



Title: Eficiencia energética en vivienda de construcción en serie y en modelos demostrativos bioclimáticos en zona de clima cálido seco

Authors: ROMERO-MORENO, Ramona, BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, LUNA-LEÓN, Aníbal y REYES-BARAJAS, Karmina

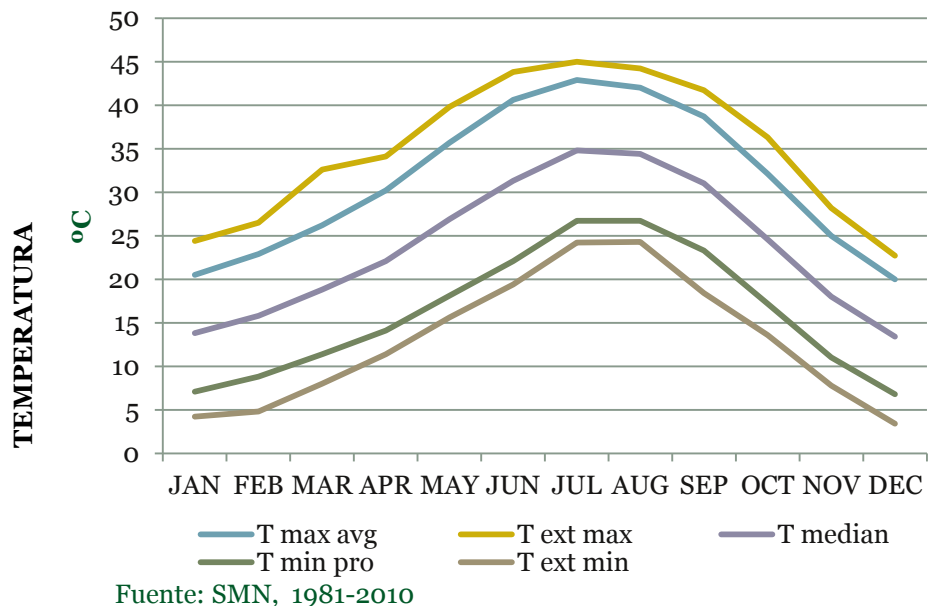
Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2020-04
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 14
RNA: 03-2010-032610115700-14

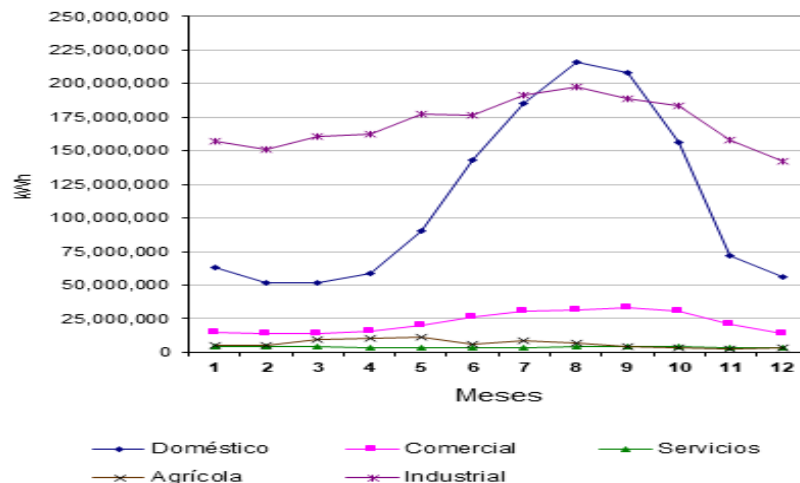
ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



CONSUMO ELÉCTRICO DEL SECTOR RESIDENCIAL



HO RA		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	T-0	12.2	13.1	15.0	15.7	22.8	26.8	30.4	30.7	28.2	22.9	17.3	11.3
	HR-0	12%	12%	10%	7%	75%	76%	74%	75%	79%	74%	70%	73%
1	T-1	11.1	12.1	15.6	16.3	21.6	26.7	29.5	29.7	27.1	21.7	16.1	10.1
	HR-1	17%	16%	13%	7%	78%	79%	77%	78%	82%	78%	74%	77%
2	T-2	10.0	11.0	14.5	15.2	20.7	24.8	28.7	28.9	26.2	20.7	14.1	8.1
	HR-2	20%	19%	16%	7%	81%	82%	79%	80%	85%	81%	77%	80%
3	T-3	9.0	10.0	13.5	14.2	19.9	24.1	28.1	28.2	25.5	19.1	13.1	7.1
	HR-3	23%	22%	19%	8%	83%	84%	81%	82%	87%	83%	79%	82%
4	T-4	8.0	9.0	12.5	13.2	18.9	23.5	27.6	27.7	24.9	18.9	12.9	6.9
	HR-4	24%	23%	20%	9%	85%	85%	82%	84%	89%	85%	81%	84%
5	T-5	7.0	8.0	11.5	12.2	18.0	21.2	27.2	27.3	24.3	18.3	12.3	6.3
	HR-5	25%	24%	21%	10%	87%	87%	83%	85%	91%	87%	83%	86%
6	T-6	6.0	7.0	10.5	11.2	17.1	21.7	25.9	25.7	22.4	16.1	10.1	5.1
	HR-6	27%	26%	23%	11%	89%	90%	87%	90%	97%	93%	89%	92%
7	T-7	5.0	6.0	9.5	10.2	16.2	20.9	27.7	26.8	22.8	16.8	10.8	5.8
	HR-7	28%	27%	24%	12%	91%	92%	88%	90%	96%	92%	88%	91%
8	T-8	4.0	5.0	8.5	9.2	15.3	22.5	27.8	27.8	24.8	18.8	12.8	6.8
	HR-8	29%	28%	25%	13%	76%	73%	73%	79%	86%	81%	77%	80%
9	T-9	3.0	4.0	7.5	8.2	20.7	27.2	32.4	34.7	33.1	28.2	20.4	14.4
	HR-9	34%	33%	30%	14%	67%	63%	61%	63%	68%	79%	82%	80%
10	T-10	2.0	3.0	6.5	7.2	25.0	31.7	36.8	38.4	36.8	32.1	24.2	16.2
	HR-10	35%	34%	31%	15%	54%	49%	48%	52%	57%	66%	70%	68%
11	T-11	1.0	2.0	5.5	6.2	23.7	28.7	35.4	40.2	41.3	40.0	35.8	28.2
	HR-11	36%	35%	32%	16%	43%	39%	40%	44%	48%	55%	57%	55%
12	T-12	0.0	1.0	4.5	5.2	22.4	27.0	31.6	38.0	42.4	43.3	42.4	38.7
	HR-12	37%	36%	33%	17%	32%	32%	34%	38%	42%	45%	46%	45%
13	T-13	21.0	25.0	29.3	33.3	39.3	43.5	44.3	43.7	40.6	34.1	26.1	21.9
	HR-13	40%	35%	32%	30%	29%	31%	35%	37%	39%	36%	36%	39%
14	T-14	22.7	26.3	30.4	33.9	39.5	43.4	44.3	44.0	41.4	35.5	27.8	23.8
	HR-14	34%	30%	28%	28%	28%	31%	35%	36%	37%	34%	31%	32%
15	T-15	23.3	26.6	30.5	33.5	38.8	42.5	43.6	43.6	41.4	35.9	28.3	24.6
	HR-15	32%	29%	28%	29%	30%	34%	38%	38%	38%	37%	33%	29%
16	T-16	23.0	25.9	29.8	32.5	37.4	41.0	42.4	42.5	40.6	35.4	27.9	24.3
	HR-16	33%	32%	30%	32%	34%	38%	41%	41%	39%	34%	31%	30%
17	T-17	22.0	24.6	28.6	31.0	35.5	39.2	40.8	41.1	39.3	34.3	26.7	23.3
	HR-17	36%	34%	34%	37%	39%	43%	45%	45%	43%	37%	34%	34%
18	T-18	21.5	23.0	26.9	29.2	33.5	37.1	39.1	39.5	37.7	32.8	25.1	21.8
	HR-18	38%	41%	39%	42%	45%	48%	50%	49%	48%	42%	39%	39%
19	T-19	21.1	21.1	25.1	27.2	31.4	35.0	37.4	37.8	35.9	31.1	23.3	19.3
	HR-19	47%	47%	44%	48%	51%	54%	55%	54%	54%	46%	45%	46%
20	T-20	20.3	20.3	23.2	25.3	29.3	33.0	35.7	36.1	34.2	29.3	21.4	18.1
	HR-20	50%	50%	50%	53%	57%	59%	60%	59%	60%	54%	51%	53%
21	T-21	19.3	19.3	21.4	23.5	27.4	31.2	34.1	34.5	32.5	27.5	20.3	16.3
	HR-21	56%	56%	56%	59%	62%	64%	64%	64%	65%	59%	57%	58%
22	T-22	18.3	18.3	20.4	21.8	25.6	28.5	32.7	33.1	30.9	25.8	18.3	14.3
	HR-22	63%	63%	63%	63%	67%	69%	68%	68%	70%	65%	62%	63%
23	T-23	17.3	17.3	20.4	21.1	24.1	28.1	31.5	31.8	29.5	24.3	17.3	13.3
	HR-23	68%	68%	68%	68%	71%	73%	71%	72%	75%	70%	68%	68%

Fuente: Luna, 2017

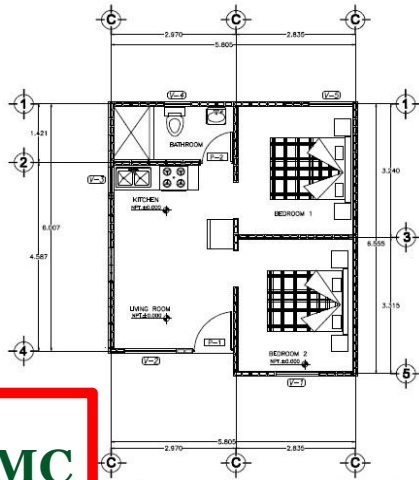


Problemática

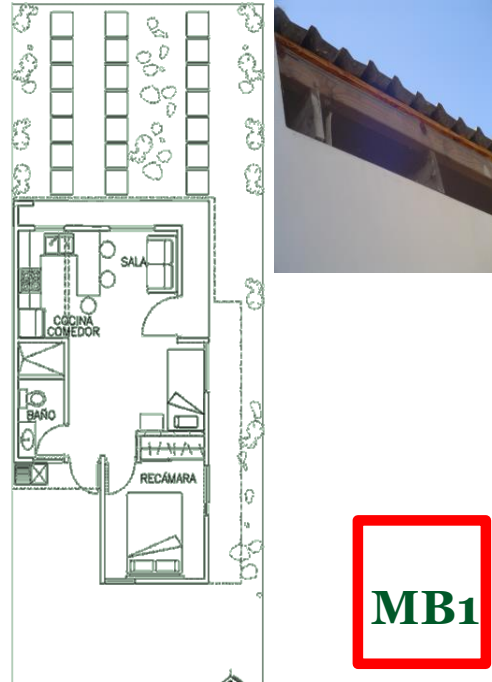
Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. -Envolvente de edificios para uso habitacional

Objetivo general:

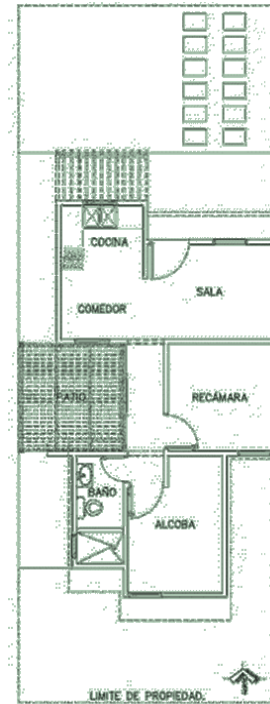
Evaluar la aplicación de la **norma de eficiencia energética** en tres **modelos de vivienda** económica (prototipo de vivienda de construcción en serie y dos prototipos demostrativos con criterios bioclimáticos) en una zona de **clima cálido seco extremo**



MC



MB1



MB2



MÉTODO
Casos de estudio

Modelo Comercial (MC) y Bioclimáticos (MB1 y MB2)

**Ganancia de calor (Watts) = Ganancia de calor por conducción
+ Ganancia por radiación**

$$\phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \phi_{pci} \quad \phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_{ai} - t)]$$

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^3 \phi_{psi} \quad \phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}]$$

Presupuesto energético

<p>Ganancia de calor VIVIENDA PROYECTADA</p>	<p>≤</p>	<p>Ganancia de calor VIVIENDA REFERENCIA</p>
---	-----------------	---

 **MÉTODO**

Procedimiento de cálculo

Tabla 1: Valores para el Cálculo del Flujo de Calor a través de la Envolvente
Estado: BAJA CALIFORNIA, Ciudad: Mexicali

CIUDAD: Mexicali	K DE REFERENCIA (W/m ² K)			CONDUCCIÓN												RADIACIÓN								
				OPACA						TRANSPARENTE						TRANSPARENTE								
	Temperatura equivalente promedio TE (°C)																							
	Hasta tres niveles	Mas de tres niveles		T _I	TS _I	T _T	Muro masivo				Muro ligero				TyD	Ventanas				Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)				
Techo y muro	Techo	Muro				N	E	S	O	N	E	S	O	N		E	S	O	TyD	N	E	S	O	
Nom-2011	0.478	0.478	0.558	25	34	50	36	40	37	38	41	45	43	45	29	30	32	32	32	322	70	159	131	184
Nom-2016	0.625	0.625	0.714	25	34	50	36	40	37	39	41	45	43	46	29	30	32	32	33	322	70	159	131	165

Fuente: *Nom-2011: Diario Oficial de la Federación (martes 9 de agosto de 2011), Secretaría de Energía, Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.-Envolvente de edificios para uso habitacional. ** Nom-2016: Diario Oficial de la Federación (martes 4 de octubre de 2016), Secretaría de Energía, Resolución por la que se modifican los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) de la Tabla 1, se agregan definiciones y se acota la verificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional, publicada el 9 de agosto de 2011.

Simbología: T_I: Temperatura interior. TS_I: Temperatura de superficie interior. T_T: Temperatura de techo. TyD: tragaluz y domo. N: Norte. E: Este. S: Sur. O: Oeste.

 **MÉTODO**

Procedimiento de cálculo

NOM-020 Calculation tool

Cálculo de la NOM-020-ENER-2011

Propietario:

Nombre del edificio:

Nombre de la calle:

Estado:

Ciudad:

Niveles: De 1 a 3 Más de 3

Orientación de la fachada principal:



SENER | CONUEE

NOM-020 Calculation tool

Muro

Orientación:

Nombre del muro:

Área del muro: m²

Sistema constructivo:



SENER | CONUEE

NOM-020 Calculation tool

Muros

Techo/superficie inferior

Ventanas

Puertas

1 F. principal (1)
área 18.03 m² Masivo
Block de concreto hueco 12cm

2 F. posterior (1)
área 18.01 m² Masivo
Block de concreto hueco 12cm

3 F. izquierda (1)
área 19.8 m² Masivo
Block de concreto hueco 12cm

4 F. derecha (1)
área 19.78 m² Masivo

1 Techo (1)
área 38 m²
Vigüeta y bovedilla de EPS
 Techo

1 V1 F. principal (1)
área 2.08 m²
colocada en: F. principal (1)
Vidrio 3mm

2 V1 F. posterior (1)
área 1.24 m²
colocada en: F. posterior (1)
Vidrio 3mm

3 V1 F. izquierda (1)
área 0.61 m²
colocada en: F. izquierda (1)
Vidrio 3mm

1 P1 F. principal (1)
área 1.92 m² Ligero
colocada en: F. principal (1)
Puerta de madera blanda

SENER | CONUEE

NOM-020 Calculation tool

Resultados

	Conducción (W)	Radiación (W)	Total (W)
Edificio de referencia	1400.96	1001.35	2402.31
Edificio proyectado	3200.94	405.03	3605.97

Cumple con la norma Si No **-50.1%**

SENER | CONUEE

<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-calculo-nom-020-ener-2001>

 **MÉTODO**

**Herramienta de
cálculo digital**

Vivienda económica

Modelo comercial (MC)	
Base case	Techo de vigueta y bovedilla 0.20 m, muro de bloque de concreto 0.12 m, ventanas sin sombra
A	Caso base + aislamiento térmico de poliestireno 0.0254 m (1") en muro sur
B	Caso base + aislamiento térmico de poliestireno 0.0254 m (1") en muro oeste
C	Caso base + aislamiento térmico de poliestireno 0.0254 m (1") en muros sur y oeste
D	Caso base + aislamiento térmico de poliestireno 0.0254 m (1") en muros sur, oeste y este.
E	Techo de vigueta y bovedilla 0.20 m, muro de bloque de concreto celular autoclaveado CCA-4,

Modelo bioclimático 1 (MB1)	
Base case	Techo de madera con ventilación lateral en dos lados y aislamiento térmico de poliestireno 0.508 m (2") y exterior recubierto de lámina galvanizada. Muros de bloque de concreto 0.12 m en orientación norte y sur. Muros de bloque de concreto 0.12 m + aislamiento térmico de poliestireno 0.0254 m (1") en orientación este y oeste. Ventanas sin sombra
A	Caso base + aislamiento térmico de poliestireno 0.0254 m (1") en muro sur
F	Techo de paneles de concreto celular autoclaveado CCA-6, 0.17 m, muro de bloque de concreto celular autoclaveado CCA-4, Ventanas sin sombra
G	Techo de vigueta y bovedilla 0.20, muro de bloque de concreto 0.12, ventanas sin sombra

Modelo bioclimático 2 (MB2)	
Base case	Techo paneles concreto celular autoclaveado CCA-6, muro de bloque de concreto celular autoclaveado CCA-4, ventanas sin sombra
H	Techo paneles concreto celular autoclaveado CCA-6, muro de bloque de concreto celular autoclaveado CCA-4, ventanas con sombra

 **MÉTODO**

Condicionantes para la evaluación

VIVIENDA	GANANCIA DE CALOR (W)			Cumplimiento NOM-020	
	Conducción	Radiación	Total	Cumple	Ahorro de energía (%)
Vivienda de referencia	1,397.94	1001.35	2,402.31		
Vivienda proyectada					
Caso base	3,200.90	405.03	3,605.93	No	-50.1
A	2,790.34	405.03	3,195.37	No	-33.0
B	2,677.44	405.03	3,082.47	No	-28.3
C	2,267.78	405.03	2,672.81	No	-11.3
D	1,681.80	405.03	2,086.83	Si	13.1
E	1,282.55	405.03	1,688.58	Si	29.7

 **RESULTADOS**

**Modelo Comercial
MC**

Vivienda de cubierta de madera (ático ventilado) y muro de bloque de concreto

VIVIENDA	GANANCIA CALOR (W)			Cumplimiento NOM-020	
	Conducción	Radiación	Total	Cumple	Ahorro de energía (%)
Vivienda de referencia	1,557.98	1,225.15	2,783.13		
Vivienda proyectada					
Caso base	2,347.71	738.90	3,086.61	No	-10.9
A	2,026.02	738.90	2,764.92	Yes	0.70
F	1759.56	738.90	2498.46	Yes	10.20
G	3,745.53	738.90	4484.93	No	-61.1

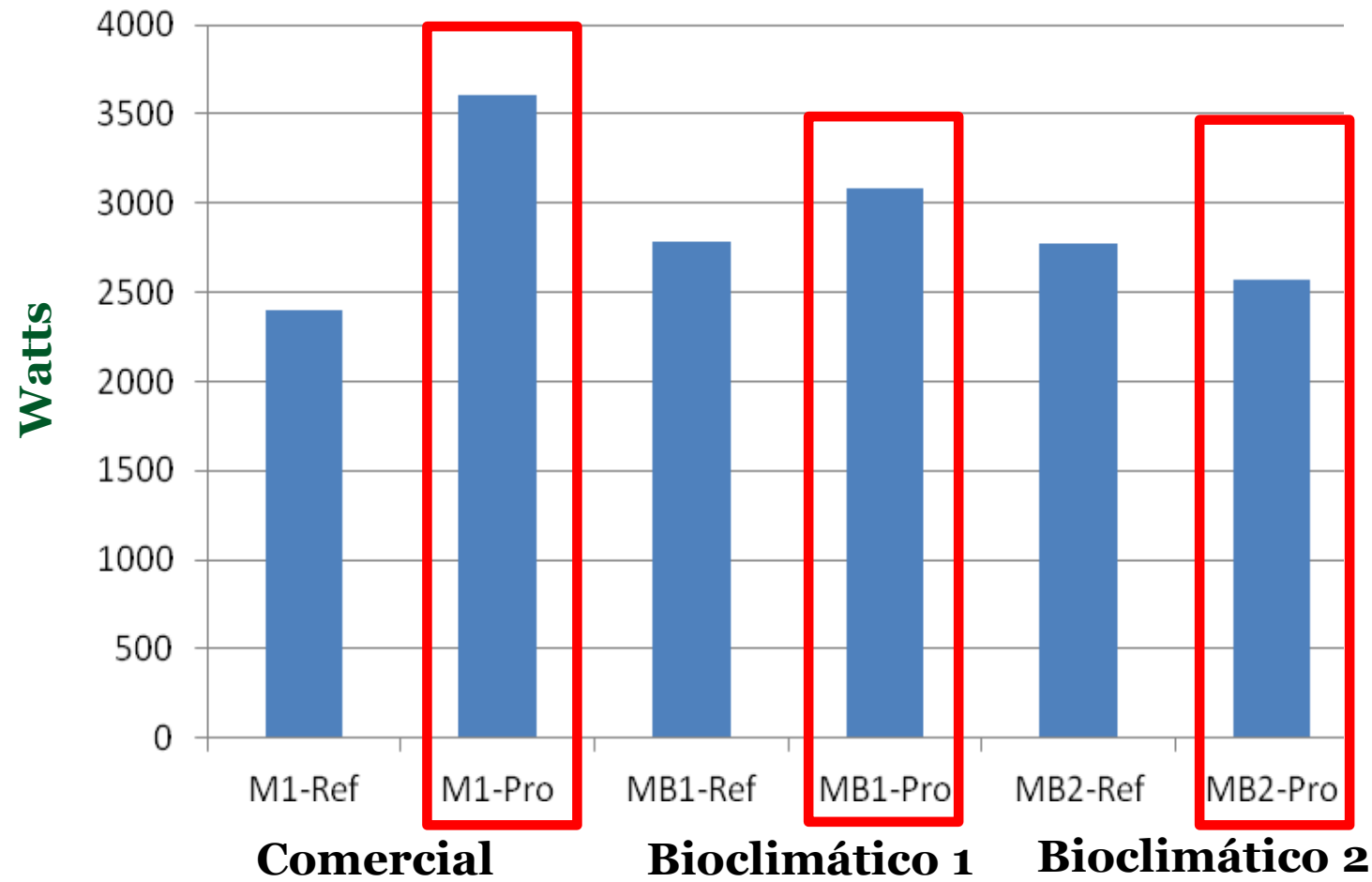
 **RESULTADOS**

**Modelo Bioclimático
MB1**

Vivienda de Concreto Celular
Autoclaveado (CCA-6 y CCA-4)

VIVIENDA	GANANCIA DE CALOR (W)			Cumplimiento NOM-020	
	Conducción	Radiación	Total	Cumple	Ahorro de energía (%)
Vivienda de referencia	1,610.97	1165.55	2,777.52		
Vivienda proyectada					
Caso base	1,817.99	756.80	2,574.79	Si	7.3

Ganancia de calor total (W)



 **RESULTADOS**

Eficiencia energética por m², (W/m²)

Comercial		Bioclimático 1		Bioclimático 2	
Ref	Pro	Ref	Pro	Ref	Pro
63.22	94.89	73.24	81.23	63.13	58.52

Los sistemas constructivos actuales no resultan adecuados para el cumplimiento de la NOM- 020, representan un **50% más de ganancia de calor** que la permitida por la norma.

Se requiere **aplicar medidas de aislamiento térmico al menos en 3 de las 4 orientaciones básicas** para el cumplimiento de la NOM-020, lo cual implica costos adicionales de inversión para tener una vivienda que apruebe las condiciones de la norma.

Las **modificaciones realizadas en 2016**, todavía no resultan suficientes para lograr ahorros de energía y mantener condiciones de confort térmico, se requiere **reajustar los coeficientes globales de transferencia de calor** que utiliza como referencia en clima cálidos secos.

La **herramienta digital de evaluación** de la NOM- 020-ENER-2011 resultó en un instrumento accesible y pertinente para su aplicación, **facilita de manera significativa la evaluación de los proyectos**.

Finalmente, es importante **contar con elementos de política pública** que favorezcan la **inclusión de criterios de diseño bioclimático**, que permitan tener un mejor desempeño térmico de la envolvente de la vivienda.

- Agencia Danesa de Energía, Low Carbon Architecture, Herramienta de Cálculo de la NOM-020-ENER-2011. http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-calculo-nom_020
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y Secretaría de Energía, 2017. Guía rápida de cálculo NOM-020-ENER-2011, México.
- Diario Oficial de la Federación (2011, 9 de agosto). Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. -Envolvente de edificios para uso habitacional. Ciudad de México, México: Secretaría de Energía. Recuperado de dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011
- Diario Oficial de la Federación (2016, 4 de octubre). Resolución por la que se modifican los valores de coeficiente global de transferencia de calor (K) de la Tabla 1, se agregan definiciones y se acota la verificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-020 ENER-2011, Ciudad de México, México: Secretaría de Energía. Recuperado de dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5455514&fecha=04/10/2016
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2016. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/378510549/Anuario-Estadistico-y-Geografico-Por-Entidad-2016>
- Luna, A. (2017). Programa CATEDI. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Secretaría de Energía, Sector Eléctrico Nacional, <https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/estadisticas-del-sector-electrico-e-indicadores-de-cfe>; 2017 [Recuperado 23.07.17].
- Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Universidad Autónoma de Yucatán, Universidad de Colima y Universidad de Sonora. (2013). Reporte Técnico Final “Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: regiones de clima cálido seco y húmedo” 2da. Etapa. México: Fondo CONAVI-CONACYT.



REFERENCIAS



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)