

## Centro de Ciencias de Sinaloa

“Cuantificación del Ahorro en Energía  
Eléctrica Utilizando Paneles MegaPark.”

### **Programa de Ahorro de Energía** Reporte Técnico

Culiacán Rosales, Sinaloa. Noviembre 2003

Ing Alberto Coppel  
Director General Megaparck  
Presente

Estimado Ingeniero

Por este medio, entregó a Usted los resultados del proyecto: **Cuantificación del Ahorro en Energía Eléctrica utilizando Paneles Megaparck**, así como, Resumen ejecutivo, Reporte técnico, Metodología, Obtención de Resultados.

En este estudio se analizaron diferentes materiales de construcción y se contrastaron con los materiales de MegaPark. Se utilizó un mismo modelo de habitación para todos los materiales.

Modelo	Pared	Techo	Ganancia de Calor
A	Tabique	Concreto	12,204 W
B	Tabique	Bovedilla	10,889 W
C	Block	Concreto	9,140 W
D	Block	Bovedilla	7,825 W
MegaPark	MegaPark (R11)	MegaPark (R19)	1,404 W

Considerando temperatura externa 38°C, T interna 22°C

Modelo	Pared	Techo	Ton Refrigeración
A	Tabique	Concreto	3.47
B	Tabique	Bovedilla	3.1
C	Block	Concreto	2.6
D	Block	Bovedilla	2.2
MegaPark	MegaPark (R11)	MegaPark (R19)	0.4

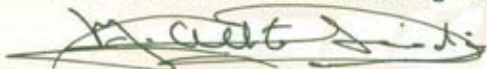
Modelo	Pared	Techo	Consumo eléctrico
A	Tabique	Concreto	1,500 KWh
B	Tabique	Bovedilla	1,340 KWh
C	Block	Concreto	1,123 KWh
D	Block	Bovedilla	950 KWh
MegaPark	MegaPark (R11)	MegaPark (R19)	173 KWh

Considerando un espacio temporal de 12 horas.

Modelo	Pared	Techo	Costo energético
A	Tabique	Concreto	\$2,700/mes
B	Tabique	Bovedilla	\$2,412/mes
C	Block	Concreto	\$2,022/mes
D	Block	Bovedilla	\$1,711/mes
MegaPark	MegaPark (R11)	MegaPark (R19)	\$ 311/mes

Considerando tarifa sin subsidio \$1.8/KWh en tarifa verano.

Atentamente  
Culiacán Rosales, Sinaloa, 28  
de noviembre de 2003  
Por una ventana a la cultura energética



MC Mario Alberto Siordia Grave  
Responsable Programa de Ahorro de Energía

## REPORTE TÉCNICO

Objetivo: Cuantificar el ahorro de energía eléctrica utilizando paneles Megapark con respecto a viviendas que utilizan block y tabique como paredes y concreto y bovedilla como techo.

### METODOLOGÍA

1. En todos los casos se consideran las mismas dimensiones de la vivienda

Volumen de la vivienda:  $8\text{m} \times 8\text{m} \times 6\text{m} = 384 \text{ m}^3$ .

2. Temperaturas.

Se consideró una temperatura de confort de  $22^\circ\text{C}$  al interior de la vivienda ( $T_{\text{INT}}$ ).

Se consideró una temperatura exterior de  $38^\circ\text{C}$ . ( $T_{\text{EXT}}$ )

3. Orientación de la vivienda.

Se consideró que las paredes externas hacia el sur, este y oeste presentan las mismas características climatológicas, por lo tanto acumularon las mismas cantidades de ganancia de calor.

Para la pared orientada hacia el norte que generalmente se encuentra sombreada, se consideró una disminución de temperatura en  $5^\circ\text{C}$  con respecto a la  $T_{\text{EXT}}$ .

4. Velocidad del viento.

Se consideró una velocidad promedio de  $v = 2.3 \text{ m/s}$  para el viento exterior y un aire tranquilo al interior, para la determinación de los coeficientes de convección entre el aire y las superficies de edificación.

Coefficiente de convección para la superficie exterior ( $h_o$ )

$$h_o = 5.8 + 4.1 v$$

$$h_o = 5.8 + 4.1 v = 5.8 + 4.1 (2.3) = 15.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Coefficiente de convección para la superficie interior ( $h_i$ )

$$h_i = 9.36 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

#### 4. Ecuación general para ganancia de calor (Q)

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde

Q = Ganancia de calor (W)

U = Coeficiente de transferencia de calor total (W/m<sup>2</sup> °C)

A = Área de transferencia de calor (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura

$$\Delta T = T_{EXT} - T_{INT}$$

#### 5. Obtención de U.

El coeficiente de transferencia de calor (conductancia) será igual al recíproco de la resistencia total (R):

$$U = 1 / R$$

Para elementos constituidos por varios materiales, se deberá sumar las resistencias individuales de cada material

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Cada resistencia ( $R_i$ ) es igual espesor del material / conductividad del material.

$$R_i = X_i (m) / k_i (W/m \text{ } ^\circ\text{C})$$

Calculando U únicamente en función de la transferencia de calor por conducción y convección.

$$U = 1 / R$$

Donde R

$$R = 1/h_i + X_1 / k_1 + X_2 / k_2 + X_3 / k_3 + 1 / h_o$$

6. Ganancia de calor total ( $Q_{TOTAL}$ ) de la vivienda

Será la suma del calor ganado por cada una de las cuatro paredes mas el calor ganado por el techo.

$$Q_{TOTAL} = Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

**OBTENCIÓN DE RESULTADOS**

**Caso C: Block-Concreto**

**Cálculo de las ganancias de calor para las paredes.**

Área de cada pared;  $A = 8m \times 6m = 48 m^2$

Materiales de las paredes: enjarre (mortero), block y yeso.

Propiedades de los materiales de las paredes

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
Block (concreto medio)	0.14	0.51
yeso	0.01	0.46

$$h_o = 15.2 \text{ W/m}^2 \text{ °C.}$$

$$h_i = 9.36 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

Sustituyendo valores en R

$$R = 1/h_i + X_1/k_1 + X_2/k_2 + X_3/k_3 + 1/h_o$$

$$R = 0.4846 \text{ (m}^2 \text{ °C / W)}$$

$$U = 1/R = 1/0.4846 \text{ (m}^2 \text{ °C / W)} = 2.063 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$$

Calculando la ganancia de calor para la pared Sur ( $Q_1$ )

$$Q_1 = U \cdot A \cdot \Delta T = 2.063 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)} \cdot 48 \text{ m}^2 \cdot (38^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C})$$

$$Q_1 = 1584.384 \text{ W}$$

$Q_1 = Q_2 = Q_3$ ; Paredes sur, este y oeste.

Calculando la ganancia de calor para la pared Norte (más sombreada)

$$Q_4 = 2.063 \text{ (W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C)} \cdot 48 \text{ m}^2 \cdot (33^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 1089.264 \text{ W}$$

Calculando la ganancia de calor para las cuatro paredes

$$Q_{\text{PAREDES}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{\text{PAREDES}} = 5842.416 \text{ W}$$

**Cálculo de las ganancias de calor para el techo.**

Área del techo;  $A = 8\text{m} \times 8\text{m} = 64 \text{ m}^2$

Materiales del techo: Concreto colado denso, enjarre (mortero) y yeso.

Propiedades de los materiales del techo

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m $^\circ\text{C}$ )
Concreto colado denso	0.14	1.40
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
yeso	0.01	0.46

$$h_o = 15.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$h_i = 9.36 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 38^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = 16^\circ\text{C}$$

Aplicando las ecuaciones para R, U y Q, obtenemos que

$$R = 0.3101 \text{ (m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \text{ W)}$$

$$U = 3.22 \text{ (W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$Q_{\text{TECHO}} = 3297.28 \text{ W}$$

Calculando el calor total de la vivienda

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{\text{PAREDES}} + Q_{\text{TECHO}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 5842.416 \text{ W} + 3297.28 \text{ W} = 9139.693 \text{ W}$$



Recordando que  
 $1 \text{ KW} = 0.284333 \text{ Ton Refrigeración.}$

Para equilibrar la ganancia de calor de 9.139 KW se necesitan

$$(9.139 \text{ KW}) (0.284333 \text{ TR/KW}) = 2.599 \text{ TR} \quad 2.6 \text{ Ton}$$

Considerando que un aire acondicionado de alta eficiencia de 1 Ton que trabaja 12 horas diarias consume aproximadamente 432 KWh al mes, entonces:

$$\text{Consumo eléctrico} = (2.6 \text{ Ton}) (432 \text{ KWh} / 1 \text{ Ton}) = 1123.2 \text{ KWh/mes}$$

Considerando una tarifa sin subsidio \$1.8/KWh en tarifa verano, el costo energético sería:

$$\text{Costo Energético} = 1123.2 \text{ KWh/mes} \quad \$1.8/\text{KWh} = \$2,022/\text{mes}$$

**Q<sub>TOTAL</sub> 2.60 Ton**  
**Consumo eléctrico 1 123 KWh/mes**  
**Costo Energético \$2 022 / mes**

## Caso A: Tabique-Concreto

**Cálculo de las ganancias de calor por las paredes.**

Área de cada pared;  $A = 8\text{ m} \times 6\text{ m} = 48\text{ m}^2$

Materiales de las paredes: tabique, enjarre (mortero) y yeso.

Propiedades de los materiales de las paredes

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
Tabique	0.14	1.3
Yeso	0.01	0.46

$$h_o = 15.2\text{ W/m}^2\text{ °C.}$$

$$h_i = 9.36\text{ W/m}^2\text{ °C}$$

$$R = 0.3179\text{ (m}^2\text{ °C / W)}$$

$$U = 3.145\text{ (W/m}^2\text{ °C)}$$

Calculando la ganancia de calor para la pared Sur ( $Q_1$ )

$$Q_1 = U \cdot A \cdot \Delta T = 3.145\text{ (W/m}^2\text{ °C)} \cdot 48\text{ m}^2 \cdot (38\text{ °C} - 22\text{ °C})$$

$$Q_1 = 2415.36\text{ W}$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Calculando la ganancia de calor para la pared Norte (más sombreada)

$$Q_4 = 3.145\text{ (W/m}^2\text{ °C)} \cdot 48\text{ m}^2 \cdot (33\text{ °C} - 22\text{ °C}) = 1660.56\text{ W}$$

$$Q_{\text{PAREDES}} = 8906.64\text{ W}$$

**Cálculo de la ganancia de calor por el techo.**

Área del techo;  $A = 8\text{ m} \times 8\text{ m} = 64\text{ m}^2$

Materiales del techo: Concreto colado denso, enjarre (mortero) y yeso.

Propiedades de los materiales del techo

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Concreto colado denso	0.14	1.40
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
yeso	0.01	0.46

$$h_o = 15.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$h_i = 9.36 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 38^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = 16^\circ\text{C}$$

Aplicando las ecuaciones para R, U y Q, obtenemos que

$$R = 0.3101 \text{ (m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W)}$$

$$U = 3.22 \text{ (W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$Q_{\text{TECHO}} = 3297.28 \text{ W}$$

Calculando el calor total de la vivienda

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{\text{PAREDES}} + Q_{\text{TECHO}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 8906.64 \text{ W} + 3297.28 \text{ W} = 12\,203.92 \text{ W}$$

$$(12.204 \text{ KW}) (0.284333 \text{ TR/KW}) = 3.4699 \text{ TR} = 3.47 \text{ Ton}$$

Considerando que un aire acondicionado de alta eficiencia de 1 Ton que trabaja 12 horas diarias consume aproximadamente 432 KWh al mes, entonces:

$$\text{Consumo el\u00e9ctrico} = (3.47 \text{ Ton}) (432 \text{ KWh} / 1 \text{ Ton}) = 1\,499 \text{ KWh/mes}$$

Considerando una tarifa sin subsidio \$1.8/KWh en tarifa verano, el costo energ\u00e9tico ser\u00eda:

$$\text{Costo Energ\u00e9tico} = 1\,499 \text{ KWh/mes} \quad \$1.8/\text{KWh} = \$2\,698/\text{mes}$$

**$Q_{\text{TOTAL}}$  3.47 Ton**  
**Consumo el\u00e9ctrico 1 500 KWh/mes**  
**Costo Energ\u00e9tico \$2 700 / mes**

## Caso B: Tabique-Bovedilla

**Cálculo de las ganancias de calor por las paredes.**

Área de cada pared;  $A = 8\text{m} \times 6\text{m} = 48\text{ m}^2$

Materiales de las paredes: tabique, enjarre (mortero) y yeso.

Propiedades de los materiales de las paredes

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
Tabique	0.14	1.3
Yeso	0.01	0.46

$$Q_{\text{PAREDES}} = 8906.64\text{ W}$$

**Cálculo de la ganancia de calor por el techo de Bovedilla y Viguetas de Concreto**

Área del techo;  $A = 8\text{m} \times 8\text{m} = 64\text{ m}^2$

Área del poliestireno;  $A_p = 53.58\text{ m}^2$

Área de las viguetas;  $A_v = 10.42\text{ m}^2$

Materiales del techo: Concreto colado denso, poliestireno enjarre (mortero) y yeso.

Propiedades de los materiales del techo

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Concreto colado denso	0.05	1.40
Poliestireno	0.15	0.467
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
yeso	0.01	0.46
Viguetas concreto	0.20	1.40

11 viguetas

c	o	n	c	r	e	t	o	.....			
p	o	l	i	e	s	t	i	r	e	n	o.....
mortero											
yeso											

$Q = 1,510.405 \text{ W}$ . Calor que entra por el concreto, poliestireno, mortero y yeso.

$Q = 471.82 \text{ W}$ . Calor que entra por las viguetas, mortero y yeso.

$$Q_{\text{TECHO}} = 1\,982.225 \text{ W}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{PAREDES}} + Q_{\text{TECHO}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 8906.64 \text{ W} + 1\,982.225 \text{ W} = 10,888.86 \text{ W}$$

$$\text{Ton} = 10.888 \text{ K W} (0.284333 \text{ TR/KW}) = 3.096 \text{ TR}$$

$$\text{Consumo Eléctrico} = 3.1 \text{ TR} (432 \text{ KWh} / 1 \text{ Ton}) = 1\,339.2 \text{ KWh}$$

$$\text{Costo energético} = 1\,340 \text{ KWh} \ \$1.8/\text{KWh} = \$2\,412$$

**$Q_{\text{TOTAL}}$  3.1 Ton**  
**Consumo eléctrico 1 340 KWh/mes**  
**Costo Energético \$2 412 / mes**

### Caso D: Block-Bovedilla

Ganancia de calor por las paredes de block.

Área de cada pared;  $A = 8\text{m} \times 6\text{m} = 48\text{m}^2$

Materiales de las paredes: enjarre (mortero), block y yeso.

$$Q_{\text{PAREDES}} = 5842.416\text{ W}$$

Ganancia de calor por el techo de Bovedilla y Viguetas de Concreto

$$Q_{\text{TECHO}} = 1982.225\text{ W}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{PAREDES}} + Q_{\text{TECHO}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 5842.416\text{ W} + 1982.225\text{ W} = 7824.641\text{ W}$$

$$\text{Ton} = 7.824\text{ KW} (0.284333\text{ TR/KW}) = 2.2\text{ TR}$$

$$\text{Consumo Eléctrico} = 2.2\text{ TR} (432\text{ KWh} / 1\text{ Ton}) = 950.4\text{ KWh}$$

$$\text{Costo energético} = 950\text{ KWh} \ \$1.8/\text{KWh} = \$1710.72$$

$Q_{\text{TOTAL}}$	2.2 Ton
Consumo eléctrico	950 KWh/mes
Costo Energético	\$1711 / mes

### Caso MegaPark-MegaPark.

Se consideran los materiales más importantes.

#### **Cálculo de las ganancias de calor por las paredes.**

Área de cada pared;  $A = 8\text{m} \times 6\text{m} = 48\text{m}^2$

Materiales de las paredes: enjarre (mortero), yeso, fibra de vidrio R11 y yeso.

Propiedades de los materiales de las paredes

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Enjarre (cemento-arena)	0.01	0.63
Fibra de vidrio R11	0.0889	0.040
Yeso	0.01	0.46

$$Q_{\text{PAREDES}} = 1\,148.376\text{ W}$$

#### **Cálculo de la ganancia de calor por el techo.**

Área del techo;  $A = 8\text{m} \times 8\text{m} = 64\text{m}^2$

Materiales del techo: yeso, lámina galvanizada, fibra de vidrio y yeso.

Propiedades de los materiales del techo

Material	$X_i$ (m)	$k_i$ (W/m °C)
Yeso	0.0127	0.46
Lámina galvanizada	0.000429	36.33
Fibra de vidrio R19	0.1524	0.040
Yeso	0.0127	0.46

$$Q_{\text{TECHO}} = 256\text{ W}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{PAREDES}} + Q_{\text{TECHO}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1\,148.376\text{ W} + 256\text{ W} = 1\,404.376\text{ W} = 1.404\text{ KW}$$

$$\text{Ton} = 1.404\text{ KW} (0.284333\text{ TR/KW}) = 0.3993\text{ TR} = 0.4\text{ TR}$$

$$\text{Consumo Eléctrico} = 0.4\text{ TR} (432\text{ KWh} / 1\text{ Ton}) = 172.8\text{ KWh}$$

$$\text{Costo energético} = 172.8\text{ KWh} \ \$1.8/\text{KWh} = \$311$$

**$Q_{\text{TOTAL}}$  0.4 Ton**  
**Consumo eléctrico 173 KWh/mes**  
**Costo Energético \$ 311 / mes**