efectos separados en el uso de la energía, las condiciones de la vivienda por un lado y por otro el comportamiento de los usuarios; sin embargo, hay efectos interactivos entre ambos (viviendas más aisladas tienen el punto del termostato más bajo). Además se encontró que el

comportamiento de los usuarios y las características de la vivienda son más determinantes en el uso de la energía que las actitudes.

Entre quienes estudian la naturaleza económica del consumo residencial, consideran la oferta y demanda de energía eléctrica, el impacto del precio de la energía, el nivel de ingreso y poder adquisitivo de los usuarios.

#### **4.2.3. Modelos integrados**

La importancia de contar con modelos integrados radica en considerar la distinta naturaleza de las variables que influyen en el consumo residencial en un mismo estudio. Ya que cuantificando los aspectos físicos, puede calcularse el uso de la energía de la vivienda y, considerando los aspectos sociales, ligados al estilo de vida, se puede conocer algunas de las causas y la explicación del consumo eléctrico. Tanto Cramer como Hitchcock planteaban la necesidad del manejo de modelos integrales.

Cramer (1984), analizó la interrelación entre todas las variables y el uso de la energía y entre las variables sociales y el uso del aire acondicionado; este autor consideró que se obtienen mejores resultados si primero se establece una ecuación o modelo para explicar los factores físicos y otra después para las variables sociales y no integrarlas en la misma ecuación de regresión. Con respecto a los factores físicos en el uso de la electricidad, Cramer estudió la relación de los consumos eléctricos con los equipos de enfriamiento -capacidad y frecuencia de uso-, y con los aparatos electrodomésticos.

El cuadro 3 presenta el modelo propuesto por Hitchcock (1993), en el cual el autor considera un enfoque sistémico y la existencia de dos subsistemas: el físico y el humano.

**Cuadro 3. Modelo sobre el uso de la energía propuesto por Hitchcock**

Perspectivas	Subsistemas	Elementos o indicadores	
Ingeniería	Físico	Parámetros	Características del edificio <ul style="list-style-type: none"> <li>• tamaño del edificio</li> <li>• materiales de construcción</li> <li>• sistema de calentamiento o enfriamiento</li> <li>• cantidad de aparatos</li> </ul>
		Variables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• temperaturas internas</li> <li>• ventilación</li> <li>• cantidad de agua caliente consumida</li> <li>• uso de los aparatos</li> </ul>
	Ambiente	Variables biofísicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• características físicas del cuerpo que determinan el confort físico (metabolismo, respiración, arropamiento).</li> </ul>
		Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura externa</li> <li>• radiación incidente</li> <li>• viento</li> <li>• microclima</li> </ul>
Social	Humano	Modelos sociales y culturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• patrones sociales de consumo y comportamiento de uso de energía</li> <li>• estilos de vida</li> <li>• naturaleza simbólica</li> </ul>
		Modelos demográficos y económicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mercado, la oferta y la demanda</li> <li>• precio e ingresos</li> <li>• edad, clase social</li> </ul>
		Modelos psicológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• comportamientos (conservadores y gastadores)</li> <li>• actitudes</li> <li>• efecto de la información</li> </ul>

Fuente: Hitchcock, 1993

Dado lo anterior, se observó la necesidad de considerar tanto aspectos físicos, como sociales y económicos; y analizar en distintos ámbitos o escalas de estudio el comportamiento del uso de la energía residencial.

#### **4.3. FACTORES DETERMINANTES DEL CONSUMO ELÉCTRICO RESIDENCIAL**

Con referencia a este apartado, se determinaron aquellos aspectos relevantes para el uso de la energía en el sector residencial y se agruparon con base a aspectos de naturaleza física y humana.

##### **4.3.1. Factores de naturaleza física**

###### 4.3.1.1. Clima

El clima del lugar obliga al uso de determinados equipos, porque se ven afectados los niveles de confort térmico humano, principalmente por las variaciones de temperatura y humedad relativa.

Con base en los modelos inversos en estado estable (ASHRAE, 2001), se tiene un modelo simple del uso de la energía en el edificio, desarrollado a partir de un análisis de regresión de los consumos eléctricos mensuales reportados en los recibos de facturación y la temperatura promedio del período.

El método de regresión lineal simple considera solamente la temperatura diaria o mensual y tiene una menor precisión [1].

$$C = f(T) \quad [1]$$

C= consumo eléctrico , kWh, T= temperatura ambiente, °C

Sin embargo, aunque es factible considerar las variables de temperatura, humedad, radiación solar, y viento, al realizar un análisis lineal multivariable, se

complica cuando no se tiene la disponibilidad de todas las variables climáticas mencionadas en los períodos de estudio (2).

$$C = f(T, H, V, R, S) \quad [2]$$

C=consumo eléctrico, T=temperatura ambiente, H=humedad relativa, V=velocidad de viento, R=radiación solar

Un primer acercamiento a lo anterior, se encuentra en un estudio realizado en la región (Valdez, et al. 1988), en él se relacionaron los consumos eléctricos residenciales mensuales y la temperatura— a través de los grados día— en un período de 5 años (1982-1987); y dicho estudio reveló que las altas temperaturas del verano tienen gran influencia sobre el consumo de energía, sin embargo, no hay ningún planteamiento de modelos.

#### 4.3.1.2. La envolvente arquitectónica y sistemas constructivos de la vivienda

La envolvente arquitectónica es el filtro estudiar el impacto del clima en la temperatura interna de la vivienda; este impacto dependerá del sistema constructivo de muros y techos, orientación de la vivienda, áreas expuestas, tamaño y orientación de las aberturas y presencia de aislamiento térmico. Además de la influencia del microclima exterior, con vegetación y/o pórticos (áreas sombreadas). Las condiciones de adecuación ambiental que presenta la vivienda, favorecen menores requerimientos de los equipos mecánicos de acondicionamiento ambiental.

En la interrelación de las características de la vivienda con el uso de la energía, principalmente influyen los sistemas constructivos de la envolvente y el tamaño de la vivienda. Estas características del hogar pueden tener efectos positivos y/o negativos en el uso de la energía.

Cabe mencionar, que actualmente en México la CONAE está trabajando en la reglamentación de la envolvente de la vivienda, con el fin de mejorar las condiciones de confort en el interior y propiciar el ahorro de energía.

#### 4.3.1.3. Equipos de acondicionamiento ambiental

Los principales equipos de acondicionamiento ambiental mecánico son:

a) Equipo de refrigeración de paquete o central

Se refiere a las unidades de aire acondicionado para uso residencial 19 kW (ASHRAE, 2000)

b) Equipo de refrigeración tipo cuarto:

Equipo cuya función es proveer confort térmico, deshumidificación, filtrar o limpiar el aire y promover la circulación del aire en un espacio.

c) Equipo tipo enfriador evaporativo:

Este equipo funciona de acuerdo con la temperatura de bulbo húmedo. A bajas temperaturas de bulbo húmedo, el enfriamiento evaporativo es efectivo en términos de confort. En climas cálidos extremos se requiere complementar con un equipo mecánico de refrigeración.

Es importante subrayar que la máxima reducción de temperatura de bulbo seco que se puede obtener con el enfriamiento evaporativo es la diferencia entre el aire seco y la temperatura de bulbo húmedo. Si el aire es enfriado a la temperatura de bulbo húmedo, el proceso sería 100% efectivo; sin embargo, la efectividad es un 85 a un 95% (ASHRAE, 2000).

#### 4.3.1.4. Otros equipos que consumen electricidad

Se refiere al consumo generado por el funcionamiento de equipos que consumen electricidad en la vivienda, como el refrigerador, lavadora, plancha y la televisión, entre otros.



Cabe señalar que, a pesar de la potencia que indica la placa del equipo, en algunas ocasiones los aparatos funcionan a menos de la eficiencia indicada porque se ven afectados por la temperatura ambiente, tiempo de uso o falta de mantenimiento. Sin embargo, hay pocos estudios acerca de la potencia o eficiencia real con que operan los equipos.

#### **4.3.2. Factores de naturaleza humana**

Se refiere a la forma cómo el usuario responde ante el clima y las necesidades de confort, al tipo de vivienda en la que habita, al equipo de acondicionamiento ambiental mecánico y otros equipos que utilice, en función del estilo de vida del usuario.

El comportamiento del usuario se refiere a las actividades que realiza en la vivienda y que requieren del uso de energía para realizarlas y satisfacer necesidades. Además la adquisición, el cambio de equipos nuevos por usados y el mayor o menor uso de equipos electrodomésticos depende del nivel de ingreso y del poder adquisitivo del usuario.

#### **4.3.3. Factores de naturaleza económica**

La demanda de energía (el mayor o menor uso de energía) está en función del precio (3)

$$D= f (P) \quad [3]$$

D= es la demanda de energía, P= precio del bien, en este caso, precio de la tarifa eléctrica del sector residencial

En México el precio de la energía está definido en las tarifas residenciales, cuyo costo varía por rango de consumo eléctrico. De acuerdo a ley de la demanda, en regiones de mayores consumos se deben tener tarifas de menores costos.

Por lo que, desde el punto de vista económico, bajar tarifas representaría un aumento del consumo eléctrico; es decir, se estaría estimulando el consumo eléctrico al costar menos el recurso. Sin embargo, tampoco es conveniente aumentar tarifas para disminuir los consumos eléctricos, ya que se tendrán fuertes repercusiones en el nivel de ingreso y poder adquisitivo de los usuarios.

Por lo que resulta conveniente, que se realicen estudios formales que analicen la viabilidad de aumentar o disminuir el precio de la tarifa, como una acción que ahorre energía o disminuya el consumo eléctrico, sin afectar la calidad de vida de los habitantes de las zonas áridas. Así como identificar los consumos óptimos necesarios para el sector residencial en dichas zonas.

#### **4.4. CONCLUSIONES PARCIALES**

Se concluye que es más conveniente desarrollar modelos simples que relacionen las distintas variables con el consumo eléctrico, dada la complejidad del comportamiento de estos consumos y la naturaleza de las variables que influyen.

En términos generales y de comportamiento anual del consumo eléctrico, se pueden tener modelos que expliquen alrededor del 90% del fenómeno; sin embargo, en modelos que proporcionan información más detallada, los modelos no respondan a más del 60% de la explicación del fenómeno.

Existen distintas herramientas para abordar el uso de la energía en el sector residencial; en cualquiera de ellas se requieren conocimientos especializados.

Considerando los recursos disponibles en México y la confiabilidad de las herramientas, es conveniente analizar la referencia desde la perspectiva física. Ésta se presenta con el uso de simuladores térmico-energéticos, sobre todo los

que permitan la descomposición de la curva de consumo, y con objeto de retomar parte de los protocolos de evaluación mencionados, como primera instancia.

Posteriormente se podrán realizar evaluaciones energéticas en campo o monitoreos, como resultado de mediciones y con el equipo necesario, para tener un mayor grado de precisión.

Con base en los antecedentes y en el marco de referencia en la presente investigación, se asume que una propuesta integrada para el estudio del consumo de energía eléctrica debe considerar por lo menos los siguientes aspectos:

- Aspectos técnicos: el clima, las características de la vivienda, de los equipos de acondicionamiento ambiental y de los otros equipos que consumen electricidad. Ya que el mayor o menor uso de dicho equipo está ligado al comportamiento térmico de la construcción el cual, dependiendo de las características físicas de la vivienda generará diferentes ganancias térmicas en el interior del espacio, que repercutirán en el confort térmico de los habitantes de la vivienda.
- Aspectos sociales relacionados con técnicos: forma cómo los usuarios utilizan los equipos (cantidades, horas y estado en que se encuentra el equipo); es decir, a los hábitos de consumo de los usuarios y que, a su vez, son un reflejo de su estilo de vida.
- Aspectos económicos: precio de la energía, así como del nivel de ingreso del usuario y de la proporción que implica el pago de la facturación eléctrica.

En resumen, la cantidad de energía consumida puede ser cuantificada con los aspectos físicos y el comportamiento de los usuarios. En el uso de la energía eléctrica es determinante la participación del usuario; aunque los que consumen

directamente la energía eléctrica son los aparatos cuando están funcionando, sin embargo, la cantidad de consumo depende de la forma como el usuario utiliza la energía.

Para efecto de conformar la metodología de la presente investigación, que considere aspectos físicos y ambientales, sociales y económicos, se retomó parte de las investigaciones realizadas por distintos autores, cuyos enfoques diferían en el peso que le daban a determinadas variables y en la escala de estudio.

Algunos estudiaban el consumo eléctrico considerando solamente las variables económicas, otros con variables climáticas, otros con ambas o con factores de comportamiento y hábitos de los usuarios. La escala de estudio varió según se tratara de países, grandes regiones o de determinadas comunidades. Además, cabe mencionar, que en los análisis anuales, predominaron los períodos de estudio de 10 años.

Se retoma de Sheinbaum (1996), la clasificación de variables estructurales, de población, climáticas y económicas y se aplican en períodos anuales. De Ranjan (1999), se consideró la necesidad de identificar comportamientos estacionales. De Cramer (1996) y Sáñez (1996), la caracterización del universo de usuarios residenciales. Finalmente, de ASTM (1999) y ASHRAE (1999 y 2001) se retoman estudios de simulación térmica y/o monitoreo del consumo de energía en sitio.

Se revisaron 2 puntos distintos para establecer los modelos de consumo de energía: el de Cramer (1996) y el de Ranjan (1999). El primero plantea el análisis de cada variable que influye en el consumo por separado y luego las integra. El segundo, manifiesta que no importa la naturaleza de las variables

siempre que se integren en un solo modelo. Cabe mencionar que, para la presente investigación, se utilizó el planteamiento de Cramer.

Por lo que para conformar la metodología se planteó el estudio en 3 niveles de estudio y considerando solo aquellas variables que influían directamente por nivel, que podían ser estudiadas y se tuviera información disponible. Cuyo alcance temporal, considerara tanto el período de 10 años, como períodos cortos mensuales o diarios.

Es importante marcar esta subdivisión por niveles, ya que en el primero -que corresponde a todo el sector residencial- con el análisis anual del consumo de energía eléctrica, no es factible detectar comportamientos estacionales, situación que se presenta sobre todo para las zonas de clima extremo.

El segundo nivel -grupo del sector residencial- fue importante para descubrir la heterogeneidad que presenta el sector residencial y por la posibilidad de integrar aspectos específicos sobre las características físicas de las viviendas, comportamiento de los usuarios y características de los equipos de acondicionamiento ambiental, principalmente. A medida en que se desciende en la escala de estudio, aumenta el nivel de especificidad de los resultados.

## Capítulo V

# DELIMITACIÓN DE CASO DE ESTUDIO: EL SECTOR RESIDENCIAL EN MEXICALI

En este capítulo se presenta el marco de referencia del caso de estudio. El análisis muestra la situación que presenta actualmente el sector residencial en Mexicali; considera el contexto natural y su impacto en el confort térmico; el contexto social y económico: tamaño de la población, nivel de ingreso; los aspectos técnicos: las principales características físicas de las viviendas, los equipos de acondicionamiento ambiental mecánico y otros equipos que consumen electricidad. Además, se presenta el comportamiento mensual del consumo eléctrico durante el período 1990-2000 en Mexicali y la estructura de los ábacos por rangos de consumo eléctrico.

### 5.1. CONTEXTO NATURAL DE MEXICALI Y CONFORT TÉRMICO

Para efecto de la presente investigación, se presenta el análisis climático del período de estudio 1990-2000, y se enfatiza el comportamiento de la temperatura ambiente. Sin embargo, de los registros de humedad relativa solamente se tienen disponibles los últimos 3 años de dicho período.

#### 5.1.1. Contexto climático

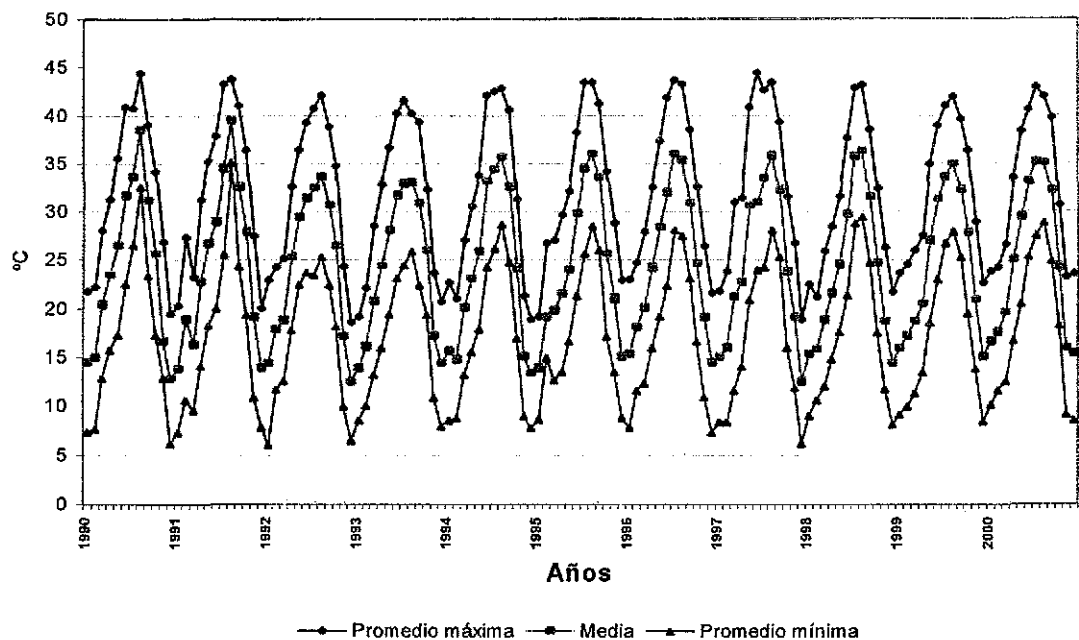
La ubicación geográfica de Mexicali (latitud 32° 40' y longitud de 115° 27'), lo sitúa dentro de las zonas áridas del noroeste de México; está en un valle, presenta una topografía plana y altitud de 4 metros sobre el nivel del mar. Le corresponde un clima tipo *BW (h')hs (x') (e')*: clima cálido seco, muy árido, con régimen de lluvias en invierno y con una oscilación anual de temperaturas medias mensuales muy extremosas (García, 1981).

Esta ubicación genera una alta incidencia de radiación solar,  $1100 \text{ W/m}^2$  en julio al mediodía solar (Gallegos, 1998); aunado a que se tiene un régimen de lluvias en diciembre y enero, durante los meses de verano se tienen cielos despejados la mayor parte del tiempo (mayo, el 91.9% de los días del mes; en junio, el 95%; en julio, el 75%; en agosto, 74%; en septiembre el 83% y en octubre el 87.1%, SARH, 1982).

Con base en los promedios presentados en las Normales Climatológicas se tiene que Mexicali presenta temperaturas promedios de máximas de  $41.8 \text{ }^\circ\text{C}$  en julio,  $40.9 \text{ }^\circ\text{C}$  en agosto y promedio de máxima anual de  $31.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ; media anual de  $22.4 \text{ }^\circ\text{C}$ , y máxima extrema de hasta  $54.3 \text{ }^\circ\text{C}$  (SARH, 1982).

Con base en los registros del Departamento de Meteorología (UABC, 2001), en la Figura 5 se muestra el comportamiento de la temperatura ambiente de 1990 al 2000 (ver Tabla 5-A en Anexo B) y de la precipitación pluvial (ver Tabla 5-B en Anexo B).

Se observa que se han presentado temperaturas medias máximas en agosto que oscilan de los  $40.3 \text{ }^\circ\text{C}$  a los  $44.4 \text{ }^\circ\text{C}$ , y que en los años de 1990, 1991, 1995, 1996 y 1997, se presentaron las temperaturas más altas del período. El comportamiento de la temperatura ambiente presenta un incremento a partir de mayo a septiembre, con el valor máximo en julio o agosto. Esta tendencia se manifiesta durante todo el período de estudio.



Fuente: elaboración a partir de los registros proporcionados por el Departamento de Meteorología, UABC, 2001

**Figura 6. Temperatura ambiente, Mexicali, 1990-2000**

En la Tabla 5.1. se presentan los valores promedio del periodo.

**Tabla 5.1 Temperatura ambiente, promedio 1900-2000, Mexicali, °C**

Periodo 1990-2000	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom máx	21.97	23.91	27.02	31.11	35.77	40.23	42.35	<b>42.81</b>	39.68	33.4	25.89	20.9	32.62
Media	15.04	17.05	19.62	23.2	27.37	30.68	34.26	<b>35.83</b>	31.94	25.62	18.27	14.07	24.78
Prom mín	8.327	10.56	12.21	15.31	19.05	23.52	26.16	28.94	24.29	17.89	11.37	7.664	17.32

Fuente: elaboración propia a partir de los registros proporcionados por el Departamento de Meteorología, UABC, 2001



Como se observa, los valores promedio de la década de los noventa son superiores a los reportados en los promedios de las Normales Climatológicas.

Lo mencionado en este apartado nos señala que, por la situación geográfica de Mexicali, se han presentado y se seguirán presentando temperaturas ambientes por arriba de los 40 °C en el verano, además de un alto potencial de energía solar que incide en la zona, favorecido porque no es período de lluvias y el cielo está la mayor parte despejado. Con respecto al año 2000 se presentaron humedades relativas máximas en los meses de verano entre 44.7% en mayo a las 5 horas a 65.9% en agosto a las 6 horas y mínimas de 16.3% en mayo a 26.9% en agosto.

#### **5.1.2. Clima y confort térmico en Mexicali**

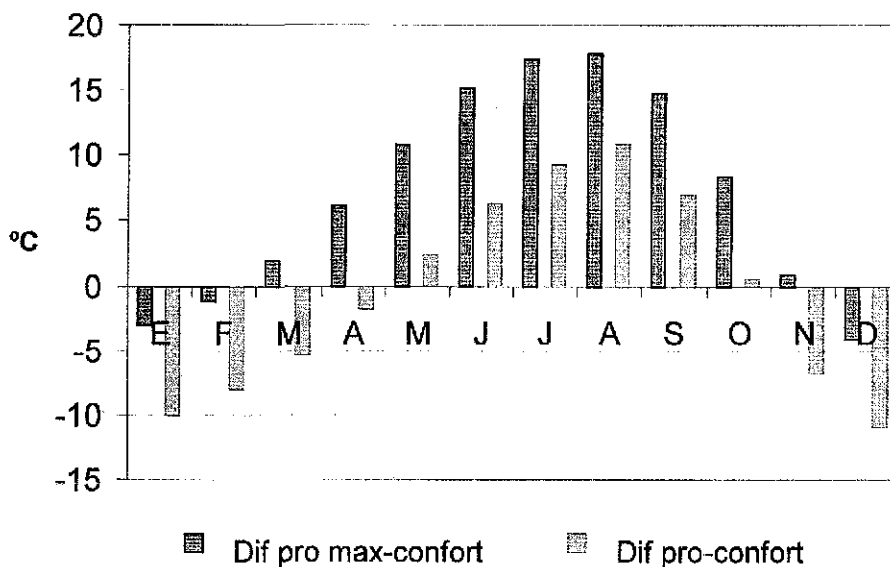
En la tabla 5.2. se muestra el comportamiento de la temperatura ambiente y la diferencia existente con respecto a una temperatura de referencia 25 °C. Lo anterior demuestra que, considerando solamente el indicador de la temperatura, se está fuera de confort durante todo el verano. Con referencia a lo 25 °C se observa cómo por las condiciones climáticas naturales, se requeriría que baje la temperatura interna aproximadamente de 8.4 °C en mayo y octubre, 15 °C en junio y septiembre y 17.81 °C en agosto.

**Tabla 5.2 Temperatura ambiente y su relación con la temperatura de confort, promedio 1990-2000, Mexicali**

PERÍODO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1990-2000													
Prom máx	21.97	23.91	27.02	31.11	35.77	40.23	42.35	42.81	39.68	33.4	25.89	20.9	32.62
Media	15.04	17.05	19.62	23.2	27.37	30.68	34.26	35.83	31.94	25.62	18.27	14.07	24.78
Prom mín	8.327	10.56	12.21	15.31	19.05	23.52	26.16	28.94	24.29	17.89	11.37	7.664	17.32
Pro máx – confort	-3.03	-1.09	2.02	6.11	10.77	15.23	17.35	17.81	14.68	8.4	0.90	-4.1	7.62
Media-confort	-9.96	-7.95	-5.38	-1.8	2.37	5.68	9.26	10.83	6.94	0.62	-6.73	-10.9	-0.22

Fuente: elaboración a partir de información proporcionada por el Departamento de Meteorología, UABC, 2001

Simbología: Temperatura promedio máxima (Prom. máx), temperatura promedio mínima (Prom mín), Diferencial de temperatura entre la promedio máxima y una temperatura de confort 25°C (Prom máx-c), diferencia de temperatura media y la de confort (Media-Confort)



**Figura 7. Diferencial de temperatura ambiente respecto a 25 °C, Mexicali, 2000**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Temperatura ambiente, confort térmico y sistema de acondicionamiento ambiental natural o mecánico

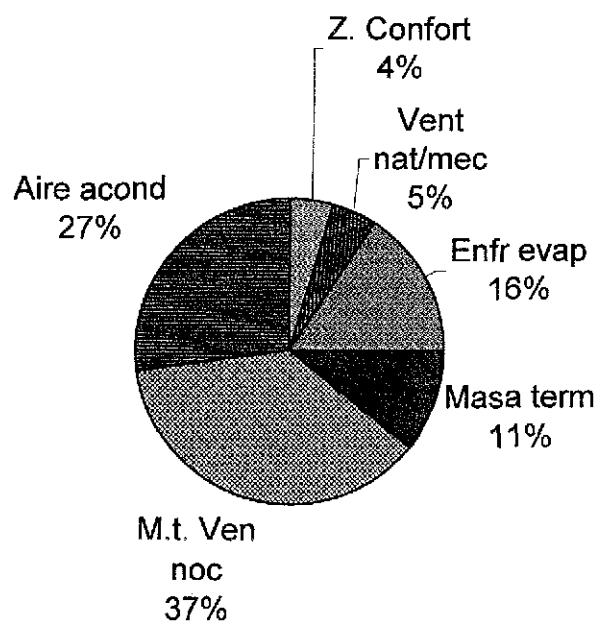
En la Tabla 5.3 se presentan los resultados del análisis de los datos de temperatura ambiente y humedad relativa (mayo a octubre del año 2000) en el diagrama bioclimático de Givoni.

**Tabla 5.3 Requerimiento por mes (mayo-octubre) de sistemas de acondicionamiento natural o mecánico, cantidad de días, Mexicali, 2000**

<b>REQUERIMIENTOS TÉRMICO-AMBIENTALES (por cantidad de días)</b>						
<b>MESES</b>	<b>Zona confort</b>	<b>Ventilación natural</b>	<b>Enfriamiento evaporativo</b>	<b>Masa térmica y ventilación</b>	<b>Masa térmica y ventilación nocturna</b>	<b>Aire acondicionado</b>
Mayo	0	1	17	3	5	5
Junio	0	0	3	3	19	5
Julio	0	0	1	0	12	18
Agosto	0	0	1	0	13	17
Septiembre	0	1	5	4	14	5
Octubre	8	7	2	10	4	0
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>68</b>	<b>50</b>

Nota: elaboración a partir de los registros climáticos del Departamento de Meteorología, UABC, 2001. Con base en la temperatura promedio máxima y la humedad relativa mínima por día de los meses de mayo a octubre de 2000 (total 184 días), ubicados en el diagrama bioclimático de Givoni.

En general, se observa (ver Figura 8) que, dadas las condiciones del verano en Mexicali (mayo-octubre), con respecto a las condiciones críticas (temperatura promedio máxima), sólo el 4% del período se está en confort; en el 5% se requiere de ventilación natural, en el 16% de los días se requiere enfriamiento evaporativo, en el 11% se requiere de alta masa térmica y en el 36% de alta masa térmica junto con ventilación nocturna y, considerando que estas condiciones no se presentan en la vivienda de la región, tanto este 36% como el 27% requieren de un sistema de aire acondicionado.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Simbología: ventilación natural y mecánica (vent nat/mec), enfriamiento evaporativo (enfr evap), masa térmica (masa term), masa térmica con ventilación nocturna (m t. Ven noc)

**Figura 8. Requerimientos de sistemas de acondicionamiento natural o mecánico, verano, Mexicali, 2000, porcentaje**

Esto significa que si la vivienda estuviera construida con alta masa térmica y se contara con ventilación nocturna se puede asumir que habría menos requerimientos de aire acondicionado en la vivienda de Mexicali.

## 5.2. CONTEXTO SOCIAL Y ECONÓMICO EN MEXICALI, SU RELACIÓN CON EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La población del municipio de Mexicali era en 1990 de 601,938 habitantes, con 31,515 viviendas y una densidad de 4.58 personas por vivienda. Para 1995, era de 696,034 habitantes. En la tabla 5.4. se presenta un concentrado de las

relaciones existentes entre el crecimiento de la población, viviendas, consumos y usuarios residencial.

**Tabla 5.4 Población, vivienda, consumo eléctrico y usuarios residenciales, Mexicali, 1990 y 2000**

	Población	Vivienda	Sector residencial	
			Consumo eléctrico anual	Usuarios
1990	601,938 <sup>1</sup>	131,515 <sup>1</sup>	805,302 <sup>5</sup>	149,270 <sup>5</sup>
2000	764,902 <sup>2</sup>	190,465 <sup>4</sup>	1,352,024 <sup>5</sup>	224,176 <sup>5</sup>
Incremento absoluto 1990-2000	162,964	58,950	546,722	74,906
Tasa anual de crecimiento (%)	2.4	3.8	5.3	4.3
Incremento 1990-2000 (%)	27.1	44.8	67.9	50.2

Fuente:

<sup>1</sup> INEGI. Baja California. Resultados Definitivos. XI Censo General de Población y Vivienda, 1990

<sup>2</sup> INEGI. Baja California. Resultados Definitivos. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000

<sup>3</sup> Tabla 3.4, página 43

Con base en lo anterior se observa una alta tasa de crecimiento del consumo eléctrico con relación a las otras variables.

De acuerdo a estudios realizados el nivel de ingresos de la población era de un 21% de la población con 3.5-5 veces salario mínimo, un 18.4% con 2-3.5 vsm, un 16.5% con 5-7.5 vsm, un 14% menos de 2 vsm, 9% de 7.5 a 10 y el resto con más de 10 vsm. En los tres primeros mencionados se encuentra el 54% de la población económicamente activa de Mexicali.

Mientras mayores son los ingresos el impacto es menor y viceversa. El impacto del pago de la facturación eléctrica, ha sido en promedio de un 12%. (Sández, 1996).

El nivel de ingresos influye en los consumos eléctricos. El 90 % de los usuarios que tienen ingresos de menos 1 vsm, cuando más su rango de consumo es de 501-1000 kWh. Sin embargo, en los niveles de ingreso de hasta 5 vsm más del 80 % de los mismos, llega a niveles de consumo eléctrico de 1001-1500 kWh en un mes de verano.

En general, el nivel de ingresos de la población no favorece a que los usuarios tengan acceso a equipos de altas eficiencias, sobre todo los de aire acondicionado.

### **5.3. LA VIVIENDA Y LOS EQUIPOS ELECTRODOMÉSTICOS**

#### **5.3.1. Características físicas de la vivienda en Mexicali**

Según estudios realizados sobre la vivienda representativa de Mexicali, se encontró que un 33.8% está construida con techos de madera y muros de ladrillo; un 28.2% con concreto y bloque de concreto; un 17.4% con madera y adobe; un 11.3% con concreto y ladrillo y un 9.3% con madera y bloque de concreto. Los dos primeros constituyen el 62% de la vivienda representativa, con consumos eléctricos promedio en agosto de 719 kWh en las viviendas construidas con muros de ladrillo y techos de madera; y de 840 kWh en las de muros de bloque de concreto y losas de concreto (Romero, 1994).

En términos generales, las características de la vivienda son: a) predominio del uso de la madera y el concreto en techos, b) predominio del bloque de concreto y el ladrillo en muros, c) escasa presencia de aislamiento térmico en techos y muros, d) techos de 2 aguas con orientación este-oeste, e) viviendas con

fachadas principales al norte o al sur, en tanto que la mayor área de exposición está al oeste y este (ver Tabla 5.4).

**Tabla 5.4 Características físicas de la vivienda representativa de Mexicali, 1994**

Sistema	%	Características físicas	Equipo	Ingreso familiar	Consumo eléctrico
1		Tamaño: 4-6 cuartos Techo 2 aguas, E-O Fachada principal N-S y al O mayor exposición Exterior piso de concreto, tierra y árboles	75% utilizan ee y el resto aa (1 a 3 ton)	60% usuarios: ingreso familiar 1.5 a 5 vsm (1.5-2 vsm: 13%, 2 a 3.5 vsm: 27%, 3.5 a 5 vsm: 20%)	Pro: 719 kWh (ee 599; aa 1092 kWh) 80% usuarios rango de 200-1000 kWh
Madera/ladrillo	33.8				
2		Tamaño: 4-6 cuartos Techo concreto (2 aguas E-O y N-S, plano) Fachada principal N-S y al O mayor exposición Exterior piso de concreto	Tanto ee como aa (1 a 3 ton)	65% usuarios: 2 a 5 vsm (2-3.5 vsm: 19%, 3.5-5 vsm: 25% y 5-6.5 vsm: 15%)	Prom: 894 kWh (ee 624, aa 1102 kWh); 65% usuarios rango 200-1000 kWh.
Concreto/block	28.2				
3		Tamaño: menos 4 cuartos; techo madera 2 aguas, E-O, no-aislamiento térmico; fachada ppal N-S; O mayor exposición; exterior piso de concreto, tierra y árboles	90% tiene ee	67% usuarios: 1.5 a 5 vsm (1.5-2 vsm: 17%, 2-3.5: 28.5% y 3.5-5 vsm: 22%)	Prom: 616 kWh 90% usuarios rango 200-1000 kWh, predomina 200-500 kWh
Madera/ladrillo	17.4				
4		Tamaño: 4-6 cuartos Techo concreto (2 aguas E-O y N-S, plano) 27% tiene aislamiento térmico Fachada principal N-S y al O mayor exposición. Exterior piso de concreto, tierra y árboles	aa (1 a 3 ton)	48% usuarios: 1.5 a 5 vsm (1.5-2 vsm: 13%, 2-3.5: 23% y 3.5-5 vsm: 12%)	Pro: 930 kWh aa: 1197 kWh Usuarios en todos los rangos de consumo; predomina en 501-1000 kWh
Concreto / ladrillo	11.3				
5		Tamaño: 4-6 cuartos Techo 2 aguas, E-O 28% tiene aislamiento térmico Fachada principal N-S y al O mayor exposición; exterior piso de concreto, tierra y árboles	66% utiliza ee 33% aa (1- 5 ton)	50% usuarios: 2 a 5 vsm (2-3.5 y 3.5-5 vsm: 38% y 6.5-8vsm:12%)	Pro: 798 kWh (ee: 612 kWh aa: 1192 kWh) 75% usuarios rango de 200-1000 kWh,
Madera / Block	9.3				

Fuente: Romero, 1994.

El material está indicado: techo / muro, enfriador evaporativo (ee), aire acondicionado (aa), veces salario mínimo (vsm), ton (toneladas de refrigeración)

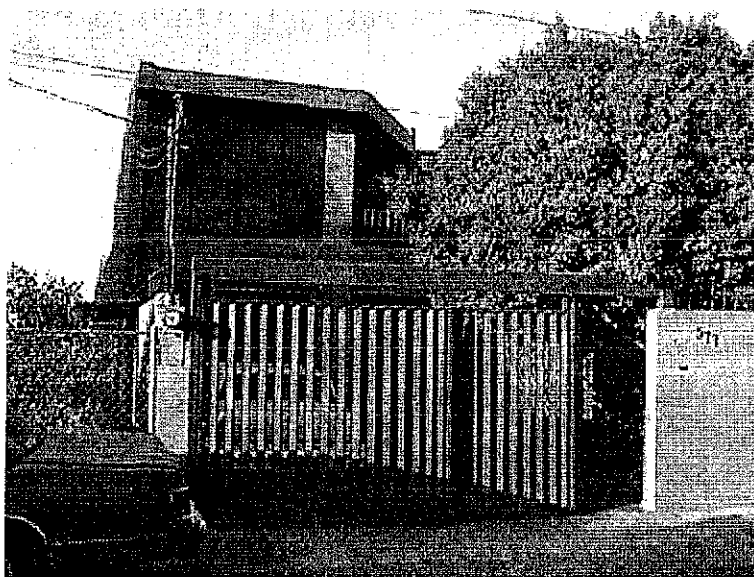
Nota: el consumo eléctrico indicado correspondió al de agosto de 1991.

Es importante aclarar que, en una investigación sobre los niveles de bienestar de la población (XV Ayuntamiento Mexicali, IIS/UABC, 1998), en lo que respecta a vivienda y a los materiales de construcción, coincide con la tendencia

mencionada anteriormente, con excepción de los últimos años, ya que han surgido otros sistemas constructivos.

En general, la vivienda es de tipo unifamiliar y predomina la construcción de 1 nivel. Hay vivienda de tipo residencial, medio, popular y precario, en función de sus condiciones físicas.

La vivienda de tipo residencial se caracteriza por tener mayores superficies de construcción y lote, espacios de vegetación y corresponde a los niveles económicos de mayores ingresos (ver Figura 9).



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Foto: Romero, 2000

**Figura 9. Vivienda residencial de nivel económico alto, Mexicali**

Las viviendas media y popular, que incluye a la de interés social, tienen menores superficies de construcción y lote. Éstas se caracterizan por la utilización de losas de concreto o casetones en los techos, muros de bloque de concreto, superficies de construcción de 40 a 60 m<sup>2</sup>, lotes con dimensiones cada vez



menores y pueden estar construida en 1 o 2 niveles. Corresponden a viviendas construidas en serie, ya sea por el sector público o la iniciativa privada (ver Figuras 10 y 11).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

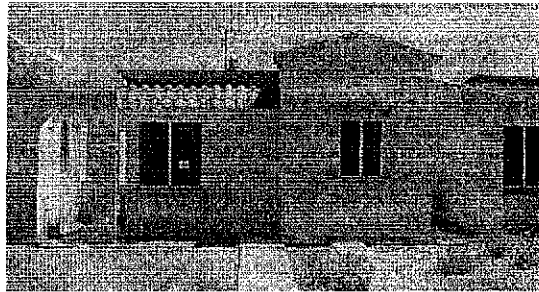


Foto: Bojórquez, 2000

**Figura 10. Vivienda de interés social de un nivel, Mexicali**



Foto: Romero, 2000

**Figura 11. Vivienda de interés social de 2 niveles, Mexicali**

Dentro de la vivienda popular se encuentra la de autoconstrucción, con techos de 2 aguas, que está construida con muros de ladrillo, techos de madera con ático, pórtico, presencia de vegetación importante. Por lo general, son viviendas

propias y los habitantes tienen más de 15 años viviendo en ellas; están construidas con techos de madera, muros de ladrillo y vegetación con grandes árboles (ver Figura 12).

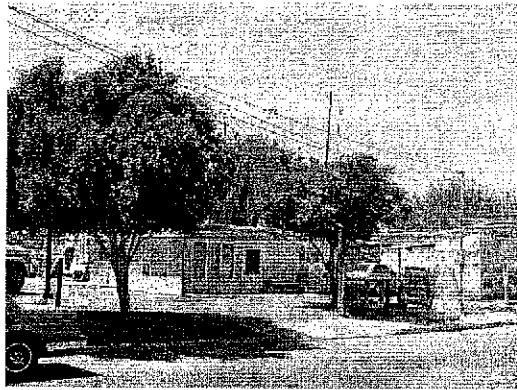


Foto: Romero, 2000

**Figura 12. Vivienda popular un nivel, Mexicali**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La vivienda precaria, se caracteriza por la utilización de materiales de desecho como cartón o lámina o adobe parado, tamaño reducido de la vivienda, escasez de árboles y pueden contar un ventilador para el verano (ver Figura 13).

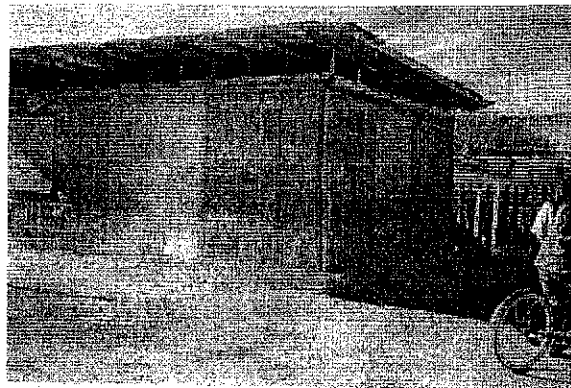


Foto: Romero, 2000

**Figura 13. Vivienda precaria, Mexicali**

Según un estudio realizado en la localidad (Romero y Chan, 1995), sobre la utilización de estrategias de adecuación ambiental por parte de la población o de estrategias empíricas, se encontró que el 49% de los usuarios utilizó alguna

estrategia de adecuación y, la que predominó fue el aislamiento de techos y en menor proporción la plantación de árboles (ver Figura 14), el uso de colores claros y la construcción de un espacio sombreado o pórtico (ver Figura 15). Mientras que el 51% restante no realizó acciones de adecuación por: a) falta de recursos económicos, b) no sabía qué realizarle a la vivienda o porque su casa ya estaba adecuada al medio, que fueron los menos casos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

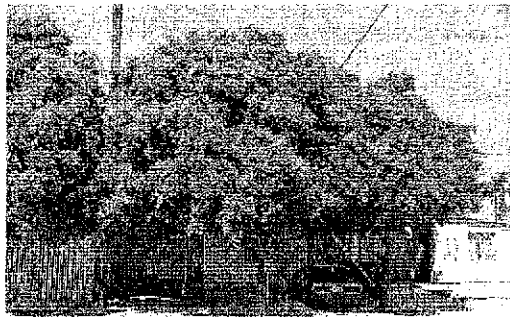


Foto: Romero, 2000

**Figura 14. Vivienda con plantación de árboles, Mexicali**

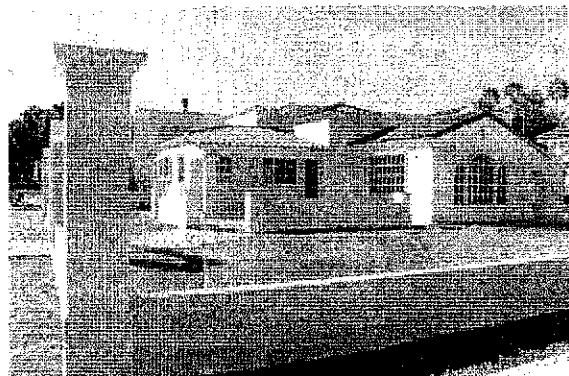


Foto: Romero, 2000

**Figura 15. Vivienda en color blanco y con pórtico, Mexicali**

La vivienda en el municipio de Mexicali presenta una problemática térmica ambiental diferente en la zona rural (valle de Mexicali) y en la urbana. En el

primer caso la vivienda presenta mayor grado de adecuación ambiental por el uso del ladrillo y la madera como sistema constructivo y por el manejo de la vegetación que crea un microclima que favorece mejores condiciones térmicas.

Sin embargo, la vivienda de la zona urbana de Mexicali, con respecto al grado de adecuación ambiental, se observa que la mayor parte presenta problemas de adecuación ambiental, principalmente por el uso no adecuado de materiales de construcción que favorecen una mayor ganancia térmica en el interior.

Esto se vuelve problema, ya que por medios mecánicos bajar 1° C de temperatura tiene varias implicaciones, dependiendo del tipo de equipo utilizado y de las condiciones físicas de la vivienda. Cabe señalar, que no es lo mismo bajar 5 °C de temperatura en una vivienda de ladrillo con techo de madera que en una de bloque de cemento y losa de concreto. En el segundo caso, se requiere una mayor cantidad de energía y de capacidad en el equipo de aire acondicionado que en el primero.

Las condiciones constructivas actuales de la vivienda en la zona, aunado al clima, no favorecen mantener una temperatura de confort. Por lo que se requiere de un gasto extra en energía para buscar tener condiciones térmicas confortables en la vivienda.

### **5.3.2. Equipos de acondicionamiento ambiental mecánico**

Con relación al sistema de aire acondicionado, dos terceras partes utilizan enfriadores evaporativos (ver Figura 16) y una tercera parte de equipos de aire acondicionado -paquete o ventana- (ver Figura 17). De acuerdo con estimaciones realizadas, en el ámbito de todo el sector residencial, se observó que en el verano, sobre todo en agosto, era tan significativo el impacto de las viviendas con enfriador evaporativo -por la cantidad de equipos, aunque el consumo por unidad es menor-, como en las que tenían aire acondicionado- que

aunque es menor la proporción de equipos, su consumo unitario es mayor (Romero, 1994).

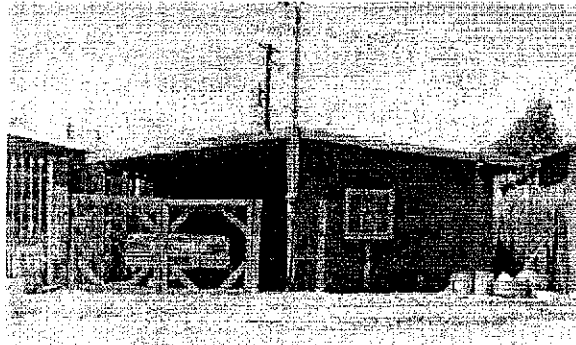


Foto: Romero, 2000

**Figura 16. Enfriador evaporativo, Mexicali**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

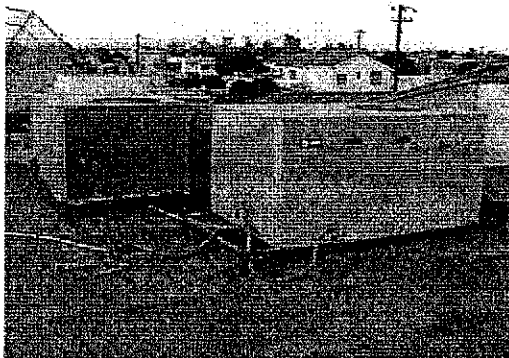


Foto: Romero, 2000

**Figura 17. Equipos de aire acondicionado, tipo central, Mexicali**

La capacidad de los enfriadores evaporativos, fue de 6000 pies cúbicos y más del 70% fueron adquiridos nuevos y se les da mantenimiento cada año. Con respecto a los equipos de aire acondicionado, más del 80% lo utilizan 9 horas o más durante el verano; el 53% fueron adquiridos con no menos de 5 años, de uso el 73.1% fue comprado nuevo y el 24.2 no; la mayoría de los equipos

reciben mantenimiento anual; el 22% de las viviendas cuenta con un equipo de ventana (Pérez, 1996).

Como se mencionó anteriormente, en Mexicali predomina el uso de enfriadores evaporativos con respecto a los de refrigeración. Y de entre los equipos de aire acondicionado, predomina el tipo de ventana en relación con el de paquete, atribuible esto al costo de adquisición del equipo. Con relación a la capacidad de los equipos de refrigeración, en los de paquete predominan los de 3 a 5 toneladas de refrigeración y entre los equipos de ventana, de 1 a 1.5.

Según estimaciones realizadas (Pérez, 1996), se encontró una relación de eficiencia energética estacional (REEE) de 7.5 kBTU/kWh. Sin embargo, considerando las unidades reemplazadas en el Programa ASI, la media REE fue de 5.62 (Ramos, 2001). En ambos casos, las eficiencias de los equipos están por debajo de las normas mexicanas, ya que la REEE mínima deberá ser de 8 a 9 y una eficiencia alta será de alrededor de 13 kBTU/kWh.

**Tabla 5.5 Consumos estimados de energía eléctrica de aparatos de acondicionamiento ambiental según CFE**

<b>Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas de funcionamiento por día</b>	<b>Consumo mensual estimado (kWh)</b>
Equipo de paquete 3 toneladas	6000	13	2340
4 ton	7700	13	3030
5 ton	9055	13	3531
Equipo de ventana	2200	13	858
Enfriador evaporativo	395	20	237
Ventilador	170	10	51

Fuente: Folleto de CFE, s/f

En Mexicali se tiene un impacto significativo en el consumo de energía eléctrica tanto por, el uso de los equipos de enfriamiento evaporativo como por los de aire acondicionado.

El uso de equipos de baja eficiencia, el estado físico de la vivienda y falta de mantenimiento de los equipos, favorecen un mayor consumo eléctrico en la zona. Así como una disminución de la eficiencia de los equipos, cuando funcionan a altas temperaturas, situación que se presenta en Mexicali.

### **5.3.3. Otros equipos**

Según estudios realizados (Sández, 1996), se puede afirmar que en todas las viviendas hay por lo menos 1 refrigerador, televisión y radio.

Los refrigeradores en Mexicali, en promedio, tienen una capacidad 18 pies cúbicos, son del tipo refrigerador /congelador dúplex, funcionan con refrigerante R12; la duración media es de 14 años y consumo aproximado es de 1500 kWh anuales (Pérez, 1996)

Con respecto a los equipos electrodomésticos, si no se cuenta con equipo de aire acondicionado, el consumo del refrigerador se vuelve el aparato de mayor consumo de energía en la vivienda de Mexicali.

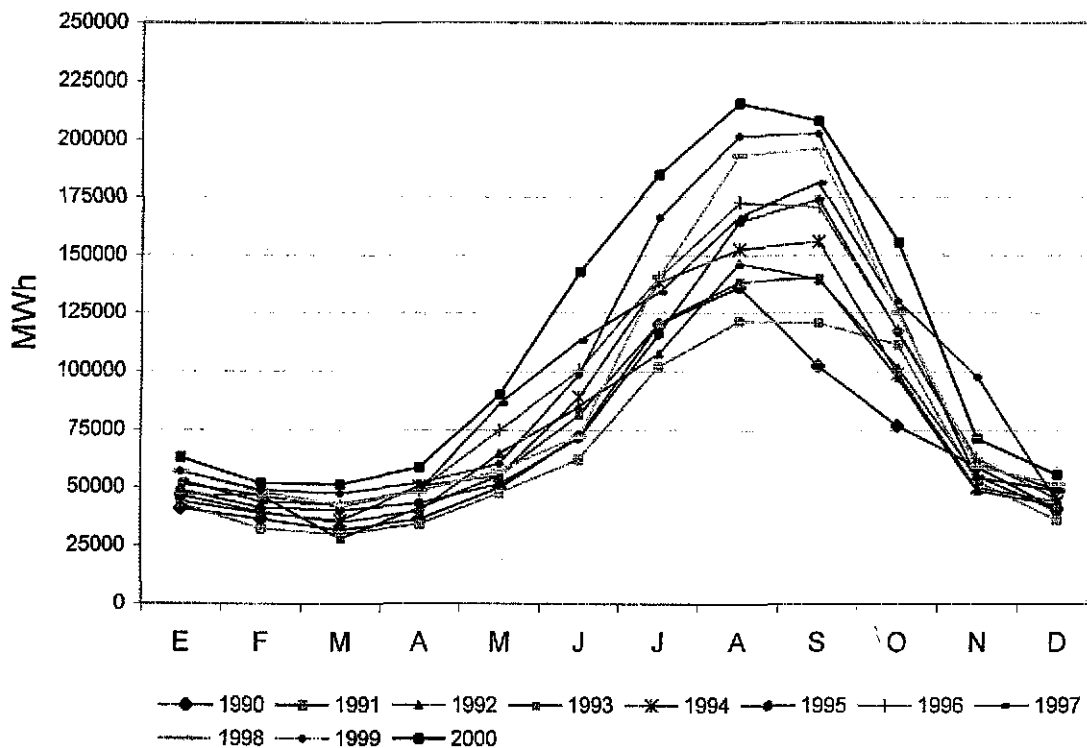
Las condiciones físicas de los refrigeradores en Mexicali –equipos con varios años de funcionamiento y escaso o nulo mantenimiento- favorecen un mayor consumo de electricidad; sobre todo si está instalado en un espacio con condiciones de temperatura no confortables

En Mexicali, también es significativo el consumo de energía eléctrica de la televisión, por la cantidad existente, las horas de uso y que están siempre conectadas.

## 5.4. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR RESIDENCIAL

### 5.4.1. Variaciones mensuales del consumo de energía eléctrica

El consumo total del sector residencial del municipio de Mexicali manifiesta una tendencia creciente a partir de marzo hasta agosto o septiembre. Es decir que enero y febrero presentan los menores consumos / temperaturas y julio y agosto los mayores. Tendencia que se ha presentado cíclicamente durante todos los años en la región (ver Figura 18 y tabla en Anexo A).



Fuente: CFE, División Baja California

**Figura 18. Consumo mensual de energía eléctrica, sector residencial, Mexicali, 1990-2000**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En 1995, los consumos oscilaron entre un mínimo de 40,304 MWh a un máximo de 174,319 MWh, con una diferencia de 4.33 veces, con temperaturas ambientes extremas de hasta 52 °C. En cualquiera de los años, la diferencia es de 4 a 5 veces más entre el consumo máximo y mínimo mensual durante el año.

En la Tabla 5.6 se muestra el comportamiento del consumo durante verano e invierno y se observa cómo se ha mantenido una notoria diferencia entre el consumo, según la época del año.

**Tabla 5.6. Consumo de energía eléctrica promedio de verano e invierno, sector residencial, Mexicali, 1990-2000, MWh**

<b>Año</b>	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>	<b>Diferencia</b>
1990	93,141	41,076	52,065
1991	94,397	38,159	56,238
1992	107,708	42,873	64,835
1993	105,757	43,219	62,538
1994	115,177	44,092	71,085
1995	115,998	47,387	68,611
1996	129,525	48,926	80,599
1997	134,823	48,757	86,066
1998	130,870	51,390	79,480
1999	143,447	58,079	85,369
2000	166,395	58,942	107,453
<b>Promedio</b>	<b>121,567</b>	<b>47,536</b>	<b>74,034</b>

Fuente: procesado a partir de Tabla 5-J en Anexo A

En promedio mensual del período 1990-2000, se tiene un máximo de 164,677 MWh en agosto y un mínimo de 38,947.2 MWh en marzo. En promedio, el consumo de verano (mayo-octubre) fue de 121,567 y el promedio de invierno (noviembre-abril) fue 47,536.27 MWh. Lo que significa que, por concepto de acondicionamiento ambiental, se tiene 74,030.735 MWh; es decir, se consumen en promedio 2.5 veces más en verano que en invierno.

#### **5.4.2. Ábacos de consumos eléctricos en verano**

Con base en los rangos de la tarifa 1E en el consumo eléctrico del mes de agosto en Mexicali, en el rango de 200-1000 kWh está el 72% de los usuarios y el 40% del consumo; en el de 1001-2000 kWh, está el 21% de los usuarios y el 33% del consumo; a partir de 2000 kWh, está el 8% de los usuarios y el 27% del consumo.

Con base en el criterio de rangos establecidos por la Tarifa 1E, se observa que son críticos los que van de 301 a 1200, porque ahí se tiene el 43 % del consumo y el 60% de los usuarios y los de 1201-2500, porque ahí está el 42% del consumo y el 22% de los usuarios; es decir, en este grupo están los altos consumidores de energía

El 84% de los usuarios tienen un consumo en agosto hasta los 1500 kWh. En 1999, las proporciones se mantienen aproximadamente con la misma tendencia: entre 200-1000 kWh está el 65% de los usuarios y el 37% del consumo; entre 1001-2000 está el 26% de los usuarios y el 39% del consumo y el 7% de los usuarios de más de 2000 kWh de consumo representan el 25% del consumo.

En términos generales, la participación de usuarios en el consumo de hasta 200-1000 kWh tiende a disminuir ligeramente y la proporción de 1001-2000 tiende a aumentar. Se puede concluir que los usuarios, con el tiempo, tienden a aumentar su consumo, por tener un mayor equipamiento.

Cabe aclarar que, comparando con los datos anuales, existen diferencias entre un 5 y 7% en el total de consumo, ya que la estructura del ábaco de consumo fue estimada a partir de la cantidad de usuarios y el valor promedio del rango establecido; se consideró la misma cantidad de usuarios.

**Tabla 5.7 Ábaco de consumo eléctrico, Mexicali, agosto 1995**

Rango de consumo eléctrico (kWh)	1995		Diagnóstico 1995
	Consumos (%)	Usuarios (%)	
25-200	0.97	7.84	Impacto no significativo en el consumo
201-500	11.03	26.00	Impacto significativo por usuarios y de aproximadamente 10% en los consumos
501-1000	25.36	32.27	Impacto significativo tanto desde el consumo como de los usuarios
1001-1500	19.59	14.44	Son pocos pero consumen mucho
1501-2000	17.00	8.82	
2001-2500	13.85	5.65	
Más de 2500	12.22	3.99	
Total	99.99	100.00	

Fuente: elaborado a partir del ábaco de consumo de usuarios residenciales CFE, 1996

Con base en lo anterior se concluye que, desde la perspectiva de consumos eléctricos más altos, el problema se presenta en los rangos de 1501-1700 kWh, con el 7.09% del consumo total; 1701-1900 kWh con el 6.75% y de 1901-2100 kWh con el 6.32%. Desde la perspectiva de usuarios afectados, los rangos son de 401-500 con el 10.69% de los usuarios; de 301-400 con el 9.85%; de 501-600 con el 9.45% y de 601-700 con el 7.5% (ver Figura 19).

Figura 19

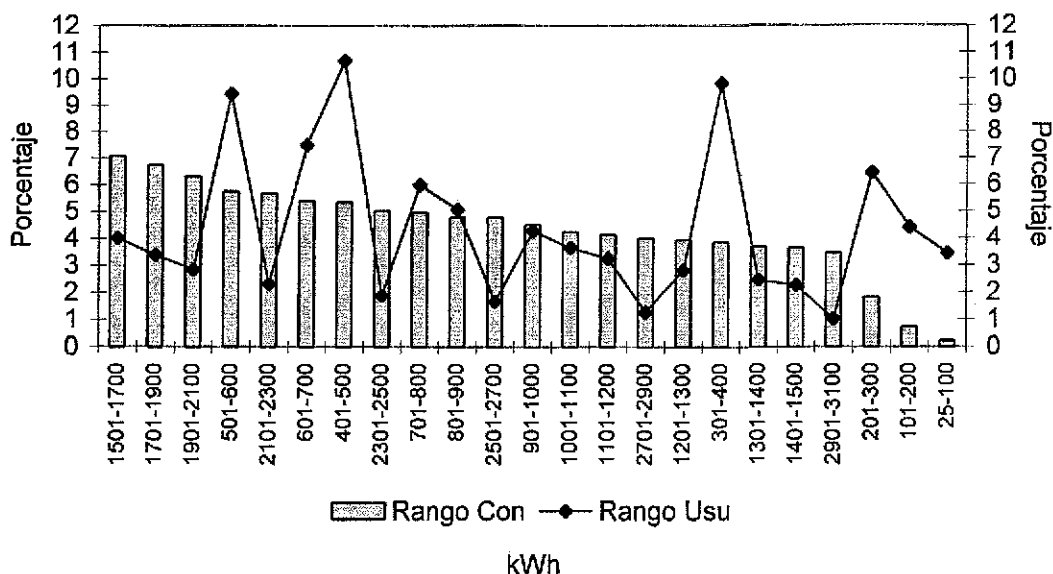


Figura 19. Consumo eléctrico y usuarios por rango, Mexicali, agosto 1995

En definitiva, aunque Mexicali es la zona con los programas de ahorro de energía a la vanguardia en el ámbito nacional, éstos atienden sólo parte del problema del sector residencial.

El consumo de energía eléctrica es 4 veces superior en verano con respecto al invierno, de ahí que las altas temperaturas del verano en Mexicali, B.C, sí sean determinantes en los altos consumos eléctricos; sin embargo, no son el único factor.

Se requiere considerar además, la cantidad de usuarios, el monto del consumo y el precio de la tarifa según el rango, ya que actúan los 3 factores simultáneamente en el impacto económico.

De acuerdo con lo anterior, el 60% de los usuarios residenciales están en los rangos de los 300-1200 kWh y demandan el 42% de consumo eléctrico en

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

agosto, y el 22% de los usuarios están entre los 1201-2500 kWh y demandan el 41%; desde el punto de vista del precio, en el primer grupo se tiene un 30% de incremento con respecto al consumo del rango básico de la tarifa 1, en cambio, el segundo rango mencionado (1201-2500 kWh) presenta un incremento de más de un 200% de precio por kWh consumido.

## Capítulo VI

# CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Este capítulo presenta las principales consideraciones metodológicas para abordar el estudio del consumo de energía eléctrica en el sector residencial, bajo una perspectiva integral (técnica, climática y social), con el fin de determinar el comportamiento y la ponderación de las principales variables que influyen en el consumo de energía eléctrica. Se utilizó el planteamiento deductivo, tanto en la escala espacial como temporal. En la primera, se definieron 3 niveles de estudio: global (todo el sector residencial), grupo (representativo de condiciones críticas) y casos de estudio específicos. Así mismo, se utilizó la escala temporal anual, mensual o por determinados períodos (Ver Cuadro 4).

**Cuadro 4. Propuesta de estudio y variables del consumo de energía eléctrica residencial**

Nivel de estudio: escala espacial y temporal	Variables	Alcance
<b>1er. nivel:</b> Espacial: todo el sector residencial Temporal: anual y mensual	Población Cantidad de usuarios Temperatura ambiente Precio de la energía	Manejo de datos estadísticos (Trabajo de gabinete y menos recursos económicos)
<b>2do. nivel:</b> Espacial: grupo de estudio Temporal: mensual	Usuarios Características físicas de la vivienda Equipo de acondicionamiento ambiental mecánico Otros equipos Nivel de ingreso Actividades y tiempo de estancia en el hogar	Trabajo de campo. Tomando como referencia información anterior se plantea el trabajo de campo para muestras representativas de usuarios residenciales. Se requiere equipo humano y recursos económicos
<b>3er. nivel:</b> Espacial: casos específicos Temporal: mensual, diaria y horaria	Cuantificación del nivel 2	Trabajo de simulación térmica-energética y/o monitoreo de consumo de energía. Se requiere equipo de medición (instalación y calibración en sitio de estudio), preparación y conocimiento detallado

Fuente: elaboración propia

## 6.1. PRIMER NIVEL: SECTOR RESIDENCIAL DE MEXICALI, PERÍODO 1990-2000

En este punto se analizaron los patrones de consumo de energía eléctrica del sector residencial en un período determinado en función de variables estructurales (cantidad de usuarios), climáticas (temperatura) y económicas (precio de la energía: tarifa).

El universo de estudio fue todo el sector residencial de Mexicali. Se consideraron los patrones de comportamiento de los consumos eléctricos totales y su relación con la cantidad de usuarios, la temperatura promedio y el precio de la energía mensual.

El modelo de consumo de energía en este nivel está definido por las siguientes variables:

$$Y_{N1}=f(x_1); Y_{N1}=f(x_2); Y_{N1}=f(x_3); Y_{N1}=f(x_4)$$

Donde:

$Y_{N1}$ = consumo eléctrico anual o mensual (GWh)

$x_1$ = población (habitantes)

$x_2$ = usuarios residenciales (personas que habitan una vivienda)

$x_3$ = temperatura ambiente: promedio anual (°C)

$x_4$ = precio promedio por rango de consumo de tarifa residencial (\$ por rango de kWh)

Con la técnica de análisis de regresión univariable, se obtuvieron modelos por separado del impacto de cada variable sobre el consumo eléctrico. Se utilizó el comportamiento anual del consumo eléctrico (GWh) y de los usuarios, como un todo; el indicador utilizado fue consumo per cápita (MWh/año) y el consumo per cápita por °C de temperatura (MWh/año/°C).

### **6.1.1. Variables: consumo anual de energía y cantidad de usuarios**

Se realizó un análisis de regresión entre las variables consumo eléctrico anual de todo el sector residencial y total de usuarios por año. Cabe mencionar que la información de consumos eléctricos y usuarios se tomó de los registros mensuales reportados de CFE División Baja California. Inicialmente, el trabajo de recopilación se había realizado a partir de lo publicado en estadísticas del gobierno estatal (Secretaría de Desarrollo), sin embargo, se encontraron errores en la información publicada al respecto, por lo que se retomó la información directa proporcionada por el Departamento de Estadística de CFE.

### **6.1.2. Variables: consumo de energía eléctrica, cantidad de usuarios y temperatura promedio (nivel anual y mensual)**

De acuerdo con estudios realizados (Ranjan, 1999), identificaron comportamientos estacionales del consumo eléctrico según la época del año, sobre todo, marcado por períodos de variaciones significativas de temperatura o el nivel de precipitación.

El análisis de regresión se realizó con base en el comportamiento anual de temperatura media anual y consumo eléctrico per cápita (cociente del consumo anual y cantidad de usuarios). Durante este período se estudiaron 4 alternativas viables para abordar el comportamiento del consumo eléctrico por mes, sea en períodos de 12 o 6 meses.

Estas alternativas fueron:

- a) Considerar el comportamiento de todos los meses del año durante el período de estudio,
- b) sólo los meses de verano (mayo-octubre),
- c) sólo los meses de invierno (noviembre-abril),



- d) período crítico de incremento del consumo mínimo al máximo (marzo-agosto).

Además se estableció la interrelación entre el consumo eléctrico y la temperatura, en términos del incremento de GWh o kWh por incremento de °C de temperatura ambiente.

## **6.2. SEGUNDO NIVEL: GRUPO DE ESTUDIO DEL SECTOR RESIDENCIAL**

### **6.2.1. Generalidades**

El modelo de consumo de energía en este nivel está definido por las siguientes variables:

$$Y_{N2}=f(VIV, HAB, EAA, ACT, OEQ, NIF)$$

Donde:

$Y_{N2}$ = consumo eléctrico mensual (kWh)

VIV= vivienda (tamaño –número de habitaciones, sistema constructivo)

HAB= habitantes (cantidad, edad, horas de estancia en el hogar, actividades)

EAA= equipo de acondicionamiento ambiental (tipo, cantidad, capacidad y horas de uso)

ACT= Actividades de la familia en la vivienda

OEQ=otros equipos que consumen electricidad (cantidad y horas de uso al mes)

NIF= nivel de ingreso familiar

En este nivel, el indicador es el consumo eléctrico mensual (kWh) por vivienda o usuario residencial, obtenido del recibo de facturación eléctrica, y se relaciona con las características físicas de la vivienda, con el comportamiento del usuario, con las características del equipo que consume electricidad, sobre todo el

utilizado para acondicionamiento ambiental, con el fin de identificar cómo inciden estos factores en el consumo eléctrico.

El estudio se aplicó a una cantidad determinada de viviendas; la selección se obtuvo a partir de una muestra representativa de la investigación base "Impacto del consumo de energía eléctrica sobre la economía familiar en Mexicali, B.C., ICEEFM95" (Instituto de Investigaciones Sociales UABC, 1996).

Bajo 3 criterios de inclusión la muestra quedó constituida por 80 casos, de los cuales se hizo una descripción de las características físicas de la vivienda, cantidad de habitantes y sus actividades, equipo de aire acondicionado y su relación con el consumo eléctrico. La selección de los casos se realizó a partir de las encuestas que ya existían aplicadas en 1996 en el Municipio de Mexicali.

Para efecto de profundizar en los casos seleccionados, con apoyo de CFE, se actualizó el historial de consumos eléctricos mensuales hasta el año 2000. Sin embargo, solamente en 71 casos se pudo obtener la información actualizada, ya que en los otros se tuvo problemas, porque no coincidían con la encuesta base, con el número del medidor actual, ni con el nombre o domicilio del usuario.

En este segundo nivel, el trabajo de campo se le denominó "Consumo de energía en la vivienda de Mexicali, 2000" y consistió en aplicar una nueva encuesta a los usuarios identificados y localizados, de acuerdo con los objetivos de la presente investigación.

El objetivo del trabajo fue determinar en qué medida el consumo de energía eléctrica se debe a las características físicas de la vivienda (superficie y materiales de construcción), al equipo de aire acondicionado (tipo, capacidad, horas de uso, eficiencia), al uso de otros equipos eléctricos y/o al nivel de ingresos de los usuarios.

La hipótesis planteada es que en cuanto a la vivienda, el consumo eléctrico depende directamente del tipo de equipo mecánico de acondicionamiento térmico con cuenta la vivienda, del tamaño de la misma y del sistema constructivo y no tanto de la cantidad de habitantes, sobre todo si se cuenta con equipo de aire acondicionado; y si no se tiene dicho equipo, entonces de acuerdo con nuestro planteamiento el mayor consumo se deberá al uso del refrigerador.

La variable dependiente fue el consumo eléctrico mensual (agosto, kWh) y las independientes fueron superficie de construcción de la vivienda ( $m^2$ ), material de construcción de muros y techos, aislamiento térmico de techos, equipo de acondicionamiento ambiental, habitantes de la vivienda y nivel de ingreso.

#### **6.2.2. Investigación base: “Impacto del consumo de energía eléctrica sobre la economía familiar en Mexicali, B.C. ICEEFM95 ”**

La investigación base fue la encuesta: “Impacto del consumo de energía eléctrica sobre la economía familiar en Mexicali, B.C., ICEEFM95” (Instituto de Investigaciones Sociales UABC, 1996), ya que era el trabajo regional más reciente que incluía a todo el sector residencial.

Como lo mencionan los autores en dicha investigación, fue un trabajo de 1 etapa, en la cual el marco muestral fue el archivo maestro de consumidores domésticos proporcionado por CFE; se estratificaron en 5 rangos de consumo (200-500, 501-100,1001-1500,1501-2000 y más de 2000 kWh); se tomaron como referencia los consumos del mes de agosto de 1995 y se determinaron, de acuerdo con las 5 agencias de CFE, la cantidad y porcentaje de usuarios por rangos de consumo y agencia determinada. Con un diseño muestral probabilístico de 1200 viviendas, repartidas 240 viviendas por estrato de consumo eléctrico, se realizó el trabajo de campo de mayo a julio de 1996 y se

obtuvieron 1065 registros de calidad, los cuales fueron relacionados con el archivo histórico de CFE.

A fin de corroborar la pertinencia de dicha investigación aplicada en 1996 como referencia para la presente investigación -considerando que la primera fue representativa de todo el sector residencial de Mexicali- se verificó y se obtuvo que las curvas de consumo eléctrico promedio obtenidas del trabajo de campo mencionado tenía la misma tendencia que la correspondiente a la de todo el sector residencial reportada por CFE (ver Figura 20).

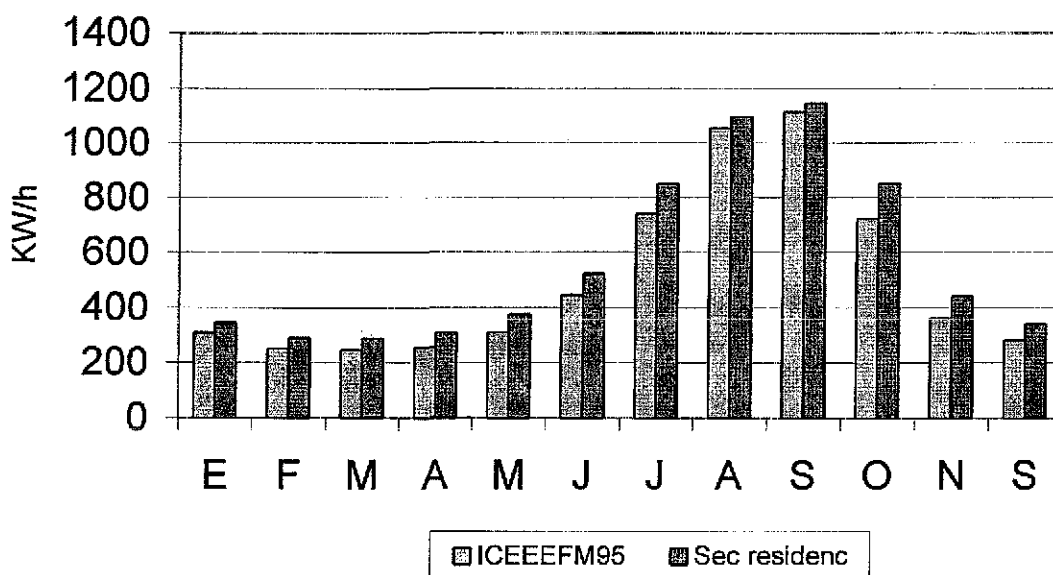


Figura 20. Comparativo consumo eléctrico promedio mensual, Mexicali, 1996

Por lo que se procedió a identificar las encuestas originales existentes en el Instituto de Investigaciones Sociales UABC. Se retomó información de dicha encuesta y se procedió a actualizar la información, pero ya de acuerdo con los objetivos de la presente investigación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **6.2.3. Encuesta “Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, 2000 (CEEVM)”**

Para fines de la presente encuesta, se diseñó una submuestra a partir de la investigación ICEEFM95, se tomaron en cuenta la mayor parte de las características predominantes en viviendas y usuarios de Mexicali y con base en los registros de consumo, proporcionados (CFE, 1996 o 2000), se hizo una agrupación de usuarios por rangos en el mes de agosto: de 0 a 500, 501-1000, 1001-1500, 1501-2000 y 2001-3000 kWh.

Para el diseño de la submuestra mencionada, se utilizaron los siguientes criterios de inclusión:

- Rangos de consumo críticos desde la perspectiva de usuarios afectados y/o consumos generados. En los 300-1200 kWh está el 44% del consumo y el 56% de los usuarios y de los 1200-2500 kWh está el 40% del consumo generado por el 23% de los usuarios. Además, específicamente entre los rangos de 300-700 kWh, se tiene la mayor cantidad de usuarios afectados, en tanto que de 1500-2000 se tiene el mayor volumen de consumo eléctrico en el verano. Lo anterior se obtuvo a partir de los ábacos de consumo de CFE División Baja California, con base en el de 1995. Cabe aclarar que se reviraron los ábacos de 1997, 1998 y 1999 y las tendencias por rangos de consumo se mantenían aproximadamente constantes (ver en ábacos de consumo).
- Familias de 4 a 5 miembros, ya que el 60% de los hogares en Mexicali están constituidos por esa cantidad de habitantes (XV Ayuntamiento de Mexicali, 1997).
- Viviendas construidas con los sistemas constructivos predominantes en la región: muros de bloque de cemento y ladrillo, así como techos

de madera y concreto, ya que estos representan el 70% de la vivienda construida en la zona (Romero, 1994)

- Viviendas de 2 a 3 recámaras, ya que constituyen el 60% (XV Ayuntamiento de Mexicali).
- Tenencia propia, incluyendo la que está en proceso de financiamiento, ya que constituye el 85% de los usuarios (XV Ayuntamiento de Mexicali).

Como éstas son algunas de las características predominantes, se buscó que los casos seleccionados las tuvieran, para, en lo posible, tener las condiciones representativas de las viviendas de la región. No se incluyó el ingreso familiar como condicionante, ya que el predominante está entre los rangos de 3 a 5 vsm, sino se prefirió que éste fuera un resultado de los casos seleccionados, así como el equipo de acondicionamiento ambiental utilizado.

Con esta información se solicitó al Instituto de Investigaciones Sociales de la UABC que, de la base de datos de su encuesta, seleccionara aquellos casos que reunieran lo mejor posible las características mencionadas, con lo cual se obtuvo una submuestra constituida por 80 casos.

Se solicitó a CFE, el archivo histórico de consumos eléctricos mensuales de los usuarios seleccionados, por lo menos de 1 año; la información que se proporcionó fue del mes de agosto de 1999 a julio de 2000.

El objetivo de la encuesta "Consumo de energía en la vivienda de Mexicali, 2000" fue profundizar y actualizar la información del usuario, que había proporcionado en 1996. Esta encuesta se estructuró en 6 partes, que abarcan las características físicas de la vivienda, la estructura familiar y estilo de vida, el equipo para acondicionamiento ambiental, equipos electrodomésticos, consumos de energía eléctrica y croquis de la vivienda (ver en Anexo).

- I. Características físicas de la vivienda: material en muros y techos de la vivienda, tamaño de la misma (en términos de número de cuartos), si cuenta con aislamiento térmico en techos y muros, y el tipo de ventanas, orientación y tamaño. Esta información se complementó con los croquis de la vivienda del punto 6.
- II. Estructura familiar y estilo de vida: número de habitantes, la edad, el nivel de estudios, su ocupación. Además, sobre el horario en que se encuentran en la vivienda y el tipo de actividades que realizan durante la semana y en fin de semana en la vivienda.
- III. Equipo de acondicionamiento ambiental: tipo de equipo que se utiliza en verano (ventilador, enfriador evaporativo, equipos de aire acondicionado). Sobre los equipos se solicitó la cantidad, capacidad o tonelaje en su caso; el horario de uso, las horas totales de uso, sobre la adquisición del equipo-si era nuevo o usado; la antigüedad que se tiene con el equipo, si le da mantenimiento y a qué temperatura pone el termostato. Además se incluyeron 4 preguntas sobre su apreciación sobre a) nivel de confort que percibe en su casa en verano, b) acerca de cómo usa el aparato de aire acondicionado, es decir, si lo deja encendido todo el verano o lo enciende y apaga diariamente, c) sobre las condiciones en que le gusta dormir: que la habitación se sienta muy fría, fría o regular; y d) finalmente si utiliza cobijas en el verano al dormir.
- IV. Equipos electrodomésticos: se hizo un levantamiento sobre los otros equipos eléctricos con que se cuenta la vivienda, sus horas de uso y estado de adquisición. Entre ellos el refrigerador, lavadora, plancha, licuadora, microondas, televisión y video, entre otros.
- V. Consumos de energía eléctrica: se actualizan los registros de consumos eléctricos; éstos fueron proporcionados directamente por CFE. En esta parte se incluyó el ingreso mensual familiar y miembros que lo aportan. Así como una estimación del promedio de cuánto paga

de luz en verano (en pesos) y, finalmente, se identificó qué porcentaje de su ingreso destina para el pago de la facturación eléctrica.

- VI. Croquis de la vivienda: se hizo un levantamiento general de la volumetría de la vivienda y de su espacio exterior. Además se preguntó sobre los m<sup>2</sup> de construcción de su vivienda y lote.

Para la aplicación de las encuestas, se utilizó el folio que ya tenían definido en el trabajo anterior. Se actualizó la información proporcionada por los usuarios en 1996, aplicando nuevamente una encuesta, en el verano de 2000, pero ya de acuerdo con los objetivos de la presente investigación (ver Anexo B). Se hizo una prueba piloto y se obtuvieron resultados

En la Tabla 6.1 se muestran los porcentajes por rangos de consumo eléctrico de las encuestas originales (1996) y de las actualizadas (2000). Se profundizó en el 54.9% de las encuestas anteriores, ya sea porque ya no vivía la persona ahí, no estaba en el registro de CFE o porque no se pudo localizar a las personas.

**Tabla 6.1. Proporción de encuestas originales (1996) y actualizadas (2000), Mexicali**

Rango de consumo eléctrico (kWh)	Encuestas originales	Encuestas profundizadas	% encuestas profundizadas
0-500	16 (22.6%)	3 (7.7%)	18.8
501-1000	23 (32.4)	10 (25.6)	43.5
1001-1500	15 (21.1)	13(33.3)	86.7
1501-2000	14(19.7)	12 (85.8)	85.7
2001-2500	2 (2.8)	0(0)	0
Más de 2501	1 (1.4)	1 (2.6)	100
Total	71 (100)	39 (100)	54.9



Con base en lo anterior, solamente se estudiaron aquellos rangos en los que la información fuera suficiente, por lo que se descartó el rango de 0-500 y el de más de 2501, porque era un solo caso.

La información se capturó en la hoja de cálculo en Excel. Se agrupó la información en 4 formatos: características físicas de la vivienda, estructura familiar y estilos de vida, equipos de acondicionamiento térmico ambiental y otros equipos que consumen electricidad.

Los resultados de este trabajo de campo se agruparon en rangos de consumo 25-500, 501-1000, 1001-1500, 1501-2000, 2001-3000 o más kWh con base al consumo eléctrico del mes de agosto de 1999.

Los resultados se presentan en tablas y gráficas totales y por rangos de consumo de 501-1000 kWh, 1001-1500 kWh y 1501-2000 kWh.

### **6.3. TERCER NIVEL: EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

#### **6.3.1. Generalidades**

En este nivel no se busca establecer un modelo de comportamiento del consumo eléctrico, ya que es un estudio de caso. Sin embargo se destaca la importancia de detectar que existen diferentes comportamientos en un mismo usuario, dependiendo entre otros factores, del día de la semana y de la temperatura ambiente.

En este nivel, los indicadores son el consumo eléctrico (kWh) nivel mensual, diario y horario. Se aborda la evaluación térmica-energética con apoyo de simuladores de comportamiento térmico y/o monitoreo en sitio del consumo de energía eléctrica de un caso extremo de altos consumos de energía eléctrica.

Vivienda de altos consumos eléctricos. Se aborda el análisis del consumo de energía en una vivienda de altos consumos eléctricos durante el verano. La vivienda de estudio (caso Baikal) tiene una superficie de 175 m<sup>2</sup>, en dos niveles (ver Anexo C). Está construida con muros de bloque de concreto y losa de concreto. La vivienda está habitada por 3 personas adultas.

Vivienda con servicio trifásico, medidor Westinghouse modelo D5S7, tipo S 5771, número 4444KW; la instalación eléctrica tiene aproximadamente 10 años. La vivienda cuenta con 2 equipos de aire acondicionado tipo paquete, de 5 toneladas cada uno, refrigerador grande, boiler eléctrico, 3 televisiones y 23 lámparas fluorescentes, lavadora y equipo electrodoméstico, entre otros.

Cabe mencionar que se estudió el historial de consumo eléctrico desde 1996 al 2000.

### **6.3.2 Monitoreo de consumo de energía en sitio**

Para el monitoreo, Comisión Federal de Electricidad División Baja California instaló un equipo de medición de pulso KL2W (tipo socket, 300-200 amperes, multifunción electrónica y memoria masiva). Se registraron los parámetros de kWh, demanda máxima, fecha y hora; kWh total, demanda máxima total, fecha, hora; y, kva total reactivos, fecha y hora.

El período de medición fue del 6 de julio al 8 de septiembre de 1999, con una frecuencia de 5 minutos. La información se tomó directamente del equipo de medición de pulso con el software EMF Plus, se retomó la información de demanda máxima (kW) y consumo de energía (kWh) de acuerdo a la frecuencia mencionada.

Para efecto del estudio, se procesó la información de los consumos de energía y se obtuvieron valores en promedios por hora (cabe señalar que para obtener el promedio de la hora, ejemplo el de las 9 horas, se promediaron los 12 registros de las 8:05 a las 9 horas). Después de verificar, se obtuvieron los registros completos de las 24 horas de 21 días de julio (7- 27 de julio) y del mes de agosto, los 31 días (ver Anexo C).

Cabe aclarar que los registros de temperatura ambiente fueron tomados de la Estación Meteorológica de la UABC, y no se monitoreo en sitio el consumo por equipos específicos, ni la temperatura interna.

Con el promedio obtenido se obtuvo el comportamiento horario promedio de julio y agosto de 1999 monitoreado en sitio; se comparó con lo reportado por CFE en el recibo de facturación eléctrica. Se obtuvo además el consumo promedio diario y promedio mensual. Se graficó el comportamiento diario del período de estudio y se identificaron los patrones de comportamiento o de uso de la energía en la vivienda.

## Capítulo VII

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en los 3 niveles de estudio del consumo de energía eléctrica del sector residencial. Expone los modelos de consumo de energía con variables de distinta naturaleza, la interrelación del consumo con algunas características específicas de la vivienda, del equipo utilizado y el usuario, y los resultados obtenidos del monitoreo de consumo de energía en sitio.

### 7.1. PRIMER NIVEL: SECTOR RESIDENCIAL

#### 7.1.1. Consumo anual de energía eléctrica

En la Tabla 7.1. se observa el comportamiento anual de consumo eléctrico, usuarios, consumo per cápita y temperatura promedio anual de Mexicali, B.C.

**Tabla 7.1. Consumo eléctrico total y per cápita, usuarios y temperatura promedio anual, sector residencial, Mexicali, 1990-2000**

	Consumo eléctrico (GWh)	Usuarios	Consumo per cápita (MWh/año)	Temperatura media (°C)
1990	805,302	149,270	5.39	23.1
1991	795,627	157,227	5.06	21.9
1992	903,485	164,817	5.48	24.2
1993	893,853	170,562	5.24	24.2
1994	944,611	176,404	5.35	24.1
1995	980,309	183,279	5.35	24.6
1996	1,070,708	190,507	5.62	25
1997	1,101,478	198,578	5.55	24.5
1998	1,093,508	205,845	5.31	24
1999	1,209,154	215,097	5.62	24.7
2000	1,352,024	224,176	6.03	24.4
<b>Promedio</b>	<b>1,013,642</b>	<b>185,069</b>	<b>5.46</b>	<b>24.1</b>

Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por

CFE División Baja California y el Departamento de Meteorología UABC, 2001

Con base en la Tabla 7.1, y a partir de los registros anuales, se hizo el análisis de regresión, considerando como variable independiente **cantidad de usuarios** y su relación con la variable dependiente **consumo eléctrico** (ver Tabla 7.2.), así como **temperatura y consumo eléctrico** (ver Tabla 7.3.).

**Tabla 7.2. Modelos de regresión consumo de energía eléctrica, en función de la cantidad de usuarios, sector residencial, Mexicali**

Modelo	Ecuación	R <sup>2</sup>
Lineal	$Y = 6.9318x - 269221$	0.9549
Polinomial	$Y = .00004x^2 - 7.3547x + 1000000$	0.9683
Potencia	$Y = 0.2918x^{1.2415}$	0.96
Logarítmico	$Y = 286930e^{.07e-.06x}$	0.9673

Fuente: Tabla 7.1. (consumo eléctrico y usuarios por cada año del período 1990-2000)

**Tabla 7.3. Modelos de regresión consumo de energía eléctrica, en función de la temperatura ambiente, sector residencial, Mexicali**

Modelo	Ecuación	R <sup>2</sup>
Lineal	$Y = 125659x - 2000000$	0.405
Polinomial	$Y = 27212x^2 - 1000000x + 10000000$	0.4209
Potencia	$Y = 61.951x^{3.0471}$	0.4649

Fuente: Tabla 7.1. (consumo eléctrico y temperatura ambiente por cada año del período 1990-2000)

De acuerdo con lo anterior se observa que el consumo anual de energía eléctrica en Mexicali puede explicarse en más del 95% por la cantidad de usuarios y por la temperatura anual alrededor del 40%. Esto se explica porque los indicadores mencionados están a nivel anual.

Además con base en la Tabla 7.1, y partir de los registros anuales, se hizo el análisis de regresión, considerando como variable independiente **temperatura media anual** y su relación con la variable dependiente **consumo eléctrico per**

**cápita** (cociente del consumo anual y cantidad de usuarios). En la Tabla 7.4. se presentan los modelos obtenidos:

**Tabla 7.4. Modelos de regresión consumo de energía eléctrica per cápita, en función de la cantidad de usuarios y temperatura, sector residencial, Mexicali**

Modelo	Ecuación	R <sup>2</sup>
Lineal	$Y= 0.1766x+1.2057$	0.3651
Polinomial	$Y=.0093x^2 -0.2587x+6.2933$	0.3659
Potencia	$Y=0.4757x^{0.7969}$	0.3858
Logarítmico	$Y=2.4746e^{0.0328x}$	0.3864

Fuente: Tabla 7.1. (consumo eléctrico, consumo per cápita, usuarios y temperatura ambiente por cada año del período 1990-2000)

En la tabla anterior se observa que el consumo anual de energía eléctrica no puede explicarse solamente por el criterio de la temperatura promedio anual. El considerar el consumo total y la temperatura, independientemente de la cantidad de usuarios, aumenta la R<sup>2</sup>; sin embargo, sus valores continúan siendo bajos (0.4050 a 0.4685).

#### Incremento de consumo eléctrico por incremento de grado de temperatura ambiente

A fin de buscar establecer un indicador adecuado entre la temperatura y el consumo de energía eléctrica, se estudio a un nivel de mayor especificidad, considerando el comportamiento mensual tanto del consumo eléctrico (en su connotación de consumo per cápita) como de la temperatura media mensual . Se tomó como referencia el mes de agosto, como crítico del período del verano (ver Tabla 7.5).

**Tabla 7.5. Consumo per cápita por °C, Mexicali, agosto, 1990-2000 (kWh/°C)**

Período	Consumo (MWh)	Usuarios	Consumo per cápita (kWh/usua)	Temperatura (°C)		KWh/usu/°C	
				Pro máx	Pro Med	T máx	T med
1990	136,476	150,051	909.53	44.2	32.6		27.90
1991	121,275	157,368	770.65	43.8	35.2	<b>20.58</b>	21.89
1992	146,848	166,239	883.36	42.1	33.7	<b>20.98</b>	26.21
1993	138,725	171,625	808.30	40.3	33.1	<b>20.06</b>	24.42
1994	152,773	177,449	860.94	42.8	35.7	<b>20.12</b>	24.12
1995	164,924	185,074	891.13	43.5	36.0	<b>20.49</b>	24.75
1996	172,840	192,304	898.79	43.3	35.4	<b>20.76</b>	25.39
1997	167,156	197,657	845.69	43.5	35.9	<b>19.44</b>	23.56
1998	193,090	203,786	947.52	43.2	36.3	<b>21.93</b>	26.10
1999	201,621	212,821	947.37	42	35	<b>22.56</b>	27.07
2000	215,717	221,976	971.80	42	35.8	<b>23.14</b>	27.15

Fuente: elaboración propia a partir de los registros CFE y del Departamento de Meteorología UABC.

Durante el período de estudio el consumo per cápita promedio fue de 800 kWh/usuario, esto significa que en agosto por cada grado centígrado de temperatura se espera un consumo de alrededor de 20 kWh por este mes.

### **7.1.2. Consumo anual de energía eléctrica e implicaciones socioeconómicas**

En la Tabla 7.6. se presenta el concentrado de registros estadísticos y su interrelación con acciones económicas, como cambios en la tarifa residencial y sus repercusiones en términos de consumo eléctricos.

**Tabla 7.6. Comportamiento anual del consumo de energía eléctrica, acciones y resultados en Mexicali. 1990-2000**

Pe- ríodo	Diferencial		Tempe- ratura	Acciones		Resultados
	Con- sumo (GWh)	Usua- rios		Tarifa y programas	Precio tarifa	
90-91	9.70	7,957	Alta	Tarifa 1D Programa A		
91-92	107.90	7,590	Alta	Tarifa 1D		Incremento notorio de consumo 14.2 MWh/año por usuario residencial
92-93	9.60	5,745	Alta	Tarifa 1D		Ahorro de energía o aumento de precio
93-94	50.76	5,842	Alta	Tarifa 1D		Incremento consumo 8.69 MWh/año por usuario residencial
94-95	35.70	6,875	Alta	Tarifa 1D		Incremento consumo 5.19 MWh/año por usuario residencial
95-96	90.40	7,228	Ext alta	Tarifa 1E		Incremento notorio de consumo 12.51 MWh/año por usuario residencial
96-97	30.77	8,071	Ext alta	Tarifa 1E	Inc men acu	Incremento Consumo 3.81 MWh/año por usuario residencial
97-98	7.97	7,267	Alta	Tarifa 1E Programa B	Inc men acu	Ahorro de energía o aumento de precio
98-99	115.65	9,252	Alta	Tarifa 1E	Inc men acu	Incremento notorio de consumo 12.5 MWh/año por usuario residencial
99-00	114.87	9,079	Ext alta	Tarifa 1E	Inc men acu	Incremento notorio de consumo 15.74 MWh/año por usuario residencial

Fuente: elaboración propia, 2001 Simbología: incremento mensual acumulativo (inc men acu).

Notas: a) Tomado con respecto a la temperatura media máxima: alta con valores hasta 40° y extremadamente alta (ext alta) con valores superiores a los 40 °C; b) Programa A: "Programa de Apoyo a la Economía Familiar y de Ahorro de Energía Eléctrica para Mexicali " c) Programa B: Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI)

Con base en la Tabla 7.5. se observa que entre 1991-1992 y 1995-1996 los consumos eléctricos aumentaron notablemente, 14.20 MWh/año y 12.51 MWh/año respectivamente, aunque la cantidad de usuarios no aumentó en la misma proporción. En 1997, aunque aumentaron el consumo y los usuarios, el primero aumentó en menor proporción por usuario residencial: 3.81 MWh/año. Sin embargo, se pueden observar ahorros de energía en 1993 y en 1998,



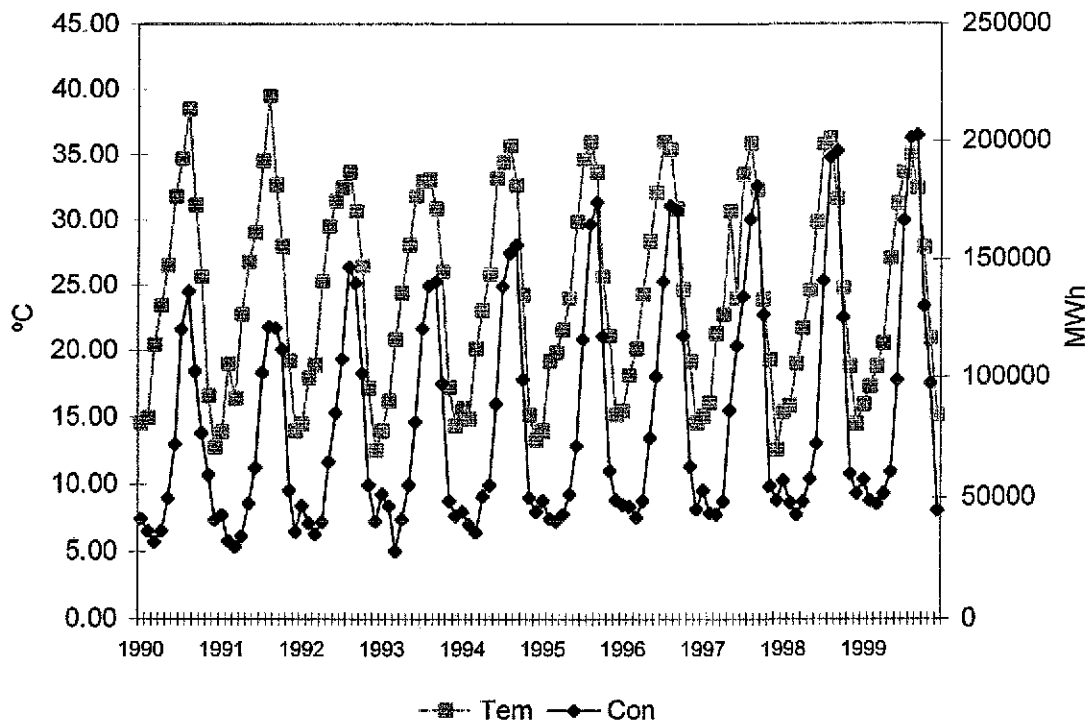
cuando a pesar de que la cantidad de usuarios aumenta, el consumo disminuye. Además de que, a más alta temperatura ambiente, los consumos eléctricos son mayores, así como los consumos per cápita o por usuario residencial.

El comportamiento del consumo eléctrico 1995-1996, considera 2 factores importantes: la entrada en vigencia de la tarifa 1E y el impacto de las temperaturas extremadamente altas 43.5 °C (promedio máxima en agosto).

### **7.1.3. Modelos de consumo mensual y por períodos de verano e invierno de energía eléctrica**

Con base en el comportamiento mensual de la temperatura ambiente y el consumo eléctrico, durante el período de estudio mensual, se observa una relación directa entre la temperatura y el consumo de energía, comportamiento cíclico cada año y con la misma tendencia: puntos máximos en los meses de verano, con un desfase entre los picos de temperatura y consumo eléctrico.

Las diferencias que existen entre las variables mencionadas, manifiestan que en ambas, en los meses de verano, son más altas que las correspondientes a los meses de invierno (ver Figura 21).



Fuente: elaboración a partir de registros de CFE y Departamento de Meteorología UABC.

**Figura 21. Temperatura ambiente y consumo eléctrico mensual, Mexicali, 1990-2000,**

Las tendencias mostradas en la figura anterior se refieren a datos globales por mes de consumos totales del sector residencial, interrelacionados con temperatura media.

Con base en los registros de consumo eléctrico y temperatura promedio mensual de la Figura 21, se hizo el análisis de regresión y se obtuvieron los siguientes resultados:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Tabla 7.7. Resultados del análisis de regresión, en función de usuarios y temperatura, por mes según época del año, sector residencial, Mexicali, 1990-2000**

Períodos	R <sup>2</sup>			
	Consumo-usuarios		Consumo-usuarios-temperatura	
Todos los meses del año	0.0801 (lin)	0.0822 (pol)	0.6418 (pot)	0.7425 (pol 2º)
Verano (mayo-octubre)	0.1795 (lin)	0.1803 (pol)	0.3952 (lin)	0.4069 (pol 2º)
Invierno (noviembre-abril)	0.3247 (pol)	0.3416 (pot)	0.0047 (pol 2º)	0.0052 (pot)
<b>Crítico (marzo-agosto)</b>				

Fuente: Registros mensuales de consumo eléctrico residencial CFE y temperatura media mensual (Departamento de Meteorología UABC) durante cada mes del período 1990-2000

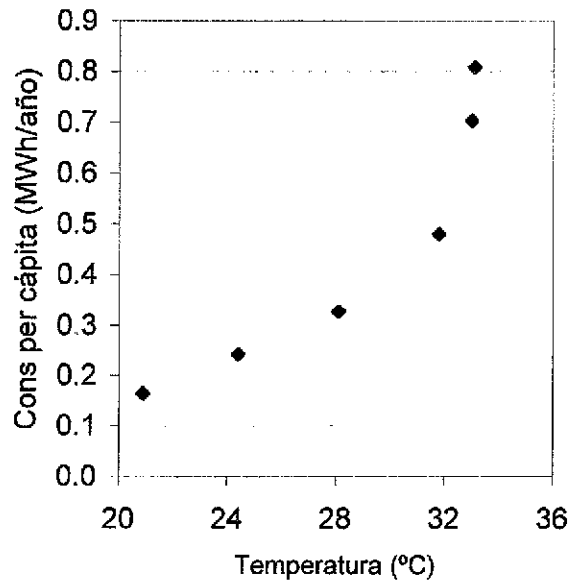
Nota: se presentan los 2 valores de R<sup>2</sup> más altos obtenidos y dado los valores bajos de R<sup>2</sup> no se presenta la ecuación del modelo. Simbología: para el tipo de modelo obtenido: lineal (lin), polinomial de segundo grado (pol 2º), logarítmico (log), potencial (pot)

Con base en lo anterior y considerando los registros consumos eléctricos, usuarios y temperatura de cada mes durante el período de 1990-2000 se observa:

- el modelo tipo polinomial de segundo grado es el que más explica el consumo;
- por mes, el criterio solamente de consumo y usuario no es suficiente para explicar el fenómeno, es más conveniente incluir a la temperatura ambiente;
- que los consumos y usuarios, explican mejor el fenómeno en el invierno que en el verano, pero no lo suficiente;
- que el período crítico de estudio es cuando el consumo oscila entre su valor mínimo y máximo y va en incremento.

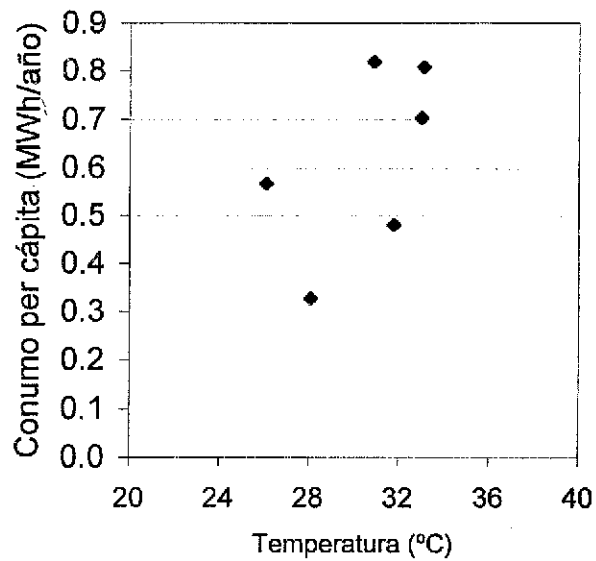
Cabe mencionar que también se analizó por separado cada año, en términos de período de verano, invierno y crítico y en general coinciden los comportamientos, por lo que se presenta solamente el comportamiento de un año cualquiera del período, 1993.

La Figura 22 muestra el comportamiento del consumo per cápita en función de la temperatura, durante los meses de marzo a agosto; es decir, en el período en que la temperatura se va incrementando de su valor mínimo al máximo. Cuya ecuación fue  $Y=0.0128e^{0.1199x}$  y una  $R^2=0.954$ .



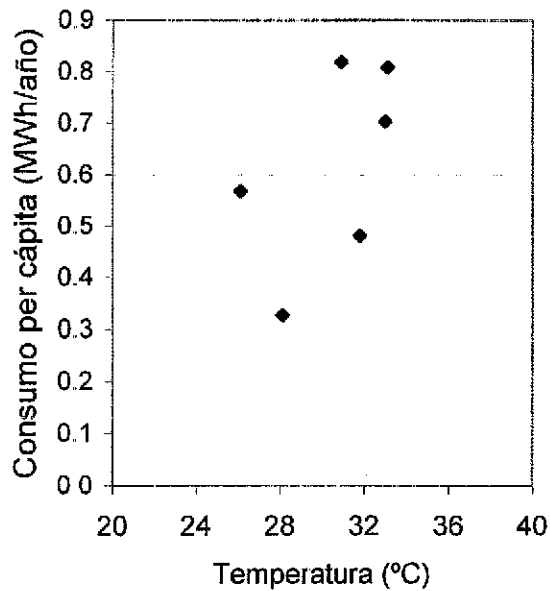
**Figura 22. Consumo de energía eléctrica per cápita, por °C de temperatura, Mexicali, marzo-agosto, 1993**

La Figura 23 muestra el comportamiento del consumo per cápita en función de la temperatura, durante los meses del verano (mayo a octubre). La ecuación fue tipo polinomial de segundo grado  $Y=0.11x^2-0.6162x+9.0901$ . Sin embargo, la  $R^2=0.3908$ .



**Figura 23. Consumo de energía eléctrica per cápita, por °C de temperatura, Mexicali, verano(mayo-octubre), 1993**

La Figura 24 muestra el comportamiento del consumo per cápita en función de la temperatura durante los meses invierno (noviembre-abril).



**Figura 24. Consumo de energía eléctrica per cápita, por °C de temperatura, Mexicali, invierno (noviembre-abril), 1993**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la Figura 24 el modelo es de tipo polinomial de segundo grado y la ecuación obtenida fue  $Y=0.11x^2-0.6162x+9.0901$ ; sin embargo, la  $R^2=0.78$

#### **7.1.4. Discusión Primer Nivel**

El consumo eléctrico anual lo explica mejor la cantidad de usuarios que el criterio de la temperatura, a través de  $Y=.00004x^2 -7.3547x+1000000$ .

En el consumo mensual, sin embargo, la situación es inversa. El consumo eléctrico es explicado más por la variable temperatura promedio mensual que por la cantidad de usuarios.

Para cada año y considerado el comportamiento mensual, el consumo eléctrico está en función de la temperatura, solamente para los meses de marzo a agosto. Además para una misma temperatura el consumo es diferente si es antes de que empiece el verano o después y será mayor en los meses después del valor máximo (agosto) y finalmente para una misma temperatura hay 2 valores esperados de consumos eléctricos, dependiendo de la época del año.

## **7.2. SEGUNDO NIVEL: GRUPO DE ESTUDIO DEL SECTOR RESIDENCIAL**

### **7.2.1. Muestra de estudio del sector residencial**

Con base a la muestra obtenida y la aplicación de la encuesta "Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C., 2000", se determinó las principales características físicas de las viviendas, de los equipos, usuarios e historial de consumo eléctrico.

De la muestra de referencia (obtenida de la información de 1996), con respecto a las características físicas de la vivienda, se observó que el 57% de las viviendas tiene techo de madera, el 40% de concreto y el 3% otro material. Con relación a

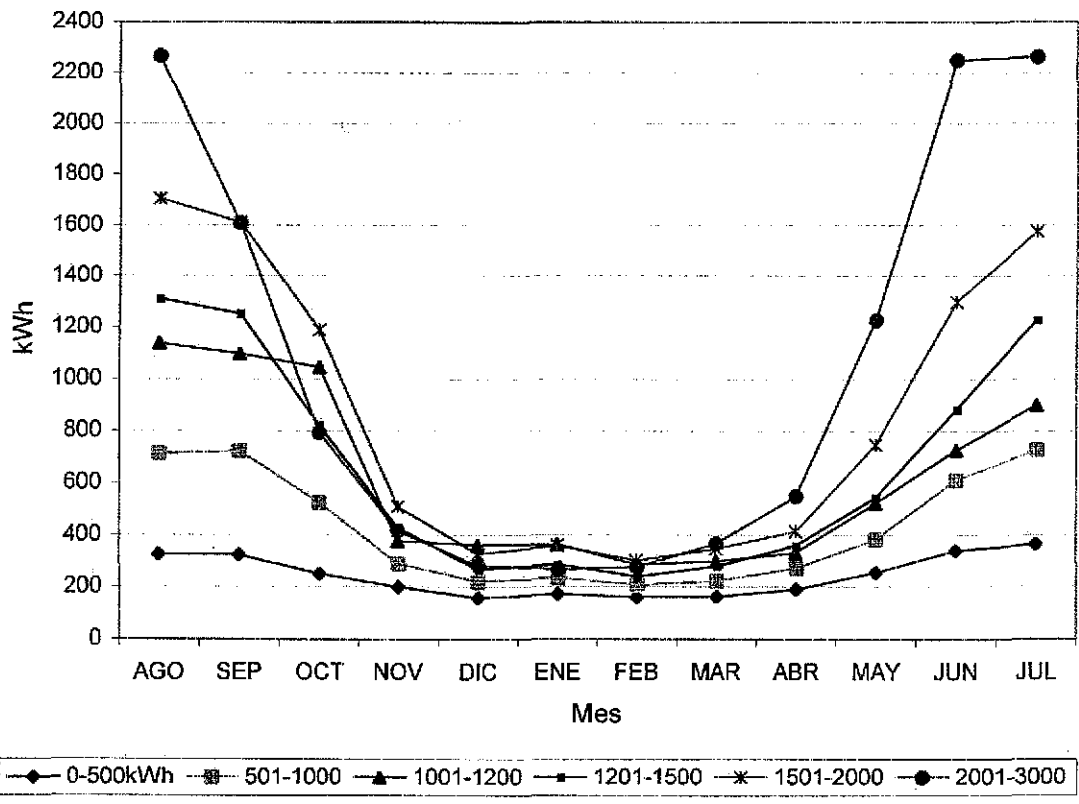
los muros, el 47% es de bloque de cemento, el 21% de ladrillo, el 15% de madera, el 7% de adobe y un 10% otro material.

En general, en cuanto a sistema constructivo, predomina con un 37% el sistema de losa de concreto con muros de bloque de cemento; un 19% de techos de madera y muros de ladrillo; un 19% con techos de madera y muros de bloque de cemento; un 15% toda construida con madera, un 10% con madera y otro tipo de material de muro, un 6% con madera y adobe, y un 5% con techos de concreto y muros ya sea de adobe o ladrillo.

Con respecto al equipo de acondicionamiento térmico ambiental, se concluyó que el 48% tenía equipo de aire acondicionado (43% de ventana y 5% de paquete), un 44% tenía enfriador evaporativo, un 7% utilizaba los dos sistemas mencionados anteriormente y un 1% usaba ventilador.

#### Comportamiento del consumo eléctrico anual resultante de la muestra de estudio

Se establecieron grupos de rangos de consumo 25-500, 501-1000 ,1001-1500 kWh, 1501-2000, 2001-3000 o más kWh con base al consumo eléctrico del mes de agosto de 1999. En la Figura 25, se muestra el historial de consumo eléctrico (agosto 1999-julio 2000), de los usuarios seleccionados.



**Figura 25 Historial de consumo eléctrico de muestra de estudio, Mexicali, 1999-2000 (kWh)**

Con base en lo anterior se observa que:

- En los rangos 25-500 kWh, se presenta un comportamiento uniforme durante todo el año, ya que entre el consumo máximo y mínimo hay poca diferencia.
- En el rango de 501-100 kWh, se empieza a marcar la diferencia entre el consumo promedio de agosto, con respecto a marzo; en cambio el consumo de los meses de invierno es uniforme.
- En los rangos de 1001-1500 kWh, se observa mayor diferencia entre el consumo de verano e invierno.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



- En los rangos de 1501-2000 y 2001-3000 hay una marcada diferencia entre el consumo máximo y mínimo.

En general se observa que, independientemente del rango de consumo, los consumos del invierno (diciembre-marzo) son uniformes; ciertamente mientras mayor sea el rango de consumo, mayor será el consumo uniforme del invierno.

El impacto del clima se empieza a notar de los 501-1000 kWh; sin embargo, se marca notoriamente en los consumos de arriba de los 1500 kWh. Esto demuestra que el consumo eléctrico presenta un comportamiento estacional sólo en ciertos rangos de consumo, ya que debajo de los 500 kWh de consumo no se nota el impacto del clima.

## **7.2.2. Resultados seleccionados en rangos de consumos representativos**

Los resultados de la encuesta "Consumo de energía eléctrica en la ciudad de Mexicali, 2000" se agruparon de acuerdo con los rangos de consumo eléctrico de agosto 1999; se establecieron los siguientes grupos: de 501-1000 kWh o primer grupo, de 1001-1500 kWh o segundo grupo, de 1501-2000 kWh o tercer grupo.

Los resultados se presentan en forma global (de los 3 rangos mencionados) y por cada rango de consumo, en función de las características físicas de la vivienda, la estructura familiar y estilo de vida, los equipos de acondicionamiento térmico ambiental y los otros equipos que consumen electricidad.

### 7.2.2.1. Resultados globales

A). Características físicas de la vivienda (ver Figura 26):

- a) El tamaño de la vivienda: el 34.3% de dos habitaciones, el 34.3% de 4, el 20% de 3 y el 11.4% de 5 habitaciones.
- b) El material de muros: el 62.9% fue de bloque de cemento, el 28.6% de ladrillo y el 8.5% de madera y adobe.
- c) El aislamiento térmico de muros: el 82.9% no tiene, el 11.4% si y el 5.7% lo tiene en parte de los muros.
- d) El material de techo: el 48.6% está construido con madera (37.1% tiene ático de madera no ventilado y el 11.4% de madera sobre barrotes), el 48.6% fue de losa de concreto y el 2.8% de otro material.
- e). El aislamiento térmico de los techos: el 68.6% cuenta con aislante térmico (el 65.7% en forma total y el 2.9% parcial) y que el 31.4% no lo tiene.
- f) El número de ventanas: el 33.4% tiene 4 ventanas en su vivienda, el 20% tiene 3, el 17.1% tiene 5, el 14.3% tiene 2 ventanas, el 11.4% tiene 6 y el 2.9% solamente 1 ventana.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

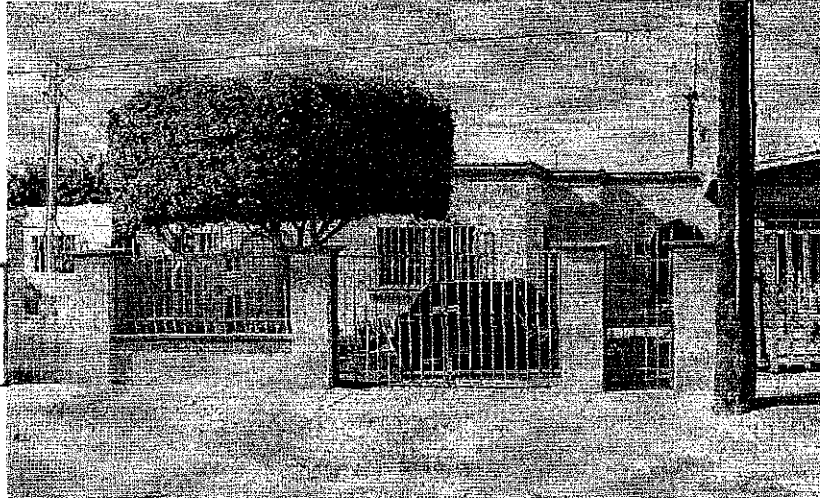


Foto: Romero, 2000

**Figura 26. Vivienda de interés social de la muestra de estudio, Mexicali**

B). Con respecto a la estructura familiar y estilo de vida:

a) Número de habitantes por vivienda: el 31.4% está habitada por 4 personas, el 28.6% por 5, el 20% por 3, el 11.3% por 6, 2.9% por 2, el 2.9% por 7 y el 2.9% por más de 10 personas. La media es de 4.54 personas por vivienda.

b) Tipo de tenencia de la vivienda: el 77.1% tiene vivienda propia, el 17.1% la está pagando y el 5.7% está rentando la vivienda.

C). Equipos de acondicionamiento térmico ambiental:

a) De los equipos de acondicionamiento térmico ambiental: el 68.6% corresponde a equipos de aire acondicionado, el 20% tiene tanto enfriador evaporativo como aire acondicionado (predominantemente de ventana) y el 11.4% tiene enfriador evaporativo (ver Figura 27);

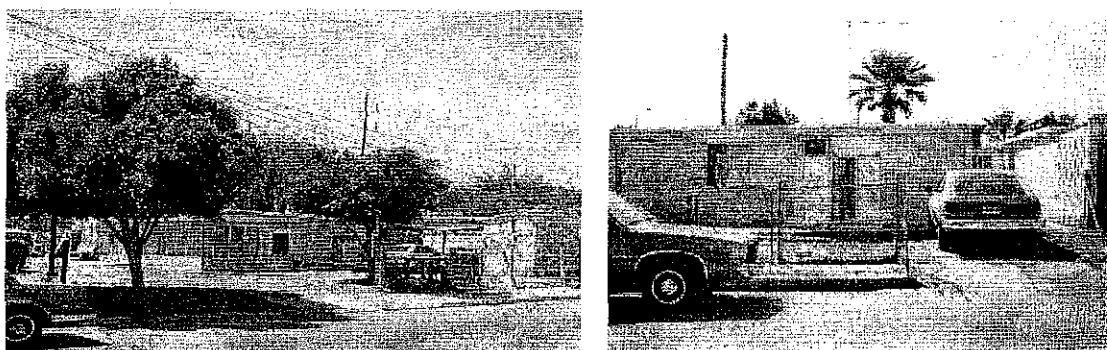


Foto: Romero, 2000

**Figura 27. Viviendas con enfriador evaporativo y equipo de ventana, muestra de estudio, Mexicali**

D). Con respecto a los otros equipos que consumen electricidad:

La Tabla 7.8 presenta la saturación de equipos y las horas de uso, en función de lo reportado por los usuarios.

**Tabla 7.8. Saturación y horas de uso de equipos electrodomésticos, muestra de estudio, Mexicali, 2000**

Equipos electrodomésticos	Saturación (%)	Horas de uso por semana
Refrigerador	100	continuo (168 horas)
Televisión	100	59.29
Plancha	97.1	1.38
Lavadora de ropa	94.3	5.43 nueva, 7.55 usada
Licuada	94.3	0.92
Horno de microondas	65.7	1.52
Video	65.7	3.04
Radio	60.0	6.60
Tostador de pan	45.7	0.61
Estereo	40.0	5.20
Cafetera	25.7	1.80
Extractor de cocina	17.1	3.70
Aspiradora	17.1	no disponible
Enfriador de agua	11.4	continuo
Secadora de ropa	5.7	no disponible

Fuente: elaboración propia a partir de la encuesta CEEVM, 2000

### 7.2.2.2. Resultados por grupos de consumo eléctrico

#### A). Características físicas de la vivienda

##### a) Número de habitaciones de la vivienda (ver Figura 28-a)

En la gráfica siguiente, se observa que en el rango 0-500 kWh un 40% de las viviendas tienen 2 habitaciones, un 40% tiene 3, un 10% tiene 4 y el 10% restante 5 habitaciones, mientras que en el rango 1001-1500 kWh, el 46.2% tiene 4 y el 38.5%, 3. En el Grupo 1501-2000 kWh, un 41.7% tiene 4 y un 25% cuenta con 3 habitaciones.

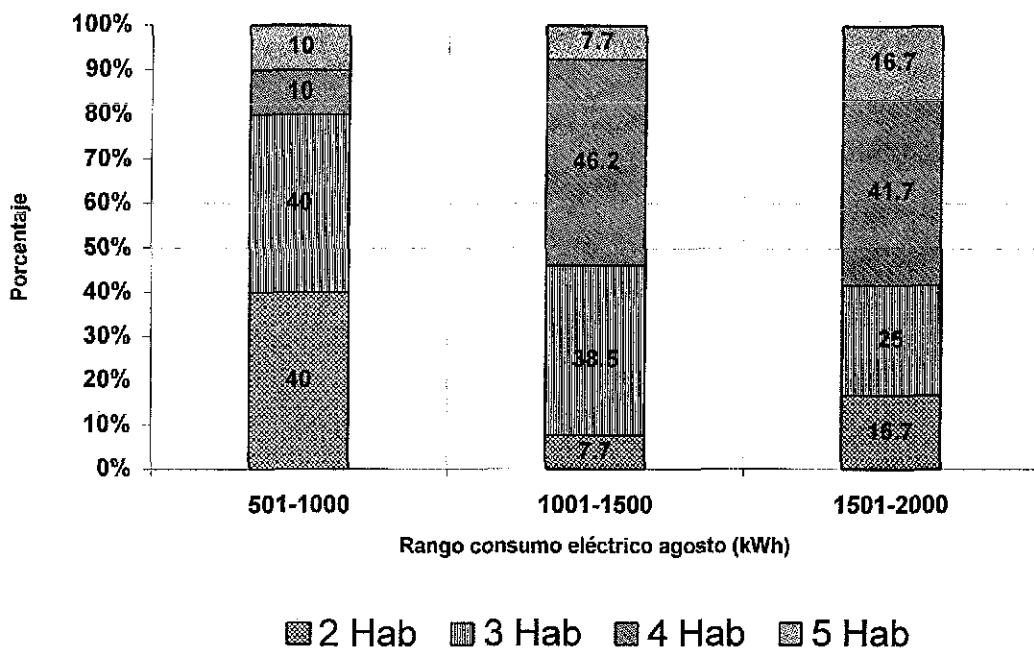
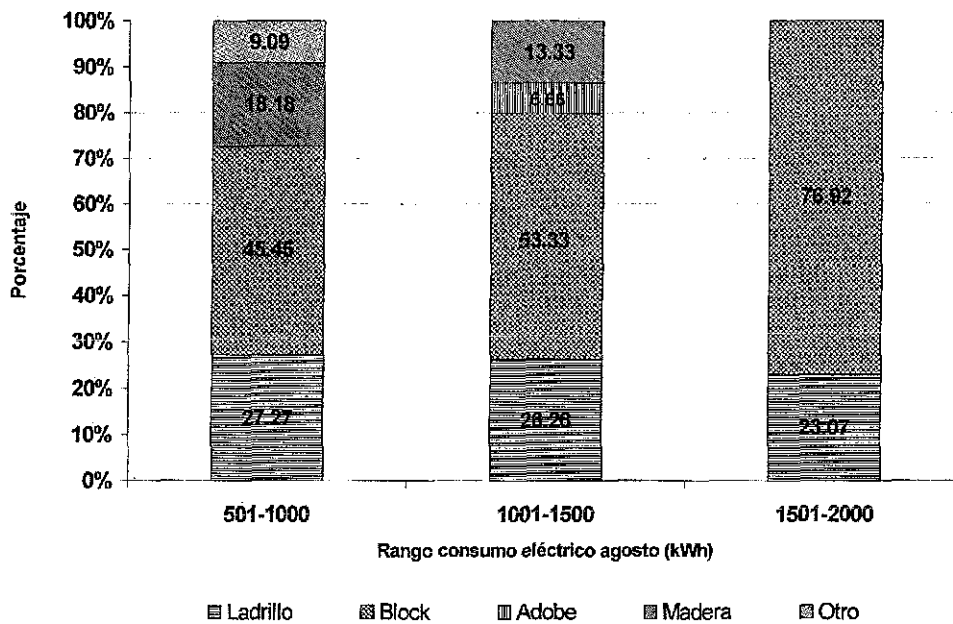


Figura 28-a Habitaciones por vivienda, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000 (porcentaje)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

b) Material en muros (ver Figura 28-b)

En el rango 0-500 kWh un 45.5% de viviendas están construidas con bloque de cemento, un 27.3% de ladrillo y el resto de madera y adobe. Mientras que en los 1001-1500 kWh, el 53.5% fue de bloque de cemento, un 26.3% de ladrillo, un 13.3% de madera y un 6.6% de adobe. En el rango de 1501-2000 kWh el 76.9% era vivienda de bloque de cemento y el 23.1% de ladrillo.



**Figura 28-b Material de muro, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000, (porcentaje)**

Se observa el incremento en la participación del bloque de cemento como material de construcción a medida que aumenta el rango de consumo eléctrico. Y una proporción similar del uso del ladrillo en cualquier de los niveles de consumo estudiados.

c) Aislamiento térmico en muros (ver Figura 28-c)

Se observa en el rango 0-500 kWh, un 90% de viviendas sin aislamiento térmico en muros y un 10% con aislamiento en algunos de sus muros. En el grupo 1001-1500 kWh un 84.6% no tiene aislante, un 7.7% lo tiene parcial y solamente un 7.7% tiene aislante térmico en sus muros. En el grupo 1501-2000 kWh, un 83.3% no lo tiene y un 16.7% sí.

Se observa en la mayor parte de la vivienda de estudio la falta de aislamiento térmico en muros.

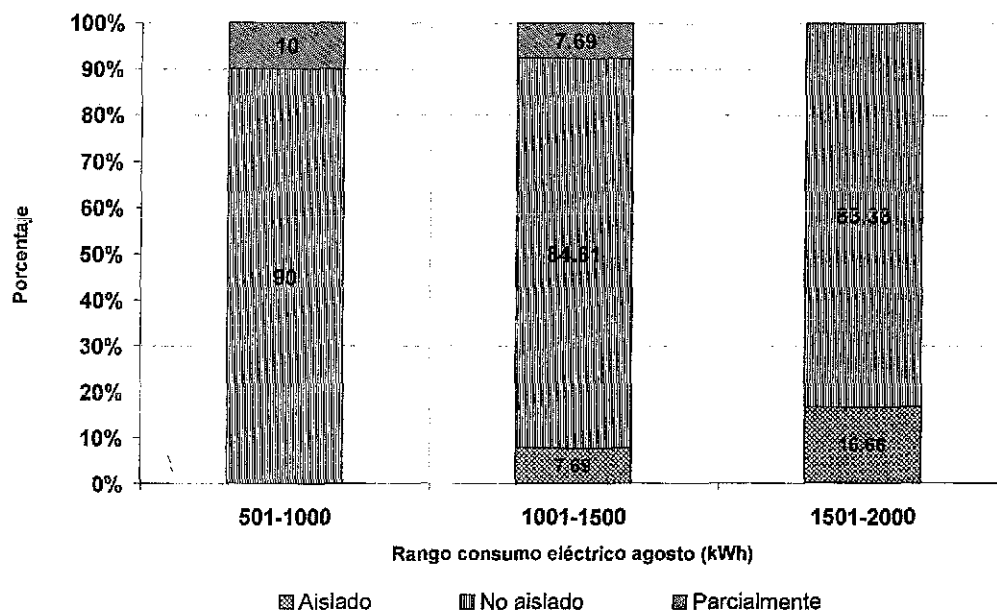
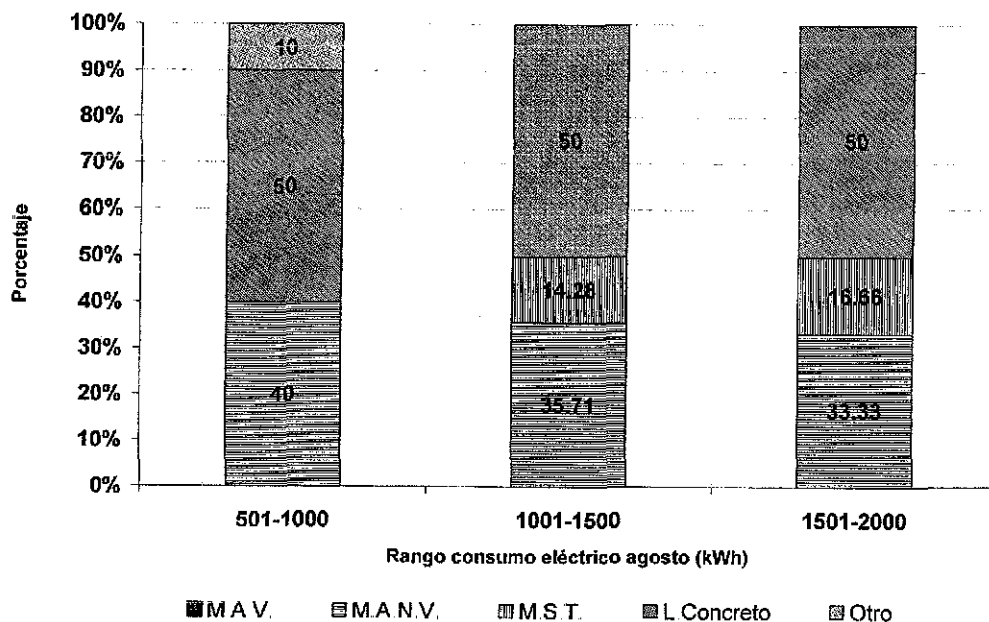


Figura 28-c Aislamiento térmico en muros, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000, (porcentaje)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

d). Materiales en cubiertas (ver Figura 28-d)

Se observa en el rango 501-1000 kWh, un 50% de viviendas construidas con cubiertas de concreto, un 40% con madera (con sistema constructivo basándose en tijerales de madera con ático no ventilado) y un 10% con otro sistema. En los 1001-1500 kWh, en un 50% predomina la losa de concreto, un 35.7% es de madera (similar al anterior) y un 14.3% tiene cubierta de madera, pero sin el uso de tijerales. En el rango 1501-2000 kWh, el 50% tiene losa de concreto, 33.3 % madera (tijerales con ático no ventilado) y el 16.7% de madera sin tijerales. En general, se tiene una proporción similar en el uso del concreto y de la madera como material para la construcción de techos; sólo en el uso de la madera se observa un sistema constructivo diferente con el mismo material.



**Simbología:** M.A.V. madera ático ventilado; M.A.N.V. madera ático no ventilado; M.S.T. madera sin tijerales; L.Concreto losa de concreto

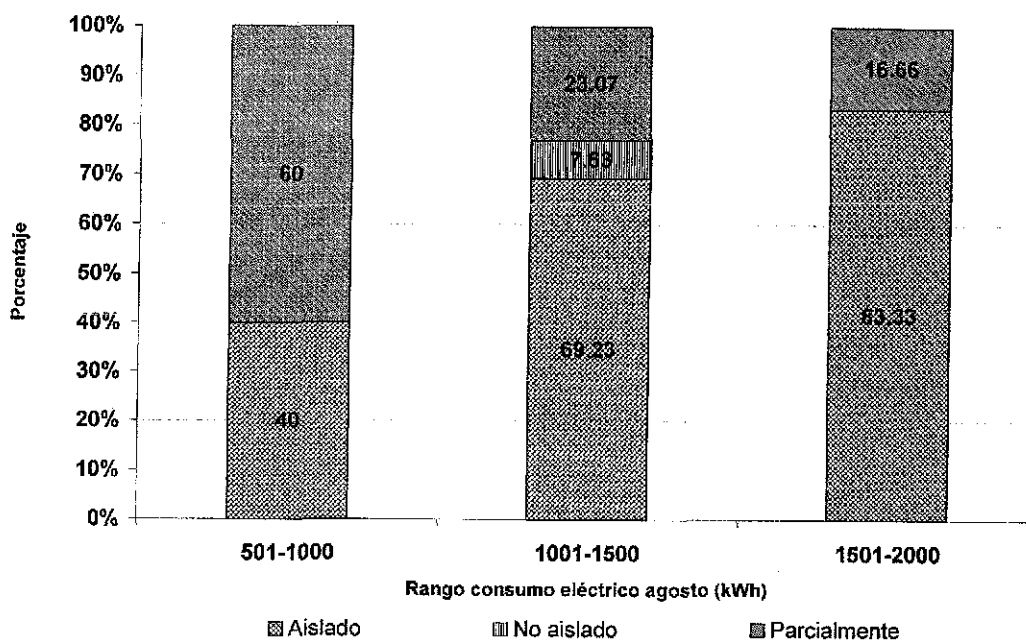
Figura 28-d Material en cubierta, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000, (porcentaje)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



e). Aislamiento térmico en cubiertas, independientemente del material de la cubierta (ver Figura 28-e)

Se observa que en el Rango 501-1000 kWh predominan las viviendas con techos aislados parcialmente (40%) y con aislamiento (60%). Mientras que en el Grupo 1001-1500 kWh predominan las viviendas con aislamiento térmico (69.23%), con aislamiento térmico parcial (23.07%) y sin aislamiento térmico (7.63%). En el Grupo 1501-2000 kWh, con aislamiento térmico (83.33%) y parcial (16.66%).



**Figura 28-e Aislamiento térmico en cubiertas, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000 (porcentaje)**

Se observa una alta proporción de vivienda con aislamiento térmico del techo. Es mayor la proporción de vivienda con aislamiento, a medida que

aumenta el rango de consumo. Solamente aparecen viviendas sin aislamiento térmico en el rango intermedio.

f) Orientación de las ventanas (ver Figura 28-f)

Las viviendas con ventanas hacia el norte y sur predominan en los grupos uno y dos. Mientras que en el grupo tres predominan las ventanas orientadas hacia el norte y oeste.

g) Número de ventanas de la vivienda (ver Figura 28-g)

En el primer y segundo grupo predominan las viviendas con 3 y 4 ventanas y en el tercer grupo las de 5 y 6 ventanas.

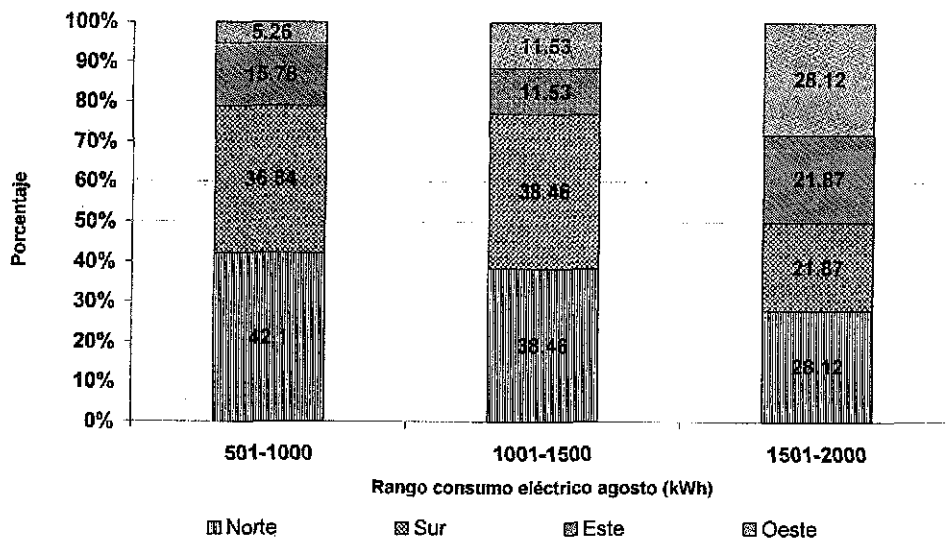
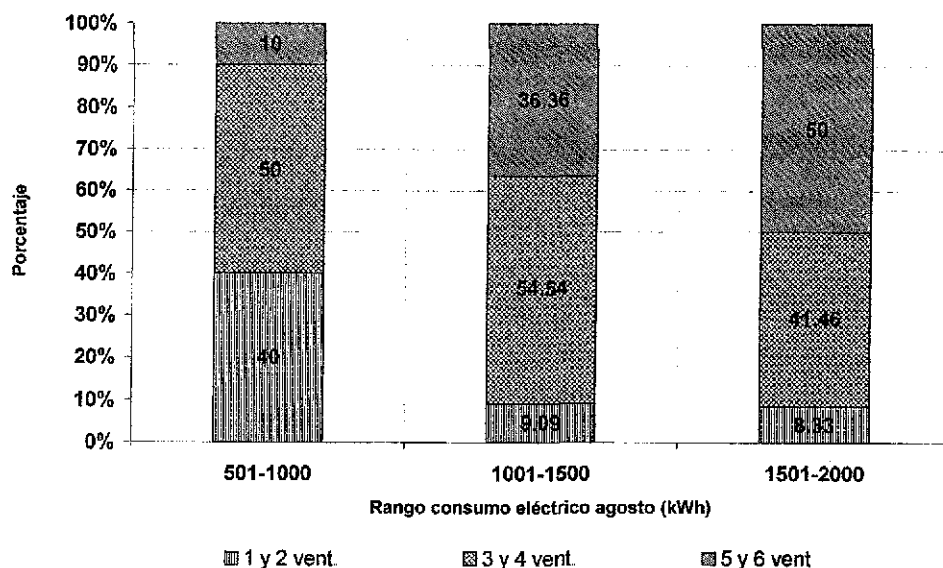


Figura 28-f Orientación de ventanas, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000

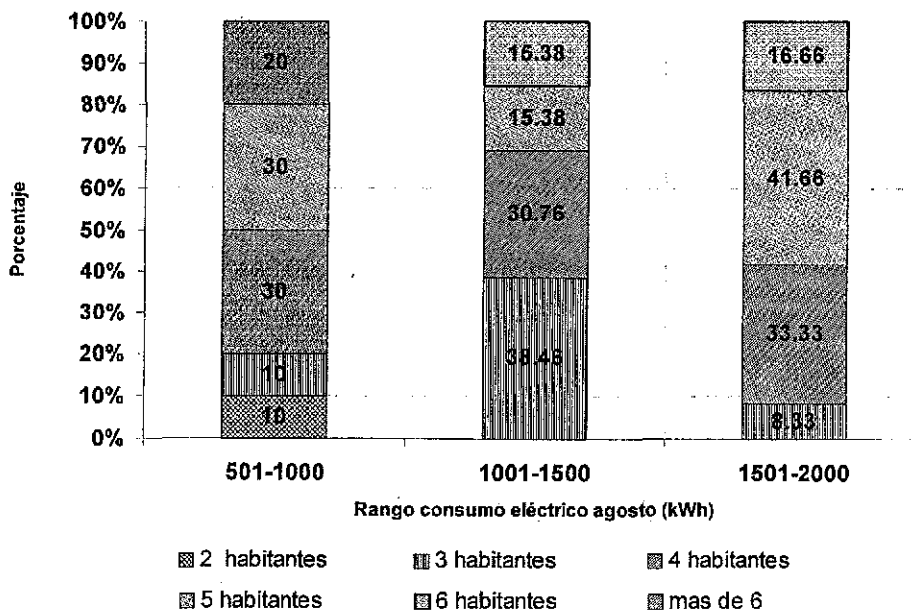


**Figura 28-g Cantidad de ventanas, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

## B). Estructura familiar y estilo de vida

### a) Número de habitantes por vivienda

El primer grupo o rango 500-1001 kWh predominan con un 30% las viviendas con 4 habitantes y con otro 30% las de 5, mientras que en el grupo segundo el predominan con un 38.5% las de 3 personas y le siguen con un 30.8% las de 4, en tanto que en el grupo tercero, el 41.7% corresponde a 5 habitantes, el 33.3%, el 16.7% a 6 personas y el 8.3% a viviendas habitadas con 3 personas.

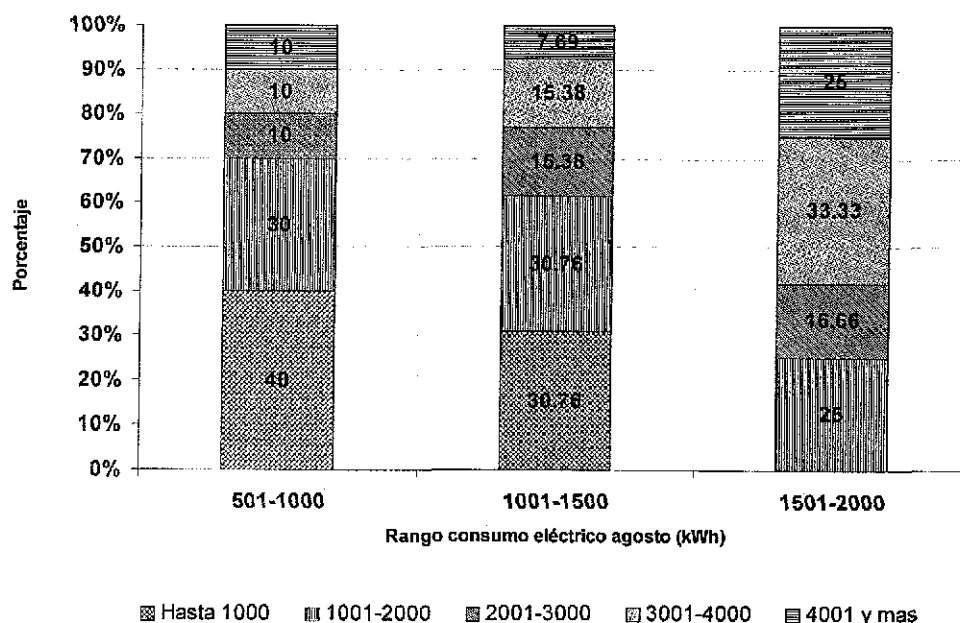


**Figura 29-a Habitantes por vivienda, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000 (porcentaje)**

En general, se observa que las viviendas con 4 habitantes son constantes en todos los rangos de consumo. En el primer grupo se tiene un promedio de 5 habitantes por vivienda, en el segundo de 4.08 y en el tercero de 4.67. Lo anterior muestra que en los rangos de consumo más bajos, existe en promedio de más habitantes por vivienda.

**b) Nivel de ingreso familiar mensual**

En general se observa que los ingresos de las personas van aumentando desde el primero hasta el tercer grupo.



**Figura 29-b Nivel de ingresos familiar, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000, (porcentaje)**

#### c) Actividades de las personas

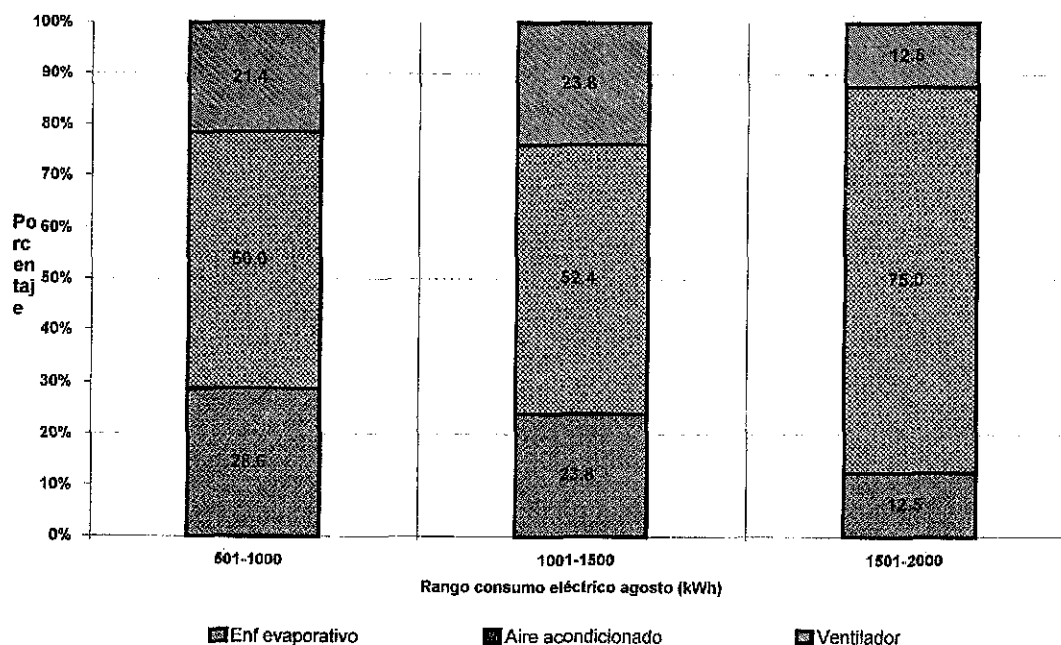
Las actividades, dentro y fuera de la vivienda, no mostraron uniformidad en el comportamiento de los horarios de las familias. Entre las respuestas más comunes en cuanto a las actividades durante la semana fueron: "hago el quehacer de la casa o cocino, limpio y lavo" y "veo televisión". En las actividades fuera del hogar: "voy a trabajar", "ir de compras" y "ir a la escuela". En las actividades del fin de semana dentro del hogar, reportaron "Limpiar la casa a fondo", "lavar la ropa", "descansar"; y de las actividades fuera del hogar fueron "ir a comer", "de compras" y "visitar familiares".

#### d) Propiedad de la vivienda

Predominan usuarios con vivienda propia y la proporción de éstos va en aumento según el rango de consumo. Además, en los dos primeros grupos se presentan los mayores porcentajes de vivienda que se está pagando. Solamente en los grupos 1 y 3 se presentan vivienda en renta.

### C). Equipos de acondicionamiento ambiental mecánico

a) Equipos de acondicionamiento ambiental: enfriadores evaporativos y equipos de aire acondicionado (ver Figura 30-a)

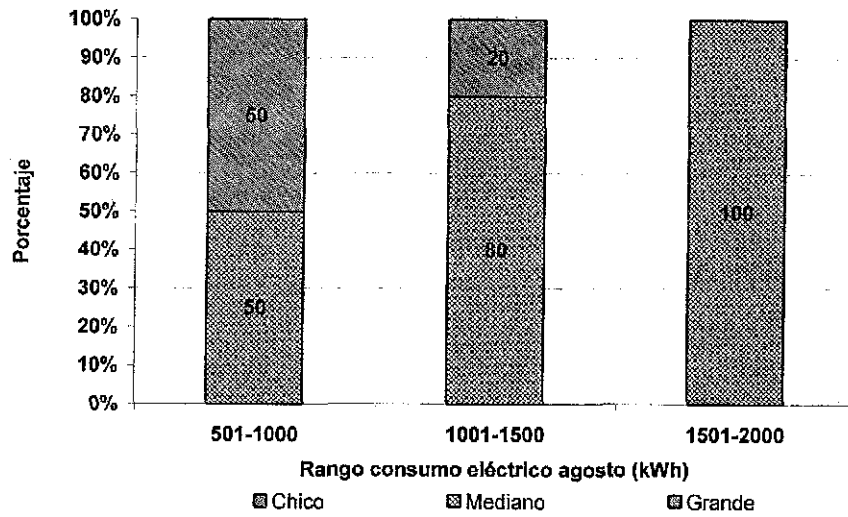


**Figura 30-a Equipos de acondicionamiento ambiental, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

Con base en la gráfica anterior, se observa el aumento de la proporción en el uso de aire acondicionado de un 50 a un 75% a medida que aumenta el rango de consumo. Situación inversa se presenta con el uso de enfriadores evaporativos.

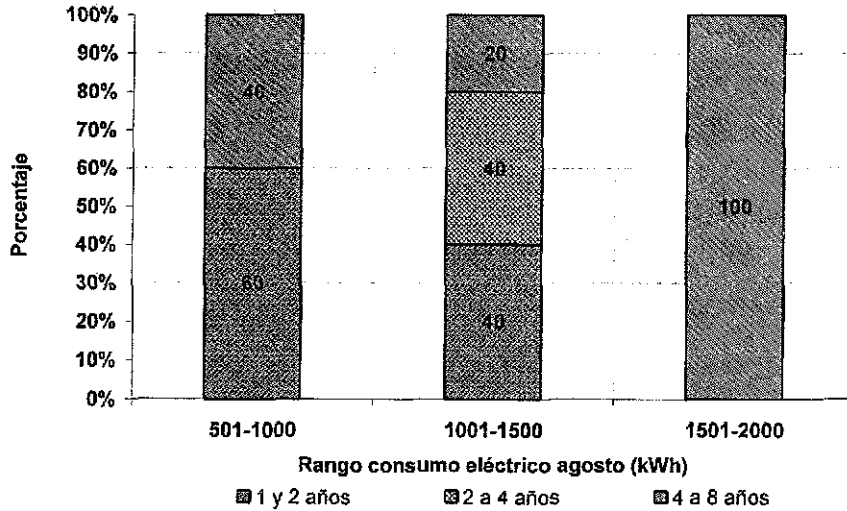
b) Enfriadores evaporativos

-Capacidad de los enfriadores evaporativos: en el primer grupo, ese utilizan de mediana capacidad, se disminuye el uso de enfriadores grandes y, en el tercer grupo o rango de consumo, desaparece el uso de este aparato (ver Figura 30-b).



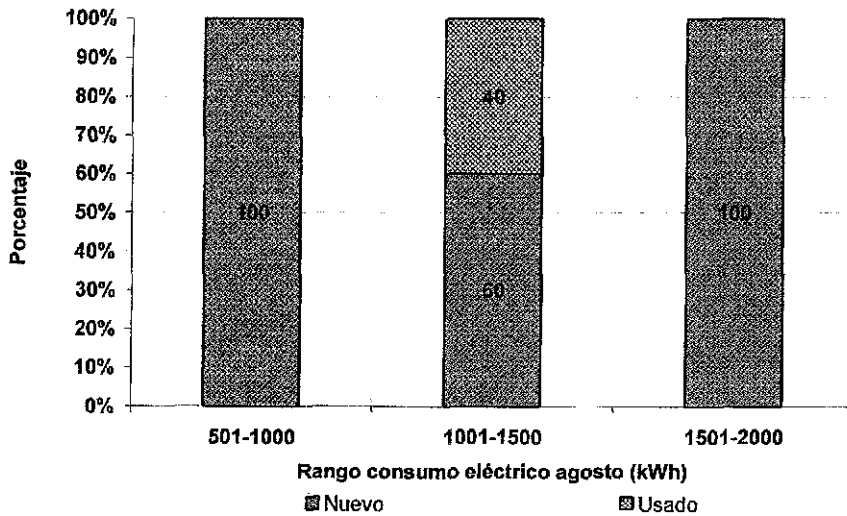
**Figura 30-b Enfriadores evaporativos: capacidad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

- Antigüedad de los enfriadores evaporativos: en general, se observa que en los rangos 501-1000 kWh y de 1001-1500 kWh se tienen equipos de reciente adquisición, mientras que en el rango 1501-2000 se tiene una antigüedad promedio de 4 a 8 años (ver Figura 30-c).



**Figura 30-c Enfriadores evaporativos: antigüedad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

- Adquisición de los enfriadores evaporativos: la gráfica muestra que en todos los grupos se adquirieron en su mayoría evaporativos nuevos (ver Figura 30-d)



**Figura 30-d Enfriadores evaporativos: adquisición, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**



b) Equipos de aire acondicionado

-Capacidad de los equipos de aire acondicionado: la gráfica muestra el crecimiento del uso de los equipos de aire acondicionado de 1 y 2 toneladas, a medida que aumenta el rango de consumo. Por otro lado, predominan los equipos de hasta 1 tonelada en el rango de 501-1000 kWh. Es importante destacar que en los otros rangos de consumo, se utilizan en mínima proporción los equipos centrales o de paquete, con capacidad de 3 toneladas (ver Figura 30-e).

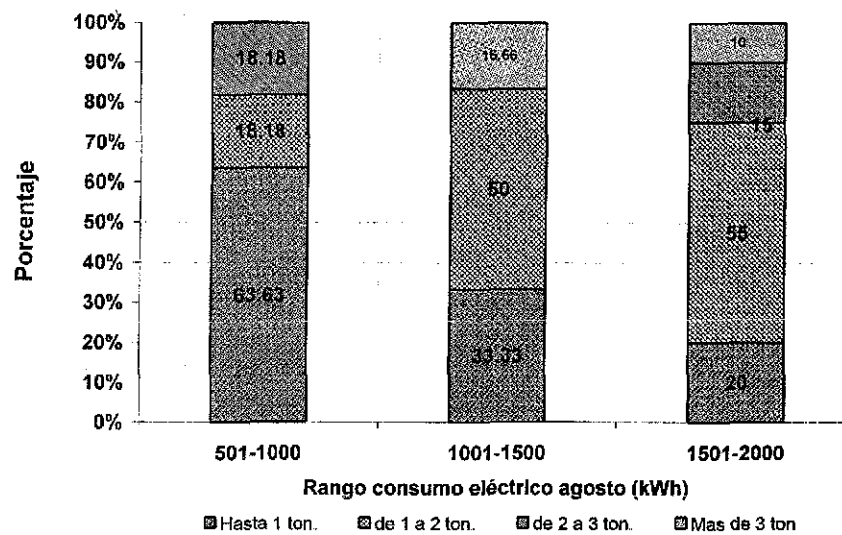
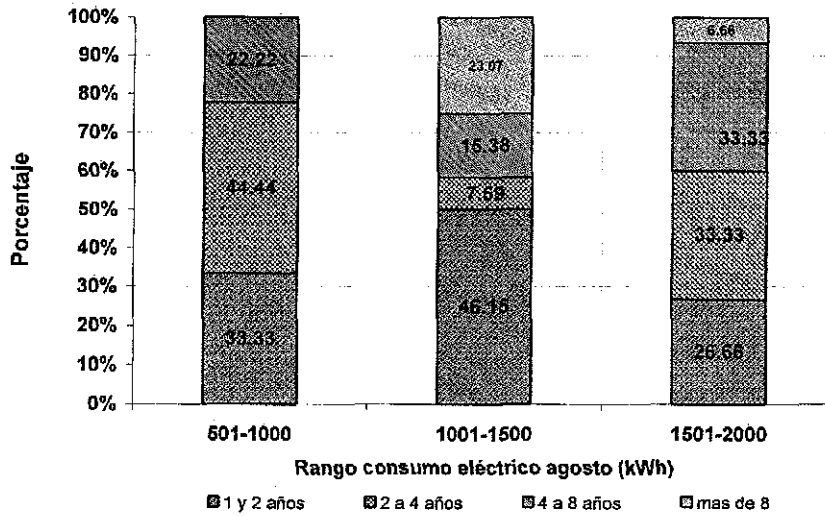


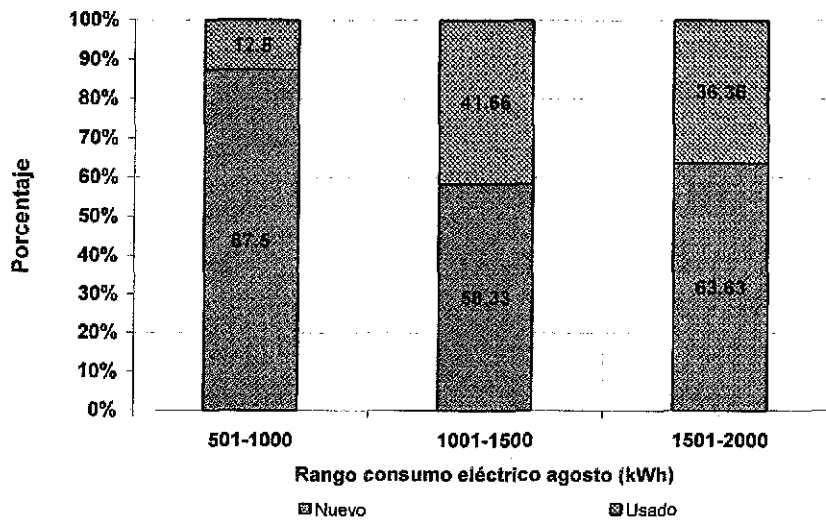
Figura 30-e Equipos de aire acondicionado: capacidad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000

- Antigüedad de los equipos de aire acondicionado: en el rango de 1001-1500 kWh, predominan los equipos adquiridos recientemente, aunque fueron adquiridos usados. En el primer grupo se tiene el mayor número de equipos adquiridos recientemente, y en el rango 1501-2000 kWh se observa un comportamiento más uniforme en la adquisición de los equipos (ver Figura 30-f).



**Figura 30-f Equipos de aire acondicionado: antigüedad, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

- Adquisición de los equipos de aire acondicionado: se observa que en el primer grupo existe el mayor porcentaje de equipos adquiridos nuevos, siguiendo el grupo tres y por último el equipo dos (ver Figura 30-g)



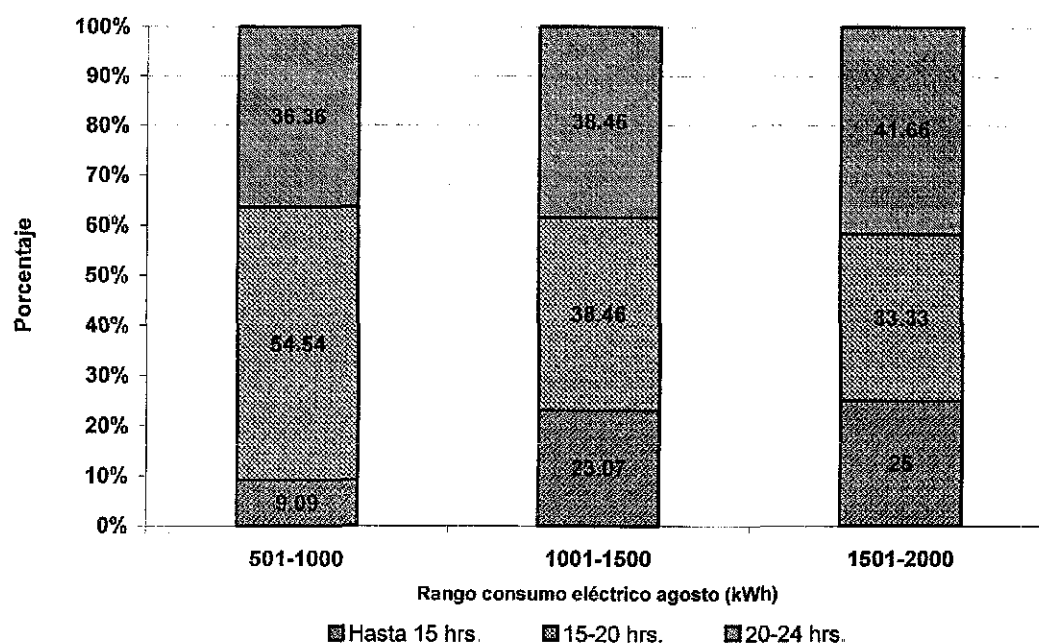
**Figura 30-g Equipos de aire acondicionado: adquisición, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

- Horas de uso de aparatos de enfriamiento mecánico (ver Figura 30-h)

El primer grupo presenta un 54.54% en los equipos que duran encendidos entre 15 y 20 horas diariamente, el 36.36% en los equipos que duran encendidos de 20 a 24 horas diarias, y el 9.09% restante a los equipos que duran encendidos hasta 15 horas.

En el segundo grupo el porcentaje mayor (38.46%) le corresponde a los equipos que duran encendidos de 15 a 20 horas diarias, y otro porcentaje igual a los equipos que duran encendidos de 20 a 24 horas diarias.

En el tercer grupo, los equipos con el porcentaje del 41.66% son aquellos que duran encendidos de 20 a 24 horas diarias; el 33.33% para los equipos que duran encendidos de 15 a 20 horas y el 25% para los equipos que duran encendidos hasta 15 horas.

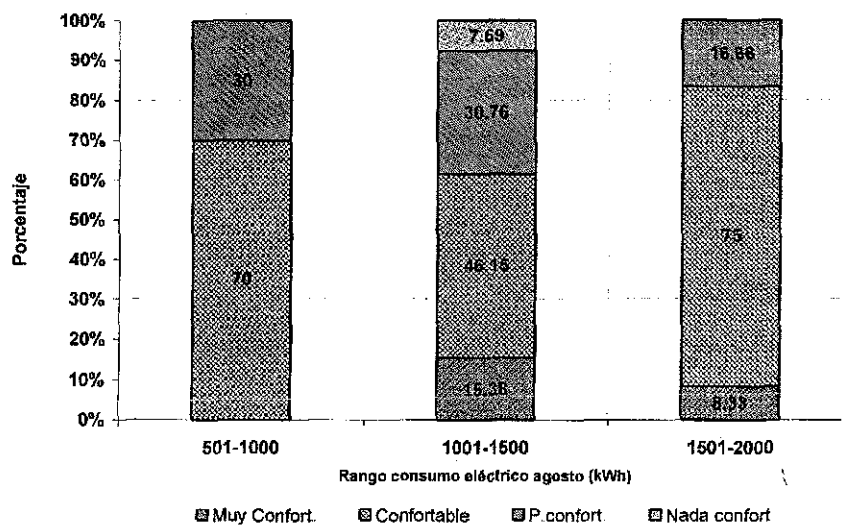


**Figura 30-h Horas de uso de equipo de aire acondicionado, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

d) Estilo de vida relacionado con el confort térmico ambiental de los usuarios (ver Figura 31-a)

¿Cómo se pasa el verano en casa?

En general, dentro de los tres grupos, la mayoría de las personas pasan un verano confortable dentro de sus viviendas, a excepción del segundo grupo, ya que es en éste donde se presenta el mayor número de personas que pasan el verano poco o nada confortables dentro de sus viviendas.



**Figura 31-a Confort en la vivienda, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000**

¿J) Cómo se usan los aparatos de enfriamiento en verano?

En general las personas encienden y apagan diariamente sus aparatos de enfriamiento mecánico, y sólo un pequeño porcentaje dentro de los tres grupos lo mantiene en funcionamiento continuo.

¿Cómo duerme en el verano? (ver Figura 31-b)

Se observo un comportamiento más o menos regular en los porcentajes de los tres grupos, a excepción del primero en donde se observa un pequeño porcentaje de personas que les gusta dormir a una temperatura muy fría.

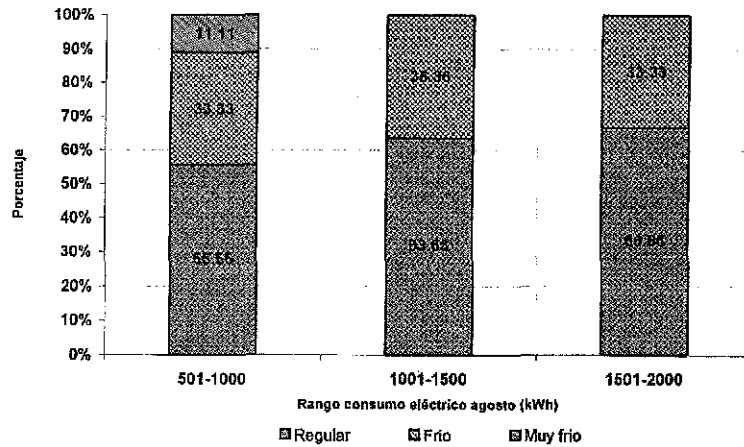


Figura 31-b Nivel de temperatura a la que duerme el usuario en el verano

- Uso de cobijas al dormir durante el verano (ver Figura 31-c)

En el primer grupo no predomina el uso de cobijas durante el verano, dadas las condiciones de temperatura de su vivienda. Sin embargo, en los otros niveles sí, ya que la temperatura del espacio es más baja y se siente frío durante la noche.

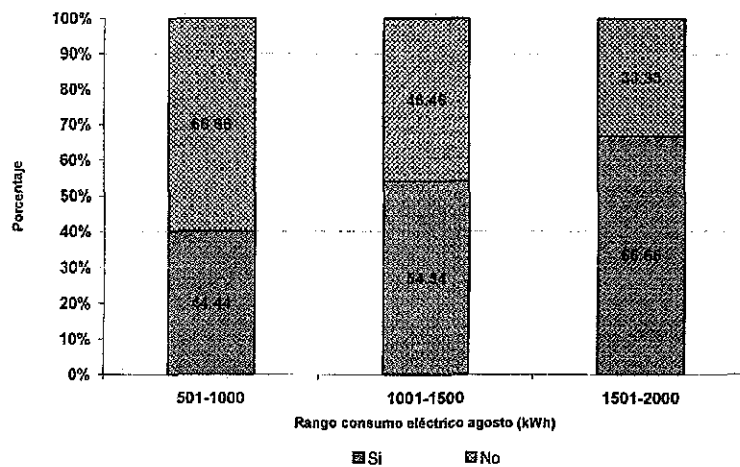


Figura 31-c Uso de cobijas al dormir durante el verano, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000

#### D). Aparatos electrodomésticos

(Nota: el orden en que se mencionan fue de acuerdo a su porcentaje de saturación en el grupo de estudio)

##### a) Refrigerador (ver Figura 32-a)

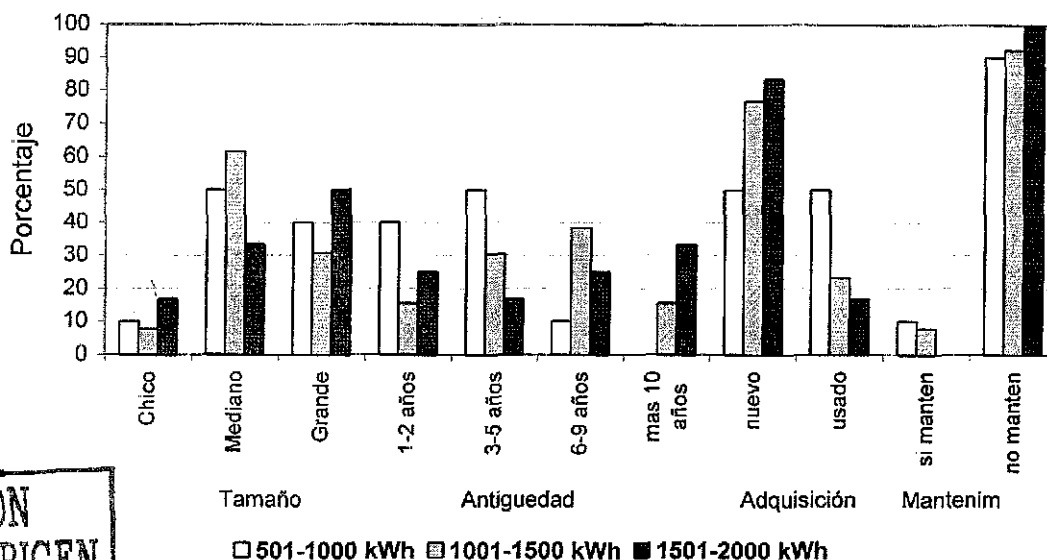
-Con respecto al tamaño del refrigerador: se observa que, en el rango 0-500 kWh, el 50% de las viviendas cuentan con un refrigerador de tamaño mediano; el 40%, grande y el 10%, chico. En el de 1001-1500 kWh, el 61.5% tiene refrigerador mediano; el 30.8%, grande y un 7.7%, chico. En el grupo 1501-2000 kWh, el 50% es grande, el 33.3% mediano y el 16.7% chico.

-Años de uso: en el rango 0-500 kWh, el 50% de los refrigeradores tienen de 3 a 5 años de uso; el 40%, de 1 a 2 años y el 10%, de 6 a 9 años. En el grupo 1001-1500 kWh, el 38.5% tiene de 6 a 9 años; el 30.8%, de 3 a 5 años; el 15.4% de 1 a 2 años y el 15.4% los de más de 10 años. En el grupo 1501-2000 kWh, el 33.3% tiene más de 10 años; el 25% tiene de 1 a 2 años; el 25% de 6 a 9 años y el 16.7%, refrigeradores de 3 a 5 años.

-Adquisición: en el rango 0-500 kWh el 50% fueron adquiridos nuevos y el 50% restante usados. En los 1001-1500 kWh, el 76.9% nuevos y el 23.1% usados. Mientras que el rango 1501-2000 kWh, el 83.3% nuevos y el 16.7% usados.

-Mantenimiento: se observa que en los 0-500 kWh en el 90% de las viviendas no se le da mantenimiento al refrigerador y sólo el 10% restante sí lo hace. En el rango 1001-1500 kWh, el 92.3% no da mantenimiento y solamente el 7.7% le da mantenimiento. En el grupo de los 1501-2000 kWh el 100% no le da mantenimiento al refrigerador.

En general, en todas las viviendas por lo menos hay 1 refrigerador; predominan los de tamaño mediano en los grupos 1 y 2 y los grandes en el grupo 3.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 32-a Refrigerador: tamaño, antigüedad, adquisición y mantenimiento, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000, (porcentaje)

La antigüedad del refrigerador aumenta con el grupo de consumo de tal manera que en el último grupo están los más antiguos. Aumenta la adquisición de equipo nuevo y disminuye la adquisición de refrigeradores usados con el aumento del rango de consumo, es decir, en menores rangos de consumo predominan los usados y en los mayores, los nuevos. Cabe hacer notar que en la mayor parte de las viviendas no se le da mantenimiento al refrigerador.

Es importante mencionar que, con respecto a la cantidad de veces que se abre el refrigerador durante el día, en el rango 501-1000 kWh, el 60% de admite abrir el refrigerador muchas veces; el 30% pocas veces y el 10% sólo

al cocinar. En el rango de 1001-1500 kWh, el 38.5% lo abren sólo al cocinar, el 38.5% lo abre pocas veces y el 23% muchas veces. En el rango de 1501-2000, el 58% lo abre pocas veces, el 33.3% muchas veces y el 8.7% sólo al cocinar.

En general, se observa que en el primer grupo, los usuarios abren con más frecuencia el refrigerador y, en el tercer grupo, pocas veces. Sin embargo se debe señalar que, al cocinar, más del 80% abre pocas veces el refrigerador.

b) Televisor (ver Figura 32-b)

En el rango 501-1000 kWh el 90% tiene televisor (80% lo adquirió nuevo y el 10% usado) y el 10% restante no lo tiene. El segundo grupo o rango 1001-1500 kWh, el 100% tiene televisor (de los cuales un 69.2% fue adquirido nuevo y un 30.8% usados). En el rango 1501-2000 kWh, el 91.7% tiene televisor (83.3% nuevo y un 8.3% usado) y el 8.3% restante no tiene.

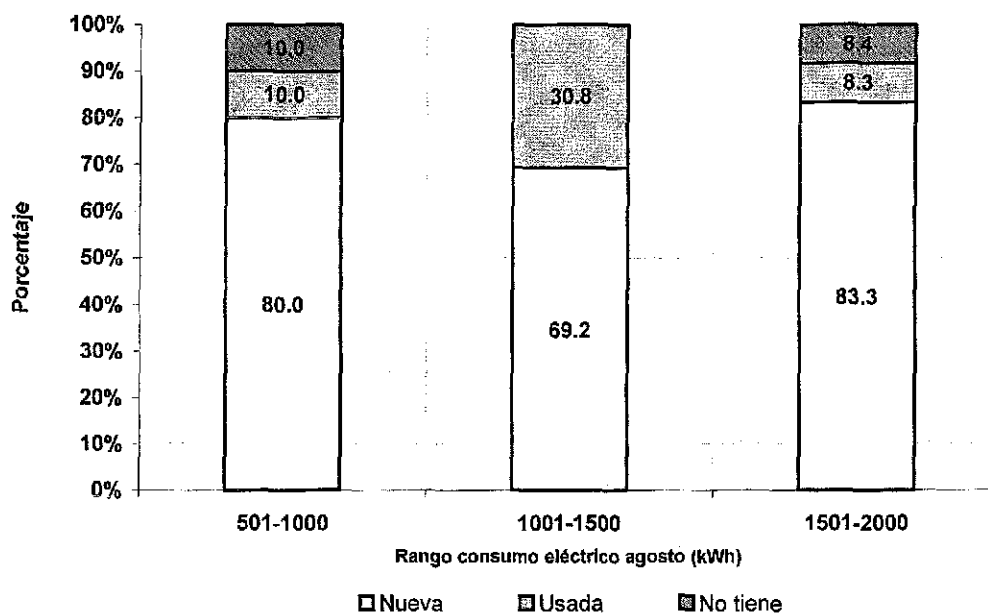


Figura 32-b Adquisición de televisor, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En general se observa que en casi todos los hogares se tiene un televisor y éste fue adquirido nuevo.

c) Plancha (ver Figura 32-c)

En el rango 501-1000 kWh, el 100% de los hogares tiene plancha, del cual, el 90% se adquirió nueva y el 10% restante usada, con un promedio de uso de 0.72 horas a la semana. En el rango 1001-1500 kWh, el 84.6% tiene plancha que fue adquirida nueva, un 7.7% usada y 7.7% no tiene. En el rango 1501-2000 kWh, el 100% de los hogares tiene plancha, del cual el 83.3% se adquirió nueva y un 6.7% usada.

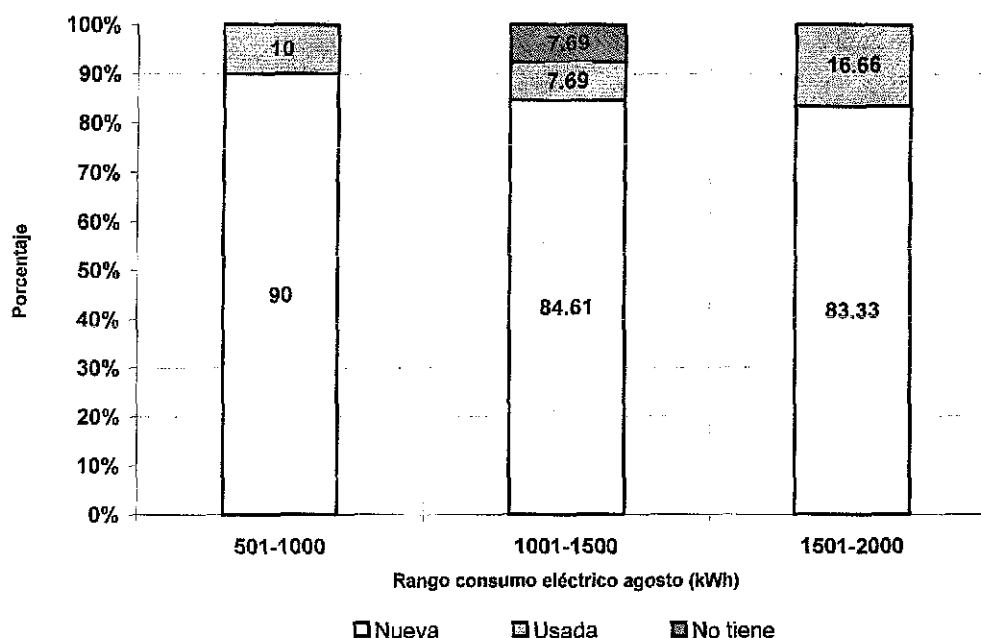


Figura 32-c Plancha, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

d) Lavadora (ver Figura 32-d)

En el rango 501-1000 kWh, en el 50% de las viviendas se tiene una lavadora que fue adquirida nueva, el 30% usada y el 20% no tiene. En el rango 1001-1500 kWh, el 53.9% tiene lavadora que fue adquirida ya usada, y el 46.1%, nueva. En el rango 1501-2000 kWh, el 75% corresponde a lavadora usada y el 25%, nueva. En general, el 94.3 tiene lavadora y el resto no la tiene. Entre los que tienen, el 54.3% adquirió lavadora usada y el 40% nueva. Solamente en el primer grupo se observan usuarios que no tienen lavadora. En el segundo grupo más de la mitad adquirió su lavadora usada y en el tercer grupo, también predomina la adquisición de lavadoras usadas.

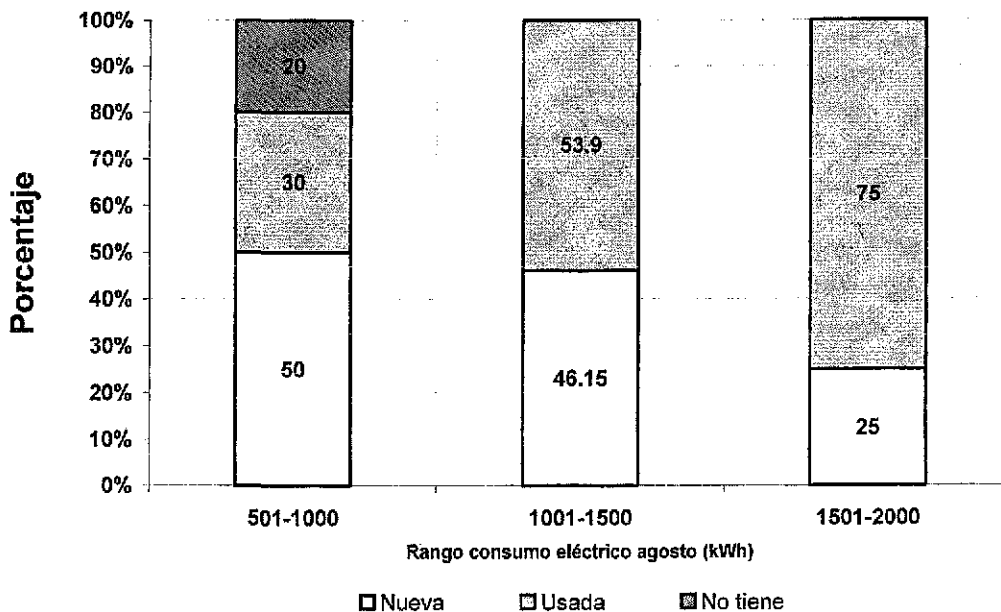


Figura 32-d Lavadora de ropa, según rango de consumo eléctrico, grupo de estudio, Mexicali, 2000

e) Licuadora

En el rango 501-1000 kWh, el 80% de los hogares se adquirió una licuadora nueva, el 10% ya usada y un 10% no tiene. El segundo grupo tiene un 92.3% de licuadoras nuevas, y el 7.7% restante no tiene. En el tercer grupo el 100% de los hogares cuenta con una licuadora nueva. En general, en casi todos los hogares se tiene una licuadora y en su mayoría fue adquirida nueva.

f) Horno de microondas

En el rango 501-1000 kWh, el 40% de los usuarios no tiene horno de microondas y el 60% restante sí; de los cuales el 30% lo adquirió nuevo y el otro 30% usado. En el rango de 1001-1500 kWh, el 69.2% sí tiene (el 53.8% fue adquirido nuevo y el 15.4% usado) y el 30.8% no tiene. En el rango de 1501-2000 kWh, el 66.7% sí tiene horno de microondas (el 50% lo adquirió nuevo y el 16.7% usado) y el 33.3% no tiene. Sólo en el primer grupo se observa la misma proporción de hornos nuevos y usados. En los otros rangos de consumo, predominan los hornos nuevos.

g) Video casetera

En el primer grupo el 70% tiene video casetera (un 60% la adquirió nueva y un 10% usada) y el 30% no tiene. En el rango 1001-1500 kWh, el 53.9% sí tiene (el 38.5% fue adquirida nueva y el 15.4% usada) y el 46.2% no tiene. En el rango 1501-2000 kWh, el 100% tiene video (66.7% fue adquirida nueva y el 33.3% usada). En general se observa que la mayoría cuenta con video casetera nueva.

h) Radio grabadora

En el rango 501-1000 kWh, un 50% no tiene radio grabadora y un 50% sí tiene (el 40% fue adquirida nueva y el 10% usada). En el segundo rango el 53.8% no tiene y el 46.2% tiene grabadora y fue adquirida nueva. En el rango 1501-2000 kWh, el 16.7% no tiene y el 83.3% cuentan radio grabadora adquirida nueva. En más de la mitad de los hogares hay radio grabadoras.

i) Tostador de pan

En el primer grupo, el 50% no cuenta con un tostador de pan y el 50% restante sí tiene; de éstos últimos, el 30% lo adquirió nuevo y el 20% usado. El segundo grupo presenta un 69.2% que no lo tiene y un 30.8% que sí; de entre los cuales, el 23.1% lo compró nuevo y el 7.7% usado. En el tercer grupo el 58.3% sí tiene y el 41.7% restante no tiene un tostador de pan. En general se observa que en todos los hogares hay un tostador de pan. En los dos primeros grupos se utilizan usados y en el tercer grupo, nuevos. La menor proporción de uso del tostador se presenta en el primer grupo.

j) Estéreo

En el primer grupo, el 70% no tiene estereo y el 30% sí ( 20 % fue adquirido nuevo y el 10% usado). El segundo, el 53.8%, no tiene y el 46.2% tiene estereo y éste fue adquirido nuevo. En el tercer, el 58.3% no cuentan con un estereo y el 41.7 sí tiene (el 33.3% fue adquirido nuevo y el 8.3% usado). La gráfica muestra que menos de la mitad de las personas cuentan con un estereo, el cual fue adquirido nuevo.

k) Cafetera

En el rango 501-1000 kWh, el 60% no cuenta con cafetera eléctrica y el 40% sí y ésta fue adquirida nueva. El rango de 1001-1500 kWh, el 84.6% no la tiene y el 15.4% sí tiene y fue adquirida nueva. En el tercer grupo o rango de 1501-2000 kWh el 75% no tiene y el 25% sí tiene, y ésta fue adquirida nueva. En general, las cafeteras no tienen mucho uso y los mayores porcentajes se observan en el primer grupo. Las cafeteras fueron adquiridas nuevas.

l) Extractor de cocina

En el primer grupo el 100% no tiene extractor en su cocina. En el segundo, 76.9% no tiene y el 23.1% sí tiene y fue adquirido nuevo. En el tercer grupo, el 75% no tiene y el 25% restante sí tiene y lo adquirió nuevo. En general, el resultado muestra escasa existencia de extractores de cocina en los hogares

y, entre los que sí cuentan con él, lo adquirieron nuevo. Sin embargo, se considera que posiblemente no haya sido entendida la pregunta por los usuarios encuestados por el tipo de respuesta que se obtuvo, ya que la pregunta se refiere a la "campana de cocina".

m) Aspiradora

En el rango 501-1000 kWh, el 90% de los hogares no tienen aspiradora y el 10% cuenta con una y fue adquirida nueva. En el grupo de 1001-1500 kWh el 92.3% no tienen aspiradora y el 7.7 sí y ésta fue adquirida nueva. En el rango 1501-2000 kWh el 66.7% no tiene aspiradora y el 33.3% sí tiene, del cual, la mitad la adquirieron nueva y la otra mitad usada. En general, el uso de la aspiradora no es muy común en los hogares, por lo que solo pequeños porcentajes de cada grupo cuentan con una, destacando el tercer grupo, el cual cuenta con aspiradoras.

n) Enfriador de agua

En el primer grupo o rango de consumo, el 90% no cuenta con un enfriador de agua y el 10% sí, y éste fue adquirido usado. En el segundo, el 76.9% no tiene y el 23.1% sí tiene (15.4% usado y 7.7% nuevo). En el tercer grupo no se tiene un enfriador de agua. En general, se observa que los enfriadores de agua eléctricos casi no se usan y entre los que sí, son usados.

o) Secadora de ropa

En los rangos 501-1000 kWh y 1501-2000 kWh, el 100% no cuenta con una secadora de ropa. Mientras que en el rango de 1001-1500 kWh el 15.4% cuenta con 1 secadora, la cual fue adquirida usada y el 84.6% no tiene. En el general, la mayor parte no tiene secadora de ropa, y entre los que cuentan con ella la adquirieron usada.

### 7.2.3. Concentrado de resultados por rangos de consumo

La Tabla 7.8 presenta el concentrado de las características de la vivienda; en la Tabla 7.9, la estructura familiar y estilo de vida, en la Tabla 7.10 los equipos de acondicionamiento ambiental mecánico y la Tabla 7.11 los aparatos electrodomésticos

**Tabla 7.8 Concentrado de características físicas de la vivienda,  
según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS VIVIENDA	501-1000 kWh		1001-1500 kWh		1501-2000 kWh	
	%	característica	%	característica	%	característica
1. Material muros	45.5	bloque	53.3	bloque	76.9	bloque
	27.3	ladrillo	26.3	ladrillo	23.1	ladrillo
	18.2	madera	13.3	madera		
	9.0	otro	6.7	adobe		
2. Material techo	50	concreto	50	concreto	50	concreto
	40	mad at n/v	35.7	mad at n/v	33.3	mad at n/v
	10	otro	14.3	mad sin tij	16.7	mad sin tij
3. No. cuartos	40	3 cuartos	46.1	4 cuartos	41.6	4 cuartos
	40	2	38.5	3	25	3
	10	4	7.7	2	16.7	2
	10	5	7.7	5	16.7	5
4. Aislamiento térmico techos	60	parcial	69.2	sí aislami	83.3	sí aislami
	40	sí aislami	23.2	parcial	16.7	parcial
			7.6	no aislami		
5. Aislamiento térmico muros	90	no aislami	84.6	no aislami	83.3	no aislami
	10	parcial	7.7	parcial	16.7	sí aislami
			7.7	sí aislami		
6. Orientación Ventanas	42.1	norte	38.5	norte	28.1	oeste
	36.8	sur	38.5	sur	21.9	sur
	15.8	este	11.5	este	21.9	este
	5.3	oeste	11.5	oeste	20.1	norte
7. Número ventanas	50	3 y 4 ven	54.5	3 y 4 ven	50	5 y 6 ven
	40	1 y 2 ven	36.4	5 y 6 ven	41.5	3 y 4 ven
	10	5 y 6 ven	9.1	1 y 2 ven	8.5	1 y 2 ven

Fuente: Encuesta Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C., 1999-2000

**Tabla 7.9 Concentrado de estructura familiar y nivel de ingreso,  
según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000**

<b>ESTRUCTURA</b>						
<b>FAMILIAR</b>	<b>501-1000 kWh</b>		<b>1001-1500 kWh</b>		<b>1501-2000 kWh</b>	
<b>ESTILO VIDA</b>	<b>%</b>	<b>característica</b>	<b>%</b>	<b>característica</b>	<b>%</b>	<b>Característica</b>
7. Habitantes por vivienda	30	4 habit	38.46	3 habit	41.66	5 habit
	30	5 habit	30.76	4 habit	33.33	4 habit
	20	más de 6	15.38	5 habit	16.66	6 habit
	10	3 habit	15.38	6 habit	8.33	3 habit
	10	2 habit				
Nivel de ingresos (\$ pesos mensuales)	40	hasta 1000	30.76	hasta 1000	33.33	3001-4000
	30	1000-2000	30.76	1000-2000	25	1000-2000
	10	2001-3000	15.38	2001-3000	25	4000-más
	10	3001-4000	15.38	3001-4000	16.66	2001-3000
	10	4000-más	7.69	4000-más		
8. Tenencia Vivienda	70	propia	76.92	propia	83.33	Propia
	20	pagando	23.07	pagando	8.33	Pagando
	10	renta			8.33	Renta

Fuente: Encuesta Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C., 1999-2000

**Tabla 7.10 Concentrado de características de los equipos de acondicionamiento ambiental de la vivienda, según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000**

EQUIPOS DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL	501-1000 kWh	1001-1500 kWh	1501-2000 kWh
	% característica	% característica	% Característica
Tipo de equipo	50 aire acondicionado 28.6 enfriamiento evapo 21.4 ventilador	52.4 aire acond 23.8 enf evapo 23.8 ventilador	75 aire acond 12.5 enf evapo 12.5 ventilador
Capacidad enfriador evaporativo	50 mediano 50 grande	80 mediano 20 grande	100 mediano
Antigüedad enfriador evaporativo	60 1 a 2 años 40 4 a 8 años	40 1 a 2 años 40 2 a 4 años 20 4 a 8 años	100 4 a 8 años
Adquisición enfriador evaporativo	100 nuevo	60 nuevo 40 usado	100 nuevo
Capacidad equipo aire acondicionado (toneladas refrige)	63.6 hasta 1 18.2 1 a 2 ton 18.2 2 a 3 ton	50 1 a 2 ton 33.3 hasta 1 16.7 más de 3	55 1 a 2 ton 20 hasta 1 15 2 a 3 ton 10 Más de 3
Antigüedad equipo aire acondicionado	44.4 2 a 4 años 33.3 1 a 2 años 22.3 4 a 8 años	46.2 1 a 2 años 23.1 más de 8 15.4 4 a 8 años 7.7 2 a 4 años	33.3 2 a 4 años 33.3 4 a 8 años 26.7 1 a 2 años 6.7 Más de 8
Adquisición equipo aire acondicionado	87.5 nuevo 12.5 usado	58.3 nuevo 41.7 usado	63.6 nuevo 36.4 usado
Horas de uso de equipo	54.5 15-20 hrs 36.4 20-24 hrs 9.1 hasta 15 hrs	38.5 15-20 hrs 38.5 20-24 hrs 23. hasta 15 hrs	41.7 20-24 hrs 33.3 15-20 hrs 25 hasta 15 hrs

Fuente: Encuesta Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C., 1999-2000



**Tabla 7.11 Concentrado de características de los aparatos electrodomésticos,  
según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000**

APARATOS		Saturación	501-1000 kWh	1001-1500 kWh	1501-2000 kWh
<b>ELECTRODOMÉSTICOS</b>					
a) Refrigerador		100			
Tamaño	Chico		10	7.7	16.7
	Mediano		50	61.5	33.3
	Grande		40	30.8	50
Antigüedad	1-2 años		40	15.4	25
	3-5 años		50	30.8	16.7
	6-9 años		10	38.4	25
	más de 10		0	15.4	33.3
Adquisición	nuevo		50	76.9	83.3
	usado		50	23.1	16.7
Mantenimiento	si		10	7.7	0
	No		90	92.3	100
b) Televisor		100			
	si tiene		90 (80 nuevo, 10 usado)	100 (69.2 nuevo, 30.8 usado)	91.6 (83.3 nuevo, 8.3 usado)
	no tiene		10	0	8.4
c) Plancha		97.1			
	si tiene		100 (90 nuevo, 10 usado)	92.3 (84.6 nuevo, 7.7 usado)	100 (83.3 nuevo, 16.7 usado)
	no tiene		0	7.7	0
d) Lavadora de ropa		94.3			
	si tiene		80 (50 nuevo, 30 usado)	100 (46.2 nuevo, 53.8 usado)	100 (25 nuevo, 75 usado)
	no tiene		20	0	0
e) Licuadora		94.3			
	si tiene		90 (80 nuevo, 10 usado)	92.3 (92.3 nuevo, 0 usado)	100 (100 nuevo, 0 usado)
	no tiene		10	0	0

Fuente: Encuesta Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C., 1999-2000

**Tabla 7.11 continuación. Concentrado de características de los aparatos electrodomésticos, según rango de consumo eléctrico, Mexicali, 2000**

APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS	Saturación	501-1000 kWh	1001-1500 kWh	1501-2000 kWh
f) Horno de microondas	65.7			
si tiene		60 (30 nuevo, 30 usado)	69.2 (53.8 nuevo, 15.4 usado)	66.7 (50 nuevo, 16.7 usado)
no tiene		40	30.8	33.3
g) Videocasetera	65.7			
si tiene		70 (60 nuevo, 10 usado)	53.8 (38.5 nuevo, 15.3 usado)	100 (66.7 nuevo, 33.3 usado)
no tiene		30	46.2	0
h) Radiograbadora	60			
si tiene		50 (40 nuevo, 10 usado)	46.2 (46.2 nuevo, 0 usado)	83.3 (83.3 nuevo, 0 usado)
no tiene		50	53.8	16.7
i) Tostador de pan	45.7			
si tiene		50 (30 nuevo, 20 usado)	30.8 (23.1 nuevo, 7.7 usado)	58.3 (58.3 nuevo, 0 usado)
no tiene		50	69.2	41.7
j) Estéreo	40			
si tiene		30 (20 nuevo, 10 usado)	46.2 (46.2 nuevo, 0 usado)	41.7 (33.4 nuevo, 8.3 usado)
no tiene		70	53.8	58.3
k) Cafetera	25.7			
si tiene		40 (40 nuevo, 0 usado)	15.4 (15.4 nuevo, 0 usado)	25 (25 nuevo, 0 usado)
no tiene		60	84.6	75
l) Extractor de cocina	17.1			
si tiene		0	23.1 (23.1 nuevo, 0 usado)	25 (25 nuevo, 0 usado)
no tiene		100	76.9	75
m) Aspiradora	17.1			
si tiene		10 (10 nuevo, 0 usado)	7.7 (7.7 nuevo, 0 usado)	90 (80 nuevo, 10 usado)
no tiene		90	92.3	10
n) Enfriador de agua	11.4			
si tiene		10 (0 nuevo, 10 usado)	23.1 (7.7 nuevo, 15.4 usado)	0
no tiene		90	76.9	100
o) Secadora de ropa	5.7			
si tiene		0	15.4 (0 nuevo, 15.4 usado)	0
no tiene		100	84.6	100

Fuente: Encuesta Consumo de energía eléctrica en la vivienda de Mexicali, B.C., 1999-2000

### 7.3. TERCER NIVEL: EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN CASO DE ALTO CONSUMO

En esta etapa se toma como referencia una vivienda de consumo eléctrico alto durante el verano.

#### 7.3.1. Vivienda de alto consumo eléctrico

La vivienda de estudio (caso Baikal) tiene una superficie de 175 m<sup>2</sup>, con dos niveles (ver Anexo C). Consta en la planta baja de sala, comedor, cocina-comedor, 2 recámaras y 1 baño. En la planta alta se tienen 3 recámaras, 2 baños y cuarto de lavar. Fachada principal con orientación sur, la presencia de 2 ventanales en la planta alta en esa orientación. Tratamiento del jardín sur con jardines y árboles grandes (ver Figura 33).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 33. Vista exterior, caso de estudio Baikal, Mexicali

#### Sistema constructivo:

Está construida con cubierta de losa de concreto, con aislamiento de poliestireno 0.0254 m, e impermeabilización con cartón negro y arenado. Muros de bloque de concreto, con aislamiento de poliestireno, recubrimiento con mortero cemento-arena y acabado final rústico, en color naranja.

#### Equipo de acondicionamiento ambiental electromecánico:

Se tienen 2 equipos de aire acondicionado, tipo central de 5 toneladas cada uno. Los equipos están distribuidos 1 para cada nivel y distribuidos por un sistema de ductería. Por lo general, el equipo que alimenta a la planta baja está encendido durante el día, y el equipo para la planta alta está encendido durante la noche. Se tiene el apoyo de varios ventiladores de pedestal y de techo. Cabe mencionar, que se tiene una puerta en la escalera que separa el área a refrigerar de cada equipo. Uno de los equipos tenía 4 años de uso y el otro era nuevo.

#### Otros equipos eléctricos:

Se cuenta con refrigerador, cafetera, horno de microondas, campana extractora, licuadora, tostador, abrelatas, 3 televisores, 2 video caseteras, plancha, aspiradora, máquina de coser, 2 equipos de cómputo, radio grabadoras, extractores en baños, lavadora. El boiler eléctrico se utiliza durante todo el año, éste equipo fue adquirido usado.

#### Los habitantes de la vivienda y hábitos:

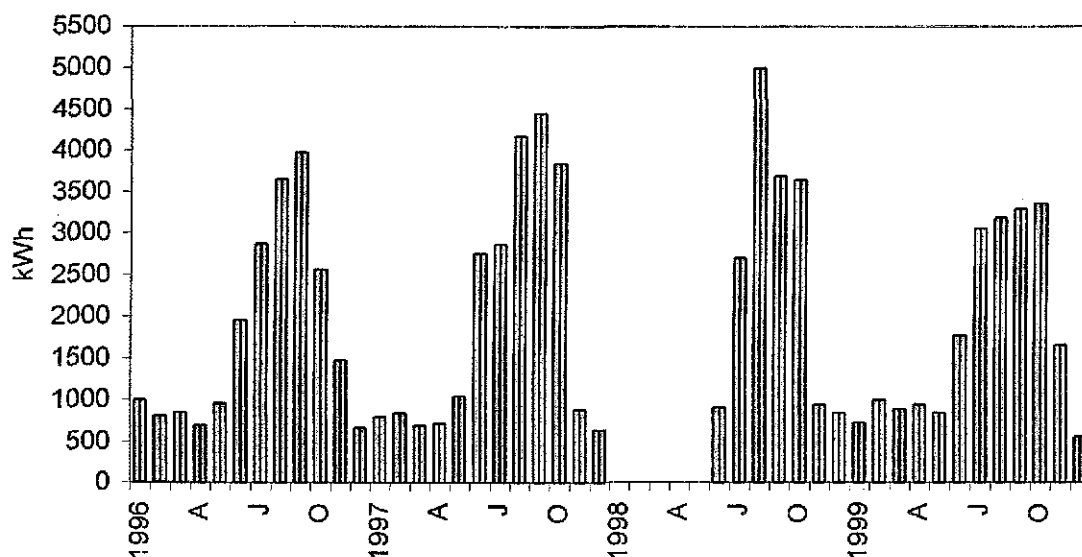
La familia tiene más de 30 años de vivir en Mexicali, y más de 10 años de residir en esa vivienda. La familia estaba constituida por 5 miembros adultos, actualmente está habitada solamente por 3 de ellos. El papá trabaja en el sector público, la mamá está en el hogar durante el día e imparte clases de manualidades en su casa. El otro habitante también pasa todo el día en la vivienda. La familia tiene un nivel de ingreso alto.

En cuanto a algunos de los hábitos que se reflejan en consumo de energía eléctrica: se utiliza el agua caliente durante todo el año, proveniente del boiler eléctrico, se utiliza la lavadora los fines de semana, el televisor suele estar encendido continuamente, además la esposa es muy "calurosa" y es la que controla la temperatura del termostato de los equipos.

#### 7.3.1.1. Estudio histórico del comportamiento del consumo de energía

El comportamiento anual del consumo de energía eléctrica presenta una tendencia de crecimiento, en 1996 con un promedio anual de consumo de 1790 kWh, al siguiente año se incrementó a 1975 kWh, con un 10% de incremento; sin embargo, de 1997-1998 el incremento fue del 33%.

Con relación al comportamiento mensual, se observa una tendencia constante de noviembre a mayo, sin embargo, en los meses del verano se da un crecimiento significativo, sobre todo en agosto y septiembre; además de un incremento de aproximadamente de un 100% de mayo a junio, así como entre julio y agosto (ver Figura 34)



**Figura 34. Historial de consumo de energía eléctrica, caso Baikal, Mexicali, 1996-1999**

Con base en 1997, el consumo promedio del verano (mayo-octubre) fue de 3189.66 kWh y el de invierno fue de 761.16 kWh, lo que representa un incremento de 4 veces más entre el invierno y verano; la diferencia de 2428.49, entre ambos se debe al uso del aire acondicionado (ver Tabla 7.12).

**Tabla 7.12 Consumo eléctrico promedio, verano e invierno, caso Baikal, Mexicali, 1996-1999, kWh**

	1996	1997	1998	1999
Verano	2664.5	3189.66	3190	2691.33
Invierno	915.16	761.16		965.83
Diferencia	1749.34	2428.49		1725.5

Fuente: elaboración propia a partir del historial de consumo eléctrico, CFE

### 7.3.1.2. Monitoreo de consumo de energía en sitio

Los resultados obtenidos del monitoreo durante julio y agosto de 1999 corresponden al consumo total del mes, al desglose diario total y al horario por día.

**Tabla 7.13 Consumo eléctrico mensual monitoreado, caso Baikal, julio y agosto 1999, Mexicali, kWh**

Consumo eléctrico	Julio *	Agosto
Total mensual	1784.11*	2175.85
Promedio diario	84.96	70
Máximo diario	109.53 (24 julio)	112.94 (19-agosto)
Mínimo diario	55.14 (10 julio)	32.15 (11-agosto)

Fuente: elaboración a partir de datos monitoreados en sitio; nota: julio solamente incluye los registros del 7 al 27 de julio de 1999.

### Resultados total diario durante el mes

En las Figuras 35 y 36 se muestra el comportamiento total diario del consumo de energía durante julio y agosto (ver en Anexo C los resultados obtenidos).

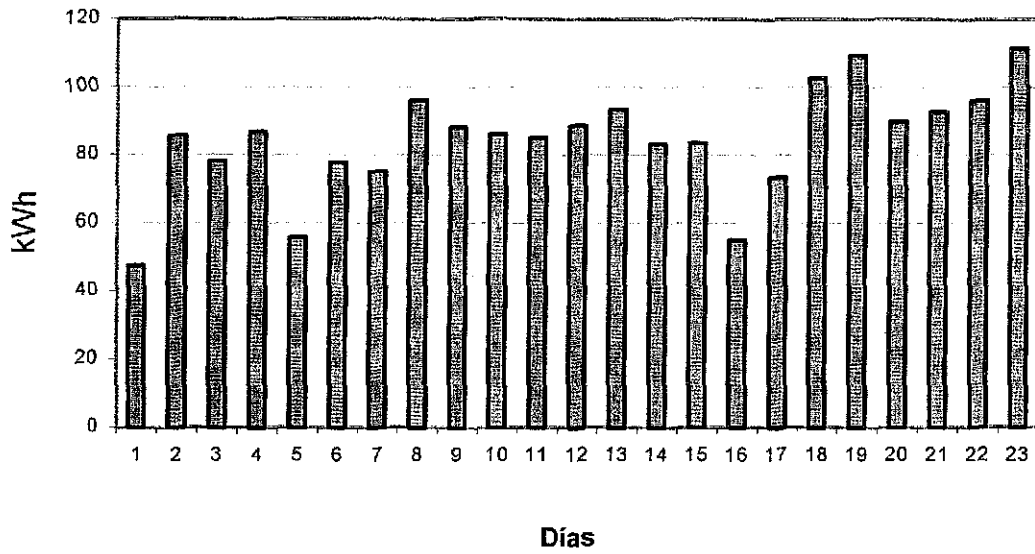


Figura 35. Consumo de energía eléctrica total diario monitoreado, caso Baikal, Mexicali, julio 1999, kWh

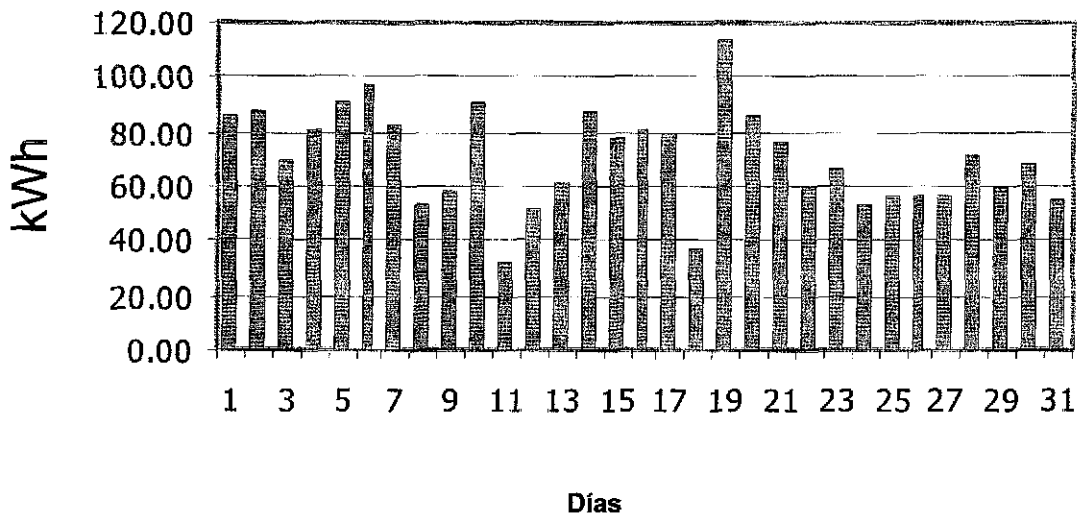


Figura 36. Consumo de energía eléctrica total diario monitoreado, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999, kWh

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Con base en lo anterior, se observa:

- En julio, a excepción de 2 días (10 y 21) en que el consumo fue de 55 kWh, éste osciló 73 a 109 kWh, con un promedio de 85 kWh, el día 16 de julio el más cercano a la media, así como los días 7,9,15,19 y 20.
- En agosto, a excepción de 2 días (11 y 18 agosto) en que el consumo fue menor a 38 kWh; éste osciló de 52 a 113 kWh.
- Se considera que el consumo diario mínimo, sin encender el equipo de aire acondicionado, es de aproximadamente menos de 40 kWh por día.
- El consumo máximo de energía que se presentó el día 19 de agosto, se dio como consecuencia de estar en la semana que registró las temperaturas más altas del mes; específicamente, el día 18 se presentó la temperatura máxima, además, que ese día estuvo apagado el equipo de aire acondicionado.
- Por efecto de inercia en la construcción, cuando el aparato de aire acondicionado se apagó durante el día, el consumo bajó, pero la temperatura de la vivienda aumentó y con ello las necesidades de aire acondicionado al siguiente día.

En general, agrupando los consumos totales diarios se observa que el usuario durante, el mes de julio, consumió en una proporción del 38% entre 81 y 90 kWh por día, el 24%, de 91-100 kWh y el 19% entre 71 y 80 kWh; y durante el mes de agosto en un 32.3% de 51-60 kWh, un 23% entre 71-80 kWh y un 19.4 entre 81-90 kWh (ver Tabla 7.14).

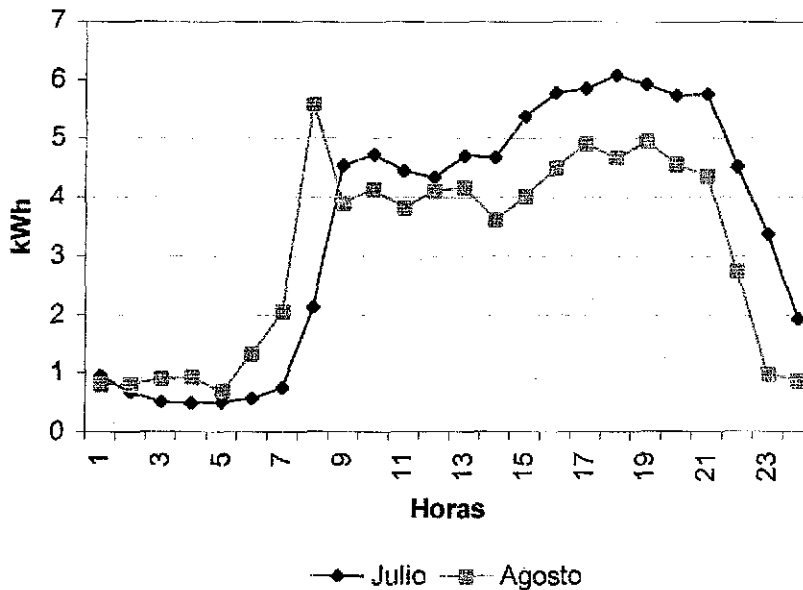
**Tabla 7.14 Porcentaje de frecuencias de consumos eléctricos por día, caso Baikal, julio y agosto 1999**

Rangos de consumo eléctrico total diario (kWh)	julio	agosto
31-40	0.0	6.5
51-60 kWh	9.5	32.3
61-70	0.0	9.7
71-80	19.0	22.80
81-90	38.1	19.4
91-100	23.8	6.5
101-110	9.5	3.2
Total	100.0	100.0

Fuente: elaboración propia a partir de datos monitoreados en sitio

Resultados del consumo horario promedio mensual (ver Anexo C)

En la Figura 36 se observa una tendencia similar entre el comportamiento de julio y agosto, sin embargo, el consumo eléctrico durante el día tiende a ser el doble en agosto. Existe una diferencia de 6 veces entre el consumo menor que se presenta de las 23 a las 5 horas y el mayor, a las 19 horas.



**Figura 37. Curva de consumo de energía eléctrica promedio horario, caso Baikal, julio y agosto 1999, Mexicali, kWh**

## Resultados del consumo horario por día: días típicos o representativos

### a) Por día de la semana

El consumo de energía varía dependiendo del día de la semana (ver Tabla 7.15) y se observa que los consumos eléctricos aumentan en viernes y sábado, debido a que las personas permanecen más tiempo en la vivienda.

**Tabla 7.15 Consumo de energía promedio por día de la semana, caso Baikal, Mexicali, julio y agosto 1999**

Día de la semana	JULIO			AGOSTO		
	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
Domingo	93.47	77.83	87.11	86.57	53.21	67.45
Lunes	92.82	75.07	83.73	87.54	58.81	72.40
Martes	96.06	83.67	91.93	90.54	54.06	69.76
Miércoles	88.33	55.15	76.41	80.42	32.15	51.65
Jueves	86.16	73.42	79.28	112.94	51.93	75.39
Viernes	102.69	85.21	91.59	96.81	56.40	75.21
Sábado	109.53	55.82	84.65	87.80	71.73	79.70

Fuente: elaboración propia a partir de datos monitoreados en sitio

### b) Por días tipo de consumo (patrón de uso)

Con base en el comportamiento horario por día (ver Anexo C), en el mes de julio se obtuvieron 4 curvas de consumo o patrones de comportamiento y en el mes de agosto, 3 (ver Tabla 7.16)

**Tabla 7.16 Concentrado de días tipo de consumo, caso Baikal, agosto 1999**

Tipo	Días	Total	% de días del mes
A	23,24,25,26,27,28,29,30,31	9	29.0
B	1,2,3,4,5,6,7,	7	22.3
C	10,14,15,16,17,20	6	19.4
D	9,13,21,22	4	13.0
Esp	18,19	2	6.5
Otros		3	10.0
Total		31	100

El comportamiento de los patrones de consumo de energía, se resume en la Tabla 7.17

**Tabla 7.17 Definición de días tipo de consumo, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999**

Tipo	Descripción del comportamiento
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constante hasta las 8 horas con carga mínima 1 kWh, se enciende el equipo y llega a un pico a 6 kWh aproximadamente a las 9 horas</li> <li>• Luego se apaga el compresor y baja el consumo</li> <li>• Posteriormente va aumentando de las 11 a las 17 horas de 2.5 a 7 kWh que es el otro pico</li> <li>• Se mantiene alto hasta las 21 horas y luego a las 23 horas baja para tener la carga constante mínima de 1 kWh.</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga constante mínima de 1 kWh aproximadamente hasta las 8 horas</li> <li>• Se incrementa a las 8 horas hasta 7.5 kWh, sin embargo no baja el consumo y se mantiene en 7 kWh hasta las 13 horas en que se apaga el compresor o el aparato por una hora</li> <li>• Posteriormente vuelve haber el pico que se mantiene por poco tiempo</li> <li>• De las 19 a 21 horas baja a 5 kWh y luego a las 21 horas vuelve a bajar a la carga constante mínima</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga constante mínima</li> <li>• Aumenta a 6.5 kWh a las 6 de la mañana, sin embargo, se mantiene alta durante todo el día</li> <li>• Da un pico a las 19 horas a 7 kWh y luego baja</li> </ul>

Analizando los resultados del mes de agosto, se identificaron 3 tipos de curvas de comportamiento de consumo eléctrico del usuario de estudio que cubre el 70.7% de los días (ver Figuras 38.1, 38.2 y 38.3) .

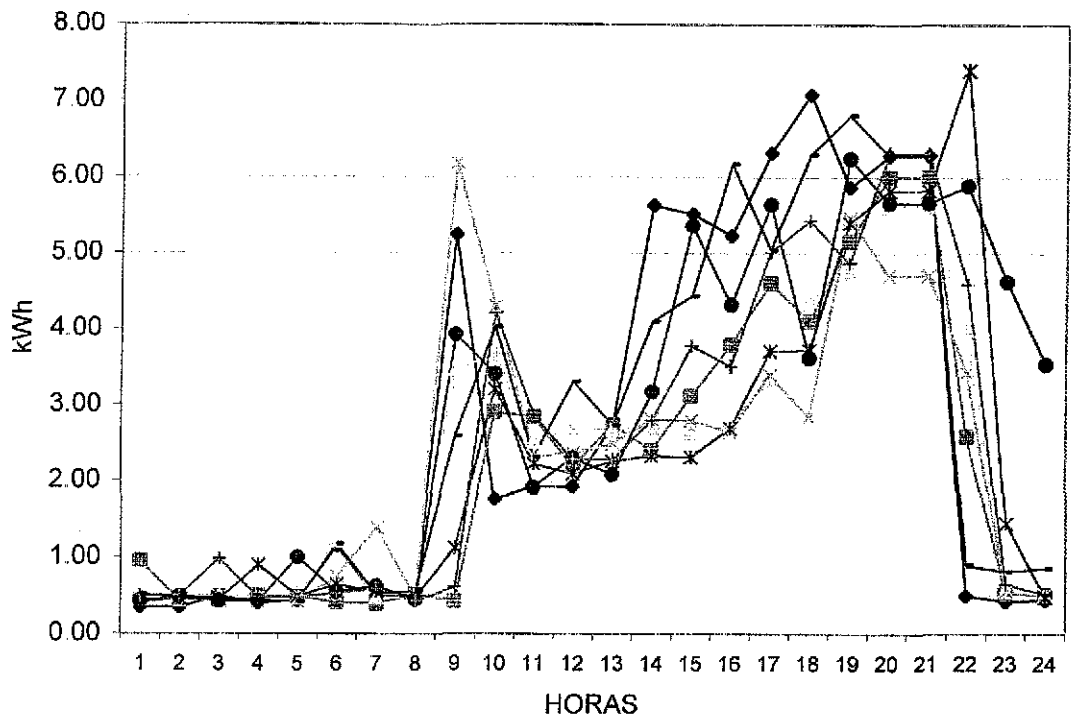
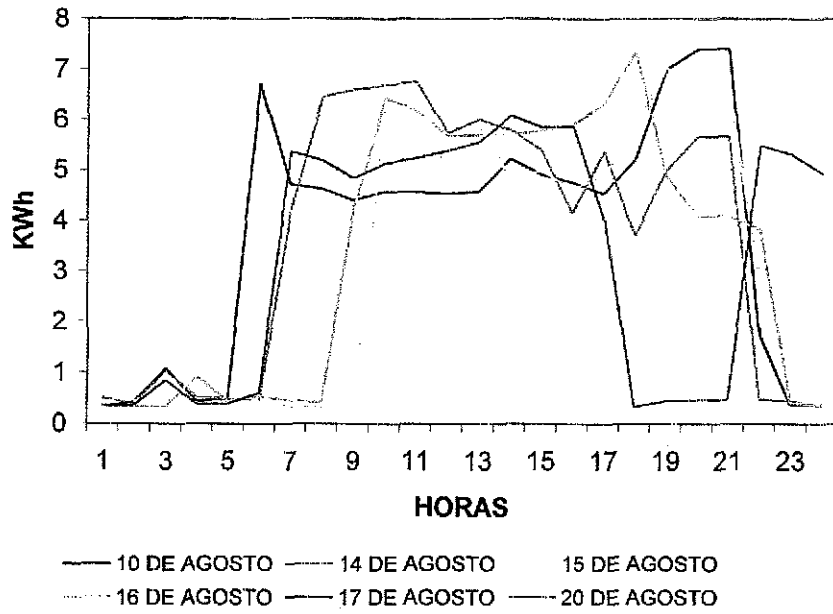
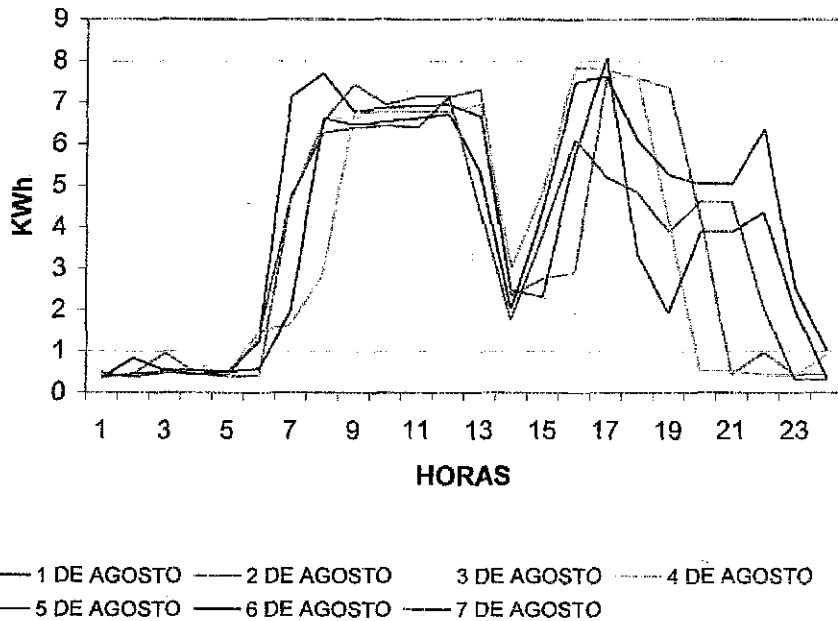


Figura 38.1. Curva de consumo tipo A, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999  
(23-31 agosto)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

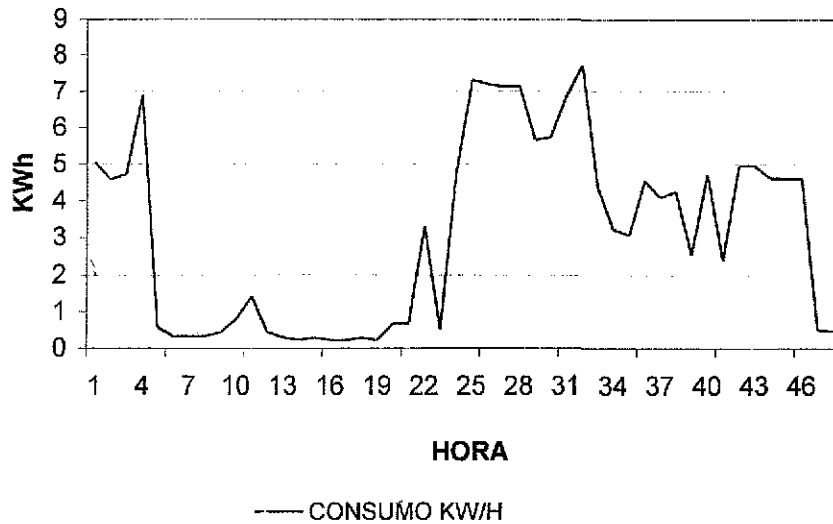


**Figura 38.2 Curva de consumo tipo B, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (10,14-17, 20 agosto)**



**Figura 38.3 Curva de consumo tipo C, caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (1-7 agosto)**

Caso especial fue el 6.5%, que correspondió al consumo eléctrico diario máximo registrado (19 de agosto), ya que el día anterior el equipo de aire acondicionado estuvo apagado y coincidió con las temperaturas más altas de ese mes (ver Figura 37.4).



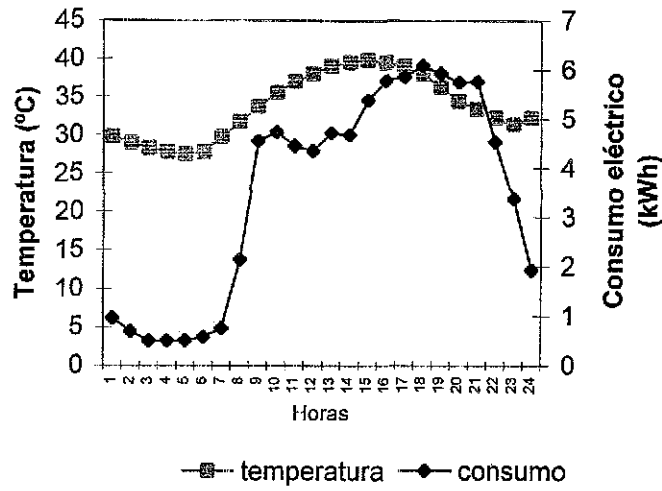
**Figura 38.4 Curva de consumo eléctrico máximo, Caso Baikal, Mexicali, agosto 1999 (19 agosto)**

El 23% restante fueron curvas no uniformes de consumo eléctrico.

b). Resultados consumo horario promedio mensual y temperatura ambiente

En la Figura 38 se muestra el comportamiento de la temperatura ambiente y del consumo promedio horario mensual; en ambas gráficas y se observan tendencias similares.

Julio 1999



Agosto 1999

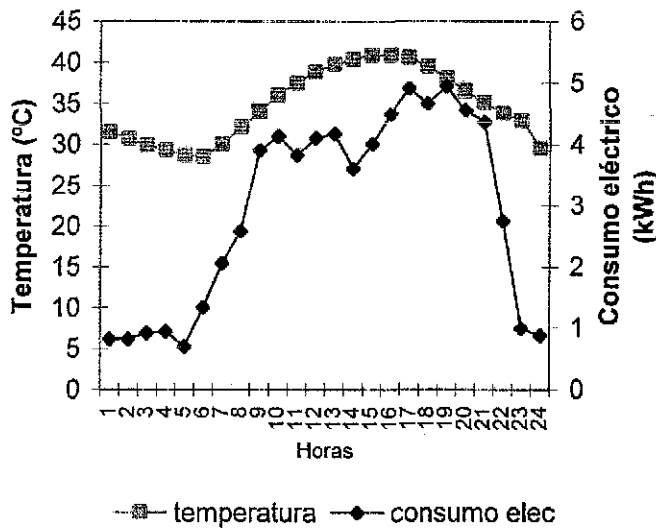


Figura 39. Consumo de energía eléctrica y temperatura promedio horario mensual, caso Baikal, Mexicali, julio y agosto 1999



### 7.3.1.3. Conclusiones parciales

- Es una vivienda con altos consumos eléctricos diarios, debido principalmente al uso del equipo de aire acondicionado (2 equipos de 5 toneladas) y a las dimensiones de la vivienda.
- Se nota una influencia en el consumo eléctrico, debido a la temperatura, que hace que los consumos sean mayores en agosto que en julio y que el consumo máximo casi se duplique en agosto con respecto al mes anterior.
- Existe un efecto de inercia térmica que se refleja cuando el aparato de aire acondicionado se apaga durante todo el día, al siguiente día los consumos eléctricos son los más altos del mes.
- El comportamiento del consumo energético es un fenómeno dinámico que se debe estudiar junto con las variaciones de temperatura, considerando las condiciones ambientales de los días anteriores.
- Se tiene mayores consumos los fines de semana que entre semana.
- Es factible identificar días típicos de consumo que, en este caso, fueron 3 tipos de comportamiento del consumo y por lo tanto del usuario.

## CONCLUSIONES

La propuesta de analizar el consumo eléctrico residencial, a través de identificar la interrelación de las variables que lo conforman y de reconocer la distinta naturaleza de las mismas, fue necesaria para tener una visión integral de un fenómeno complejo de estudiar.

Con respecto al objetivo general de la investigación de "determinar el impacto relativo de las principales variables que influyen en los consumos eléctricos del sector residencial", se logró determinar que dichas variables provenían de aspectos climáticos, técnicos, sociales, culturales y económicos.

Aunque cada aspecto tiene distintas variables, por lo general es una la que predomina. Del clima, fue la temperatura. De los aspectos técnicos, fueron el equipo de acondicionamiento ambiental y el tamaño y sistema constructivo de la vivienda. De los aspectos sociales y culturales, fueron los hábitos relacionados con el uso de equipos y de los aspectos económicos, el nivel de ingreso familiar.

Sin embargo es conveniente analizar el consumo eléctrico, tanto en su escala espacial (en el ámbito del país, de una región, de un grupo de viviendas y/o casos específicos), así como en su escala temporal (anual, mensual, diario y horario). En cualquiera de los ámbitos mencionados, los patrones de uso de la energía son resultado de la doble naturaleza del fenómeno.

Sin embargo, no en todos los ámbitos de estudio mencionados, dado su grado de generalidad o especificidad, es factible detectar el impacto de todas las variables. Así en una perspectiva global (país o una región), solo es factible identificar el impacto del clima y la cantidad de usuarios; no así en la escala de grupos o casos, donde si es factible detectar el impacto de las características físicas de las viviendas, de la cantidad de habitantes por vivienda, de las actividades y hábitos en el hogar y del nivel de ingresos.

En general, cuando el clima tiene un comportamiento extremo (altas o bajas temperaturas) siempre el consumo originado por el equipo de acondicionamiento ambiental predominará.

La importancia de la investigación radica en que es la única que ha analizado el comportamiento del consumo de energía eléctrica del sector residencial durante la última década en México. Ya que otros de los estudios habían analizado hasta 1990 o algún año en particular. Además en una sola investigación, se integra el comportamiento del consumo eléctrico en los ámbitos: nacional, regional y local.

En la zona es el primer estudio a lo largo del tiempo 1990-2000, ya que otros estudios han sido estudios puntuales o transversales (1990 y 1995). Sin embargo no se tenían estudios sobre modelos de consumo de energía para la zona. Con lo que la presente investigación inicia el trabajo de la modelación de consumos eléctricos para zonas áridas.

Considerando que varios de los estudios internacionales sobre modelos de consumo de energía los habían realizado con 10 años de información disponible, se consideró válido para su aplicación en el ámbito nacional y local. Además de que se conjuntó con problemas por la disponibilidad y adquisición de la información estadística nacional y local anterior a 1990.

El hecho de que parte de la información estadística de consumos eléctricos estuviera publicada vía Internet facilitó el trabajo, ya que en la medida que el usuario tenga información puede proponer y criticar justificadamente.

El caso de estudio: Mexicali, resultó muy significativo por el impacto del consumo per cápita, y no por consumos totales; que suele ser el criterio de estudio en México. En todo caso, es tan importante, estudiar y atender tanto a unos como a otros.

Como resultado de la presente investigación se concluyó que existen dos visiones para estudiar el consumo eléctrico, y éstas son distintas y opuestas. El estudiar el consumo eléctrico desde la perspectiva de consumo per cápita es necesario cuando el sitio de estudio presenta condiciones climáticas extremas (muy altas y altas temperaturas, con o sin la presencia humedad relativa alta), independientemente de la cantidad de usuarios afectados. El criterio del consumo total, es válido cuando no hay condicionantes climáticas extremas. Es decir, no se pueden manejar criterios iguales cuando los universos son diferentes.

El manejo centralista de las políticas energéticas en el país, no permite el entendimiento de los problemas que presentan los sitios con consumos per cápita altos; ya que representan un 3% de los usuarios residenciales.

Con respecto a un modelo general de comportamiento del consumo eléctrico residencial, se logró desarrollar un modelo de consumo, a partir de la información de 10 años, con las variables cantidad de usuarios, consumo per cápita y temperatura ambiente y se obtuvieron correlaciones mayores a 0.90. El utilizar análisis de regresión univariable, resultó viable y menos complicado que un análisis multivariable.

La cantidad de usuarios y el consumo per cápita resultaron ser los indicadores de mayor influencia en el consumo y posteriormente la temperatura.

En general, existe relación directa del consumo con la temperatura ambiente, cuando ésta rebasa las condiciones de confort térmico. En los casos en que la temperatura está en los rangos de confort no se manifiesta claramente la asociación entre ambos.

Para el caso de Mexicali, se confirma la relación existente entre el consumo eléctrico y la temperatura ambiente. Siendo una relación directa. A mayor temperatura mayor consumo. Las curvas tienen un comportamiento senoidal parecido.

La curva de temperatura tiene una asociación directa cuando se tiene equipo de aire acondicionado, ya que presenta comportamientos máximos los consumos eléctricos, un mes después de las temperaturas máximas. Sin embargo, cuando se tiene enfriador evaporativo, como sistema de acondicionamiento el consumo eléctrico durante el año, se mantiene estable.

El impacto del clima en el consumo se nota sobre todo dependiendo del equipo de acondicionamiento ambiental utilizado.

Con respecto a identificar en qué medida el consumo de energía eléctrica se debe al impacto del clima, de la vivienda, del equipo de acondicionamiento ambiental y otros. Se tiene que el consumo depende:

- del clima, cuando la temperatura tiene un comportamiento extremo y fuera de rangos de temperatura confortable;
- de las características de la vivienda en la medida que éstas influyen en las condiciones de confort térmico del usuario;
- de las propiedades termofísicas del sistema constructivo de techos y muros y de la superficie expuesta, así como del tamaño de la vivienda;
- de la relación directa del **equipo** de acondicionamiento ambiental, forma como se use (hábito), de las características del equipo (eficiencia) y de las características físicas de la vivienda;
- del uso de otros equipos siempre y cuando no se tengan equipos de aire acondicionado. Sobre todo del consumo del refrigerador o la iluminación, dependiendo del contexto climático.

Además se tienen dos tipos de patrones de uso de la energía eléctrica. El primero el resultante del reflejado en comportamientos anuales o por períodos, que se puede reflejar en los modelos del nivel 1. Los cuales son para hacer predicciones del comportamiento de consumos y demandas eléctricas del sector residencial y poder desarrollar la planeación fundamentada en el diagnóstico del problema.

El otro, nivel 3; para definir el patrón de uso de la energía eléctrica de los usuarios es a partir de encuestas y monitoreo en sitio del consumo eléctrico de la vivienda y asociarlo a las causas que lo originan. En este nivel no es factible establecer modelos generales, sino mas bien agrupaciones por comportamientos similares, ya que hay grandes variabilidades dependiendo del día de la semana, la temperatura del día anterior y de dicho día, el almacenamiento de energía de la vivienda, del tamaño de la vivienda y sobre todo del área y volumen refrigerado. Es difícil que por las diferencias entre condiciones de la vivienda, nivel económico del usuario y sus hábitos. Por lo que resultó viable retomar el planteamiento mostrado por Ramos en sus investigaciones.

Con respecto a los antecedentes:

Dado que la experiencia internacional está más avanzada que la del país, por ejemplo alrededor de los 70 ya estaba reglamentada las construcciones para el ahorro y conservación de energía, aquí todavía no está regulado en un reglamento de construcción, con intención de que pudiera ser obligatorio. Hay que aprender de experiencias que funcionaron en otros contextos y adaptarlo a las condiciones del país.

Sin embargo, se nota que hay estudios o por una lado técnico o por económicos u otra naturaleza, pero no hay una integración cuando se hace un estudio desde determinada perspectiva la influencia de otros factores.

Los norteamericanos han trabajado más en eficiencias de equipos y reglamentos de construcción y de equipos con las normas, y los europeos se han preocupado más por modelar el consumo desde el punto de vista de usuarios y de hábitos.

Hay que reconocer los trabajos de investigadores del IIE, de la UAM y UNAM que han trabajado para marcar una línea energética en el país.

Un estudio de consumo de energía es más que kilowatt horas de consumo. Los antecedentes en la región marcan un camino ya avanzado con respecto a otras zonas del país. Por una parte se pueden retomar parte de lo que existe y actualizar, ya que estos estudios son cualitativos, faltaría cuantificar el impacto, planes para evaluar el uso de la energía residencial

Es importante atender el problema del consumo de energía eléctrica del sector residencial en los estados del norte del país, sobre todo porque están ubicados en zonas áridas. Ya que el 25.7% que representa actualmente se va incrementar y repercutir en otras entidades.

Aunque en particular los usuarios de climas cálidos (tarifa 1D y 1E) representan bajos porcentajes de usuarios en el ámbito nacional, sus consumos per cápita están por arriba de cualquier usuario del país. Lo que consume un usuario residencial en tarifa 1 durante 1 año, se consume en 1 mes de verano de un usuario de tarifa 1E

Este trabajo es el único que ha estudiado el consumo eléctrico de forma longitudinal en Mexicali, ya que los otros trabajos son estudios transversales. Además que no se tienen modelos de consumos eléctricos para las distintas zonas del país.

Se concluye, que dada la compleja naturaleza del consumo eléctrico residencial en México, cada cual tiene que asumir su compromiso. Además es importante que la información estadística se publique y no se oculte. Así como reflexionar sobre el papel que juega el consumo eléctrico y usuarios del sector residencial en el ámbito nacional

Es necesario que el arquitecto se concientice en su nivel de incidencia en este problema y asuma su compromiso, como se dijo anteriormente. Dentro de este complejo problema, es importante la existencia de una reglamentación térmica-energética en las construcciones, sobre todo si están en un contexto de clima desértico.

El papel que juega el arquitecto en el consumo de energía eléctrica residencial, radica inicialmente en la influencia que se tiene en el diseño de las viviendas que forman el sector residencial. Sin embargo esta situación trasciende porque un diseño adecuado o inadecuado del objeto arquitectónico aunado a otros factores, influyen en un mayor consumo de energía eléctrica del sector residencial.

Mi perfil profesional entre la mezcla de aspectos técnicos con sociales, me permitió abordar el estudio del consumo eléctrico en su doble naturaleza.



## RECOMENDACIONES

Continuar el trabajo de modelación de consumo eléctrico en México y desarrollar un trabajo estadístico a mayor profundidad, ya que en el presente solo se dio el planteamiento general.

Verificar el grado de significancia de los modelos obtenidos, buscar generar modelos multivariantes.

Se recomienda realizar estudios a partir de recibos de facturación eléctrica y encuestas en México, en una primera instancia. De evaluación energética, a través del monitoreo en sitio de consumos eléctricos totales y de los principales equipos que consumen electricidad, para casos específicos y con disponibilidad de equipo.

Se recomienda una estrategia interdisciplinaria y de trabajo intenso, para realizar estudios completos e integrales del uso de la energía en el sector residencial.

Se recomienda que se validen la posibilidad real de realizar las evaluaciones del uso de la energía de acuerdo a los protocolos internacionales (ASTM y ASHRAE) que existen o que se proponga de acuerdo a las condiciones del país

Se concluye que un estudio completo del uso de la energía en el sector residencial en México se complica por la falta de financiamiento para trabajar en varios casos. Además se complica por la falta de uniformidad en tipos de viviendas o de equipos utilizados.

Se recomienda que se profundicen las estimaciones globales a partir de datos estadísticos.

Se recomienda fortalecer la investigación en el área de la energía y la edificación, ya que en México son pocos los investigadores que han trabajado en esta área. Para un país de grandes dimensiones y con contextos diferentes.

Se recomienda que por lo menos en todas las ciudades, que tengan altos consumos totales o altos consumos per cápita, sean estudiadas a fondo y se cuantifique el comportamiento del consumo eléctrico. Para lo cual hay que partir primero de una caracterización de la vivienda, de los usuarios y sus hábitos y equipos de acondicionamiento ambiental y aparatos electrodomésticos. Se caractericen los aspectos sociales, culturales y económicos, como aspectos técnicos.

Se recomienda que se fortalezcan los estudios en 3 ámbitos o escalas de trabajo, que formen parte de un estudio integral para cada ciudad con problemática representativa.

Se recomienda que la información estadística esté disponible y no se oculte. Se recomienda que si se quiere solucionar o aportar algo en esta problemática se tiene que ser congruente entre lo que se propone y dice con lo real. Por lo que es importante la educación de los usuarios, pero también es importante cuantificar para entender y planear acertadamente.

Se recomienda que en México, dada la extensión del país y la diversidad de condiciones geográficas, sociales y económicas se impulsen los estudios de casos a nivel de ciudades, a nivel de grupos representativos de regiones fomentar e impulsar y promover estudios de usos finales con una perspectiva integradora de aspectos técnicos y sociales, y el estudio en 3 ámbitos.

Se recomienda que el trabajo de reglamentación de normas de eficiencia energética tanto para edificios no residenciales y residenciales se valide con datos de la región y sobre todo cuando son para construcciones ubicadas en

climas cálidos. Así como que se valide y de determine las implicaciones que se tendrían con la aplicación de las mismas y que se vean las implicaciones no solo para las construcciones nuevas, sino extenderlo para las ya existentes. Ya que si no va ser un universo muy grande que va quedar sin atender y rezagado e impactando significativamente el uso de la energía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (1997). 1997 ASHRAE Handbook Fundamental, Atlanta.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (1999). 1999 ASHRAE Handbook HVAC Applications, Atlanta.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2000). 2000 ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment, Atlanta.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2001). 2001 ASHRAE Handbook Fundamental, Atlanta.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (1999). ASHRAE Standard "Standard Methods of measuring and expressing building energy performance", Atlanta.
- American Society Testing Material, (2000). Standard guide for developing energy monitoring protocols for commercial and institutional buildings or facilities (E 1464-92 reapproved 1999). Annual Book of ASTM Standards 2000, Section 4. Construction, vol 4.11, Philadelphia.
- American Society Testing Material, (2000). Standard practice for specifying data for evaluation of energy used in residential buildings (E 1410-91 reapproved 1997). Annual Book of ASTM Standards 2000, Section 4. Construction, vol 4.11, Philadelphia.
- XIII Ayuntamiento de Mexicali, Instituto de Investigaciones Sociales UABC (1992). Encuesta sobre el grado de adecuación ambiental de la vivienda e impacto social derivado del consumo eléctrico en Mexicali, B.C., (Reporte Estadístico, 1990), México.
- XV Ayuntamiento de Mexicali, (1998). Reglamento de edificaciones para el Municipio de Mexicali. Mexicali, México.
- XV Ayuntamiento de Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California (1998). Niveles de Bienestar en Mexicali, 1997, México.

- California Energy Commission (1999). Energy efficiency standards for residential and non residential buildings, California, Estados Unidos.
- Campero, E., Ortiz, J., Vargas, J., (1988), Aspectos sobre el uso de la energía en el sector residencial en México, Reunión Nacional sobre la Energía y el Confort, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C., pp. 208-211.
- Campero, E., (1991), Impacto de los refrigeradores domésticos en el consumo de energía del sector residencial. En Universidad Nacional Autónoma de México, Primera Reunión Internacional sobre Energía y Medio Ambiente en el Sector Residencial Mexicano, México, pp.151-157.
- Comisión Federal de Electricidad, (1991), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (1992), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (1993), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (1994), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (1995), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (1996), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (1997), Estadísticas por entidad federativa, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (2001), Estadísticas del municipio de Mexicali, México.
- Comisión Federal de Electricidad, (2000), Estadísticas por entidad federativa, [http: cfe.gob.mx](http://cfe.gob.mx), México

- Comisión Federal de Electricidad, (2001), Estadísticas por entidad federativa, <http://cfe.gob.mx>, México
- Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Sociales UABC, Gobierno del Estado de Baja California, (1996), Encuesta sobre el impacto del consumo eléctrico en la economía familiar en Mexicali, no publicado, México.
- Comisión Federal de Electricidad (2000). Tarifas residenciales, <http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadiss/secedo/secsec/html>, México.
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas (2001) <http://conaza.gob.mx/conaza/cobertura.htm>, México.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, (1999). Programa de normalización 1999, <http://conae.gob.mx>, México.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (2000), Programa de normalización 2000, <http://conae.gob.mx>, México.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (1999), Taller de aplicación sobre el anteproyecto de NOM de eficiencia energética en edificios no residenciales, Mexicali. México.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Anteproyecto de NOM-008 "Eficiencia energética en edificaciones", <http://conae.gob.mx>.
- Cramer, J., Hackett, B., Craig, P., Vine, E., Levine, M., Dietz, T., Kowalczyk, D., (1984). Structural-behavioral determinants of residential energy use: summer electricity use in Davis, en Energy, 9 (3), 207-216.
- De Buen, O., (1993), Aspectos económicos y ambientales del uso de aire acondicionado en el sector residencial de Mexicali, B.C., Seminario Taller sobre el comportamiento térmico de muros y cubiertas de edificios, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C.
- Dholakis, R., (1983). From social psychology to political economy: a model of energy use behaviour, Journal Economic Psychology, vol. 3, pp. 231-247.

- Egellioglu, F., Mohamad, A., Guven, H., (2001), Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus, en Energy, 26, 355-362.
- Fernández, L., (1991), Usos finales de la Energía en la ciudad de México. En Universidad Nacional Autónoma de México, Primera Reunión Internacional sobre Energía y Medio Ambiente en el Sector Residencial Mexicano, México.
- Fondo de Cultura Económica, (1987). Diccionario de Sociología, Décimo segunda reimpresión, México.
- Gallegos, R., (1998). Fuentes no convencionales de energía en Mexicali, recursos y experiencias. Arquitectura y Urbanismo, La Habana, Vol. XIX, no. 2/98, 19-23
- García, E., (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de Baja California, México.
- Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos (1991), Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 10 de noviembre de 1991, México, 8-24.
- Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos (1995), Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 18 de diciembre de 1995, México, 4-10.
- Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos (1996), Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 15 de noviembre de 1996, México, 2-28.
- Gobierno del Estado de Baja California, (1994), Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, México.
- Gobierno del Estado de Baja California, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, H. Ayuntamiento Constitucional de Mexicali, (2001). Mexicali Estado de Baja California, Cuaderno Estadístico Municipal, Edición 2000, México.

- Gutiérrez, J., (1999). Programa de Ahorro Sistemático Integral, en Seminario nacional sobre el uso racional de la energía y exposición de equipos y servicios, México.
- Heard, C., (1999). Notas del curso DOE 2.1, inédito, México
- Hitchcock, I, (1993). A integrated framework for energy use and behaviour in the domestic sector, en Energy and Buildings, 20 ,151-157.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1990). Baja California, resultados definitivos, tabulados básicos, XI Censo General de Población y Vivienda. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). Baja California, resultados definitivos, tabulados básicos, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2001). Agenda Estadística Estados Unidos Mexicanos, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del Estado de Baja California, (2001). Anuario Estadístico Baja California, México.
- Lam, J., (1996). An analysis of residential sector energy use in Hong Kong, en Energy, 21, (1), 1-8.
- Larousse, (2000). Diccionario Pequeño Larousse Ilustrado
- Lutzenhiser, L., (1991). A cultural model of household energy consumption, Energy.
- Masera, O., de Buen O. y Friedmann, R. (1991). Consumo residencial de energía en México: estructura, impactos ambientales y potencial de ahorro, Primera Reunión Internacional sobre Energía y Medio Ambiente en el Sector Residencial Mexicano, México, pp. 73-96.
- Morales, J., Valdés, G., (1998). Estudio para el ahorro de energía de edificios para la ciudad de México, Facultad de Arquitectura, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México.



- Pérez, C., Galindo, M., Villa, J., Ramírez, M. (1996). Evaluación de equipos de aire acondicionado, motores y refrigeradores para el sector doméstico de Mexicali. B.C., inédito, Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Ramos, G., (1994), Administración de la demanda, Boletín IIE, 18, (6), 252-260.
- Ramos, G., (1998), Modelado de la curva de usuarios domésticos para la implementación de medidas de administración por el lado de la demanda, en Boletín IIE, 22, (1) , 11-19.
- Ramos, G., Heard, C., Sánchez, A., (1998). Simulación de escenarios de ahorro y uso eficiente de energía, con medidas de control pasivo, en Energía racional, revista informativa del Ahorro de Energía Eléctrica FIDE, 28,(7), 17-29.
- Ramos, G., Heard, C., Fiscal, R., Maqueda, M., Morales, L., Salazar, M., Ceja, R., Gutiérrez, J., (2001). Computer system for energetic diagnoses in residential customers, en Energy Policy, 29, 595-603.
- Ranjan, M., Jain, C.K. (1999). Modelling of electrical energy consumption in Delhi, en Energy, 24, 351-361.
- Ricossa, Sergio., (1990), Diccionario de Economía, Siglo Veintiuno editores, México.
- Romero, R., (1994), La vivienda representativa de Mexicali: caracterización física, social y lineamientos de adecuación ambiental.\_Tesis de Maestría en Arquitectura, inédita, Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Romero, R., Chan, D. (1998), La vivienda de Mexicali. Estrategias de adecuación ambiental existentes en la vivienda de Mexicali. Arquitectura y Urbanismo, La Habana, Vol. XIX, no. 2/98, 24-29
- Romero, R., Chan., D., (1995), Strategies for an adequate housing environment in the city of Mexicali, B.C., and their impact on the environmental comfort and/or energy saving. Proceedings of the III International

Congress Energy, Environment and Technological Innovation, 1,  
469-474.

Romero, R., Sáñez, Morales D. (2001), Energy consumption behavior of a residential sector located in the Mexican arid zone: Mexicali, B.C. Renewable Energy, 24, (3-4), 611-616.

Romero, R., Morales, Sáñez (2000), Consumo de energía eléctrica del sector residencial en México: el caso Mexicali. En Proceedings of the Millennium Solar Forum 2000, International Solar Energy Society, México.

Sáñez. A., (1996), Contexto de la política tarifaria residencial del sector eléctrico y estimación de la función consumo eléctrico residencial: el caso de Mexicali, Baja California (1990-1992), Estudios Fronterizos, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México, no. 23-38.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982). Normales Climatológicas. México.

Sheinbaum, C., (1996), Tendencias y Perspectivas de la Energía Residencial en México, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Universidad Autónoma de Baja California (1991). Boletín climatológico mensual Año 1990, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.

Universidad Autónoma de Baja California (1992). Boletín climatológico mensual Año 1991, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.

Universidad Autónoma de Baja California (1993). Boletín climatológico mensual Año 1992, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.

Universidad Autónoma de Baja California (1994). Boletín climatológico mensual Año 1993, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.

Universidad Autónoma de Baja California (1995). Boletín climatológico mensual Año 1994, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.

Universidad Autónoma de Baja California (1996). Boletín climatológico mensual Año 1995, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.

- Universidad Autónoma de Baja California (1997). Boletín climatológico mensual Año 1996, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.
- Universidad Autónoma de Baja California (1998). Boletín climatológico mensual Año 1997, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.
- Universidad Autónoma de Baja California (1999). Archivo histórico de datos climatológicos de la ciudad de Mexicali 1998. Departamento de Meteorología. Mexicali. México.
- Universidad Autónoma de Baja California (2000). Archivo histórico de datos climatológicos de la ciudad de Mexicali 1999, Departamento de Meteorología. Mexicali. México.
- Universidad Autónoma de Baja California (2001). Archivo histórico de datos climatológicos de la ciudad de Mexicali 2000. Departamento de Meteorología. Mexicali. México.
- Váldez, A., García, R. (1988). Relación entre el consumo de energía eléctrica y la temperatura en la ciudad de Mexicali. En la Universidad Autónoma de Baja California, Reunión Nacional sobre la Energía y el Confort, Mexicali, México, 40-42.
- Raaij, W.F., Verhallen, T.M., (1983). A behavioral model of residential energy use, Journal of Economic Psychology, 3, 39-63.
- Raaij, W.F., Verhallen, T.M., (1983). Pattern of residential energy behavior, Journal of Economic Psychology, 4, 85-106.
- Westergren, K., Hogberg., H., Norlen, U., (1999). Monitoring energy consumption in single-family houses, Energy and Building, 29, 247-257.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (1993). 1993 ASHRAE Handbook. Atlanta.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (1992). ASHRAE Standard "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy", Atlanta.
- California Energy Commission (1995). Energy efficiency standards for residential and non residential buildings, California, Estados Unidos.
- Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Sociales UABC, Gobierno del Estado de Baja California, (1996), Encuesta sobre el impacto del consumo eléctrico en la economía familiar en Mexicali, no publicado, México.
- Givoni, B. (1998). Climate considerations in buildings and urban design, Estados Unidos: Van Nostran Reinhold.
- Heard, C., Ramos, G., (1999), Estudios para la elaboración de normas de eficiencia energética en edificaciones", Boletín Instituto de Investigaciones Eléctricas, México.

## ANEXO A1. ESTADÍSTICAS DE CONSUMOS ELÉCTRICOS

**Tabla 3-A Consumo de energía eléctrica por sectores en México, 1990-2000, GWh**

	Industrial	Residencial	Comercial	Agrícola	Servicio público	Total
1990	52745.5	20389.5	7751.7	6707.4	4592.2	92123.3
1991	53532.5	21983.9	8048.9	6947.8	4705.4	94768.5
1992	54294	24050.8	8654.7	5671.3	4899.5	97570.3
1993	55740.8	25510.9	8866.5	5919.7	5239.3	101277.2
1994	60697.2	27780.9	9216.4	6551.2	5287	109531.7
1995	63883.8	28461.8	9044	6690.1	5285.7	113365.4
1996	71570.5	28482.5	8930.6	7543.2	5046.3	121573.1
1997	78379.5	29642.3	9486.1	7651.5	5095.3	130254.7
1998	82440.20	31689.20	10159.1	7744	5176	137209
1999	87233.0	33370	10962	7996	5433	144994
2000	94088	35714	11553	8071	5562	154988

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Ventas nacionales de energía eléctrica, Secretaría de Energía, <http://www.energia.gob.mx/estadisti/electricidad/ventasnaci.htm>, mayo 31, 2001-06-01

**Tabla 3-B Consumo de energía eléctrica total y residencial en México, 1990-2000**

Período	Consumo eléctrico			Usuarios		
	Total	Residencial	%	Total	Residencial	%
1990	92,127	20,398	22.1	16,285,502	14,316,889	87.9
1991	94,768	21,983	23.2	17,153,833	15,098,180	88.0
1992	97,570	24,050	24.6	17,974,860	15,842,434	88.1
1993	101,277	25,510	25.0	18,690,375	16,493,685	88.2
1994	109,533	27,780	25.3	19,434,165	17,157,212	88.3
1995	113,365	28,461	25.1	20,143,497	17,807,637	88.4
1996	121,573	28,483	23.4	20,667,518	18,292,999	88.5
1997	130,255	29,643	22.8	21,387,531	18,907,251	88.4
1998*	137,209	31,690	23.1	22,154,658	19,562,076	88.0
1999	144,996	33,370	23.0	22,916,937	20,235,689	88.3
2000*	155,349	36,128	23.3	23,881,053	21,055,344	88.2
Promedio		27,954	23.7		17,706,309	88.2

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas por Entidad Federativa, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, \* [www.cfc.gob.mx/gercom/estadis/sccedo/secsec/html](http://www.cfc.gob.mx/gercom/estadis/sccedo/secsec/html), marzo 30, 2001

**Tabla 3-C Criterios de temperatura y rangos de consumo, según tipo de tarifa residencial, México, 2001**

Tarifa	Características	Rangos de consumo (KWh)		
		Básico	Intermedio	Excedente
1		1 - 75	76 - 200	201
1 A	Temperatura media mínima verano 25°C	1 - 100	101 - 250	251
1 B	Temperatura media mínima verano 28°C	1 - 125	126 - 300	301
1 C	Temperatura media mínima verano 30°C	1 - 150	151 - 750	751
1 D	Temperatura media mínima verano 31°C	1 - 175	176 - 1000	1001
			<b>Int. Bajo</b>	<b>Int. Alto</b>
1 E	Temperatura media mínima verano 32°C	1 - 300	301 - 1200	1201 - 2500
				2501

Fuente: [www.cfe.gob.mx/gercom/tarif101/domes.html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/tarif101/domes.html) (valores de temperatura)

**Tabla 3-D Consumo y usuarios de energía eléctrica del sector residencial por tipo de tarifa en México, 1990-1999, (GWh)**

Año	1		1A		1B		1C		1D		1E		Total	
	Con	Usu	Con	Usu	Con	Usu	Con	Usu	Con	Usua	Con	Usu	Con	Usu
1990	9,808	8,681,174	2,626	1,879,461	4,020	2,263,705	3,265	1,283,844	679	208,705	-	-	20,398	14,316,889
1991	10,650	9,163,085	2,809	1,989,488	4,123	2,379,326	2,267	981,578	2,134	584,703	-	-	21,983	15,098,180
1992	11,776	9,579,474	2,974	2,103,460	4,489	2,513,060	2,409	1,032,835	2,402	613,605	-	-	24,050	15,842,434
1993	12,577	9,938,873	3,214	2,196,647	4,695	2,588,397	2,597	1,139,791	2,427	629,977	-	-	25,510	16,493,685
1994	13,669	10,305,535	3,524	2,290,838	4,943	2,597,154	3,067	1,312,553	2,577	651,132	-	-	27,780	17,157,212
1995	13,943	10,697,152	3,397	2,154,661	5,097	2,870,061	3,209	1,296,502	1,066	234,552	1,749	554,709	28,461	17,807,637
1996	13,682	10,965,479	2,386	1,618,687	5,641	3,197,515	2,941	1,372,625	973	385,735	2,860	752,958	28,483	18,292,999
1997	13,963	11,285,904	2,005	1,545,806	6,225	3,368,799	3,152	1,522,736	1,151	399,468	3,147	784,538	29,643	18,907,251
1998	14,745	11,621,229	2,102	1,566,445	6,806	3,524,698	3,519	1,593,145	1,284	441,295	3,234	815,264	31,690	19,562,076
1999	15,509	11,963,737	2,123	1,561,900	7,170	3,705,847	3,130	1,459,662	1,943	683,296	3,495	861,247	33,370	20,235,689

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas por Entidad Federativa, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997,

\* [www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/seccdo/sccsec/html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/seccdo/sccsec/html), marzo 30, 2001

**Tabla 3-F Consumo de energía eléctrica del sector residencial en estados del norte y noroeste del país, 1990-1999, (GWh)**

	B.C.	Son	Chil	Coa	N. León	Tam	Sin	B.C.S.
1990	1,307	1,175	814	689			989	165
1991	1,319	1,256	848	743			979	169
1992	1,477	1,380	930	818			1,156	194
1993	1,496	1,170	970	589			1,187	199
1994	1,594	1,170	1,058	923			1,274	218
1995	1,659	1,537	1,088	943			1,301	266
1996	1,793	1,670	1,113	953			1,344	245
1997	1,892	1,794	1,190	981	2,030	1,509	1,469	278
1998*	1,949	1,873	1,287	1,126	2,282	1,676	1,578	300
1999*	2,107	1,997	1,368	1,179	2,344	1,098	1630	329

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas por Entidad Federativa, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, \* [www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html](http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/secedo/secsec/html), marzo 30, 2001  
 Nota: los estados mencionados son Baja California (B.C.), Sonora (Son), Chihuahua (Chi), Coahuila (Coa), NLeón (Nuevo León), Tamaulipas (Tam), Sinaloa (Sin), Baja California Sur (B.C.S)

**Tabla 3-G. Consumo de energía eléctrica según tarifa, sector residencial, Baja California, 1997-1999, (GWh)**

Año	Consumo residencial (MWh)			Usuarios residenciales			Sector eléctrico en Baja Cfa (total) Consumo	
	Total res	por tipo tarifa	%	Total res	por tipo tarifa	%	Consumo	Usuarios
1997	1,892,529	1	791,032 42%	566,179	1	367,601 65%	5,821,226	632,865
	1E	1,101,477	58%		1E	198,578		
1998	1,949,171	1	855,665 44%	599,882	1	394,037 66%	5,974,815	670,893
	1E	1,093,506	56%		1E	205,845		
1999	2,106,802	1	897,648 43%	623,295	1	408,198 65%	6,650,575	697,803
	1E	1,209,154	57%		1E	215,097		
2000		1			1			
		1E			1E			

Fuente: <http://www.cfe.gob.mx/gercom/estadis/taredo/tarbc.htm> (13-May-2000)

**Tabla 3-H Consumo de energía eléctrica por sectores y municipios Baja California, 1994-1998 (GWh)**

	Año	Doméstico	Comercial	Industrial	Otros	Total
Tijuana	1994	475,261	167,916	898,617	38,401	<b>1,580,195</b>
	1995	508,485	233,876	941,725	12,739	<b>1,696,825</b>
	1996	540,701	240,572	1,165,893	41,880	<b>1,989,046</b>
	1997	586,499	254,533	1,288,702	49,002	<b>2,178,736</b>
	1998	592,531	244,133	1,442,020	55,028	<b>2,333,712</b>
Tecate	1994	30,440	11,754	59,099	7,136	<b>108,429</b>
	1995	31,938	15,501	62,928	7,979	<b>118,346</b>
	1996	33,931	16,927	74,164	7,918	<b>132,940</b>
	1997	34,440	16,912	77,234	7,037	<b>135,623</b>
	1998	40,244	18,631	76,668	6,935	<b>142,478</b>
Ensenada	1994	132,048	47,961	201,736	68,972	<b>450,717</b>
	1995	138,098	54,956	212,031	75,099	<b>480,184</b>
	1996	147,263	55,325	221,895	84,012	<b>508,495</b>
	1997	170,094	64,793	256,519	97,926	<b>589,332</b>
	1998	168,414	61,680	280,424	87,655	<b>598,173</b>
Mexicali	1994	955,612	146,234	941,102	111,298	<b>2,154,246</b>
	1995	980,308	219,008	917,620	118,663	<b>2,235,599</b>
	1996	1,070,708	230,049	1,171,408	142,376	<b>2,614,541</b>
	1997	1,101,478	232,671	1,455,703	127,694	<b>2,917,546</b>
	1998	1,093,508	234,665	1,386,069	112,765	<b>2,827,007</b>

Fuente: Estadísticas Básicas de Baja California, años 1995-1999



**Tabla 3-I Consumo mensual de energía eléctrica, por sectores, Municipio de Mexicali, 2000**

Tarifa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Doméstico	216,088	217,148	217,345	218,018	219,341	220,358	221,507	221,976	222,465	223,621	223,729	224,176
Comercial	21,153	21,235	21,303	21,451	21,568	21,667	21,700	21,670	21,628	21,641	21,746	21,798
Servicios	1,194	1,216	1,224	1,223	1,227	1,239	1,244	1,243	1,255	1,271	1,277	1,278
Agrícola	494	498	498	499	491	492	490	486	477	471	471	482
Industrial	1,654	1,668	1,695	1,743	1,764	1,818	1,835	1,876	1,893	1,915	1,950	1,964
Total	240,563	241,765	242,065	242,934	244,391	245,574	246,776	247,251	247,718	248,919	249,173	249,698

**CONSUMOS (kWh)**

Tarifa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
DOMESTICO	63,199,838	52,151,836	51,580,931	59,002,076	90,226,508	143,024,276	185,208,754	215,716,860	208,216,259	155,977,870	71,616,467	56,102,104
COMERCIAL	14,483,488	14,246,444	14,260,417	15,969,482	19,786,865	26,344,993	30,922,060	31,653,358	33,661,319	30,386,238	21,237,668	13,921,572
SERVICIOS	4,057,013	4,465,919	4,606,811	3,027,774	3,831,333	3,779,670	3,801,425	3,903,937	4,103,965	4,055,897	3,819,700	3,775,809
AGRICOLA	4,884,808	5,398,739	9,446,567	10,882,264	10,934,749	6,399,680	8,350,290	7,317,685	4,163,281	3,765,129	2,302,796	3,677,314
INDUSTRIAL	157,326,798	151,355,315	160,686,427	162,214,719	176,942,328	176,698,069	191,636,966	197,659,729	188,911,593	183,737,479	158,265,304	142,070,031
TOTAL	243,951,945	227,618,253	240,581,153	251,096,315	301,721,783	356,246,688	419,919,495	456,251,569	439,056,417	377,922,613	257,241,935	219,546,830

Fuente: CFE, División Baja California, Departamento de Estudios y Estadísticas, 2001

**Tabla 3-J Tasas de crecimiento de consumos y usuarios, sector residencial, Mexicali, 1990-1999**

Año	Consumo	Usuarios
1990-1991	-1.20	5.3
1991-1992	13.6	4.8
1992-1993	-1.07	3.5
1993-1994	5.7	3.4
1994-1995	3.8	3.9
1995-1996	9.2	3.9
1996-1997	2.9	3.9
1997-1998	-72	3.6
1998-1999		
1999-2000		
90-00	3.9	4.09

Fuente: elaboración propia

**Tabla 5-C Consumo mensual de energía eléctrica, sector residencial, Municipio de Mexicali, 1990-2000**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>CONSUMO (MWh)</b>													
1990	41,326	36,338	31,779	36,358	50,125	72,431	120,194	136,476	102,583	77,036	59,712	40,943	805,301
1991	43,114	32,333	30,039	34,328	47,771	62,510	102,218	121,275	120,947	111,661	53,083	36,056	795,335
1992	46,790	39,649	35,094	40,023	64,895	85,215	107,729	146,848	139,737	101,823	55,318	40,364	903,485
1993	51,650	46,722	28,011	41,176	55,361	81,674	120,532	138,725	140,677	97,570	48,995	42,760	893,853
1994	44,332	38,929	35,910	50,702	55,283	88,975	138,593	152,773	156,248	99,188	50,294	44,384	955,611
1995	48,873	41,359	40,304	43,392	51,725	71,558	116,172	164,924	174,319	117,290	61,255	49,138	980,309
1996	47,382	46,452	42,105	49,026	74,911	100,416	140,620	172,840	170,797	117,566	63,230	45,363	1,070,708
1997	53,089	43,913	43,192	48,613	86,240	113,405	134,096	167,156	181,405	126,634	54,817	48,917	1,101,477
1998	57,055	48,173	42,934	48,420	57,716	72,373	140,813	193,090	195,874	125,352	59,887	51,869	1,093,556
1999	57,446	49,047	47,470	51,999	60,606	98,863	166,578	201,621	202,711	130,304	97,697	44,812	1,209,154
2000	63,200	52,152	51,581	59,002	90,227	143,024	185,209	215,717	208,216	155,978	71,616	56,102	1,352,024
<b>Pro</b>	<b>50,387</b>	<b>43,188</b>	<b>38,947</b>	<b>45,731</b>	<b>63,169</b>	<b>90,040</b>	<b>133,887</b>	<b>164,677</b>	<b>163,047</b>	<b>114,582</b>	<b>61,446</b>	<b>45,519</b>	<b>1,014,619</b>
<b>USUARIOS</b>													
1990	145,738	146,667	147,181	145,262	147,474	148,655	149,444	150,051	151,582	152,488	153,085	153,611	
1991	155,341	155,964	156,220	156,937	157,202	156,772	157,121	157,368	157,742	158,759	158,523	158,776	
1992	160,255	161,064	161,458	162,156	163,125	164,391	165,793	166,239	167,674	168,077	168,807	168,761	
1993	168,818	169,185	169,228	169,516	169,077	169,852	171,276	171,625	171,769	171,920	172,007	172,472	
1994	173,874	174,993	174,801	175,501	175,419	176,247	176,868	177,449	177,690	178,505	178,263	177,241	
1995	177,524	178,525	180,226	181,037	182,340	183,406	184,502	185,074	185,537	186,437	187,017	187,687	
1996	187,801	187,962	188,489	188,606	189,620	191,143	191,749	192,304	192,490	191,730	191,725	192,072	
1997	192,638	192,895	194,026	194,486	195,443	196,161	196,869	197,657	198,361	198,442	198,487	198,578	
1998	198,743	199,123	199,123	200,137	200,822	201,785	203,403	203,786	204,472	204,931	205,176	205,845	
1999	206,593	207,199	208,196	209,127	210,099	210,994	212,023	212,821	213,162	213,843	214,738	215,097	
2000	216,068	217,148	217,345	218,016	219,341	220,358	221,507	221,976	222,465	223,621	223,729	224,176	

Fuente: CFE, División Baja California, Departamento de Estudios y Estadísticas, 2001

**Tabla 5-D Consumo per cápita de energía eléctrica, sector residencial, Municipio de Mexicali, 1990-2000**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	283.5637	247.7585	215.9178	250.2926	339.8904	487.2423	804.2745	909.5308	676.7492	505.1939	390.0578	266.5369
1991	277.5442	207.3107	192.2865	218.7375	303.8829	398.7319	650.5687	770.6459	766.7394	703.3365	334.8599	227.0872
1992	291.9722	246.1692	217.3568	246.8179	397.8238	518.3678	649.7801	883.3547	833.3850	605.8116	327.6997	239.1785
1993	305.9508	276.1592	165.5223	242.9033	327.4307	480.8539	703.7297	808.3030	818.9895	567.5314	284.8431	247.9243
1994	254.9662	222.4603	205.4336	288.8986	315.1483	504.8313	783.5957	860.9403	879.3292	555.6595	282.1337	250.4161
1995	275.3036	231.6706	223.6303	239.6858	283.6734	390.1617	629.6517	891.1246	939.5377	629.1133	327.5371	261.8082
1996	252.2990	247.1351	223.3817	259.6634	394.6423	525.3449	733.3545	898.7853	887.3032	613.1852	329.7953	236.1771
1997	275.5894	227.6523	222.6093	249.9563	441.2540	578.1221	681.1433	845.6872	914.5195	638.1411	276.1743	246.3365
1998	287.0793	241.9258	215.6155	241.9343	287.3988	358.6639	692.2858	947.5136	957.9502	611.6791	291.8811	251.9809
1999	278.0636	236.7145	228.0063	248.6480	288.4640	468.5583	785.6600	947.3736	950.8823	609.3442	454.9591	208.3339
2000	292.5005	240.1680	237.3231	270.6290	411.3549	649.0529	836.1316	971.8033	935.9495	697.5105	320.1016	250.2587
<b>Suma</b>	<b>3,074.8326</b>	<b>2,625.1243</b>	<b>2,347.0834</b>	<b>2,758.1666</b>	<b>3,790.9634</b>	<b>5,359.9310</b>	<b>7,950.1756</b>	<b>9,735.0622</b>	<b>9,561.3347</b>	<b>6,736.5064</b>	<b>3,620.0425</b>	<b>2,686.0382</b>
<b>Pro</b>	<b>279.5302</b>	<b>238.6477</b>	<b>213.3712</b>	<b>250.7424</b>	<b>344.6330</b>	<b>487.2665</b>	<b>722.7432</b>	<b>885.0057</b>	<b>869.2122</b>	<b>612.4097</b>	<b>329.0948</b>	<b>244.1853</b>

Fuente: elaboración propia a partir de la Tabla 5-C

**Tabla 5-E. Abaco de consumos y usuarios de energía eléctrica del Municipio de Mexicali, sector residencial, agosto y septiembre (1995,1997,1998 y 1999) (kWh)**

Rangos (kWh)	1995 (1)				1997 (2)			
	AGOSTO		SEPTIEMBRE		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	Consumo	Usuario	Consumo	Usuario	Consumo	Usuario	Consumo	Usuario
200 – 500	13,156,216 12.0%	42,405 34.8%	12,456,446 10.9%	40,027 32.7%	244,599,850 14.0%	78,336 40.0%	22,380,150 12.0%	71,190 36.0%
501 – 1000	27,859,953 25.4%	39,285 32.3%	27,926,096 24.3%	39,198 32.1%	46,358,300 26.0%	63,179 32.0%	46,798,500 24.0%	63,428 32.0%
1001 - 1500	21,527,524 19.6%	17,571 14.4%	22,948,222 20.0%	18,695 15.3%	34,122,900 19.0%	26,823 14.0%	37,412,200 20.0%	29,359 15.0%
1501 - 2000	22,149,610 20.2%	12,477 10.3%	23,539,568 20.5%	13,271 10.9%	24,988,200 14.0%	14,071 6.0%	28,449,400 15.0%	16,012 8.0%
2001 - 3000	25,164,862 22.9%	9,984 8.2%	27,961,992 24.4%	11,071 9.1%	30,805,500 18.0%	11,566 6.0%	36,074,000 19.0%	13,490 7.0%
más de 3000					15,129,463 9.0%	3,691 2.0%	20,032,470 10.0%	4,884 2.0%
<b>TOTAL</b>	<b>109,858,165</b> 100%	<b>121,722</b> 100%	<b>114,832,324</b> 100%	<b>122,262</b> 100%	<b>380,874,750</b> 100%	<b>193,975</b> 100%	<b>171,114,250</b> 100%	<b>193,479</b> 100%

	1998 (3)				1999 (4)			
	AGOSTO		SEPTIEMBRE		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	Consumo	Usuario	Consumo	Usuario	Consumo	Usuario	Consumo	Usuario
	21,645,950 10.0%	73,177 36.0%	21,294,250 10.2%	72,092 34.9%	21,076,325 9.7%	71,119 33.4%	25,505,420 14.0%	84,409 39.6%
	46,137,950 22.0%	62,288 30.0%	46,559,350 22.4%	62,582 30.3%	57,604,500 26.6%	67,433 31.7%	60,958,750 33.4%	71,524 33.6%
	38,753,900 19.0%	30,418 15.0%	40,691,900 19.5%	31,912 15.5%	47,873,000 22.1%	35,941 16.9%	44,443,550 24.3%	33,574 15.8%
	30,839,200 15.0%	17,343 8.0%	32,064,200 15.4%	18,044 8.7%	35,735,250 16.5%	19,255 13.7%	26,657,750 21.8%	14,428 9.4%
	41,454,000 20.0%	15,503 8.0%	41,925,500 20.1%	8,499 4.1%	37,004,000 17.1%	14,697 2.3%	19,187,750 3.3%	7,733 1.0%
	26,908,953 13.0%	6,482 3.0%	25,716,452 12.4%	6,181 3.0%	17,343,500 8.0%	4,375 2.1%	5,985,000 3.3%	1,513 0.7%
	<b>178,831,000</b> 99%	<b>198,729</b> 100%	<b>182,535,200</b> 100%	<b>193,129</b> 97%	<b>199,293,075</b> 100%	<b>208,445</b> 100%	<b>176,753,220</b> 100%	<b>211,668</b> 100%

Notas: 1995 procesado por el Instituto de Ingeniería, a partir de la base de datos de CFE, 1996 1997 al 1999 tomados del abaco de consumos de usuarios del Municipio de Mexicali

Fuente: (1) CFE División Baja California, 1996

(2) CFE División Baja California, Subgerencia Comercial, 1998

(3) CFE División Baja California, Subgerencia Comercial, 1999

(4) CFE División Baja California, Subgerencia Comercial, 2000

**Tabla 5-F. Jerarquización del consumo eléctrico por rango de consumo, Agosto, 1995.**

	Rango	1995		
		Con	Usu	
1	1501-1700	7.09	4.02	IA
2	1701-1900	6.75	3.39	IA
3	1901-2100	6.32	2.85	IA
4	501-600	5.75	9.45	IB
5	2101-2300	5.67	2.33	IA
6	601-700	5.39	7.50	IB
7	401-500	5.33	10.69	IB
8	2301-2500	5.02	1.89	IA
9	701-800	4.96	5.98	IB
10	801-900	4.77	5.07	IB
11	2501-2700	4.77	1.66	E
12	901-1000	4.49	4.27	IB
13	1001-1100	4.23	3.64	IB
14	1101-1200	4.13	3.25	IB
15	2701-2900	4	1.29	E
16	1201-1300	3.92	2.83	IA
17	301-400	3.85	9.85	IB
18	1301-1400	3.68	2.46	IA
19	1401-1500	3.63	2.26	IA
20	2901-3100	3.45	1.04	E
21	201-300	1.82	6.45	B
22	101-200	.74	4.40	B
23	25-100	.23	3.44	B

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, 1996. Nota: elaboración propia a partir de la información procesada por el Instituto de Ingeniería, UABC. Simbología: rangos según el criterio de la tarifa 1E: B=básico, IB=intermedio bajo, IA=intermedio alto, E=excedente.

**ANEXO A2.  
ESTADÍSTICAS DEL CLIMA DE MEXICALI, 1990-2000**

**Tabla 5-A Temperatura ambiente, 1990-2000, Mexicali, °C**

AÑOS		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
1990	Máxima extrema	29.0	31.0	38.0	40.0	42.5	49.0	47.0	44.2	47.0	40.0	33.5	25.0	49.0
	Máxima media	21.8	22.3	28.1	31.3	35.6	40.9	40.8	44.4	39.1	34.2	26.9	19.5	32.1
	Media	14.6	15.0	20.5	23.5	26.5	31.8	34.7	32.6	31.2	25.7	16.6	12.8	23.1
	Mínima media	7.4	7.7	12.9	15.8	17.3	22.6	26.6	24.8	23.4	17.3	12.9	6.2	16.9
	Mínima extrema	3.5	1.5	7.3	13.0	13.0	15.2	21.5	19.5	17.0	14.1	6.5	0.0	0.0
1991	Máxima extrema	27.0	33.0	29.0	40.0	42.0	42.5	48.5	47.5	45.0	45.0	36.5	26.0	48.5
	Máxima media	20.4	27.4	23.3	31.3	35.3	37.9	43.3	43.8	41.1	36.5	27.5	20.1	32.3
	Media	13.9	19.0	16.4	2.8	26.8	29.0	34.5	26.6	32.7	28.0	19.2	14.0	21.9
	Mínima media	7.4	10.6	9.6	14.2	18.3	20.1	25.6	35.2	24.4	19.4	10.9	7.9	17.0
	Mínima extrema	3.0	7.0	4.0	10.0	12.0	16.0	21.5	22.5	18.0	9.0	4.0	2.0	2.0
1992	Máxima extrema	27.0	29.0	29.0	41.0	41.0	45.0	49.0	49.0	42.0	44.0	35.0	24.0	49.0
	Máxima media	23.0	24.3	25.2	32.7	36.5	39.3	40.8	42.1	38.9	34.8	24.4	18.7	31.7
	Media	14.5	18.0	18.9	25.3	29.5	31.5	32.5	33.7	30.7	26.5	17.2	12.6	24.2
	Mínima media	6.1	11.7	12.6	17.8	22.5	23.7	23.5	25.3	22.5	18.2	10.0	6.6	16.7
	Mínima extrema	2.5	8.5	9.0	13.0	18.0	19.0	19.0	18.0	18.0	13.0	5.0	0.0	0.0
1993	Máxima extrema	25.0	27.0	33.0	38.0	40.5	46.5	47.0	50.0	45.5	42.0	33.5	24.4	50.0
	Máxima media	19.4	22.2	28.6	32.9	36.7	40.3	41.6	40.3	39.4	32.4	23.7	20.8	31.5
	Media	14.0	16.2	20.9	24.4	28.1	31.8	33.0	33.1	30.9	26.1	17.3	14.4	24.2
	Mínima media	8.6	10.1	13.2	16.0	19.5	23.2	24.5	25.9	22.5	19.4	10.9	8.0	16.8
	Mínima extrema	1.0	7.5	7.5	13.5	14.0	16.0	22.0	20.0	15.5	15.0	7.0	4.0	1.0
1994	Máxima extrema	28.5	26.5	36.0	40.0	41.5	49.0	46.0	46.6	45.0	38.0	33.0	25.0	49.0
	Máxima media	22.7	21.1	27.1	30.6	33.8	42.1	42.5	42.8	40.6	31.4	21.4	19.0	31.3
	Media	15.7	14.9	20.2	23.1	25.9	33.2	34.4	35.7	32.7	24.2	15.2	13.4	24.1
	Mínima media	8.6	8.8	13.2	15.6	18.0	24.3	26.2	28.7	24.8	17.0	9.0	7.8	16.8
	Mínima extrema	3.0	4.5	9.0	10.0	14.5	20.0	22.0	23.0	18.0	10.0	2.0	4.0	2.0
1995	Máxima extrema	25.0	32.0	35.0	37.5	41.0	47.0	51.0	47.5	47.0	39.0	34.0	28.0	51.0
	Máxima media	19.3	26.8	27.1	29.7	32.2	38.3	43.5	43.5	41.3	34.2	28.9	23.0	32.3
	Media	14.0	19.2	19.9	21.8	24.0	29.9	34.6	36.0	33.7	25.7	21.2	15.2	24.6
	Mínima media	8.7	15.0	12.7	13.6	16.7	21.4	25.7	28.6	26.1	17.2	13.6	8.9	17.4
	Mínima extrema	5.0	8.0	8.0	8.0	11.5	15.0	19.0	24.5	19.8	12.0	10.0	5.0	5.0
1996	Máxima extrema	28.5	34.0	37.0	41.0	45.0	46.0	50.0	46.5	42.5	42.4	34.0	27.0	50.0
	Máxima media	23.1	24.8	28.0	32.6	37.4	41.9	43.7	43.3	38.6	32.7	26.5	21.7	32.9
	Media	15.5	18.2	20.2	24.3	28.4	32.1	36.0	35.4	30.9	24.7	19.2	14.6	25.0
	Mínima media	7.9	11.6	12.4	16.1	19.3	22.4	28.2	27.5	23.2	16.7	11.0	7.4	17.0
	Mínima extrema	4.0	4.0	8.0	12.0	11.0	16.5	25.0	22.5	19.0	8.0	6.8	1.5	1.5
1997	Máxima extrema	29.0	31.8	37.8	41.0	44.0	44.5	46.0	47.8	46.0	43.0	34.0	25.0	47.8
	Máxima media	21.9	23.9	31.0	31.5	40.9	44.5	42.7	43.5	39.4	31.6	26.8	19.0	33.1
	Media	15.1	16.1	21.3	22.8	30.7	31.0	33.5	35.9	32.3	23.9	19.3	12.6	24.5
	Mínima media	8.4	8.4	11.6	14.1	21.0	24.0	24.3	28.2	25.3	16.1	11.9	6.2	16.6
	Mínima extrema	5.0	4.0	4.0	7.2	17.0	16.0	19.0	24.5	20.0	11.0	8.0	13.7	4.0

**Tabla 5-A continuación. Temperatura ambiente, 1990-2000, Mexicali, °C**

1998	Máxima extrema	28.0	24.8	35.5	38.7	37.5	46.9	48.9	48.4	44.3	38.0	30.5	28.7	48.9
	Máxima media	22.6	21.3	26.0	28.5	31.7	37.7	42.9	43.2	28.6	32.5	26.4	21.8	30.3
	Media	15.4	15.9	19.0	21.7	24.6	29.8	35.8	36.3	31.6	24.8	18.8	14.5	24.0
	Mínima media	9.1	10.7	12.1	14.9	17.7	21.5	28.8	29.5	24.8	17.6	11.8	8.2	17.2
	Mínima extrema	3.7	7.9	7.5	9.2	13.7	16.5	23.9	26.1	18.1	13.8	8.2	2.1	2.1
1999	Máxima extrema	26.9	31.1	33.5	40.4	42.3	45.8	46.0	45.8	44.2	41.9	34.8	26.6	46.0
	Máxima media	23.7	24.6	26.1	27.6	35.0	39.0	41.1	42.0	39.7	36.4	29.0	22.7	32.2
	Media	16.0	17.3	18.8	20.6	27.1	31.3	33.7	35.0	32.4	27.9	21.0	15.2	24.7
	Mínima media	9.2	10.0	11.4	13.5	18.6	23.1	26.8	28.0	25.3	19.6	13.9	8.5	17.3
	Mínima extrema	6.2	4.5	7.9	7.9	10.8	14.4	22.2	23.5	20.5	14.8	6.7	5.1	4.5
2000	Máxima extrema	30.2	29.1	33.3	41.3	46.9	45.3	47.9	46.7	46.1	40.1	27.3	27.0	47.9
	Máxima media	23.9	24.3	26.7	33.5	38.4	40.6	42.9	42.0	39.8	30.7	23.3	15.5	31.8
	Media	16.7	17.7	19.7	25.1	29.5	33.1	35.2	35.0	32.2	24.3	16.0	8.6	24.4
	Mínima media	10.2	11.6	12.6	16.8	20.6	25.4	27.6	28.8	24.9	18.3	9.2	9.2	17.9
	Mínima extrema	4.0	8.1	6.6	10.5	15.0	18.8	21.3	23.4	19.9	12.9	4.6	4.6	4.0
1990-2000	Máxima extrema	30.2	34.0	38.0	41.3	46.9	49.0	51.0	49.0	47.0	45.0	36.5	28.7	51.0
	Máxima media	22.0	23.9	27.0	31.1	35.8	40.2	42.3	42.8	38.8	33.4	25.9	20.2	32.0
	Media	15.0	17.0	19.6	21.4	27.4	31.3	34.4	33.4	31.9	25.6	18.3	13.4	24.1
	Mínima media	8.3	10.6	12.2	15.3	19.0	22.9	26.2	28.9	24.3	17.9	11.4	7.7	17.1
	Mínima extrema	1.0	1.5	4.0	7.2	10.8	14.4	19.0	18.0	15.5	8.0	2.0	0.0	0.0

Fuente: Departamento de Meteorología, UABC;2001

Nota: tabla elaborada a partir de: Boletín Climatológico Mensual año 1990, 1991, 1992, 1993,1994,1995,1996 y 1997; y del Archivo Histórico de Datos Climatológicos de la Ciudad de Mexicali, 1998,1999 y 2000.

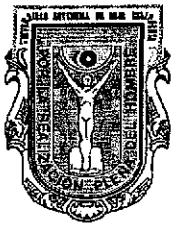
**Tabla 5-B Precipitación pluvial, 1990-2000, Mexicali, mm**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1990	4.20	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	15.80	0.00	0.00	0.00	21.20
1991	21.80	10.80	23.60	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40	5.40	1.20	7.60	50.20	130.00
1992	19.00	32.6	45.60	2.60	3.60	0.00	0.00	43.00	0.00	23.30	0.00	36.40	206.10
1993	77.20	14.20	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	14.00	3.80	18.40	0.10	151.30
1994	1.40	8.40	12.00	0.20	1.80	0.00	0.00	3.05	7.00	0.00	2.80	27.41	64.06
1995	45.20	3.00	1.20	1.40	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	1.30	53.50
1996	0.00	8.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.40
1997	15.80	1.80	0.00	1.80	0.00	0.10	18.20	0.00	61.40	0.00	0.00	28.20	127.30
1998	3.00	18.00	7.70	0.00	0.00	0.00	0.70	12.00		0.00	0.00	0.80	42.20
1999	0.00	6.00	0.00	7.30	0.00	0.00	38.70	1.00	2.80	0.00	0.00	0.00	55.80
2000	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	8.00	0.00	0.00	10.60

Fuente: Departamento de Meteorología, UABC;2001

Nota: tabla elaborada a partir de: Boletín Climatológico Mensual año 1990, 1991, 1992, 1993,1994,1995,1996 y 1997; y del Archivo Histórico de Datos Climatológicos de la Ciudad de Mexicali, 1998,1999 y 2000.





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**  
**CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA VIVIENDA DE MEXICALI, B.C**

Agencia/Ruta/Cuenta: \_\_\_\_\_  
 No. de medidor \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Colonia: \_\_\_\_\_

**FOLIO** \_\_\_\_\_  
 Consumo eléctrico verano: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_  
 Telefono \_\_\_\_\_

**I.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA VIVIENDA**

- 1.- Materiales en muros: a) ladrillo  b) block  c) adobe  d) madera  e) otro
- 2.- Materiales en techo: a) madera con ático ventilado  b) madera con ático no ventilado   
 c) madera sin tijerales  d) losa de concreto  e) otro \_\_\_\_\_
- 3.- Número de cuartos (sin contar el baño) \_\_\_\_\_
- 4.- Aislamiento en el techo: Si  No  Parcialmente
- 5.- Aislamiento en muros: Si  No   
 a) al Norte  b) al Sur  c) al Este  d) al Oeste
- 6.- Ventanas (tamaño y orientación)  
 a) chica (0.60 x 0.40) b) mediana (0.90 x 1.20) c) grande (1.50 x 1.50)

Norte:		Sur:		Este:		Oeste:	
Cant:	Tamaño:	Cant:	Tamaño:	Cant:	Tamaño:	Cant:	Tamaño:

**II.- ESTRUCTURA FAMILIAR Y ESTILO DE VIDA**

7.- Número de miembros de la familia: \_\_\_\_\_

Parentesco	Edad	Nivel de estudios	Ocupación	Horario en casa	Actividades durante la semana		Actividades durante el fin de semana	
					En la casa	Fuera de casa	En la casa	Fuera de casa

8.- Tenencia de la vivienda a) propia  b) rentada  c) prestada  d) pagándola  e) otra

**III.- EQUIPO PARA ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL**

	Ventilador	Cooler	Ap de Vent.	Ap.de Paq.	Otro
9.- Cantidad					
10.- Capacidad o tonelaje					
11.- Horario de uso					
12.- Horas totales de uso					
13.- Adquisición del aparato: a) nuevo b) usado					
14.- Antigüedad de el equipo: a) 1-2 años. B) 2-4. c) 4-8. d) más de 8 años					
15.- Le da mantenimiento a su equipo.					
16.- Temperatura del termostato					

17.- Cómo pasa el verano en su casa: a) muy confortable  b) confortable  c) poco confortable   
 d) nada confortable

- 18.- Como utiliza el aparato de refrigeración: a) encendido todo el verano(día y noche)  b) lo enciende y apaga diariamente   
 c) otro y especificar: \_\_\_\_\_
- 19.- En verano, a qué temperatura duerme? a)regular  b)frio   
 20.- Usa cobijas en el verano al dormir? a)si  b)no  c)muy frio

#### IV.- EQUIPOS ELECTRODOMÉSTICOS

Refrigerador:

Wattage original: \_\_\_\_\_ (en caso de ser factible obtener la información)

- 1) Cantidad:  
 2) Capacidad: a) grande  b) mediano  c) chico   
 3) Años de uso:  
 4) Adquisicion del equipo: a) nuevo  b) usado  c) no sabe   
 5) Le da mantenimiento a) si  b) no   
 6) Cuántas veces aproximadamente abre el refrigerador al día: a)muchas veces b) pocas veces c) solo al preparar la comida  
 7) Cuándo prepara alimentos cuántas veces abre el refrigerador:  
 a) muchas veces poco rato b) pocas veces mucho rato  c) pocas veces

Limpieza:

	cantidad	Potencia en watts	Tiempo de uso hr. A la semana	adquisicion	* antigüedad	observaciones
Lavadora de ropa						
Secadora de ropa						
Plancha						
Aspiradora						

Cocina:

	cantidad	Potencia en watts	Tiempo de uso hr. A la semana	adquisicion	antigüedad	observaciones
Licuadaora						
Tostador						
Cafetera						
Microondas						
Enfriador de agua						
Campana extractor						

Entretenimiento:

	cantidad	Potencia en watts	Tiempo de uso hr. A la semana	adquisicion	antigüedad	observaciones
Television						
Video cassetera						
Radiograbadora						
Estereo						
Máquina de coser						
Especiales						

#### V.-CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

	2000	2001
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Salario promedio familiar: \_\_\_\_\_ y miembros que lo aportan: \_\_\_\_\_.

Cuánto paga en promedio por el recibo de luz en verano? \_\_\_\_\_

Porcentaje destinado del sueldo para el recibo de luz en verano: \_\_\_\_\_

**CROQUIS DE LA VIVIENDA** (incluya árboles, volumetría, colores, emplazamiento, posición con respecto al terreno.)

Tiene planos su vivienda? a) sí  b) no

En caso de sí, nos permite los planos de su casa \_\_\_\_\_

En caso de no, permite que se le realice un levantamiento a su vivienda \_\_\_\_\_

Sabe cuántos m<sup>2</sup> tiene su vivienda \_\_\_\_\_ y su lote \_\_\_\_\_

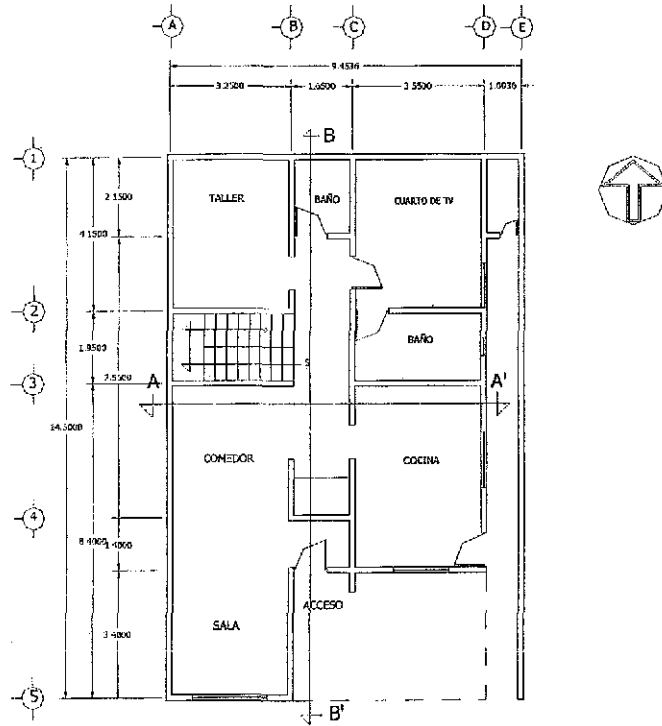
Quién proporciona la información? \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES GENERALES.**

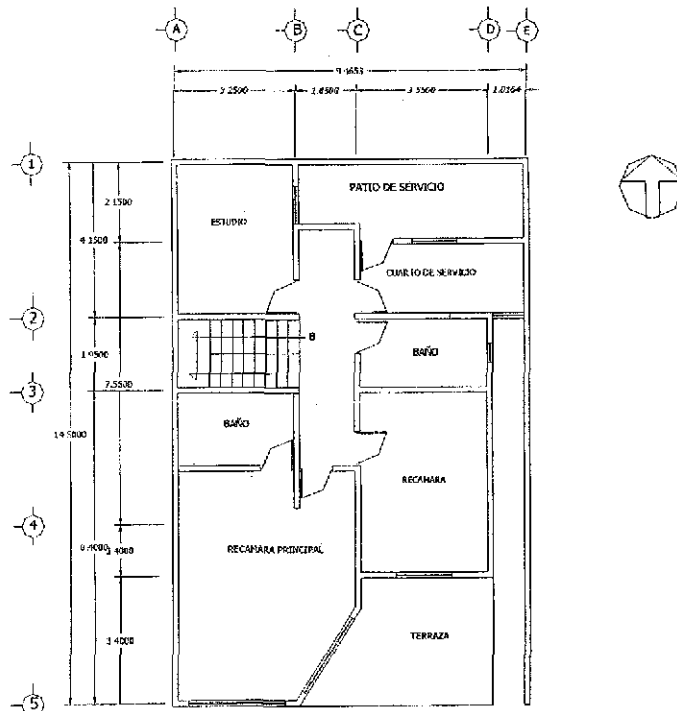
Encuestador: \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

# ANEXO C.1. CASO BAIKAL

## Planta arquitectónica



PLANTA ARQUITECTONICA BAJA



PLANTA ARQUITECTONICA ALTA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ANEXO C.2.****MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CASO BAIKAL****Tabla 7-A. Consumo de energía eléctrica total diario, caso Baikal, Julio y Agosto 1999. Mexicali, B.C., (kWh)**

DIA	JULIO	AGOSTO
1	n/d	86.57
2	n/d	87.54
3	n/d	70.09
4	n/d	80.42
5	n/d	80.42
6	n/d	96.81
7	85.76	83.26
8	78.25	53.21
9	86.88	58.81
10	55.82	90.54
11	77.83	32.15
12	75.07	51.93
13	96.06	61.12
14	88.33	87.88
15	86.16	77.11
16	85.21	80.85
17	88.61	79.06
18	93.47	37.58
19	83.31	112.94
20	83.67	86.49
21	55.15	75.96
22	73.42	59.94
23	102.69	67.30
24	109.53	54.06
25	90.03	56.43
26	92.82	56.27
27	96.06	56.40
28	n/d	71.73
29	n/d	60.46
30	n/d	67.49
31	n/d	55.06
Total	1781.11	2175.85
Promedio diario mes	84.96	70.

Fuente: tabla elaborada a partir de datos monitoreados in situ

**Tabla 7-B. Consumo de energía eléctrica horario mensual, caso Baikal, Julio y Agosto 1999. Mexicali, B.C. (kWh)**

HORA	JULIO	AGOSTO
1.	0.96	0.82
2	0.69	0.82
3	0.52	0.92
4	0.50	0.94
5	0.51	0.70
6	0.58	1.34
7	0.76	2.06
8	2.14	2.59
9	4.55	3.91
10	4.73	4.14
11	4.45	3.83
12	4.35	4.11
13	4.71	4.18
14	4.68	3.62
15	5.38	4.02
16	5.78	4.50
17	5.86	4.91
18	6.08	4.67
19	5.92	4.95
20	5.74	4.56
21	5.76	4.37
22	4.53	2.75
23	3.38	0.99
24	1.94	0.88
Promedio	84.48	.
Diario mes		

Fuente: tabla elaborada a partir de datos monitoreados in situ.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Consumos eléctricos horarios mensuales julio y agosto

CONSUMO ELECTRICICO HORARIO, CASO BAIKAL, JULIO 1999, (kWh)

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	Pro
1	2.39	0.47	0.97	0.48	0.54	0.55	0.55	1.09	0.50	0.41	0.84	0.48	0.59	0.43	0.37	0.43	0.91	0.45	4.73	0.43	0.51	3.94	0.96
2	0.45	0.47	0.41	0.49	0.48	0.55	0.58	0.58	0.56	0.93	0.36	0.35	0.42	1.03	0.43	0.50	0.92	0.40	3.09	0.42	0.51	1.09	0.69
3	0.53	0.47	0.48	0.49	0.48	0.55	1.05	0.53	0.44	0.85	0.38	0.47	0.57	0.61	0.40	0.43	0.43	0.40	0.48	0.42	1.01	0.45	0.52
4	0.53	0.47	0.51	0.49	0.48	0.55	0.58	0.47	0.44	0.38	0.36	0.43	0.57	0.75	0.36	0.46	0.43	0.90	0.44	0.42	0.53	0.45	0.50
5	0.53	0.98	0.50	0.48	0.48	1.07	0.57	0.57	0.41	0.40	0.36	0.44	0.61	0.43	0.38	0.44	0.43	0.41	0.93	0.43	0.52	0.45	0.51
6	0.52	0.51	0.49	1.09	0.54	0.54	0.61	0.79	0.57	0.55	0.54	0.61	0.74	0.50	0.57	0.57	0.54	0.59	0.45	1.00	0.52	0.46	0.58
7	0.86	0.67	0.58	0.44	0.44	0.46	0.69	0.52	4.24	0.59	0.37	0.45	0.59	0.46	0.46	0.59	0.46	0.52	0.49	0.43	0.58	2.55	0.76
8	0.81	0.59	0.44	0.94	1.44	1.11	1.84	0.94	4.55	3.10	4.03	0.68	5.32	3.13	0.47	1.54	0.52	4.53	0.38	6.32	1.23	5.39	2.14
9	5.38	4.03	6.44	5.11	2.82	3.77	6.38	4.38	5.21	5.84	5.49	7.70	5.38	5.03	1.17	0.53	3.73	7.38	0.54	7.41	7.38	3.78	4.55
10	5.89	5.81	5.39	4.77	4.63	6.43	4.98	6.18	4.52	4.77	4.89	7.28	4.28	4.20	0.68	0.31	7.46	6.64	6.29	5.96	7.44	0.00	4.73
11	5.82	4.73	4.46	6.46	5.09	5.46	4.90	4.86	4.48	4.89	5.14	5.42	4.09	4.08	0.49	0.31	7.52	6.16	6.17	5.84	5.91	0.00	4.45
12	5.16	5.00	4.28	4.95	5.64	5.39	4.82	4.64	4.61	4.63	4.89	5.35	4.05	4.12	0.38	0.31	7.50	6.56	6.67	4.93	5.99	0.00	4.35
13	0.00	5.12	4.51	4.08	5.04	5.43	4.88	4.63	4.29	4.61	4.94	5.01	4.13	4.27	0.37	0.30	7.82	7.75	5.30	4.81	5.92	13.00	4.71
14	1.06	5.16	4.14	4.43	0.32	5.25	5.40	4.86	4.51	4.68	4.69	4.51	5.45	4.45	4.07	0.37	6.68	7.65	5.56	4.86	5.11	14.00	4.68
15	7.25	5.39	4.16	4.75	0.31	5.48	4.76	5.53	4.74	4.67	5.36	4.50	5.95	4.00	1.14	1.59	3.49	6.87	7.71	6.48	5.83	15.00	5.38
16	6.91	5.34	4.20	4.55	0.30	5.94	5.17	3.90	6.16	4.73	4.84	4.45	5.75	4.20	5.11	6.06	7.69	6.11	6.81	5.68	5.38	16.00	5.78
17	5.48	5.26	4.61	4.83	0.79	6.60	4.48	5.57	5.69	2.98	5.42	4.75	5.57	4.93	4.69	7.68	8.15	7.92	7.40	5.03	5.24	5.63	5.86
18	5.48	5.72	4.48	4.21	1.58	5.93	1.49	5.57	6.81	6.24	5.61	5.06	4.86	6.70	7.09	8.23	7.93	6.50	6.21	5.31	6.66	5.81	6.08
19	5.72	5.46	7.27	7.55	6.86	6.72	6.25	5.81	5.96	7.63	4.50	4.66	4.73	6.47	7.86	8.06	7.76	6.06	5.38	5.03	5.34	5.16	5.92
20	2.57	5.68	7.42	7.24	3.31	5.16	7.13	7.53	7.84	7.78	6.11	4.78	6.00	6.46	7.71	5.19	7.62	5.90	5.27	4.67	5.34	5.29	6.74
21	0.99	8.89	7.46	6.00	7.25	5.76	6.65	7.66	5.11	7.01	5.66	5.15	5.77	6.87	7.78	5.36	7.45	4.84	5.56	4.95	5.08	5.14	0.00
22	0.99	4.00	4.78	6.55	6.44	0.94	0.62	6.28	5.50	4.28	5.75	6.59	5.84	6.66	5.77	2.69	6.32	4.57	5.08	4.73	4.82	4.99	4.53
23	5.95	0.55	0.54	6.49	0.57	1.14	0.61	7.05	4.85	0.51	5.30	7.40	7.90	0.53	0.51	4.43	4.45	4.97	4.13	4.59	4.76	0.00	3.38
24	5.85	0.50	0.48	0.55	0.53	0.55	0.55	3.84	4.29	0.42	0.69	4.22	0.90	0.49	0.47	0.45	5.08	4.27	4.79	0.49	0.86	4.54	1.94
47.53	85.76	78.24	86.88	55.82	77.82	75.06	96.06	88.33	86.15	85.21	88.6	93.46	83.3	83.6	55.14	73.42	102.69	109.53	90.026	92.821	96.061	111.56	84.48

Fuente: Procesamiento a partir de datos monitoreados en sitio, 2000

CONSUMO ELECTRICO HORARIO, CASO BAIKAL, AGOSTO 1999, (kwh)

hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Prom
1	0.39	0.41	0.43	0.46	0.38	0.35	0.48	0.32	0.23	0.34	0.36	0.40	0.48	0.50	0.95	0.35	0.35	5.06	7.33	0.47	0.37	0.47	0.34	0.94	0.44	0.44	0.41	0.42	0.49	0.51	0.84	0.82
2	0.38	0.45	0.43	0.40	0.46	0.84	0.38	0.38	0.29	0.43	0.36	0.39	0.89	0.40	0.45	0.34	0.36	4.59	7.21	0.48	0.39	0.91	0.34	0.43	0.50	0.46	0.46	0.49	0.50	0.48	0.82	
3	0.38	0.95	0.57	0.49	0.51	0.55	0.48	0.86	0.29	1.09	0.52	0.39	0.50	1.05	0.41	0.34	0.86	4.74	7.15	0.48	0.39	0.49	0.48	0.49	0.42	0.44	0.42	0.98	0.47	0.48	0.92	
4	0.43	0.47	0.47	0.45	0.46	0.54	0.45	0.46	0.99	0.45	0.41	0.58	0.49	0.52	0.92	0.91	0.38	6.90	7.14	0.50	0.40	0.41	0.40	0.49	0.48	0.42	0.90	0.43	0.48	0.43	0.94	
5	1.31	0.38	0.98	0.44	0.50	0.51	0.41	0.56	0.39	0.49	0.40	0.48	0.63	0.49	0.43	0.45	0.39	5.57	5.68	0.51	0.49	0.43	0.49	0.48	0.42	0.49	1.00	0.48	0.42	0.46	0.70	
6	2.11	0.43	6.36	1.49	1.25	0.58	1.32	0.40	0.36	6.72	0.91	1.52	0.88	0.43	0.44	0.55	0.80	0.33	5.75	1.00	0.49	0.48	1.15	0.41	1.21	0.75	0.64	0.55	1.17	0.72	1.34	
7	3.42	4.69	6.53	1.64	7.15	1.96	4.75	0.40	0.28	4.72	1.04	1.35	0.26	4.17	0.34	0.45	5.37	0.33	6.88	0.63	0.80	0.60	0.49	0.40	0.47	1.38	0.56	0.82	0.59	0.52	1.39	2.06
8	5.87	6.54	6.82	2.87	7.71	6.83	6.30	1.34	2.73	4.84	0.24	1.13	0.26	6.46	0.32	0.43	5.20	0.33	7.74	1.68	0.48	0.61	0.48	0.52	0.47	0.47	0.48	0.45	0.43	0.56	0.47	2.59
9	5.27	7.44	6.82	6.77	6.80	6.48	6.41	1.31	6.65	4.41	0.23	0.44	0.25	6.60	0.36	4.22	4.65	0.43	4.38	5.24	7.46	4.42	5.24	0.43	3.46	6.16	1.12	3.92	0.61	2.58	0.48	3.91
10	7.93	6.95	6.80	6.77	6.88	6.56	6.48	0.88	4.48	4.58	0.22	0.38	0.24	6.89	6.24	6.44	5.14	0.79	3.23	5.12	2.86	1.75	1.76	2.91	3.65	4.30	3.20	3.40	4.20	4.02	3.89	4.14
11	7.79	7.14	6.66	6.79	6.92	6.63	6.42	3.70	1.42	4.57	0.25	0.35	0.24	6.76	6.24	6.18	5.25	1.41	3.08	5.61	2.24	2.28	1.92	2.83	2.52	2.33	2.22	1.91	2.85	2.31	1.74	3.63
12	7.80	7.15	6.84	6.80	6.98	6.73	7.14	2.90	3.24	4.55	0.24	1.32	2.75	5.74	5.00	5.68	5.39	0.45	4.54	6.91	5.34	3.15	1.92	2.19	2.71	2.38	2.09	2.30	2.28	3.30	1.69	4.11
13	7.98	7.32	2.30	6.96	6.68	5.36	4.48	7.90	4.51	4.58	0.24	1.63	6.71	6.02	5.86	5.71	5.56	0.30	4.10	5.80	4.68	2.86	2.73	2.73	2.67	2.48	2.26	2.08	2.28	2.73	1.92	4.18
14	8.21	2.38	2.51	3.04	2.49	2.02	1.76	1.97	6.79	5.23	1.12	1.80	2.08	5.80	4.86	5.71	6.09	0.23	4.58	4.87	5.63	3.17	5.63	2.40	2.70	2.81	2.33	3.17	2.79	4.09	2.12	3.82
15	5.38	2.78	2.35	4.89	2.35	4.45	3.87	1.81	5.04	4.93	5.50	4.47	6.89	5.40	5.00	5.80	5.86	0.29	2.54	4.73	4.40	3.69	5.52	3.11	2.64	2.79	2.31	5.36	3.78	4.43	2.18	4.02
16	2.55	2.92	1.64	7.87	5.78	7.49	6.13	2.93	6.42	4.76	0.34	7.25	7.54	4.15	4.64	5.91	5.87	0.22	4.75	5.23	6.84	3.18	5.23	3.79	2.73	2.64	2.69	4.31	3.51	6.18	3.68	4.50
17	4.68	7.60	1.90	7.79	8.09	7.63	5.23	2.93	4.61	4.55	0.33	6.95	7.44	5.38	4.89	6.32	4.07	0.22	2.40	5.25	6.66	4.94	6.32	4.61	3.34	3.40	3.70	5.85	5.02	5.05	5.11	4.90
18	5.50	7.59	2.92	7.57	3.38	6.09	4.88	4.57	4.19	5.22	0.32	5.66	6.52	3.71	5.84	7.36	0.33	0.29	4.97	5.84	4.84	3.97	7.08	4.10	4.39	2.84	3.72	3.81	5.43	6.30	5.82	4.87
19	4.74	7.36	4.30	4.20	1.94	5.30	3.92	4.85	3.77	7.02	3.91	4.54	6.46	5.01	7.03	4.90	0.44	0.23	4.97	6.68	6.02	5.81	5.88	5.15	4.76	5.47	5.40	6.25	4.87	6.81	5.58	4.56
20	2.73	4.26	0.51	0.53	3.91	5.08	4.65	5.47	4.44	7.41	5.81	4.17	4.27	5.67	6.64	4.10	0.47	0.68	4.63	6.09	5.81	4.57	6.29	6.01	5.63	4.71	5.83	5.67	6.31	6.29	6.75	4.97
21	0.50	0.45	0.51	0.53	3.91	5.08	4.65	5.47	4.44	7.41	5.81	4.17	4.27	5.67	6.64	4.10	0.47	0.68	4.63	6.09	5.81	4.57	6.29	6.01	5.63	4.71	5.83	5.67	6.31	6.29	6.75	4.97
22	0.48	0.96	0.45	0.44	4.38	6.38	2.08	1.38	0.36	1.72	0.36	1.97	0.36	0.48	2.79	3.84	4.91	3.30	4.61	5.31	2.31	5.35	0.50	2.58	3.98	3.43	7.39	5.89	4.58	0.89	1.15	2.75
23	0.43	0.45	0.43	0.43	2.01	2.58	0.34	0.22	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.43	0.41	0.40	5.32	0.52	1.57	0.75	1.69	0.43	0.53	0.97	0.53	1.44	4.82	0.65	0.82	0.88	0.99	0.89
24	0.49	0.43	0.65	0.92	0.35	1.01	0.30	0.22	0.34	0.36	0.36	0.37	0.38	0.35	0.38	0.36	4.94	4.87	0.47	0.39	0.50	0.36	0.45	0.51	0.51	0.48	4.53	0.52	0.87	0.49	0.88	0.88
TOTAL	86.57	87.54	70.09	80.42	91.24	96.81	83.26	83.21	58.81	90.54	32.15	61.12	87.88	77.11	80.85	79.06	37.58	112.94	86.49	75.96	58.94	67.30	54.06	56.43	56.27	66.40	71.73	60.46	67.49	65.06	70.53	

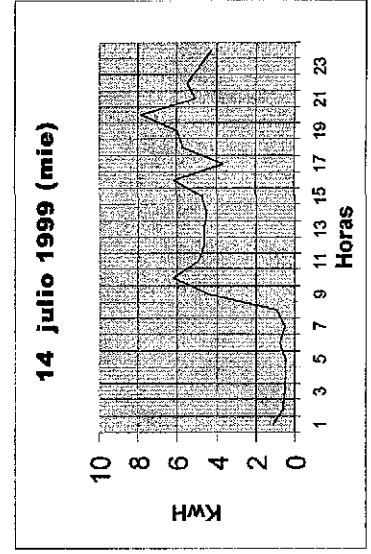
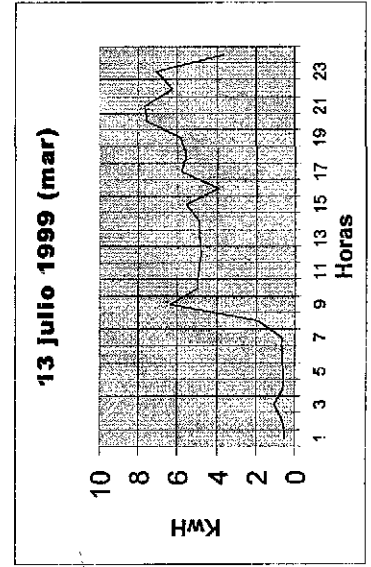
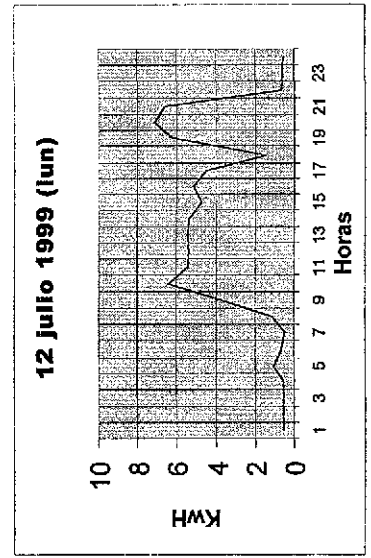
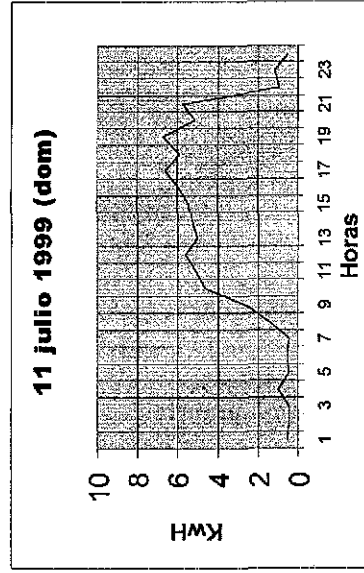
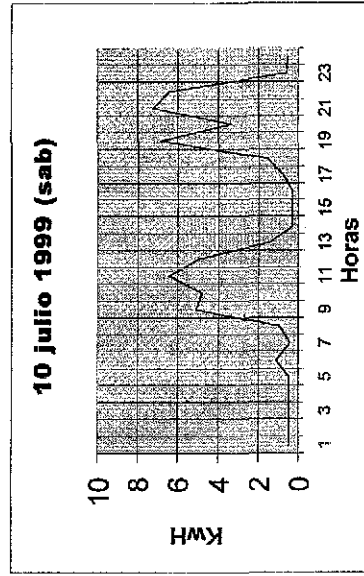
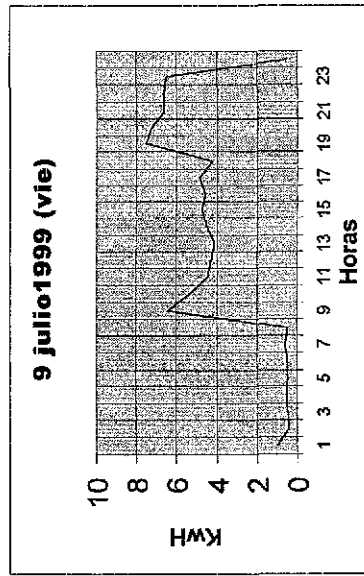
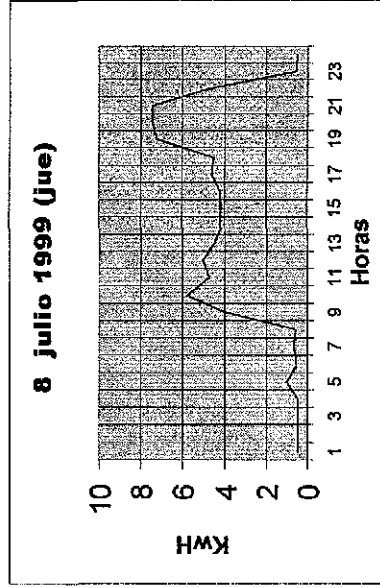
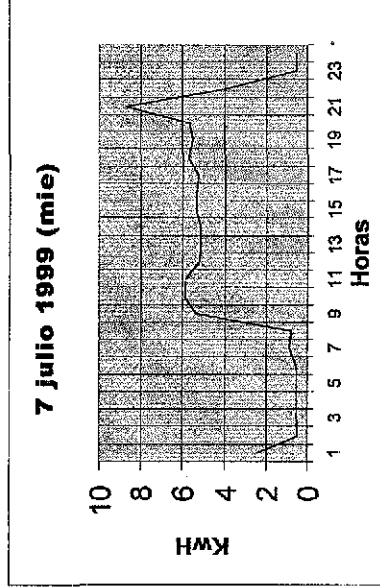
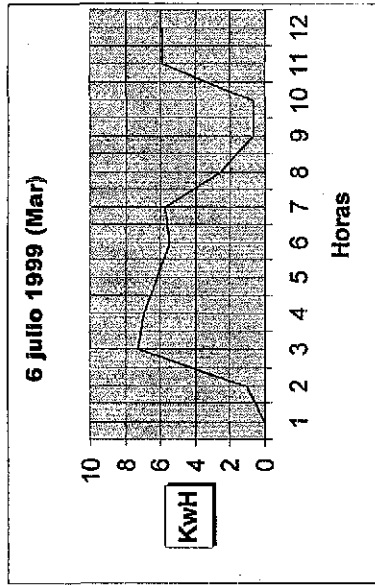
Fuente: Procesamiento a partir de datos monitoreados en sitio, 2000

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

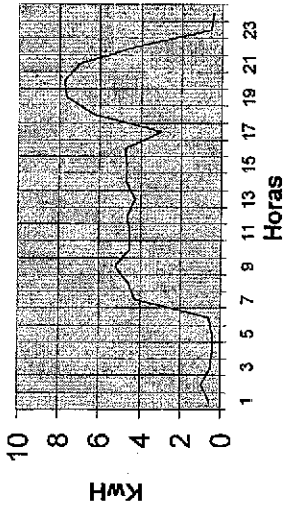


**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

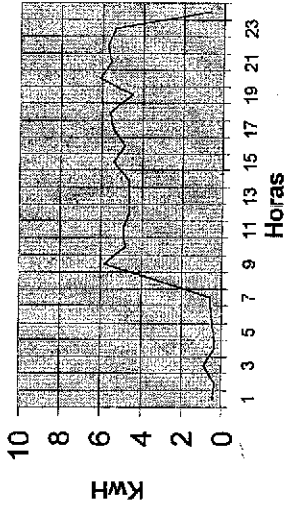
**Gráficas diarias de consumos eléctricos, caso Baikal, julio 1999**



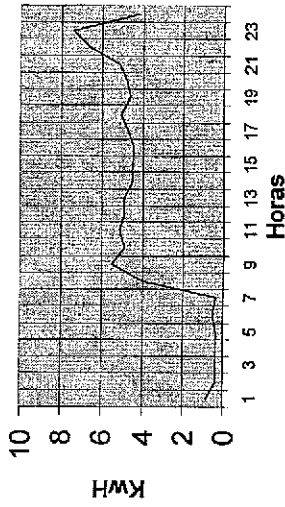
15 julio 1999 (Jue)



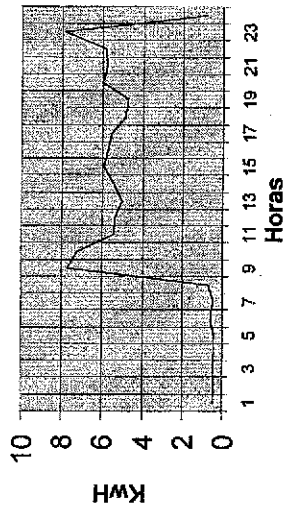
16 julio 1999 (vie)



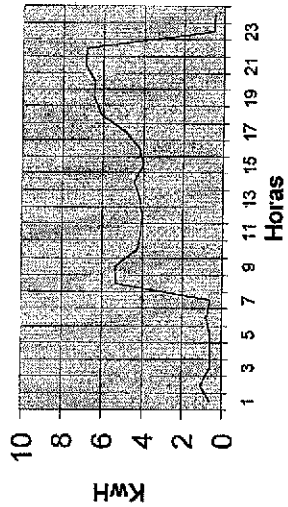
17 julio 1999 (sab)



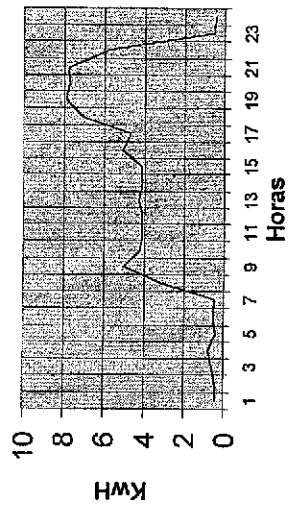
18 julio 1999 (dom)



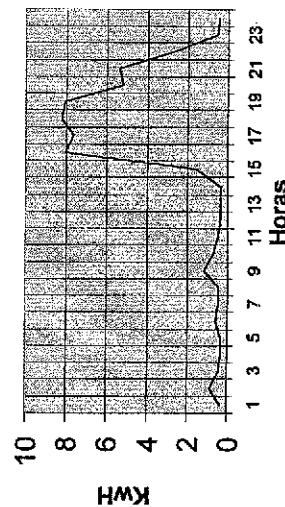
19 julio 1999 (lun)



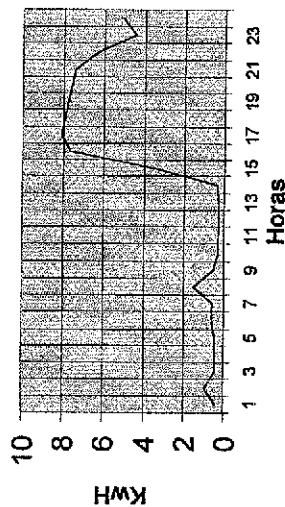
20 julio 1999 (Mar)



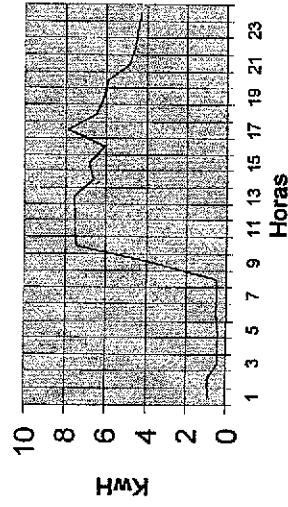
21 julio 1999 (mie)



22 julio 1999 (Jue)

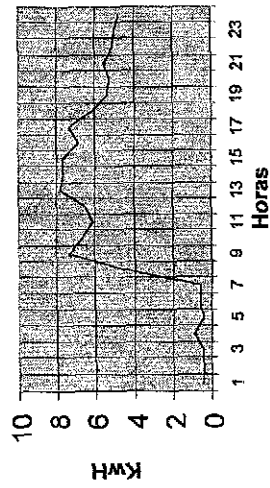


23 julio 1999 (vie)

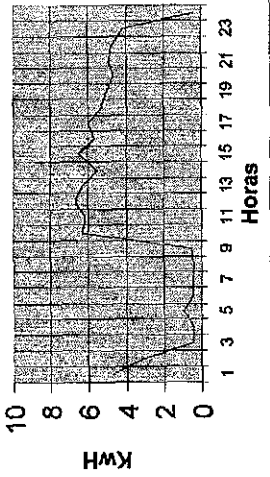


TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

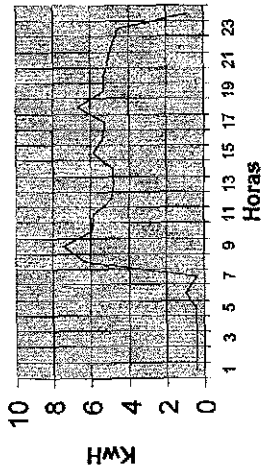
24 julio 1999 (sab)



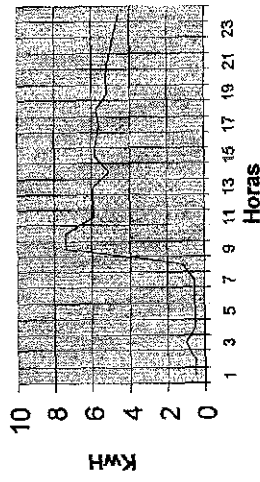
25 julio 1999 (dom)



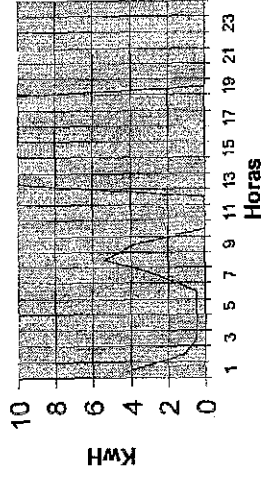
26 julio 1999 (lun)



27 julio 1999 (mar)



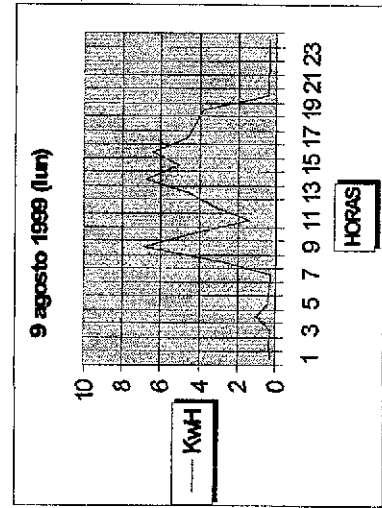
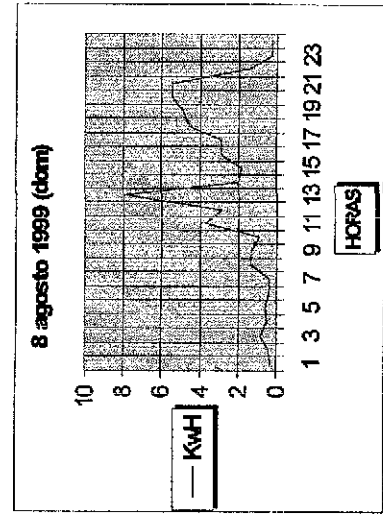
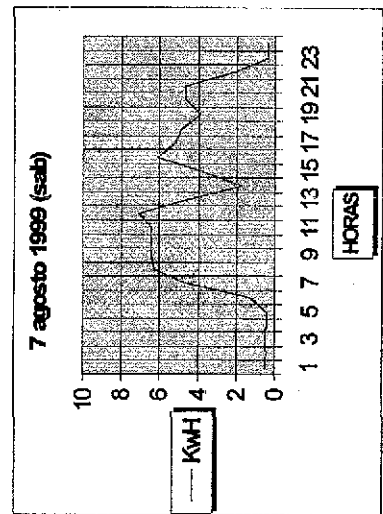
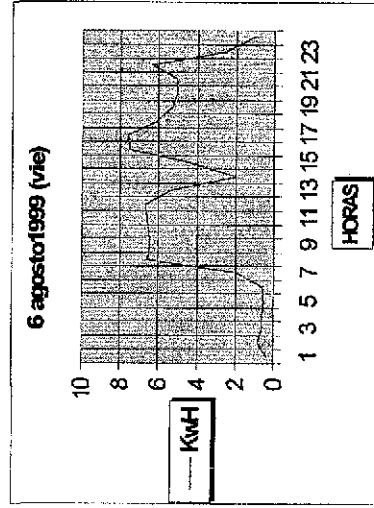
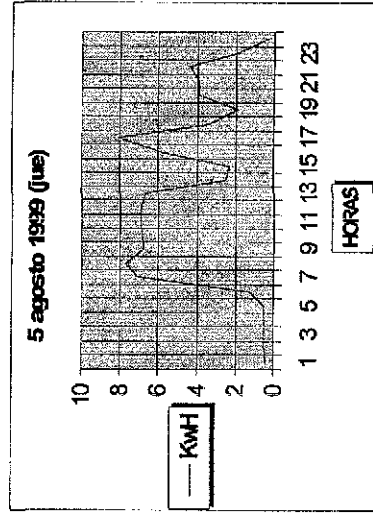
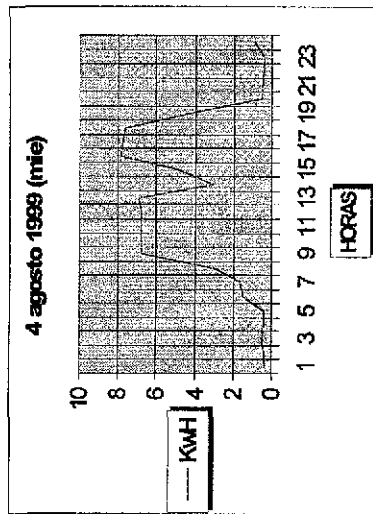
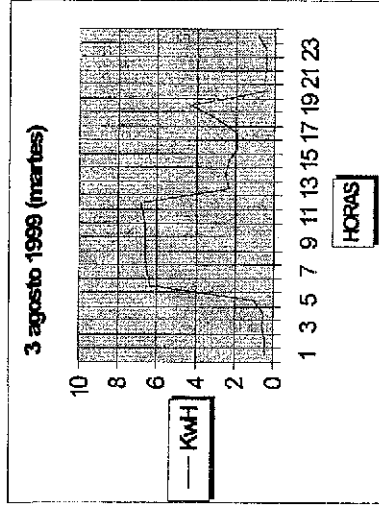
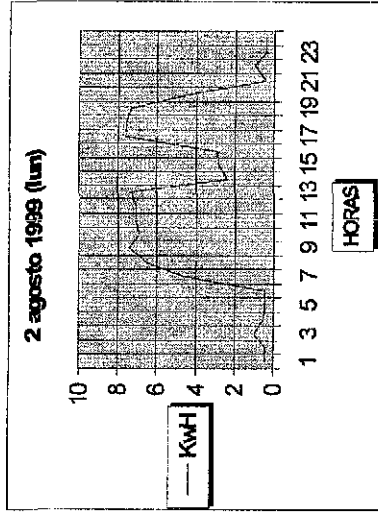
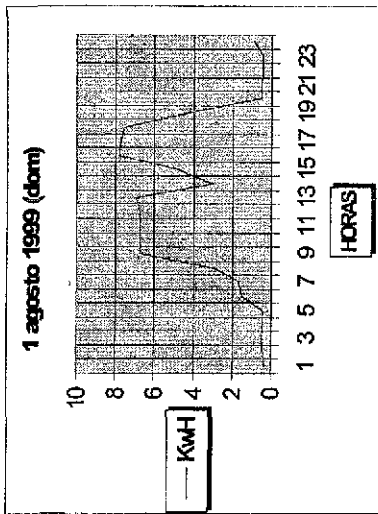
28 julio 1999 (mie)



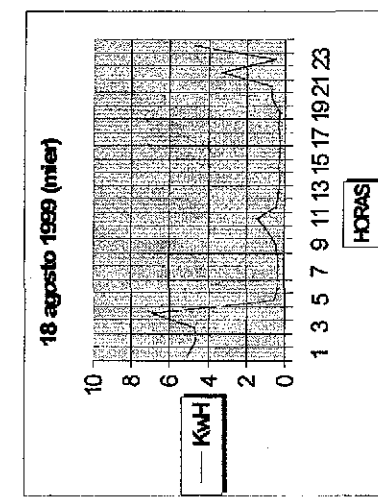
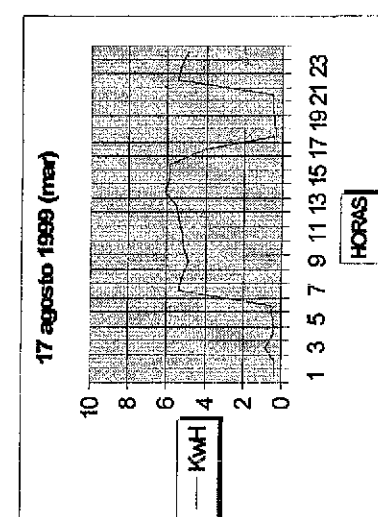
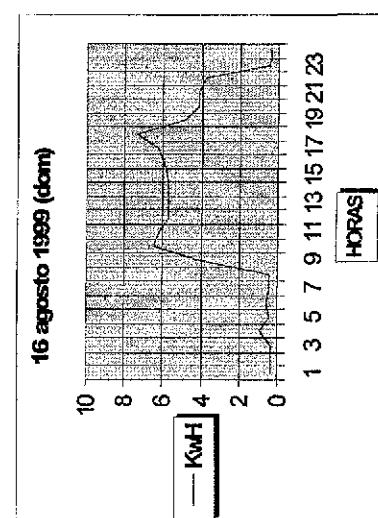
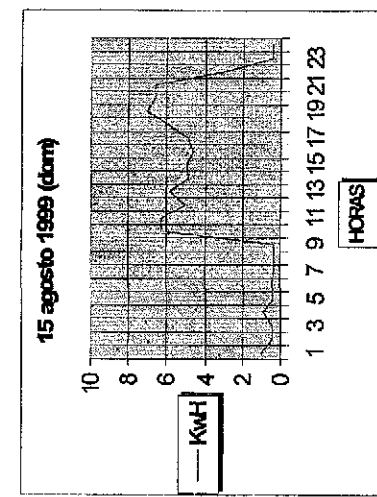
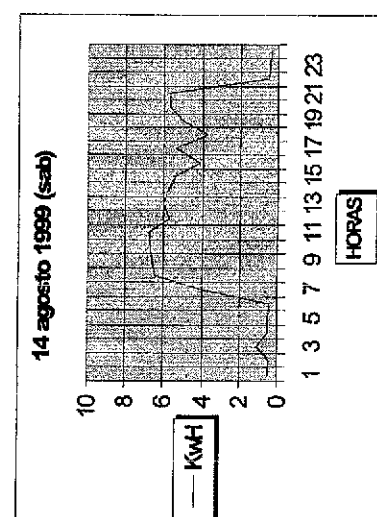
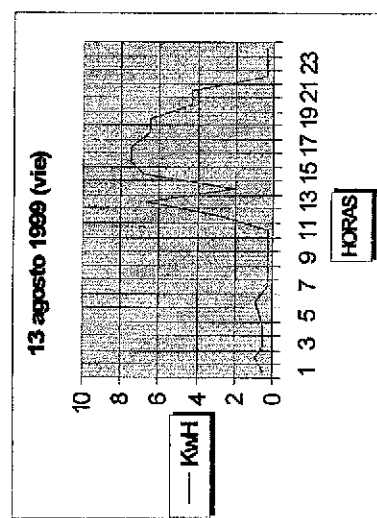
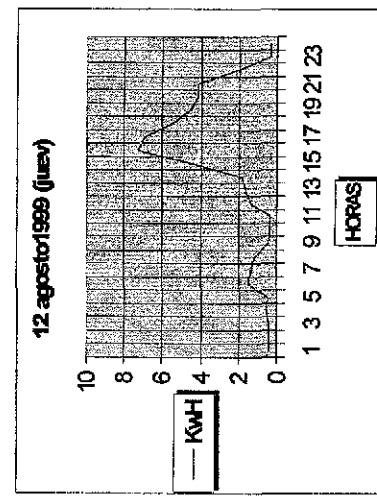
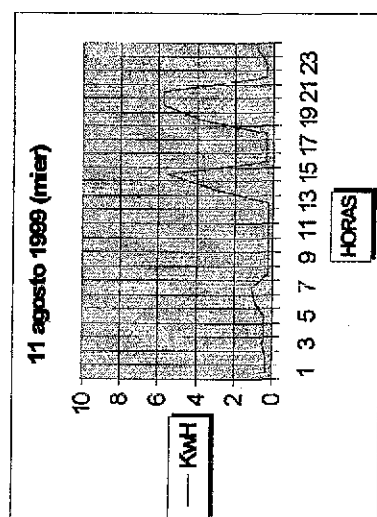
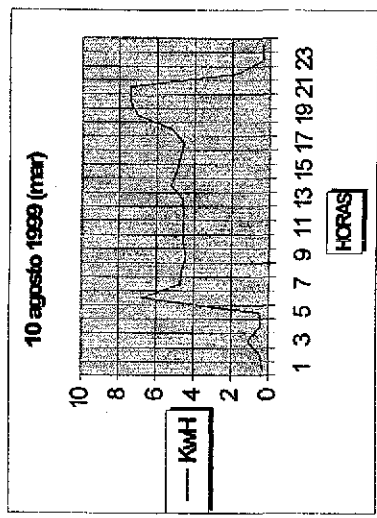
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Gráficas diarias de consumos eléctricos, caso Baikal, agosto 1999

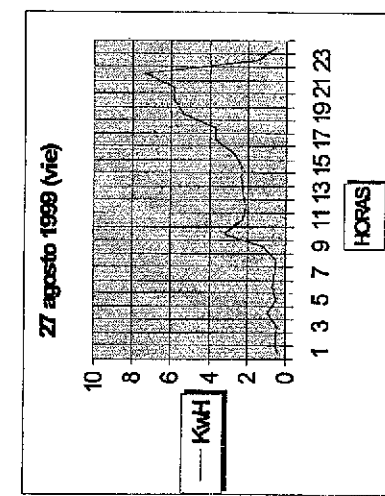
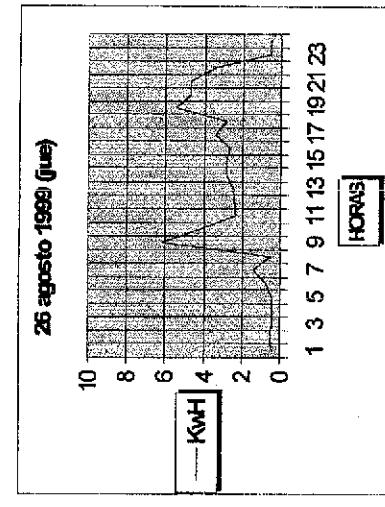
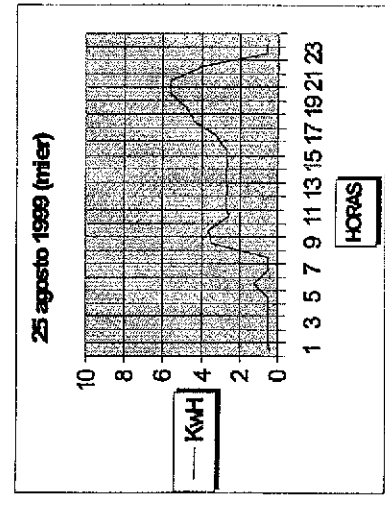
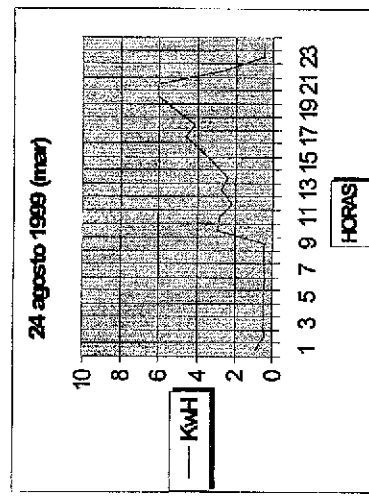
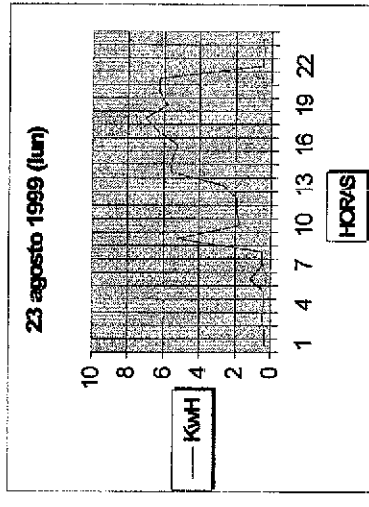
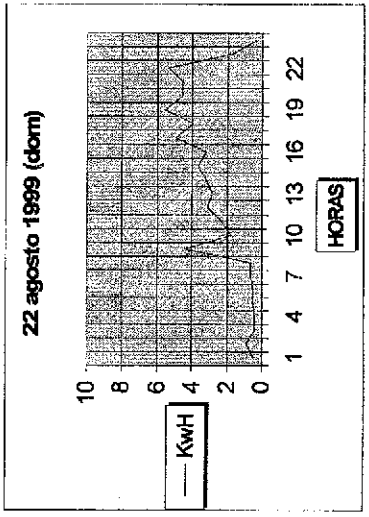
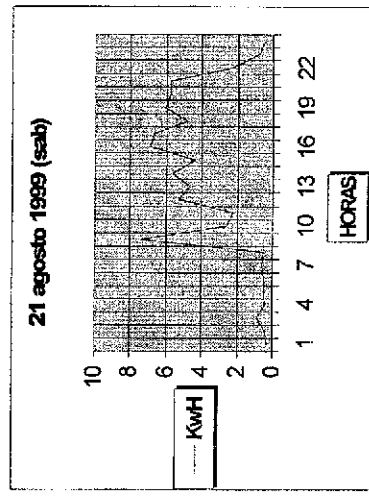
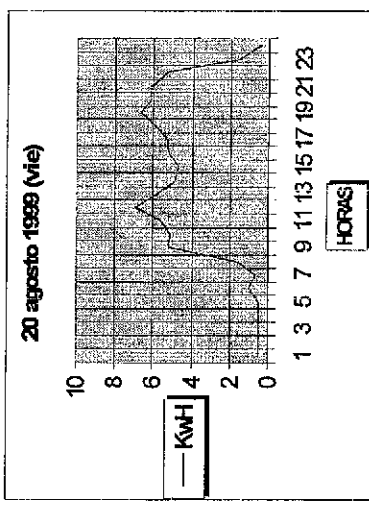
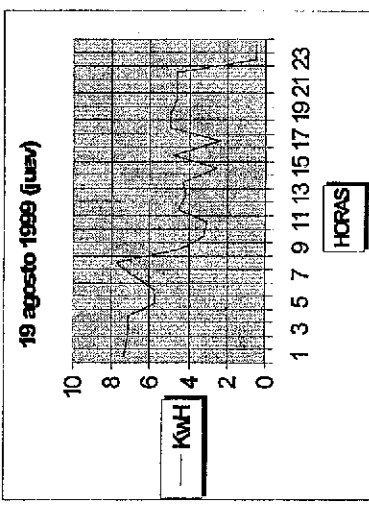
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

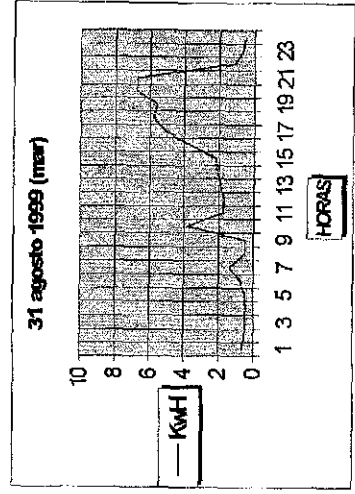
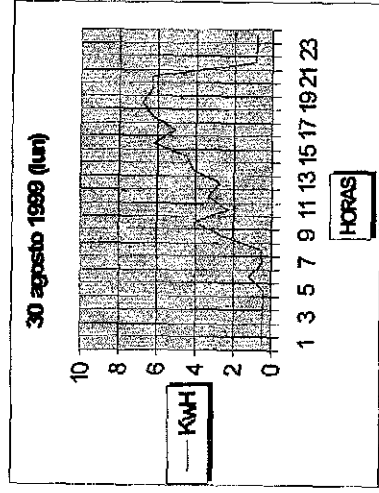
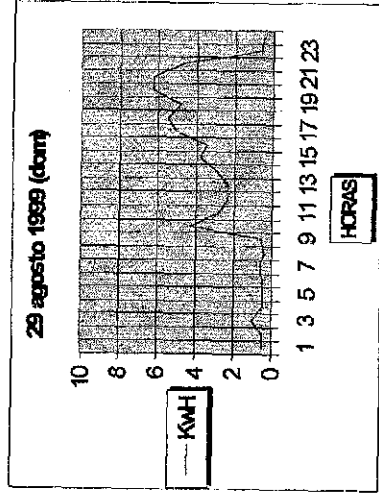
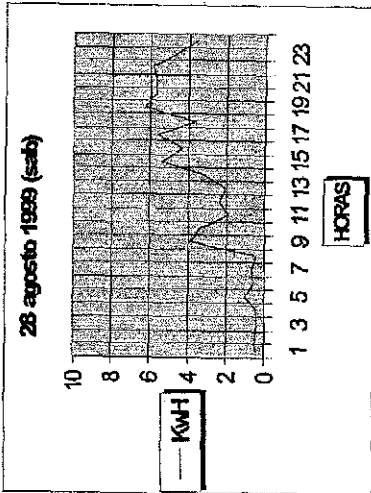


**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



TESIS CON FALLA DE ORIGEN





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## ANEXO D GLOSARIO

Ábaco de consumos de usuarios: término utilizado por CFE para designar la agrupación de usuarios residenciales por rangos de consumos eléctricos durante cada mes del año.

Aire acondicionado: se refiere al sistema mecánico de acondicionamiento ambiental, cuya función es extraer el calor para mantener la temperatura interior del espacio en condiciones confortables al ser humano.

Consumo de energía eléctrica: se refiere a los kilowatt-hora (kWh) como resultado de la operación de los equipos que requieren de electricidad para su funcionamiento. Se registra en un kilowatorímetro (medidor que proporciona CFE en México) en las viviendas en un período determinado y se reporta al usuario residencial en los recibos de facturación eléctrica.

Consumo de energía eléctrica (por equipos): se refiere a la operación de aparatos eléctricos, al producto de la potencia (watts) y tiempo de uso (horas) (ASHRAE, 1999).

Consumo de energía eléctrica per cápita: se refiere al cociente del consumo eléctrico total entre la cantidad de viviendas o usuarios que lo generan. No significa consumo eléctrico por persona.

Demanda de energía eléctrica: se refiere a la potencia (kW) que se requiere en la vivienda para que los equipos funcionen.

Doméstico: se refiere al servicio eléctrico proporcionado por CFE a las casas o viviendas; se utiliza de forma indistinta el término residencial.

Enfriador evaporativo: equipo mecánico para acondicionar térmicamente un espacio, que funciona a través de bajar la temperatura del aire a través del enfriamiento evaporativo. Se le conoce como equipo de aire lavado (ASHRAE, 1999).

Patrones de consumo de energía: se refiere a cómo se usa determinado recurso o equipo (qué equipo, tiempo de uso y con qué frecuencia). Por lo general, los





estudios sociales sobre la energía se hacen a través de los patrones de comportamiento y, en este caso, patrones de consumo de energía eléctrica.

Sector residencial: agrupa a todas las viviendas que cuentan con servicio eléctrico. No tiene la connotación de vivienda de un nivel económico alto.

Uso de la energía: se refiere a la forma en que el usuario utiliza la energía para obtener determinados satisfactores y esto se refleja en consumo eléctrico. Por ejemplo el uso de energía para la iluminación, como focos; para la conservación de alimentos, como el refrigerador; para el acondicionamiento térmico ambiental, como equipos de aire acondicionado; para actividades de limpieza o actividades de entretenimiento, como el uso de la televisión, video, entre otros.

Usuario residencial: se refiere al grupo de personas –independientemente de la cantidad- que habitan una vivienda y que tienen instalado un medidor eléctrico en la misma. Por lo general, se puede considerar un usuario residencial por vivienda.

