

giz



Estudio de Optimización de la Eficiencia Energética en Viviendas de Interés Social

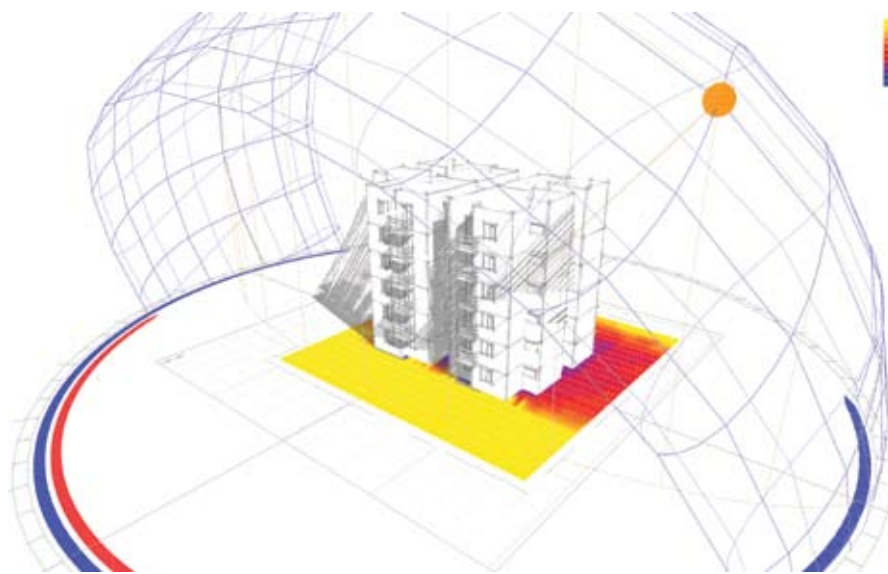
Programa de Energía Sustentable en México
Componente Edificación



www.infonavit.org.mx • www.giz.de

Propuestas de Optimización de la Eficiencia Energética en Viviendas de Interés Social.

Seis regiones bioclimáticas.



hidalgo

puebla

monterrey

hermosillo

mérida

cancún

Preparado por:
LOW CARBON **architecture**
para GOPA – Integration.

Liliana Campos Arriaga
Arq. MSc. PhD.

México
Programa Energía Sustentable
Componente Edificación, GIZ

Mayo de 2011

GOPA Consultants

Hindenburgring 18
61348 Bad Homburg
Teléfono: +49-6172-930 215
Fax: +49-6172-930 200
E-mail: gopa-en@gopa.de

INTEGRATION

Bahnhofstraße 9
91322 Gräfenberg
Teléfono: +49-9192-9959-0
Fax: +49-9192-9959-10
E-mail: int-ee@integration.org

Indice

Introducción	_____	1
Metodología	_____	3
Región 1.	Hidalgo. Clima semifrío seco.	7
	Análisis del sitio	8
	Vivienda adosada.	9
	Vivienda dúplex.	14
	Vivienda aislada.	19
	Vivienda vertical.	24
Región 2.	Puebla. Clima semifrío.	30
	Análisis del sitio	31
	Vivienda adosada.	32
	Vivienda dúplex.	37
	Vivienda aislada.	42
	Vivienda vertical.	47
Región 7.	Monterrey. Clima cálido seco.	53
	Análisis del sitio	54
	Vivienda adosada.	55
	Vivienda dúplex.	60
	Vivienda aislada.	65
	Vivienda vertical.	70
Región 8.	Hermosillo. Clima cálido seco extremoso.	76
	Análisis del sitio	77
	Vivienda adosada.	78
	Vivienda dúplex.	83
	Vivienda aislada.	88
	Vivienda vertical.	93
Región 9.	Mérida. Clima cálido semihúmedo.	99
	Análisis del sitio	100
	Vivienda adosada.	101
	Vivienda dúplex.	106
	Vivienda aislada.	111
	Vivienda vertical.	116
Región 10.	Cancún. Clima cálido húmedo.	122
	Análisis del sitio	123
	Vivienda adosada.	124
	Vivienda dúplex.	129
	Vivienda aislada.	134
	Vivienda vertical.	139
Abreviaturas y Glosario	_____	145
Anexos	_____	146

Índice de figuras

Análisis del sitio. Región 1	8
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda adosada. Región 1	11
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda adosada Región 1	11
Balances térmicos. Vivienda adosada Región 1.	12
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda dúplex Región 1	16
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda dúplex Región 1	16
Balances térmicos. Vivienda dúplex Región 1.	17
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda aislada Región 1	21
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda aislada Región 1	21
Balances térmicos. Vivienda aislada Región 1.	22
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda vertical Región 1	26
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda vertical Región 1	26
Balances térmicos. Vivienda vertical Región 1.	27
Análisis del sitio. Región 2	31
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda adosada. Región 2	34
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda adosada Región 2	34
Balances térmicos. Vivienda adosada Región 2.	35
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda dúplex Región 2	39
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda dúplex Región 2	39
Balances térmicos. Vivienda dúplex Región 2.	40
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda aislada Región 2	44
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda aislada Región 2	44
Balances térmicos. Vivienda aislada Región 2.	45
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda vertical Región 2	49
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda vertical Región 2	49
Balances térmicos. Vivienda vertical Región 2.	50
Análisis del sitio. Región 7	54
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda adosada. Región 7	57
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda adosada Región 7	57
Balances térmicos. Vivienda adosada Región 7.	58
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda dúplex Región 7	62
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda dúplex Región 7	62
Balances térmicos. Vivienda dúplex Región 7.	63
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda aislada Región 7	67
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda aislada Región 7	67
Balances térmicos. Vivienda aislada Región 7.	68
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda vertical Región 7	72
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda vertical Región 7	72
Balances térmicos. Vivienda vertical Región 7.	73

Índice de figuras

Análisis del sitio. Región 8.	77
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda adosada. Región 8	80
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda adosada Región 8	80
Balances térmicos. Vivienda adosada Región 8.	81
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda dúplex Región 8	85
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda dúplex Región 8	85
Balances térmicos. Vivienda dúplex Región 8.	86
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda aislada Región 8	90
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda aislada Región 8	90
Balances térmicos. Vivienda aislada Región 8.	91
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda vertical Región 8	95
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda vertical Región 8	95
Balances térmicos. Vivienda vertical Región 8.	96
Análisis del sitio. Región 9.	100
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda adosada. Región 9	103
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda adosada Región 9	103
Balances térmicos. Vivienda adosada Región 9.	104
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda dúplex Región 9	108
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda dúplex Región 9	108
Balances térmicos. Vivienda dúplex Región 9.	109
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda aislada Región 9	113
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda aislada Región 9	113
Balances térmicos. Vivienda aislada Región 9.	114
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda vertical Región 9	118
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda vertical Región 9	118
Balances térmicos. Vivienda vertical Región 9.	119
Análisis del sitio. Región 10.	123
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda adosada. Región 10	126
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda adosada Región 10	126
Balances térmicos. Vivienda adosada Región 10.	127
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda dúplex Región 10	131
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda dúplex Región 10	131
Balances térmicos. Vivienda dúplex Región 10.	132
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda aislada Región 10	136
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda aislada Región 10	136
Balances térmicos. Vivienda aislada Región 10.	137
Visualizaciones de estrategias de eficiencia energética. Vivienda vertical Región 10	141
Gráfica comparativa de valores R para muros y losas. Vivienda vertical Región 10	141
Balances térmicos. Vivienda vertical Región 10.	142

Índice de tablas

Tablas Región 1

Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda adosada Región 1	10
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda adosada Región 1	10
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda adosada Región 1	13
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda dúplex Región 1	15
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda dúplex Región 1	15
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda dúplex Región 1	18
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda aislada Región 1	20
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda aislada Región 1	20
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda aislada Región 1	23
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda vertical Región 1	25
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda vertical Región 1	25
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda vertical Región 1	28

Tablas Región 2

Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda adosada Región 2	33
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda adosada Región 2	33
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda adosada Región 2	36
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda dúplex Región 2	38
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda dúplex Región 2	38
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda dúplex Región 2	41
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda aislada Región 2	43
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda aislada Región 2	43
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda aislada Región 2	46
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda vertical Región 2	48
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda vertical Región 2	48
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda vertical Región 2	51

Tablas Región 7

Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda adosada Región 7	56
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda adosada Región 7	56
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda adosada Región 7	59
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda dúplex Región 7	61
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda dúplex Región 7	61
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda dúplex Región 7	64
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda aislada Región 7	66
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda aislada Región 7	66
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda aislada Región 7	69
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda vertical Región 7	71
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda vertical Región 7	71
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda vertical Región 7	74

Índice de tablas

Tablas Región 8

Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda adosada Región 8	79
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda adosada Región 8	79
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda adosada Región 8	82
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda dúplex Región 8	84
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda dúplex Región 8	84
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda dúplex Región 8	87
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda aislada Región 8	89
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda aislada Región 8	89
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda aislada Región 8	92
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda vertical Región 8	94
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda vertical Región 8	94
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda vertical Región 8	97

Tablas Región 9

Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda adosada Región 9	102
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda adosada Región 9	102
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda adosada Región 9	105
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda dúplex Región 9	107
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda dúplex Región 9	107
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda dúplex Región 9	110
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda aislada Región 9	112
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda aislada Región 9	112
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda aislada Región 9	115
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda vertical Región 9	117
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda vertical Región 9	117
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda vertical Región 9	120

Tablas Región 10

Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda adosada Región 10	125
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda adosada Región 10	125
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda adosada Región 10	128
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda dúplex Región 10	130
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda dúplex Región 10	130
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda dúplex Región 10	133
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda aislada Región 10	135
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda aislada Región 10	135
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda aislada Región 10	138
Comparativo de demandas térmicas anuales. Vivienda vertical Región 10	140
Costos y emisiones de CO ₂ . Vivienda vertical Región 10	140
Comparativo de distribución de temperaturas. Vivienda vertical Región 10	143

Resumen ejecutivo

El presente trabajo forma parte del proyecto de Componente Energía Sustentable en la Edificación, de la Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) y reporta los resultados de los análisis térmicos dinámicos del desempeño energético de los casos base y las medidas de optimización energética en cuatro tipologías de vivienda de interés social: adosada, dúplex, aislada y vertical, para seis regiones bioclimáticas y ha sido elaborado por LOW CARBON **architecture** por encargo de GIZ / GOPA - Integration.

Después de analizar las condiciones de temperatura, viento y humedad de las seis regiones y el desempeño térmico de los casos base, se propusieron y analizaron dos escenarios de diseño por tipología para incrementar la eficiencia energética de las viviendas. Los costos directos asociados con la inversión adicional necesaria para la implementación de los escenarios propuestos, oscilan en entre los 10 mil y 20 mil pesos (MXN); lo que los ubica dentro del marco de la Hipoteca Verde¹.

Se reportaron los resultados en forma de distribución anual de temperaturas por zonas térmicas, horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual por zona térmica, demandas anuales totales de enfriamiento y calefacción y emisiones anuales de CO₂ por vivienda, derivadas del consumo eléctrico.

Se encontró que el desempeño térmico de las viviendas varió significativamente de acuerdo a la región en la que se encuentre. En términos generales, las demandas térmicas más bajas se presentaron en la Región 2 – Puebla (clima semifrío) y las más altas en la Región 8 – Hermosillo (clima cálido seco extremo), como se ilustra en la siguiente tabla:

Demanda térmica anual (kWh/m ²). Casos Base.				
	Adosada	Dúplex	Aislada	Vertical
Región 2 (Puebla)	7	35	29	35
Región 8 (Hermosillo)	101	222	142	150

Los resultados de este estudio muestran que para las regiones cálidas la distribución anual de temperaturas al interior de las viviendas no se ubica en rangos aceptables de confort térmico; lo que conllevaría, eventualmente, a la instalación de equipos de aire acondicionado. Se encontró también que las mayores demandas energéticas se presentaron en la tipología dúplex, requiriendo una mayor inversión para reducir las demandas. Esto comprueba la importancia de diseñar y construir con soluciones específicas para cada región y el riesgo que implica adoptar indistintamente los mismos sistemas constructivos y de diseño.

Implementando las medidas de optimización de la eficiencia energética analizadas en este documento se pueden conseguir, en algunos casos, reducciones en la demanda energética de casi 90% aún en los climas más demandantes, como es el caso del clima cálido seco extremo.

¹La Hipoteca Verde es un monto adicional al crédito INFONAVIT para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda que cuente con ecotecnologías que generen ahorros en el gasto familiar por la disminución en el consumo de energía eléctrica, agua y gas.

Introducción

La Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) contrató en Septiembre 2009 al Consorcio **GOPA – Integration** con el objetivo de asesorar la Componente “Energía Sustentable en la Edificación”, la cual forma parte del programa “Energía Sustentable en México”, ejecutado por la **GIZ**. Una de las contrapartes es el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (**INFONAVIT**).

Una gran parte del financiamiento otorgado por la Hipoteca Verde está orientado a reducir la demanda energética en zonas climáticas cálidas y al mejoramiento de las condiciones de confort para los usuarios.

Tanto INFONAVIT como GIZ están de acuerdo que las medidas aplicadas para el mejoramiento del confort en viviendas durante los últimos dos años todavía no alcanzaron un punto óptimo. Existe un potencial de mejoramiento, dado principalmente por las altas demandas energéticas, principalmente en las zonas cálidas del país, y por la factibilidad de reducir costos.

El INFONAVIT con el asesoramiento del Componente “Energía Sustentable en la Edificación” tiene la intención de incrementar la eficiencia energética de las viviendas, generando de este modo, nuevas perspectivas que puedan contar con el apoyo de la Hipoteca Verde, así como la disseminación del uso de ecotecnologías.

Con este fin, en una primera etapa se realizó un levantamiento de información de viviendas construidas en el 2009 con y sin equipamiento de ecotecnologías según las premisas de la Hipoteca Verde. El presente trabajo se basa en la información recabada en esta primera etapa para viviendas con ecotecnologías (ganancias de calor internas por equipos y luminarios, los patrones de uso, número de habitantes, entre otros), así como la información provista por cuatro desarrolladores de vivienda (sistemas constructivos, materiales, etc) sobre viviendas realizadas recientemente.

En una siguiente etapa, que da inicio con este trabajo, GIZ e INFONAVIT acordaron llevar a cabo un análisis de las condiciones energéticas actuales de las viviendas y definir medidas de mejoramiento de la eficiencia energética. Estas medidas se centraron principalmente en mejoras a la envolvente existente, la incorporación de algunos elementos arquitectónicos (dispositivos de sombra o celosías en algunas regiones) y en algunos casos, soluciones constructivas diferentes a las del caso base, dependiendo de la zona climática.

Se analizó el desempeño energético y propuestas de optimización energética en viviendas en las siguientes regiones bioclimáticas, identificadas según la clasificación de CONAVI¹ :

Hidalgo	(Clima semifrío seco – Región 1)
Puebla	(Clima semifrío – Región 2)
Monterrey	(Clima cálido seco – Región 7)
Hermosillo	(Clima cálido seco extremoso – Región 8)
Mérida	(Clima semihúmedo – Región 9)
Cancún	(Clima húmedo – Región 10)

¹ CONAVI (2007). Código de edificación de vivienda. México: Comisión Nacional de Vivienda.

En cada región bioclimática se analizaron cuatro tipologías de vivienda: Adosada, Dúplex, Aislada y Vertical.

Para efectos de este trabajo se entiende por:

Vivienda adosada: Que está construido unido a otros, con los que comparte una o más paredes laterales.

Vivienda dúplex: Que comparte una losa de entrepiso, hasta dos niveles. Conjunto de dos pisos superpuestos y unidos por una escalera interior.

Vivienda aislada: Que no comparte paredes laterales ni losas de entrepiso.

Vivienda vertical: Que comparte losa de entrepiso, en un edificio de más de dos niveles.

El presente trabajo reporta los resultados de los análisis de desempeño energético del caso base y de dos escenarios de optimización de la eficiencia energética en estas cuatro tipologías de vivienda.

Objetivos del trabajo

- Determinar, a través de la simulación térmica dinámica el consumo y nivel de confort del estándar construido hoy en México para viviendas de interés social (A estas condiciones actuales se les ha denominado “caso base”).
- Identificar mejoras a nivel de diseño arquitectónico como también de materiales y soluciones constructivas, que mejoren el desempeño energético en enfriamiento o calentamiento y el nivel de confort para cada una de los tipos básicos de viviendas y zonas climáticas seleccionadas. Las medidas seleccionadas deberán ser factibles de aplicarse dentro del contexto del negocio y financiero de las viviendas de interés social, con el objetivo de asegurar su replicabilidad.
- Integrar las medidas seleccionadas dentro del análisis de simulación y cuantificar el grado de mejoramiento, en términos del confort y disminución de la demanda energética de enfriamiento o de calefacción.
- Identificar y recomendar especificaciones técnicas para el mejoramiento del desempeño térmico en dos escenarios “económico” y “óptimo” para seis zonas climáticas, de acuerdo con criterios de eficiencia energética y económicos.

Metodología

A continuación se hace una breve descripción de la estructura del presente trabajo, la justificación de la selección de estrategias y la metodología de cálculo empleada para las simulaciones térmicas dinámicas elaboradas para este estudio.

Estructura del trabajo

El presente trabajo se encuentra dividido por región bioclimática. En cada región, y por cada tipología, se reporta lo siguiente:

ANÁLISIS DEL SITIO

Se reporta el análisis de las condiciones climáticas de la región bioclimática en estudio.

DESCRIPCIÓN DE LA ENVOLVENTE

Se describen los materiales y sistemas constructivos utilizados en el caso base. Además se describen los materiales y otras medidas de optimización de la eficiencia energética simuladas en cada escenario.

BALANCE TÉRMICO

El balance térmico muestra de manera gráfica los flujos de calor que ocurren a través de la envolvente de la vivienda. Se reportan los balances térmicos mensuales del caso base y de los escenarios de optimización de eficiencia energética (“económico” y “óptimo”). Se ilustra qué elemento constructivo presenta mayor transferencia de calor y su mejoramiento al aplicar las medidas de eficiencia energética.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

Para el caso base y los escenarios de optimización de la eficiencia energética, se reportan el número de horas al año por zona habitada que se encuentran por encima y por debajo de los rangos de temperatura de confort. Los períodos que se encuentran por debajo de 18°C serán referidos en este estudio como períodos de bajocalentamiento. Los que se encuentren por encima de 25°C serán referidos en este estudio como períodos de sobrecalentamiento.

DEMANDAS TÉRMICAS ANUALES

Se resumen las demandas térmicas anuales para los casos base y los escenarios de optimización de la eficiencia energética en kWh/m².

EMISIONES ANUALES DE CO₂

Se resumen las emisiones anuales de CO₂, producto del consumo de energía eléctrica para climatización, para los casos base y los escenarios de optimización de la eficiencia energética en kg/m². Las emisiones de CO₂ en este estudio, fueron calculadas tomando como base un factor de emisiones de 0.621 kgCO₂/kWh.

TIEMPOS DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Se presenta un cálculo simple² de los períodos de retorno de la inversión (en años) de los escenarios de optimización de la eficiencia energética tomando en cuenta los ahorros en el consumo de energía eléctrica, producto de su implementación. Para su cálculo, se consideraron las tarifas de energía eléctrica que rigen en el 2011 a las viviendas de interés social en las regiones bioclimáticas de estudio.

Sobre la selección de las estrategias

Para cada tipología en cada región bioclimática, se realizaron análisis del desempeño energético del caso base y de dos escenarios de optimización de la eficiencia energética.

Estos escenarios han sido denominados en este estudio como escenario “económico” y escenario “óptimo”. La selección de estrategias se determinó en primer término en base a los balances térmicos obtenidos de los casos base y en segundo término en base a costos que pudieran ser implementados en viviendas de interés social, correspondiendo el escenario “económico” a los montos máximos vigentes al 2011 para la Hipoteca Verde, y el escenario “óptimo” en aquellas estrategias de optimización de la eficiencia energética de mayor costo.

De este modo, se enfocaron las medidas de eficiencia energética en aquellos elementos de la envolvente (muros, losas, ventanas) que mostraban mayor transferencia de calor con soluciones que se ajustaran a estos costos.

En todos los casos, los montos reportados en este estudio para implementar los escenarios de eficiencia energética, son costos directos al menudeo, cotizados en el periodo Febrero – Abril de 2011. Éstos representan la inversión adicional que se tiene que efectuar para su implementación con respeto al caso base.

Por lo tanto, los escenarios presentados en este estudio como “óptimos”, si bien son mejores que los casos base y los escenarios “económicos” desde un punto de vista técnico, están evidentemente limitados a la capacidad financiera de los acreditados.

Es importante señalar que las medidas de optimización de la eficiencia energética disponibles para el sector vivienda no se limitan a las presentadas en este estudio. Sin embargo las soluciones aquí descritas son válidas para éste y otros sectores de vivienda.

Metodología de cálculo

Dependiendo del tipo de clima en el que se encuentre el edificio en estudio, es posible aprovechar las propiedades de cada tipo de elemento arquitectónico y, más aún, la asociación entre varios elementos, para que brinden resultados satisfactorios de confort térmico durante la mayor parte del día y la noche, y una distribución de calor adecuada en toda la vivienda.

² Este cálculo no considera los efectos de la inflación o los beneficios que se podrían obtener al reducir subsidios en las tarifas de electricidad.

Se debe tener en cuenta que los distintos comportamientos térmicos pueden variar no sólo en el ciclo día-noche sino también en ciclos secuenciales, como una serie de días nublados y luego soleados, ciclos estacionales e incluso anuales. En la mayoría de los casos se hace casi imprescindible asociar los elementos arquitectónicos (específicamente de su envolvente) con una inercia térmica y con ganancias instantáneas, que permitan una regulación adecuada de la energía. De este modo, el problema de dosificación entre capacidad térmica total y superficie total de captación está directamente relacionado con las características del clima. Es por esto que los aspectos dinámicos del comportamiento térmico de estos elementos, resultan de primordial importancia para el control de los flujos energéticos entrantes y salientes, ya que varían constantemente a lo largo del tiempo.

Por lo anterior, las simulaciones térmicas realizadas en este estudio, se elaboraron utilizando el régimen dinámico, mediante el software aprobado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, Energy Plus V6.0; utilizando la interface gráfica provista por Design Builder V2.3.

De este modo, se planteó la elaboración de un modelo que permita conocer el comportamiento térmico de la vivienda, estableciendo diferentes grados de simplificación.

Se utilizaron cuatro etapas por hora para los cálculos, utilizando la temperatura operativa como tipo de control. Para los cálculos de sombreado se incluyeron todos los edificios colindantes y se modelaron las reflexiones así como la obstrucción de la radiación solar sobre el suelo con una distribución solar completa en el exterior y un intervalo de sombreado de 10 días.

Se modelaron la ventilación natural y la infiltración calculadas con base a las dimensiones de las aberturas y las grietas, efecto chimenea (si estuviera presente) y presión del viento.

Tanto para el cálculo de las cargas de calefacción y de refrigeración se utilizó un algoritmo de convección interna detallado y el algoritmo DOE-2 para modelar la convección externa; con un criterio de convergencia para el diferencial de temperaturas de 0.0002 K y un criterio de convergencia para las cargas de 0.0002 Watts.

Se han tomado en cuenta las variaciones horarias de temperatura, humedad relativa, etc. y al mismo tiempo las variaciones de las cargas interiores de la vivienda (número de ocupantes, horas de uso de los electrodomésticos, luminarias, etc.). Estos datos necesarios para establecer las ganancias de calor internas por equipos y luminarios, los patrones de uso y el número de habitantes se asignaron de acuerdo con el estudio de GIZ "Determinación de Tipología y Levantamiento de Información Básica - Viviendas financiadas por INFONAVIT".

Los supuestos para el modelado de las ganancias térmicas interiores por número de ocupantes han sido iguales para todas las tipologías en todas las regiones; tanto para los casos base como para los casos de optimización y estos son:

- Número de ocupantes por vivienda: Dos adultos y dos niños
- Taza metabólica (MET³) en dormitorios: 0.90, cocina: 1.5, baño y estancia: 1.2
- Vestimenta (CLO⁴) en invierno: 1.0, verano: 0.5
- Cargas internas por iluminación (para todas las habitaciones): 4 W/m²
- Cargas internas por equipos en dormitorios: 5 W/m²
- Cargas internas por equipos en sala – comedor: 15 W/m²

Para efectos de la simulación, los horarios de ocupación se generan para cada habitación de la vivienda asumiendo usos diferentes entre semana y días de descanso. Por ejemplo para los dormitorios en días laborales se establece una ocupación de dos personas adultas, con actividad sedentaria, de 10pm a 6am.

Para el control ambiental de las simulaciones se establecieron las temperaturas de funcionamiento de calefacción y refrigeración en 18°C y 25°C respectivamente.

En todos los casos, las características térmicas de los materiales para los casos base se obtuvieron de la información suministrada por GIZ y se especifican detalladamente en la sección “Descripción de la envolvente” de cada tipología.

En todos los casos la información climática horaria para cada una de las ciudades estudiadas representa un año meteorológico tipo.

Es importante aclarar que el propósito de una simulación térmica dinámica, como las que se presentan en este estudio, es el de reflejar un comportamiento de la vivienda lo más cercano a la realidad como sea posible. Sin embargo, siempre es necesario emplear elementos de simplificación y suposición de patrones de uso de la vivienda (horas de apertura de ventanas, uso de luminarias y equipos, etc.) que pueden diferir de las condiciones y uso reales de la vivienda.

³ El valor MET corresponde a la cantidad de energía que gasta el ser humano al realizar sus actividades.

⁴ El valor CLO es un coeficiente o unidad de aislamiento referido a la vestimenta que indica el nivel de abrigo de una persona.

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

región 1

hidalgo
semifrío seco

análisis del sitio

región 1

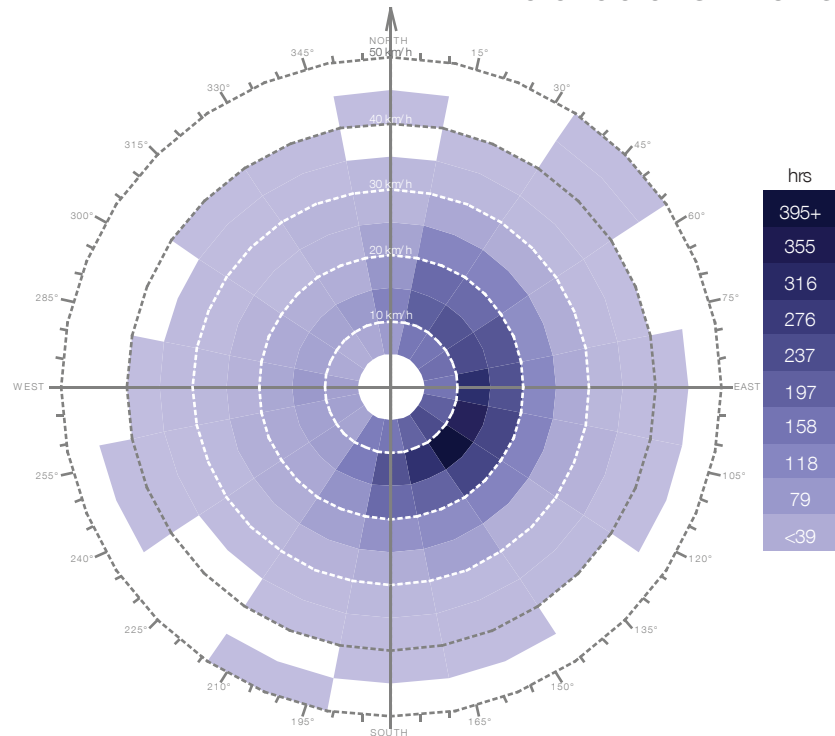
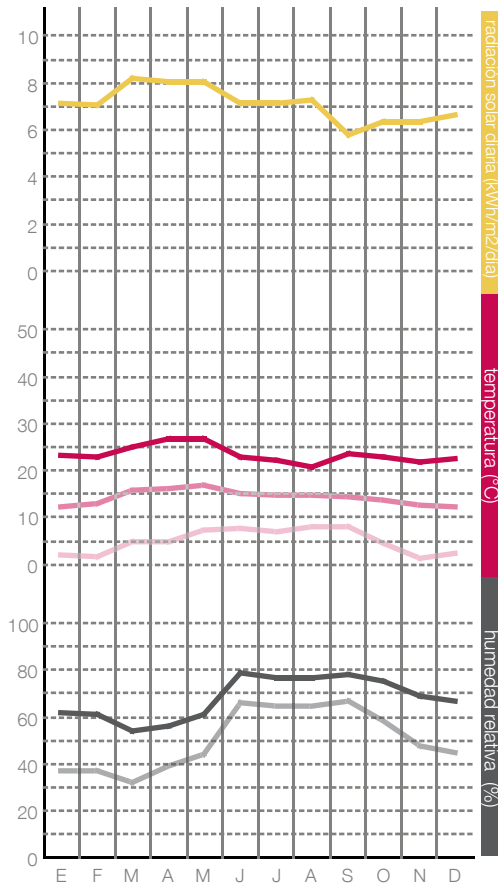
hidalgo
semifrío seco

Latitud: 20.1°

Longitud: -98.7°

Altitud: 2417m

Zona horaria: GMT -6 hrs



La localidad analizada en el estado de Hidalgo se encuentra en la clasificación Köppen-Geiger BSk con temperaturas medias máximas de 27°C en verano y medias mínimas de 0° a 5°C en invierno, con una oscilación diaria entre 10° y 15°C. Las condiciones climáticas del sitio implican un diseño de vivienda que se adapte a condiciones principalmente de frío.

Los vientos dominantes provienen del SurEste, Este y NorEste con velocidades entre los 10 y 20 km/h.

región 1

hidalgo
semifrío seco

Vivienda adosada

La vivienda adosada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 45m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala, comedor y patio de servicio. Estas viviendas comparten un muro de 18m² que colinda con los espacios de dormitorios en ambas viviendas; modelado como una superficie adiabática¹ para efectos de este estudio. El módulo de viviendas adosadas a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron las dos viviendas adosadas como zonas térmicas independientes y, además, se añadió una vivienda del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por el Consorcio ARA basado en su prototipo Almendros del conjunto Vista Real II.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento exterior en muros a base de placas de EPS, uso de impermeabilizante acrílico reflectivo en cubierta y la incorporación de cancelería con ventana de doble cristal. El costo directo de estas estrategias se estima en **\$19,565**.

Para el escenario “óptimo” se ha mejorado la resistividad del aislante en muros, se ha incorporado aislamiento en cubierta y se utilizaron ventanas de doble cristal. El costo directo de implementar este sistema se estima en **\$24,425**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción, con respecto al caso base, del **89%** y **93%** respectivamente.

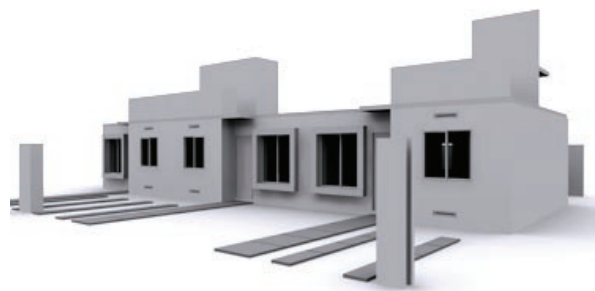
*Nota: Los planos de la vivienda adosada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 1

hidalgo
semifrío seco

resumen ejecutivo /adosada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **adosada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	13	1	1
Reducción de demanda térmica (%)		89%	93%

La demanda energética de calefacción de esta vivienda puede reducirse en un 93% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el caso “óptimo”.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	8	1	1
Tiempo de retorno de inversión (años)		78	97

Invirtiendo un estimado de \$24,425 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el escenario óptimo se pueden reducir en un 93% las emisiones de CO₂ con respecto al caso base.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios de la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros.
- Mejorar desempeño térmico de la cubierta, durante todo el año.
- Mejorar la especificación de ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de calefacción mayor de 1kWh/m² cinco meses al año. La demanda de enfriamiento es mínima.

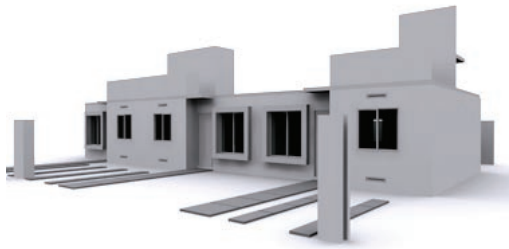
conclusión

Para la vivienda adosada en la región de Hidalgo, si se invierte un estimado de \$19,565 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “económico” se puede reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 89%. Es importante señalar que mientras que los escenarios reflejan un incremento en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no son necesariamente viables y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

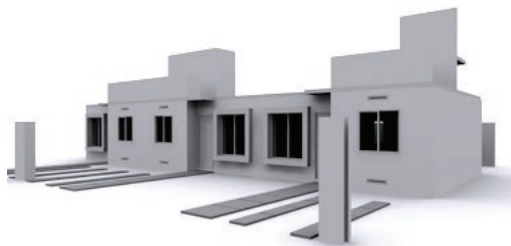
adosada

caso base



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm)	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 1.22 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas 5cm de EPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.35 m²K/W	Valor R= 1.56 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

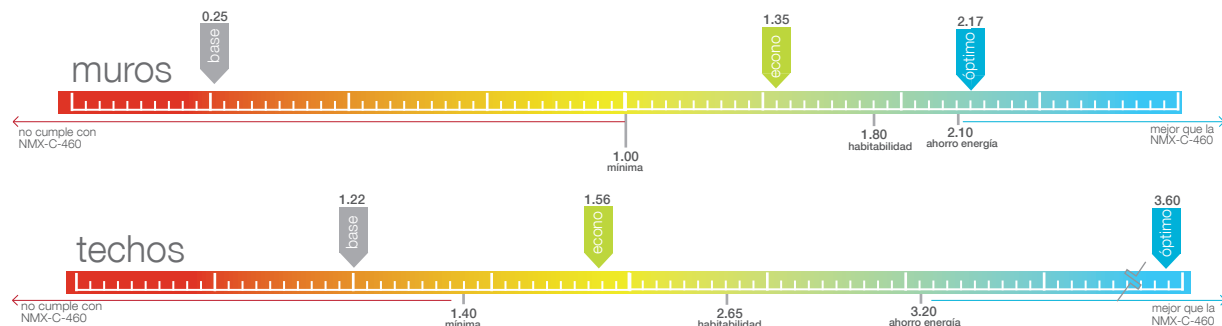
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas de 5 cm XPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta y casetones de poliestireno + placas de XPS* de 5cm en exterior. Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R= 2.17 m²K/W	Valor R= 3.60 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



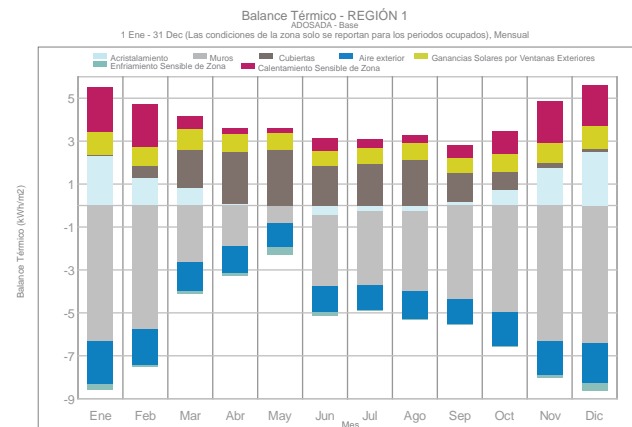
balance térmico

caso base

La mayor transferencia de calor se da a través de los **muros**, especialmente en invierno, alcanzando pérdidas de **6.5 kWh/m²** en el mes de **Diciembre**.

5 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de energía para calentamiento. El requerimiento de calentamiento anual es de **11.2 kWh/m²**

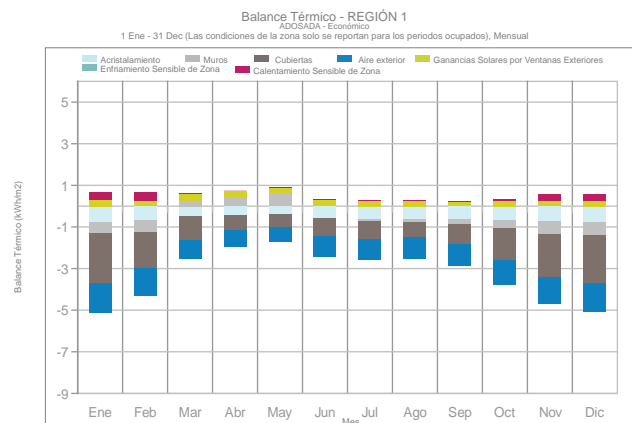
adosada



propuesta económica

El aislamiento en muros reduce las pérdidas de calor en el mes de **Diciembre a 0.6 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **89%** con respecto al caso base.

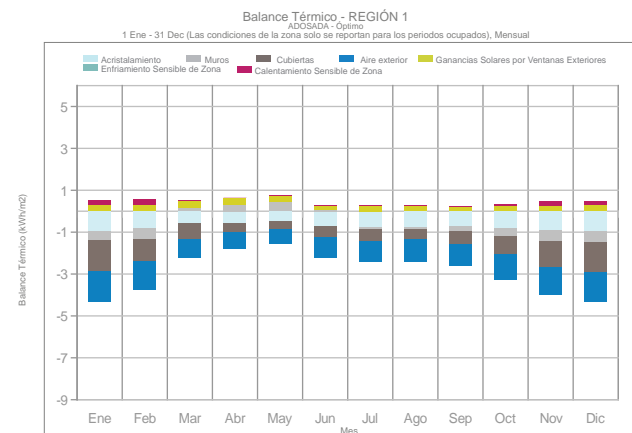
0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de energía para calentamiento. El requerimiento de calentamiento anual se reduce a **1.5 kWh/m²**



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor en el mes de **Diciembre a 0.5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **93%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. El requerimiento de calentamiento anual se reduce a **1 kWh/m²**



distribución de temperaturas

adosada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	197	0	0
Estar B	0	0	0
Dorm 1 A	47	0	0
Dorm 2 A	0	0	0
Dorm 1 B	58	0	0
Dorm 2 B	0	0	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	3,264	700	204
Estar B	1,557	379	86
Dorm 1 A	1,699	94	9
Dorm 2 A	2,770	345	30
Dorm 1 B	1,537	84	7
Dorm 2 B	2,592	287	23

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” en la vivienda adosada para la región 1, reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un **80%**. El caso “óptimo” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un **90%** con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	1813	6947	5497	4062	2799	1841	1093	490	197	87	28	3	0	0	0	0
Estar B	305	8456	7203	4822	2265	847	157	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	451	8309	7061	5181	3153	1717	761	224	47	8	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	914	7846	5990	3425	1417	510	163	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	349	8412	7223	5272	3091	1655	698	223	58	13	1	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	698	8062	6168	3374	1234	397	103	3	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	40	8721	8060	4798	1223	123	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar B	8	8752	8381	4832	724	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	3	8757	8667	6963	2484	286	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	1	8759	8416	4811	857	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	3	8757	8676	6978	2397	248	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	1	8759	8474	4764	713	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	5	8755	8557	6308	1886	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar B	2	8758	8674	6621	1619	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	8760	8752	8102	4461	1051	161	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	8760	8730	6879	1542	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	8760	8753	8116	4412	1033	153	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	0	8760	8738	6918	1448	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

región 1

hidalgo
semifrío seco

Vivienda dúplex

La vivienda dúplex objeto de estudio tiene una superficie de construcción de casi 40m² y está compuesta de una recámara, un baño, cocina, sala-comedor y cuarto de lavado. Estas viviendas comparten la losa de entrepiso de concreto armado; modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas dúplex a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron cuatro viviendas. Las viviendas de planta baja y planta alta como zonas térmicas independientes que comparten el muro del cuarto de lavado con el siguiente bloque de viviendas (planta alta y planta baja) hacia el Este. Además, se añadieron las viviendas del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la promotora SADASI basado en su prototipo del conjunto Prado Norte.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y el uso de ventanas de doble vidrio. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$10,220.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido en muros y cubierta y ventanas dobles de baja emisividad. El costo directo estimado por implementar estas estrategias es de \$17,795.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 84% y 96% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda dúplex se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 1

hidalgo
semifrío seco

resumen ejecutivo / dúplex

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **dúplex**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	46	7	2
Reducción de demanda térmica (%)		84%	96%

Las demandas energéticas de calefacción de esta vivienda pueden reducirse en un 96% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	29	5	1
Tiempo de retorno de inversión (años)		4	7

Invirtiendo un estimado de \$17,795 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo", se pueden reducir en un 96% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 7 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Tres espacios en la vivienda presentaron desviaciones durante todo el año del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir pérdidas de calor por conducción en muros, durante todo el año.
- Reducir transferencia de calor por conducción en cubierta.
- Mejorar la especificación de ventanas y superficies translúcidas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de calefacción superior a 1 kWh/m² diez meses al año y una demanda anual de enfriamiento de 10.6 kWh/m².

conclusión:

Se recomienda invertir un estimado de \$17,795 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para tener un retorno de la inversión en 7 años; reduciendo en algunas zonas hasta en un 15% las horas de bajocalentamiento anual.

descripción de la envolvente

dúplex

caso base



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 10 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 0.28 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



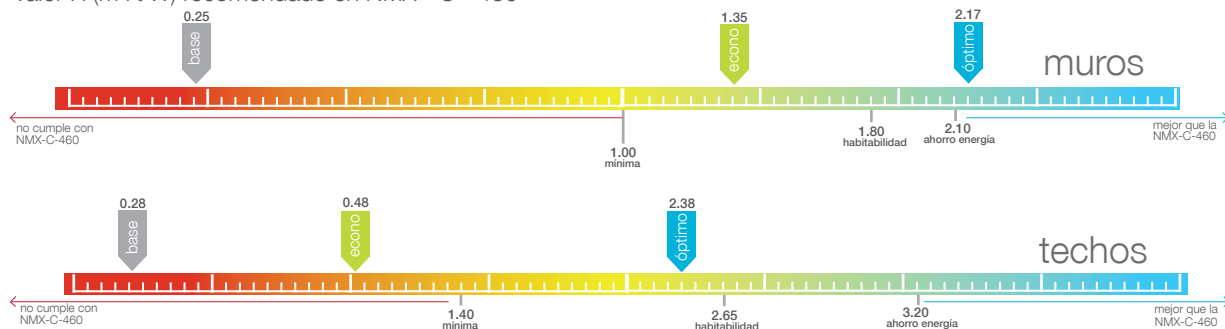
muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + acabado impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.35 m²K/W	Valor R= 0.48 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

propuesta óptima



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + placas de XPS* 5cm instaladas en exterior. Imperm. acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R 2.17 m²K/W	Valor R= 2.38 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460 * Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



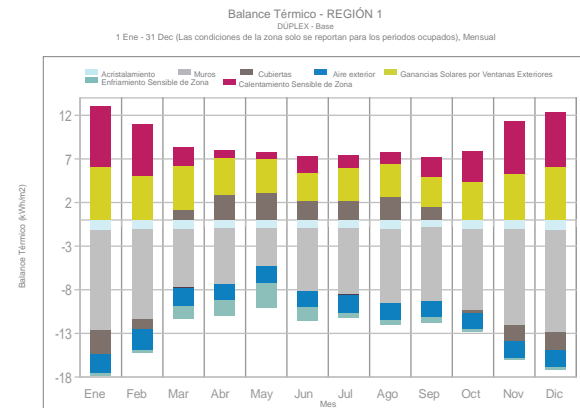
balance térmico

dúplex

caso base

Las mayores pérdidas de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **11.8 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

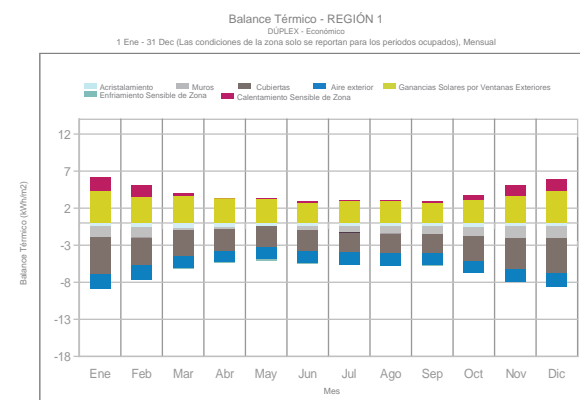
10 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento. La demanda de enfriamiento anual es de **10.6 kWh/m²**



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero** a **2.2 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **20%** con respecto al caso base.

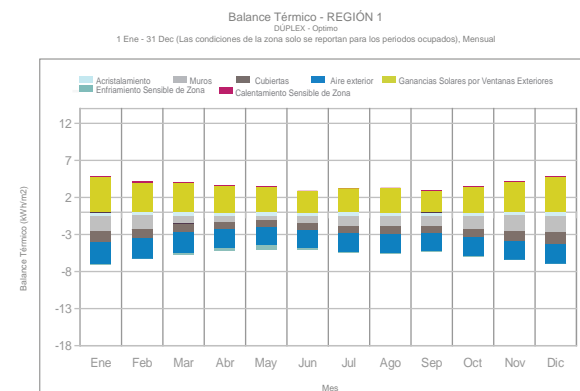
4 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento. La demanda de enfriamiento es mínima.



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor por muros en el mes de **Enero** a **1.7 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **26%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

dúplex

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	1,160	17	28
Estar Sur	1,095	4	14
Dorm Nte	1,099	0	0
Dorm Sur	1,255	0	0
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	10	0	0
Estar Sur	134	0	0
Dorm Nte	194	0	0
Dorm Sur	511	0	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	337	4,466	1,086
Estar Sur	392	4,408	1,556
Dorm Nte	1,738	4,032	306
Dorm Sur	2,174	4,049	709
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	430	4,333	2,926
Estar Sur	416	4,261	3,271
Dorm Nte	1,654	2,450	814
Dorm Sur	2,020	2,701	1,354

El caso “económico” mejora el confort térmico anual en las zonas analizadas en un 80% y el caso “óptimo” en un 90% con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	2964	5796	4925	4123	3359	2687	2102	1580	1160	811	568	398	263	167	107	58
Estar N PA	2397	6363	5431	4487	3578	2779	2124	1554	1095	755	514	338	216	135	74	34
Dorm N PA	2624	6136	5255	4387	3595	2838	2186	1583	1099	750	497	314	182	107	55	26
Dorm S PA	3205	5555	4801	4123	3472	2868	2300	1734	1255	882	610	413	261	161	97	48
PLANTA BAJA																
Estar N PB	1380	7380	5082	2864	1431	586	197	71	10	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	2271	6489	4919	3431	2214	1310	659	319	134	54	11	1	0	0	0	0
Dorm N PB	1699	7061	5428	3889	2603	1699	974	467	194	57	7	0	0	0	0	0
Dorm S PB	2589	6171	5017	4019	3092	2306	1536	896	511	256	109	43	6	1	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	2530	6230	4352	2694	1513	731	324	105	17	0	0	0	0	0	0	0
Estar N PA	2464	6296	4295	2543	1342	594	230	54	4	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PA	1708	7053	4729	2532	1108	392	87	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PA	1929	6832	4711	2779	1439	612	216	39	0	0	0	0	0	0	0	0
PLANTA BAJA																
Estar N PB	1373	7388	4427	1707	449	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	1541	7219	4499	1997	653	171	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PB	374	8386	6311	2639	609	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	616	8145	6059	2936	976	203	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	427	8333	7205	4937	2786	1398	539	155	28	0	0	0	0	0	0	0
Estar N PA	229	8531	7674	5460	2954	1339	470	107	14	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PA	27	8734	8454	6844	3856	1558	311	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PA	130	8630	8052	6039	3381	1525	44	72	0	0	0	0	0	0	0	0
PLANTA BAJA																
Estar N PB	639	8121	5834	2480	650	111	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	862	7898	5489	2506	788	185	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PB	67	8694	7946	4585	1422	168	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	189	8572	7406	4178	1532	297	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

región 1

hidalgo
semifrío seco

Vivienda aislada

La vivienda aislada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 44.7m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estas viviendas no comparten ni muros ni losas con las viviendas colindantes. La vivienda aislada a simular como caso base presenta un muro Oeste sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte. El terreno, colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modeló la vivienda con cuatro zonas térmicas (dos recámaras, zona de estar y baño). Se consideró el siguiente módulo de vivienda, hacia el Este, para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por Consorcio Hogar, basado en su prototipo Sierra del desarrollo Valle Floresta.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y uso de ventanas de doble vidrio. El costo directo estimado de estas estrategias es de **\$23,050**.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido (XPS) en muros y cubierta y ventanas con doble cristal de baja emisividad. El costo directo estimado para implementar estas estrategias es de **\$37,200**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las cargas de refrigeración y calefacción de **70%** y **93%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda aislada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 1

hidalgo
semifrío

resumen ejecutivo / aislada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **aislada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	43	13	3
Reducción de demanda térmica (%)		70%	93%

La demanda energética de calefacción de esta vivienda puede reducirse en un 93% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario "óptimo".

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	27	8	2
Tiempo de retorno de inversión (años)		9.6	13.7

Invirtiendo un estimado de \$37,200 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir en un 93% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: 3 espacios en la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir pérdidas de calor por conducción en cubierta todo el año.
- Mejorar la especificación de las ventanas.
- Mejorar el desempeño térmico de los muros.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de energía para calefacción mayor a 1kWh/m² doce meses al año. La demanda de enfriamiento es mínima.

conclusión:

Se recomienda invertir un estimado de \$23,050 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para reducir en un 70% las demandas energéticas de la vivienda. Es importante señalar que mientras que el escenario "óptimo" refleja un incremento significativo en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no es necesariamente viable y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

aislada

caso base



muros	techos	ventanas
De block hueco de jalcreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 12 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.858
Valor R= 0.37 m²K/W	Valor R= 0.30 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (12cm) + Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.50 m²K/W	Valor R= 0.50 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

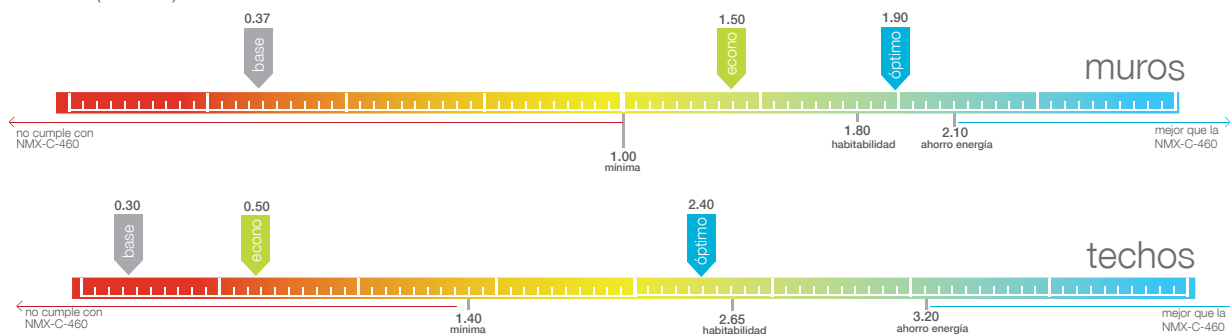
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de esp. + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (12cm) + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Imper. acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R= 1.90 m²K/W	Valor R= 2.40 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



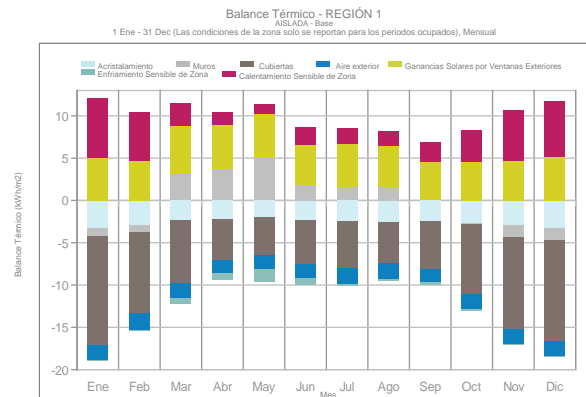
balance térmico

aislada

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** y las mayores pérdidas por conducción en la **cubierta**, alcanzando **12.9 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

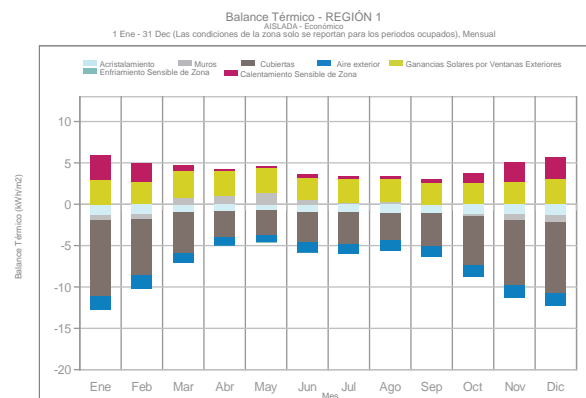
12 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento. La demanda de calentamiento anual es de **39 kWh/m²**.



propuesta económica

Se reducen las pérdidas de calor por conducción en la cubierta en el mes de **Enero a 9.1 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de calefacción en un **70%** con respecto al caso base.

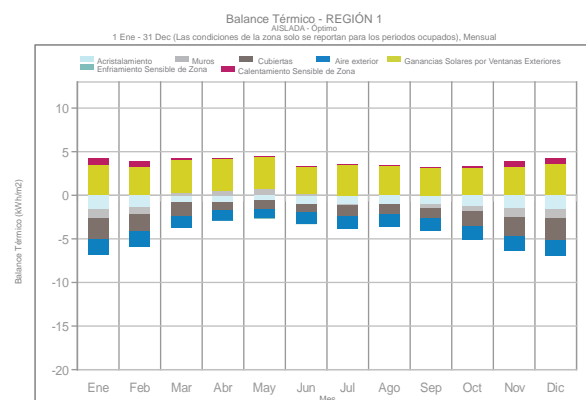
5 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento. La demanda anual de calentamiento se reduce a de **13 kWh/m²**.



propuesta óptima

El aislamiento térmico en cubierta reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero a 2.5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de calefacción en un **93%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento. La demanda anual de calentamiento se reduce a **3 kWh/m²**.



distribución de temperaturas

aislada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	162	2	0
Dorm 1	459	4	0
Dorm 2	360	10	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	4,887	4,528	2,200
Dorm 1	4,497	3,997	1,316
Dorm 2	4,835	4,089	1,548

Implementar en la región 1 las medidas de eficiencia energética en la vivienda aislada descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un **20%**. El caso “óptimo” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un **70%** con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	3737	5023	3873	2933	2070	1180	610	330	162	84	30	6	0	0	0	0
Dorm 1 A	3426	5334	4263	3371	2597	1868	1208	757	459	253	123	59	23	1	0	0
Dorm 2 A	3752	5008	3925	3041	2267	1551	951	596	360	208	109	56	30	2	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	2408	6352	4233	2672	1490	491	171	53	2	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	1807	6954	4763	2941	1578	663	229	54	4	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	1977	6784	4671	2873	1542	672	243	67	10	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	478	8283	6560	4108	2288	579	147	26	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	129	8631	7444	4492	2341	861	195	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	244	8517	7212	4524	2380	911	258	49	0	0	0	0	0	0	0	0

región 1

hidalgo
semifrío seco

Vivienda vertical

Los departamentos de la vivienda vertical objeto de estudio están compuestos de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estos departamentos comparten un muro de casi 10m² colindante con las áreas de estar de ambos departamentos y modelada como una superficie adiabática en este estudio. El bloque de vivienda vertical a simular como caso base consiste en dos torres de seis niveles. Cada torre cuenta con dos departamentos por nivel con una superficie de construcción de 50m² cada uno*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se simularon los cuatro departamentos de los pisos de planta baja, 4to nivel y 6to nivel como zonas térmicas independientes.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la constructora AISA basado en su prototipo Torres 475, ubicado en la ciudad de Puebla.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente el uso de aislamiento térmico en muros y ventanas de doble cristal. El costo directo estimado de estas estrategias por departamento es de \$9,237.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido (XPS) en muros y cubierta y ventanas de doble cristal de baja emisividad. El costo directo estimado para implementar estas medidas es de \$13,471.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción del 20% y 26% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda vertical se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 1

hidalgo
semifrío seco

resumen ejecutivo / vertical

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **vertical**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	44	35	33
Reducción de demanda térmica (%)		20%	26%

La demanda energética de calefacción de esta vivienda se puede reducir en un 26% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el caso "óptimo".

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	27	22	20
Tiempo de retorno de inversión (años)		8	10

Invirtiendo un estimado de \$13,471 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir en un 26% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios por vivienda en promedio, presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico. Estas desviaciones variaron dependiendo de la orientación de la zona y fueron más representativas en el último nivel.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Mejorar la especificación térmica de las ventanas. Propiciar hermeticidad.
- Mejorar el desempeño térmico de los muros.
- Reducir las pérdidas de calor por conducción en cubierta.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de calefacción mayor a 3 kWh/m² seis meses al año. La demanda de enfriamiento es mínima.

conclusión:

Se recomienda invertir un estimado de \$9,237 por vivienda en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para reducir las demandas térmicas y las emisiones de CO₂ en un 20%, recuperando la inversión en 8 años.

descripción de la envolvente

vertical

caso base



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero 12x20x38. Acabado impermeabilizado Thermotek.	Losas de vigueta de alma abierta peralte 16cm y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ , capa de compresión de 4cm.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.81 m²K/W	Valor R= 1.63 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + placas EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado pintura blanca.	Losas de vigueta y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ . Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.93 m²K/W	Valor R= 1.70 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

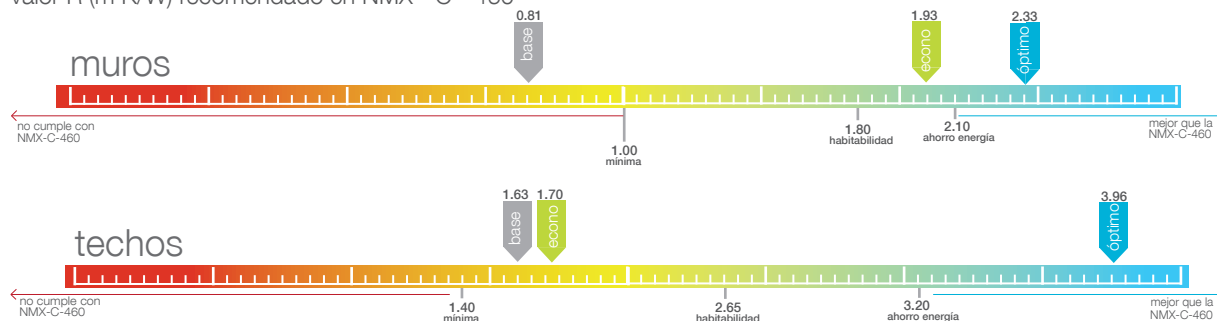
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + placas XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado pintura blanca.	Losas de vigueta y bovedilla de XPS* densidad 12kg/m ³ . Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R= 2.33 m²K/W	Valor R= 3.96 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



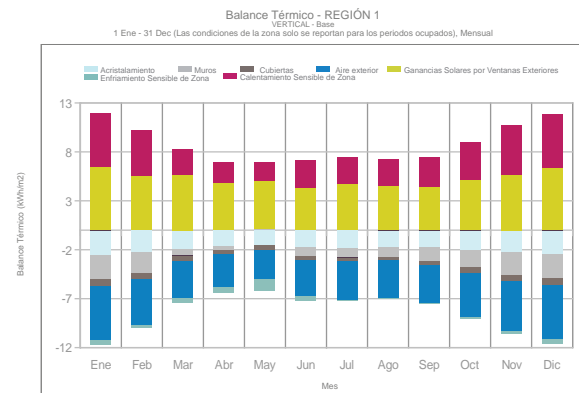
balance térmico

vertical

caso base

Las mayores pérdidas de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando **2.5 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

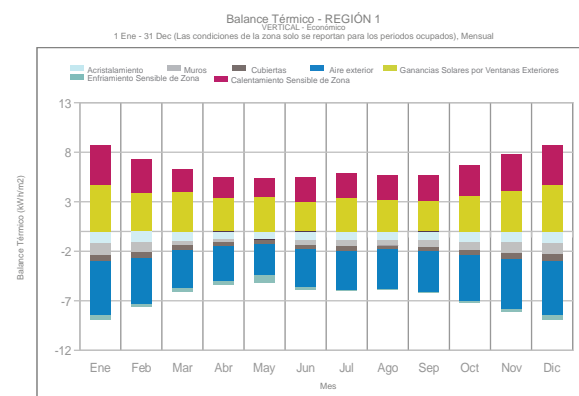
6 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de calentamiento. La demanda anual de calentamiento es de **40 kWh/m²**.



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero** a **1.1 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de calefacción en un **20%** con respecto al caso base.

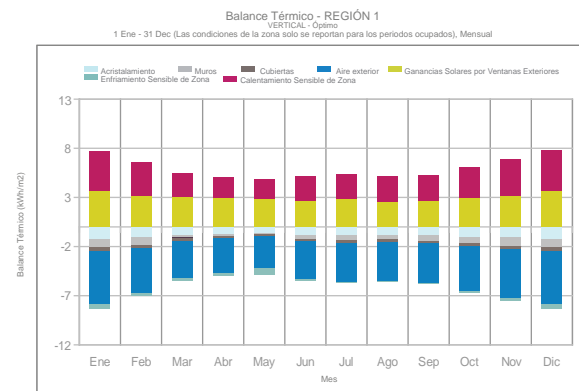
5 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de calentamiento. La demanda anual de calentamiento se reduce a **32 kWh/m²**.



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor por muros en el mes de **Enero** a **0.8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **26%** con respecto al caso base.

5 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de calentamiento. La demanda anual de calentamiento se reduce a **30 kWh/m²**.



distribución de temperaturas

vertical

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	0	0	0
Estar PBE S	0	0	0
Estar PBW N	2	0	0
Estar PBW S	0	0	0
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	526	1,111	726
Estar 4E S	819	1,114	660
Estar 4W N	458	687	419
Estar 4W S	765	1,514	896
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	444	624	537
Estar 6E S	609	756	665
Estar 6W N	459	648	547
Estar 6W S	621	771	643

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	3,204	214	2,427
Estar PBE S	2,955	1,755	2,178
Estar PBW N	3,079	1,141	1,386
Estar PBW S	2,968	1,059	1,297
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	1,296	50	248
Estar 4E S	575	29	200
Estar 4W N	1,513	229	676
Estar 4W S	743	8	69
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	2,866	756	973
Estar 6E S	2,236	362	538
Estar 6W N	2,914	788	988
Estar 6W S	2,277	380	548

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	1210	7550	5556	3576	1906	671	155	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	1017	7744	5805	3904	2285	973	208	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	1209	7551	5681	3805	2111	836	203	44	2	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	1123	7637	5793	3995	2396	1105	280	45	0	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	632	8128	7465	6270	4844	3369	1996	1050	526	277	137	52	24	9	4	0
Estar 4E S	194	8567	8185	7381	6096	4599	2931	1561	819	365	152	41	11	4	0	0
Estar 4W N	734	8026	7247	5935	4452	3040	1760	911	458	239	117	40	15	5	1	0
Estar 4W S	281	8479	8018	7094	5770	4264	2696	1451	765	348	139	48	12	5	0	0
6TO NIVEL																
Estar 6E N	1754	7006	5894	4726	3519	2429	1483	817	444	256	137	66	30	15	5	2
Estar 6E S	1252	7508	6525	5349	4177	3029	1935	1121	609	320	153	58	20	6	3	0
Estar 6W N	1799	6961	5847	4686	3497	2423	1496	824	459	260	147	70	32	15	5	2
Estar 6W S	1286	7474	6483	5313	4133	2994	1933	1118	621	321	159	63	21	6	3	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	333	8427	6746	3871	2124	683	121	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	230	8530	7005	4195	2276	804	151	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	131	8629	7619	4713	2415	802	170	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	106	8654	7701	4941	2508	897	203	11	0	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	4	8756	8711	8501	7976	6652	4442	2202	1111	480	194	63	19	6	0	0
Estar 4E S	5	8755	8731	8594	8079	6640	4443	2321	1114	473	156	42	8	0	0	0
Estar 4W N	49	8711	8531	8051	6933	5107	3033	1480	687	301	107	32	9	0	0	0
Estar 4W S	2	8758	8752	8705	8461	7585	5516	2935	1514	634	237	64	15	2	0	0
6TO NIVEL																
Estar 6E N	318	8442	8004	7171	5836	4013	2370	1243	624	296	125	42	17	5	0	0
Estar 6E S	110	8650	8398	7811	6592	4826	2996	1564	756	347	121	38	8	0	0	0
Estar 6W N	337	8423	7973	7120	5780	3982	2391	1266	648	318	139	49	18	5	0	0
Estar 6W S	119	8641	8380	7775	6539	4764	2970	1579	771	359	136	43	10	0	0	0

distribución de temperaturas

vertical

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	402	8358	6333	3449	1893	566	83	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	298	8462	6582	3624	2048	651	109	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	157	8603	7374	4246	2110	660	119	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	137	8623	7463	4368	2228	715	146	5	0	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	53	8707	8512	8016	7115	5289	3100	1521	726	315	121	46	12	5	0	0
Estar 4E S	41	8719	8560	8135	6926	4913	2884	1445	660	276	90	30	10	0	0	0
Estar 4W N	232	8529	8084	7250	5726	3631	1964	933	419	164	64	19	6	0	0	0
Estar 4W S	8	8752	8691	8450	7803	6078	3795	1897	896	377	142	48	14	2	0	0
6TO NIVEL																
Estar 6E N	451	8309	7787	6891	5396	3489	2007	1077	537	245	113	45	20	6	0	0
Estar 6E S	210	8550	8222	7390	5994	4087	2402	1305	665	298	122	43	13	4	0	0
Estar 6W N	452	8308	7772	6866	5407	3505	2013	1087	547	246	118	45	22	6	2	0
Estar 6W S	208	8553	8212	7381	5989	4071	2384	1273	643	290	125	45	14	4	0	0

La distribución de temperaturas mostrada en estas tablas está reportando el número de horas acumuladas al año que hay por arriba de un valor de temperatura en determinada parte de la vivienda. Lo deseable es que la vivienda muestre, en lo posible, el mayor número de horas al año dentro del rango de confort, establecido para este estudio entre los 18°C y los 25°C. Esto indicará un menor número de horas al año sin bajocalentamiento o sobrecalentamiento.

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” de la vivienda vertical en Hidalgo, reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en un 45%. El caso “óptimo” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en un 50% con referencia al caso base.

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

región 2

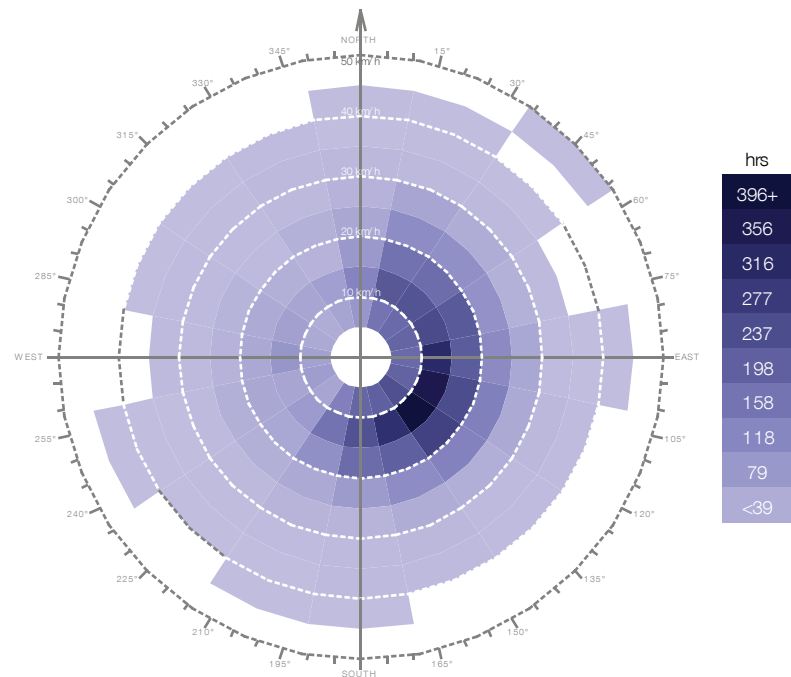
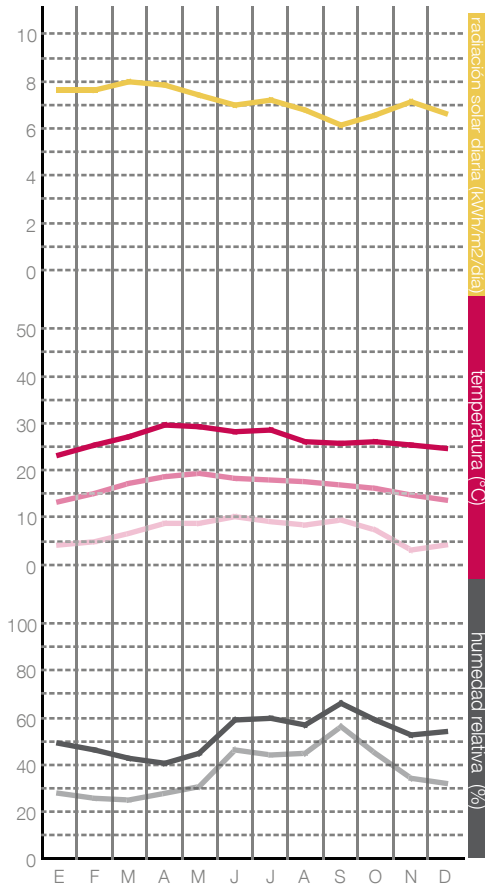
puebla
semifrío

análisis del sitio

región 2

puebla semifrío

Latitud: 19.0°
 Longitud: -98.2°
 Altitud: 2166m
 Zona horaria: GMT -6 hrs



- █ temperatura máxima
- █ temperatura media
- █ temperatura mínima
- █ humedad relativa 9:00am
- █ humedad relativa 3:00pm

La ciudad de Puebla, ubicada en el estado del mismo nombre, se encuentra en la clasificación Köppen-Geiger BSh con temperaturas máximas de 30°C en verano y mínimas de 3° a 5°C en invierno, con una oscilación diaria entre 10° y 20°C. Las condiciones climáticas del sitio implican un diseño de vivienda que se adapte principalmente a condiciones frías, aunque hay que vigilar que cualquier estrategia de diseño aplicada para contrarrestar el bajocalentamiento no produzca sobrecalentamiento en verano.

Los vientos dominantes provienen del Este y SurEste, con velocidades entre los 10 y 20 km/h.

región 2

puebla
semifrío

Vivienda adosada

La vivienda adosada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 45m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala, comedor y patio de servicio. Estas viviendas comparten un muro de 18m² que colinda con los espacios de dormitorios en ambas viviendas; modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas adosadas a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron las dos viviendas adosadas como zonas térmicas independientes y, además, se añadió una vivienda del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por el Consorcio ARA basado en su prototipo Almendros del conjunto Vista Real II en Cancún.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros, uso de ventanas de doble vidrio y la aplicación de un impermeabilizante acrílico celular en cubierta. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$19,565.

Para el escenario “óptimo” se ha mejorado la resistividad del aislante en muros, se ha incorporado aislante en la cubierta y se utilizaron ventanas de doble vidrio. El costo directo estimado de implementar este sistema es de \$24,425.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 95% y 96% respectivamente. Logrando reducir las demandas anuales de enfriamiento y calefacción a menos de 0.5kWh/m².

*Nota: Los planos de la vivienda adosada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 2

puebla
semifrío

resumen ejecutivo / adosada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **adosada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	7	0.3	0.2
Reducción de demanda térmica (%)		95%	96%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 96% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	4	0.2	0.1
Tiempo de retorno de inversión (años)		182	227

Invirtiendo un estimado de \$24,425 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el escenario "óptimo" se pueden reducir hasta en un 96% las emisiones de CO₂ con respecto al caso base.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios de la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros.
- Mejorar desempeño térmico de la cubierta, especialmente en verano.
- Mejorar la especificación de ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de calefacción mayor de 1 kWh/m² dos meses al año. La demanda de enfriamiento es mínima.

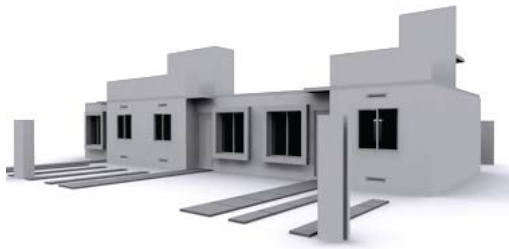
conclusión

Para la vivienda adosada en la región de Puebla, se sugiere invertir un aproximado de \$19,565 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 95%. Es importante señalar que pese a que los escenarios reflejan un incremento significativo en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde un punto de vista financiero no son necesariamente viables y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

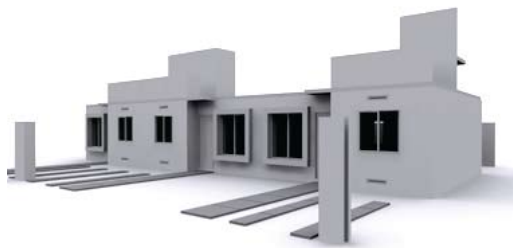
adosada

caso base



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm)	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 1.22 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas 5cm de EPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.35 m²K/W	Valor R= 1.56 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

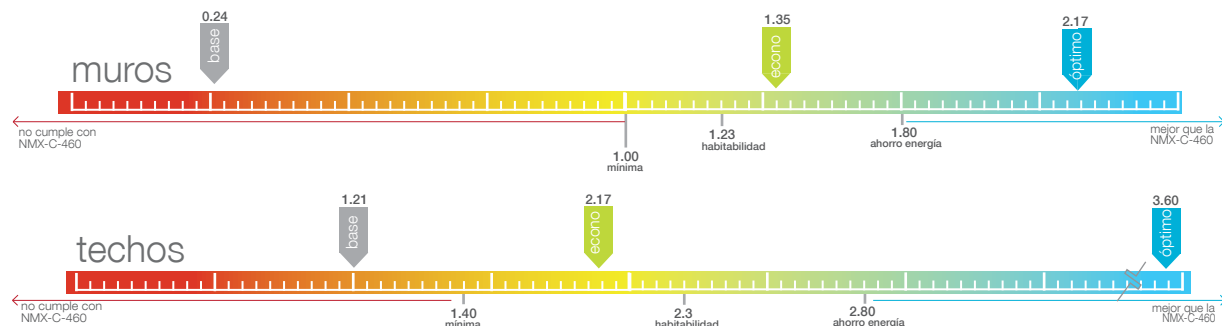
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas de 5 cm XPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta y casetones de poliestireno + placas de XPS* de 5cm en exterior. Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R= 2.17 m²K/W	Valor R= 3.60 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCCE. Ver anexo.



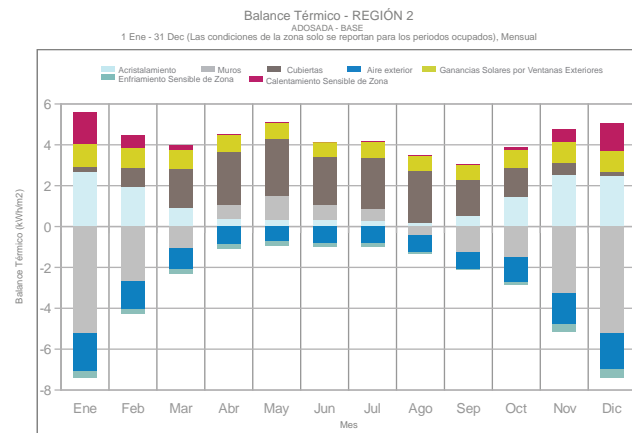
balance térmico

caso base

La mayor transferencia de calor se da a través de los **muros**, especialmente en invierno, alcanzando pérdidas de **5.2 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

2 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de energía para calentamiento. El requerimiento de enfriamiento anual es de **2.4 kWh/m²**

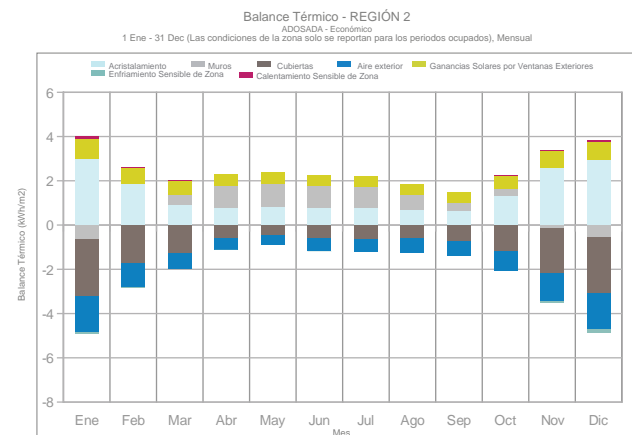
adosada



propuesta económica

El aislamiento en muros reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero** a **0.64 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **95%** con respecto al caso base.

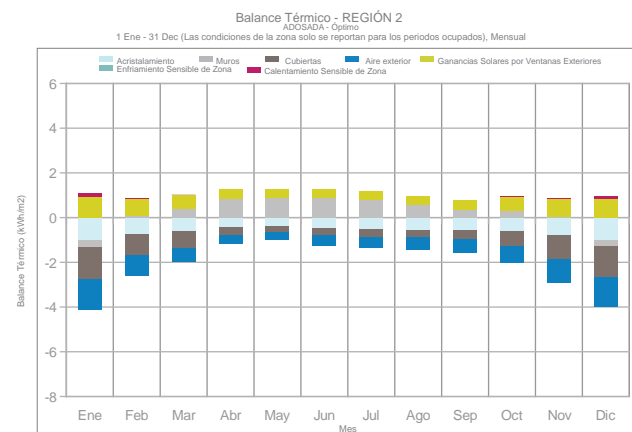
0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de energía para calentamiento. El requerimiento de enfriamiento anual se reduce a **0.14 kWh/m²**



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor en el mes de **Enero** a **0.31 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **96%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento. El requerimiento de enfriamiento anual se reduce a **0.0 kWh/m²**



distribución de temperaturas

adosada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	581	0	0
Estar B	9	0	0
Dorm 1 A	352	20	178
Dorm 2 A	0	0	0
Dorm 1 B	339	0	25
Dorm 2 B	0	0	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	2272	734	343
Estar B	1033	518	169
Dorm 1 A	831	97	15
Dorm 2 A	1907	880	352
Dorm 1 B	792	1	1
Dorm 2 B	1853	1218	644

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento en las zonas analizadas en 5240 horas al año y el sobrecalentamiento en 1261 horas al año. Esto es 9 meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona 11 meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	1078	7683	6488	5217	3911	2804	1831	1104	581	231	60	5	0	0	0	0
Estar B	221	8539	7727	5790	3658	1938	695	126	9	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	204	8556	7930	6398	4548	2904	1664	842	352	111	22	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	663	8097	6853	4747	2582	1075	324	44	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	164	8597	7968	6360	4447	2790	1586	814	339	112	23	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	556	8204	6908	4587	2310	865	221	17	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	59	8701	8026	5610	2536	770	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar B	6	8754	8242	5089	1875	386	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	8760	8663	7223	3975	1802	571	113	20	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	8	8752	7880	4734	1370	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	8760	8759	7935	4165	1342	203	23	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	65	8695	7542	4117	1489	393	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	7	8753	8417	6322	3145	1010	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar B	0	8760	8591	6169	2717	684	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	8760	8745	8003	5317	2775	1274	572	178	45	3	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	8760	8408	5649	1754	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	8760	8759	8532	5878	2657	863	191	25	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	5	8755	8116	4877	1849	531	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0

región 2

puebla
semifrío

Vivienda dúplex

La vivienda dúplex objeto de estudio tiene una superficie de construcción de casi 40m² en cada nivel y está compuesta de una recámara, un baño, cocina, sala-comedor y cuarto de lavado. Estas viviendas comparten la losa de entrepiso de concreto armado, modelada como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas dúplex a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron cuatro viviendas. Las viviendas de planta baja y planta alta como zonas térmicas independientes que comparten el muro del cuarto de lavado con el siguiente bloque de viviendas (planta alta y planta baja) hacia el Este. Además, se añadieron las viviendas del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la promotora SADASI basado en su prototipo del conjunto Prado Norte en Cancún.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y el uso de ventanas de doble vidrio. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$10,220.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido (XPS) en muros y cubierta y ventanas dobles de baja emisividad. El costo directo estimado de implementar estas estrategias es de \$17,795.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 89% y 90% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda dúplex se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 2

puebla
semifrío

resumen ejecutivo / dúplex

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **dúplex**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	35	4	3
Reducción de demanda térmica (%)		89%	90%

Las demandas energéticas de calefacción y enfriamiento de esta vivienda pueden reducirse hasta en un 90% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	22	2	2
Tiempo de retorno de inversión (años)		8	13

Invirtiendo un estimado de \$17,795 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo", se pueden reducir hasta en un 90% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 13 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Tres espacios en la vivienda presentaron desviaciones durante todo el año del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros, durante todo el año.
- Mejorar desempeño térmico de la cubierta en verano.
- Mejorar la especificación de ventanas y superficies translúcidas junto con un control solar en ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento superior a 1 kWh/m² siete meses al año y una demanda de calentamiento superior a 1 kWh/m² cinco meses al año.

conclusión:

Se recomienda invertir un aproximado de \$10,220 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para tener un retorno de la inversión en 8 años; reduciendo en algunas zonas hasta en un 10% las horas de bajocalentamiento anual. Es importante señalar que mientras que el escenario "óptimo" refleja un incremento en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no es necesariamente viable y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

dúplex

caso base



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 10 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 0.28 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



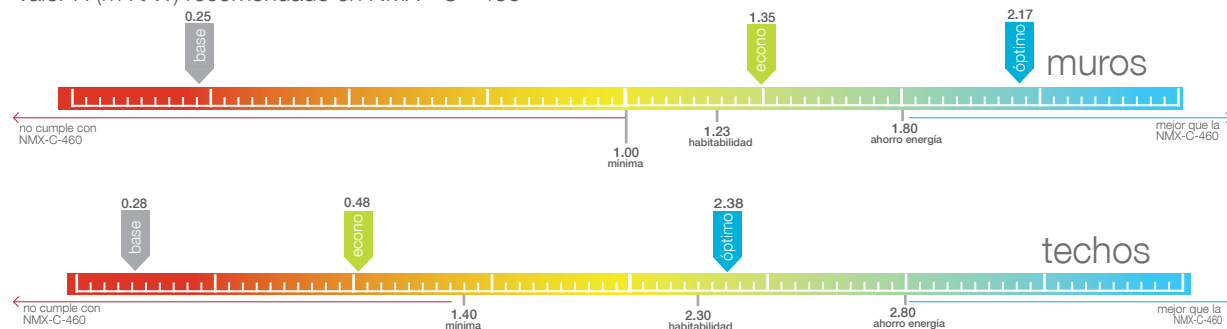
muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + acabado impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.35 m²K/W	Valor R= 0.48 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

propuesta óptima



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + placas de XPS* 5cm instaladas en exterior. Imperm. acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R 2.17 m²K/W	Valor R= 2.38 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460 * Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCGE. Ver anexo.



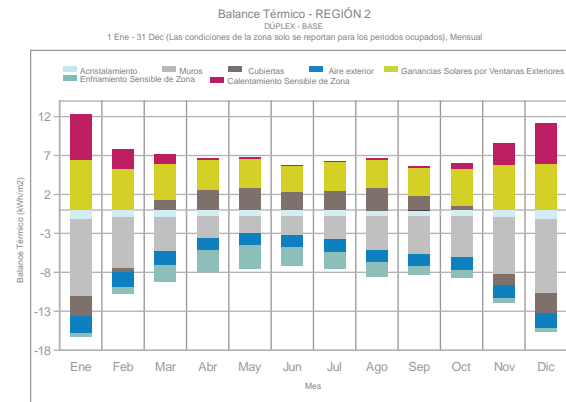
balance térmico

dúplex

caso base

Las mayores pérdidas de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **9.9 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

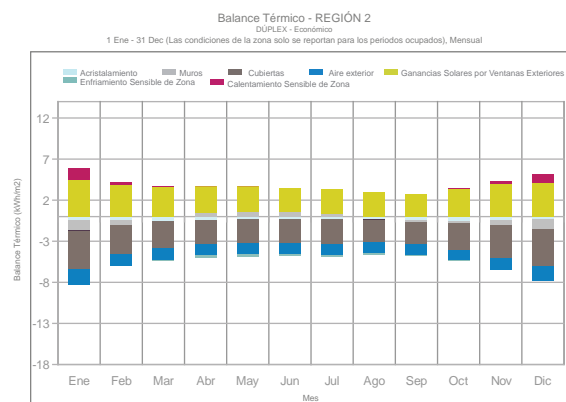
7 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. **5** meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento. Las mayores ganancias por conducción se registran en la cubierta en el mes de **Mayo**.



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero** a **1.3 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **89%** con respecto al caso base.

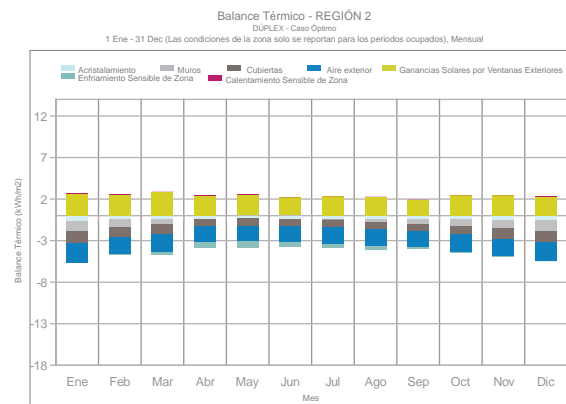
0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. **2** meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor por muros en el mes de **Enero** a **0.9 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **90%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. **0** meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

dúplex

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	1231	104	1946
Estar Sur	1486	162	1538
Dorm Nte	1670	4	211
Dorm Sur	1963	34	237
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	0	0	0
Estar Sur	25	0	0
Dorm Nte	63	0	0
Dorm Sur	512	0	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	2314	2500	11
Estar Sur	2741	2507	223
Dorm Nte	2195	1869	80
Dorm Sur	2762	1917	372
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	3987	991	561
Estar Sur	3453	1044	677
Dorm Nte	2589	32	16
Dorm Sur	2917	104	121

El caso “económico” mejora el confort térmico en las zonas analizadas en un 38% y el caso “óptimo” un 20% con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar N PA	1631	7130	6446	5572	4620	3567	2675	1847	1231	742	387	169	56	6	0	0
Estar S PA	2010	6750	6020	5217	4375	3532	2751	2071	1486	1038	688	427	234	104	39	11
Dorm N PA	1470	7290	6565	5733	4857	3994	3159	2358	1670	1127	694	369	165	64	11	0
Dorm S PA	2074	6686	5998	5289	4570	3891	3219	2559	1963	1444	1015	656	372	193	88	37
PLANTA BAJA																
Estar N PB	1488	7272	4773	1933	424	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	1859	6901	5307	3624	2093	1076	471	134	25	1	0	0	0	0	0	0
Dorm N PB	887	7874	6171	4370	2761	1472	689	248	63	5	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	1743	7017	5843	4683	3573	2606	1745	1025	512	179	43	1	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar N PA	1641	7119	6261	5559	4561	3146	1627	543	104	1	0	0	0	0	0	0
Estar S PA	1669	7091	6253	5556	4571	3274	1779	671	162	5	0	0	0	0	0	0
Dorm N PA	992	7768	6891	5794	3979	2045	703	114	4	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PA	1062	7698	6843	5824	4261	2494	1072	256	34	0	0	0	0	0	0	0
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	8760	7769	2324	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	8	8757	7716	3822	355	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PB	0	8760	8728	6605	1203	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	0	8760	8656	7212	2375	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar N PA	0	8760	8748	8550	8019	7030	5803	4001	1946	640	122	3	0	0	0	0
Estar S PA	20	8740	8537	8097	7312	6344	5087	3365	1538	500	85	1	0	0	0	0
Dorm N PA	0	8760	8680	8268	7320	5813	3217	963	211	8	0	0	0	0	0	0
Dorm S PA	77	8683	8388	7730	6697	5238	2974	941	237	15	0	0	0	0	0	0
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	8760	8200	4057	1382	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	0	8760	8083	4882	1692	254	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PB	0	8760	8744	5726	2004	183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	0	8760	8640	6433	2467	460	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

región 2

puebla
semifrío

Vivienda aislada

La vivienda aislada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 44.7m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estas viviendas no comparten ni muros ni losas con las viviendas colindantes. La vivienda aislada a simular como caso base presenta un muro Oeste sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte. El terreno, colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modeló la vivienda con cuatro zonas térmicas (dos recámaras, zona de estar y baño). Se consideró la vivienda colindante hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por Consorcio Hogar, basado en su prototipo Sierra del desarrollo Valle Floresta.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y uso de ventanas de doble vidrio. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$23,050.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido (XPS) en muros y cubierta y ventanas con doble vidrio de baja emisividad. El costo directo estimado de implementar este sistema es de \$37,200.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 77% y 94% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda aislada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 2

puebla semifrío

resumen ejecutivo / aislada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **aislada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	29	7	2
Reducción de demanda térmica (%)		77%	94%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 94% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	18	4	1
Tiempo de retorno de inversión (años)		16	25

Invirtiendo un estimado de \$37,200 en las medidas de eficiencia energética que se recomiendan en el caso "óptimo" se pueden reducir hasta en un 94% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: 3 en la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir la transferencia de calor por conducción en muros.
- Mejorar la especificación de las ventanas.
- Reducir las pérdidas de calor por conducción en cubierta durante todo el año.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de energía para calefacción mayor a 1 kWh/m² 6 meses al año y una demanda de enfriamiento mayor a 1 kWh/m² 4 meses al año.

conclusión:

Invirtiendo un aproximado de \$23,050 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" se reduce en un 77% las demandas energéticas de la vivienda. Es importante señalar que mientras que los escenarios reflejan un incremento en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no son necesariamente viables y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

aislada

caso base



muros	techos	ventanas
De block hueco de jalcreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 12 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.37 m²K/W	Valor R= 0.30 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (12cm) +Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.50 m²K/W	Valor R= 0.50 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

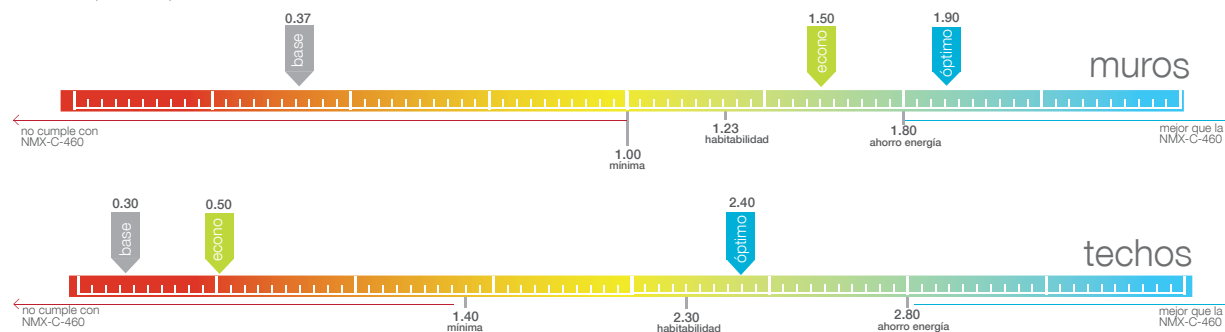
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de esp. + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (12cm) + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Imper. acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R= 1.90 m²K/W	Valor R= 2.40 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



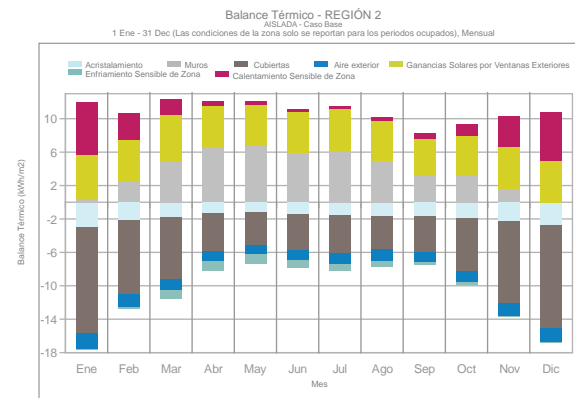
balance térmico

aislada

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** y las mayores pérdidas por conducción en la **cubierta**, alcanzando **13 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

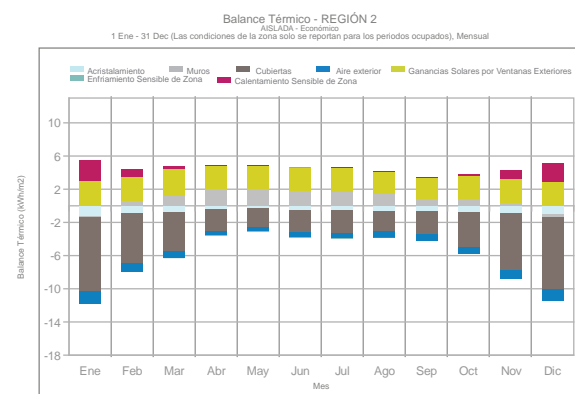
4 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de enfriamiento. 6 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento.



propuesta económica

Se reducen las pérdidas de calor en la cubierta en el mes de **Enero a 9 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **77%** con respecto al caso base.

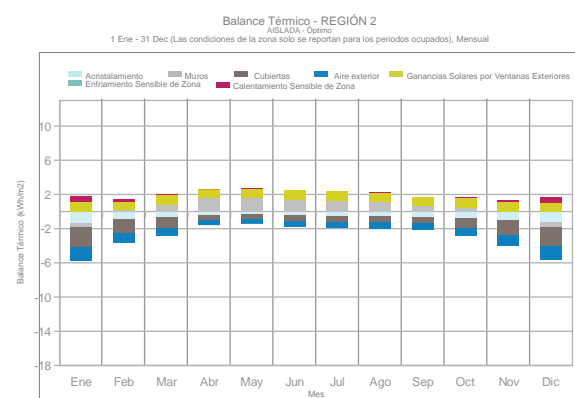
0 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de enfriamiento. 3 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento.



propuesta óptima

El aislamiento térmico en cubierta reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero a 2 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **94%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de enfriamiento. 0 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento.



distribución de temperaturas

aislada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	323	0	0
Dorm 1	658	0	0
Dorm 2	547	0	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	3287	2174	831
Dorm 1	2903	1679	207
Dorm 2	3223	1884	478

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento en las zonas analizadas en **3675 horas al año** y el sobrecalentamiento en **1527 horas al año**. Esto es **7 meses** más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona **12 meses** más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	2073	6687	5474	4295	3212	2203	1339	733	323	93	16	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	1797	6963	5857	4759	3773	2841	1898	1178	658	304	103	23	0	0	0	0
Dorm 2 A	2118	6642	5538	4407	3386	2445	1589	979	547	266	95	22	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	955	7805	6586	4582	2610	1100	226	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	550	8211	7081	5189	2828	1095	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	777	7983	6876	5002	2872	1202	213	3	0	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	137	8623	7929	6165	3304	743	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	8760	8554	7298	4263	977	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	23	8738	8282	6800	3783	842	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0

región 2

puebla
semifrío

Vivienda vertical

Los departamentos de la vivienda vertical objeto de estudio están compuestos de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estos departamentos comparten un muro de casi 10m² colindante con las áreas de estar de ambos departamentos y fue modelado como una superficie adiabática en este estudio. El bloque de vivienda vertical a simular como caso base consiste en dos torres de seis niveles. Cada torre cuenta con dos departamentos por nivel con una superficie de construcción de 50m² cada uno*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se simularon las cuatro viviendas de los pisos de planta baja, cuarto nivel y sexto nivel como zonas térmicas independientes.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la constructora AISA basado en su prototipo Torres 475 en la ciudad de Puebla.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y uso de ventanas de doble cristal. El costo directo estimado de estas estrategias por vivienda es de \$9,237.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido en muros y cubierta y ventanas de doble cristal de baja emisividad. El costo directo estimado de implementar este sistema es de \$13,471.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción del 7% y 11% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda vertical se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 2

puebla
semifrío

resumen ejecutivo / vertical

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **vertical**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	35	33	31
Reducción de demanda térmica (%)		7%	11%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 11% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	22	20	19
Tiempo de retorno de inversión (años)		13	18

Invirtiendo un estimado de \$13,471 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir hasta en un 11% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios por vivienda en promedio, presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico. Estas desviaciones variaron dependiendo de la orientación de la zona y fueron más marcadas en el último nivel.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros.
- Mejorar el desempeño térmico de las ventanas.
- Reducir pérdidas de calor por infiltración.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de calefacción mayor a 3 kWh/m² cuatro meses al año. 4 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de enfriamiento.

conclusión:

Se sugiere invertir un aproximado de \$13,471 por vivienda en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 11%. Es importante señalar que mientras que los escenarios reflejan un incremento en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no son necesariamente viables y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

vertical

caso base



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero 12x20x38. Acabado impermeabilizado Thermotek.	Losas de vigueta de alma abierta peralte 16cm y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ , capa de compresión de 4cm.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.81 m²K/W	Valor R= 1.63 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + placas EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado pintura blanca.	Losas de vigueta y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ . Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.93 m²K/W	Valor R= 1.70 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

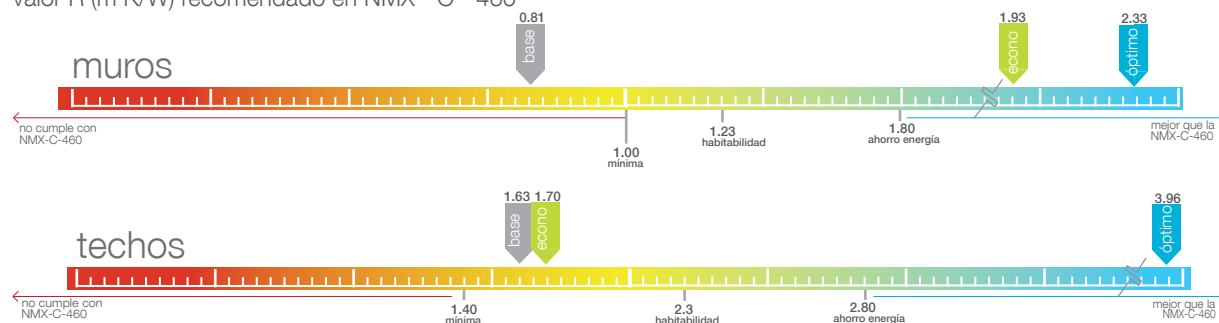
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + placas XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado pintura blanca.	Losa de vigueta y bovedilla + placas XPS* de 5cm. Impermeabilizante acrílico celular**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. selectivo de control solar de 6mm, 12mm aire, vidrio int. bajo emisivo de 6mm.
Valor R= 2.33 m²K/W	Valor R= 3.96 m²K/W	Valor U= 1.79 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



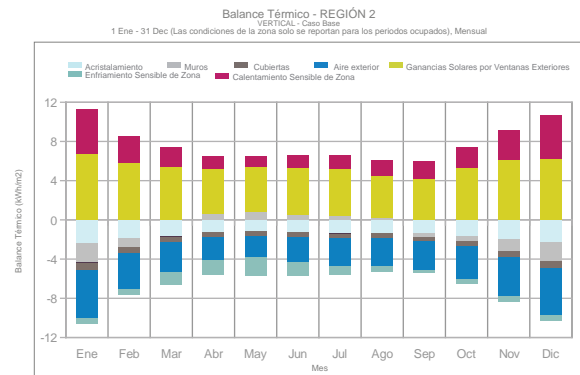
balance térmico

vertical

caso base

Las mayores pérdidas de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando **2 kWh/m²** en el mes de **Enero**.

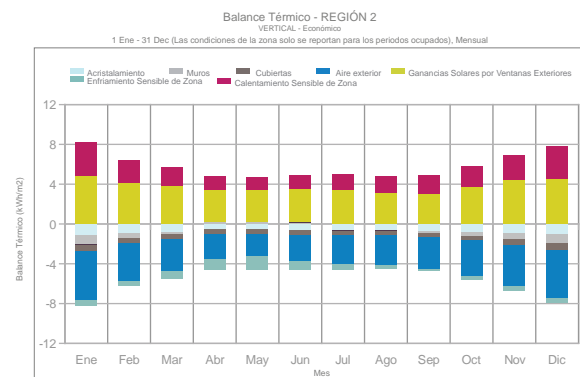
4 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. 4 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de calentamiento. Las mayores pérdidas por conducción en la envolvente se registran en el mes de **Enero**.



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las pérdidas de calor en el mes de **Enero** a **1 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de enfriamiento y calefacción en un **7%** con respecto al caso base.

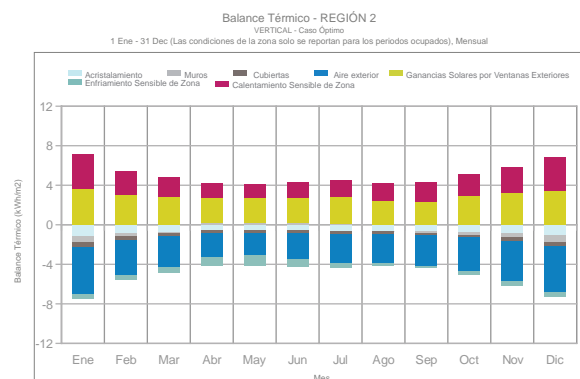
2 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. 3 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor por muros en el mes de **Enero** a **0.7 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **11%** con respecto al caso base.

1 mes al año requiere más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. 3 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

vertical

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	0	0	0
Estar PBE S	0	0	0
Estar PBW N	1	0	0
Estar PBW S	1	0	0
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	1847	1856	830
Estar 4E S	2425	2256	1066
Estar 4W N	1635	1862	516
Estar 4W S	2273	2274	880
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	1402	998	573
Estar 6E S	1691	1111	594
Estar 6W N	1409	1010	568
Estar 6W S	1701	1103	564

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	1871	838	1436
Estar PBE S	1657	601	1076
Estar PBW N	1793	829	1246
Estar PBW S	1692	675	1075
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	427	5	381
Estar 4E S	106	0	1
Estar 4W N	506	4	536
Estar 4W S	137	1	33
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	1243	563	1246
Estar 6E S	762	164	489
Estar 6W N	1269	574	1285
Estar 6W S	779	177	519

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	599	8161	6889	5026	3208	1603	384	49	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	432	8328	7103	5277	3563	1982	551	64	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	592	8168	6967	5197	3432	1844	528	69	1	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	482	8278	7068	5334	3697	2157	709	104	1	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	166	8595	8333	7857	7149	6115	4647	3022	1847	965	420	165	41	1	0	0
Estar 4E S	14	8746	8654	8415	7990	7151	5722	3865	2425	1263	560	200	41	7	0	0
Estar 4W N	205	8555	8254	7721	6967	5882	4382	2790	1635	786	302	112	14	0	0	0
Estar 4W S	26	8734	8624	8364	7868	6965	5480	3666	2273	1155	507	171	43	6	0	0
6TO NIVEL																
Estar 6E N	740	8021	7518	6767	5837	4719	3450	2247	1402	746	370	169	55	7	0	0
Estar 6E S	391	8369	7998	7323	6400	5266	4039	2714	1691	923	447	193	53	11	1	0
Estar 6W N	756	8004	7491	6737	5798	4693	3438	2252	1409	754	367	170	56	9	2	0
Estar 6W S	407	8353	7981	7294	6361	5223	4017	2704	1701	930	443	188	54	15	1	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	76	8685	7922	5553	2030	173	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	30	8730	8159	5959	2566	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	82	8678	7931	5596	2108	199	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	47	8713	8085	5827	2519	234	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	8760	8755	8639	8253	7422	5854	3474	1856	772	221	25	0	0	0	0
Estar 4E S	0	8760	8759	8756	8659	8269	7090	4291	2256	875	241	27	0	0	0	0
Estar 4W N	0	8760	8756	8640	8256	7416	5872	3501	1862	768	212	25	0	0	0	0
Estar 4W S	0	8760	8759	8754	8653	8253	7098	4316	2274	858	230	21	0	0	0	0
6TO NIVEL																
Estar 6E N	221	8539	8197	7561	6756	5536	3746	2084	998	376	104	6	0	0	0	0
Estar 6E S	25	8736	8597	8267	7692	6509	4493	2480	1111	398	97	7	0	0	0	0
Estar 6W N	231	8529	8186	7523	6712	5498	3728	2097	1010	365	102	6	0	0	0	0
Estar 6W S	31	8729	8583	8242	7665	6474	4467	2477	1103	381	92	6	0	0	0	0

I distribución de temperaturas

vertical

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	125	8635	7325	3491	524	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	62	8699	7684	3954	623	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	127	8633	7515	3981	933	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	77	8683	7685	4334	1081	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	105	8655	8380	7817	6893	5696	3794	1890	830	269	44	0	0	0	0	0
Estar 4E S	0	8760	8759	8692	8358	7464	5307	2684	1066	295	43	0	0	0	0	0
Estar 4W N	185	8575	8224	7442	6414	5154	3294	1455	516	105	0	0	0	0	0	0
Estar 4W S	0	8760	8728	8534	8002	6864	4549	2161	880	246	43	0	0	0	0	0
6TO NIVEL																
Estar 6E N	593	8168	7514	6705	5725	4187	2528	1235	573	184	41	0	0	0	0	0
Estar 6E S	160	8600	8271	7643	6599	4910	2889	1381	594	192	49	0	0	0	0	0
Estar 6W N	612	8148	7475	6644	5670	4158	2512	1220	568	173	45	1	0	0	0	0
Estar 6W S	181	8580	8242	7588	6553	4866	2836	1337	564	176	44	0	0	0	0	0

La distribución de temperaturas mostrada en estas tablas está reportando el número de horas acumuladas al año que hay por arriba de un valor de temperatura en determinada parte de la vivienda. Lo deseable es que la vivienda muestre, en lo posible, el mayor número de horas al año dentro del rango de confort, establecido para este estudio entre los 18°C y los 25°C. Esto indicará un menor número de horas al año sin bajocalentamiento o sobrecalentamiento.

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” de la vivienda vertical en Puebla, reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento en las zonas analizadas en un 63%. Se puede observar como la planta baja y el último nivel (6^{to} nivel) muestran una tendencia hacia el bajocalentamiento, mientras que el 4^{to} nivel presenta una distribución de temperaturas con frecuencias mayores entre los 23°C y 24°C. Es también evidente el efecto que tiene la orientación (Norte y Sur) en el bajocalentamiento. Las zonas con orientaciones Norte presentan más horas de bajocalentamiento con respecto a las mismas zonas con orientación Sur. El caso “óptimo” proporciona seis meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

Modelado térmico de
viviendas de interés social.

Tipologías adosada,
dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas
de eficiencia energética.

región 7

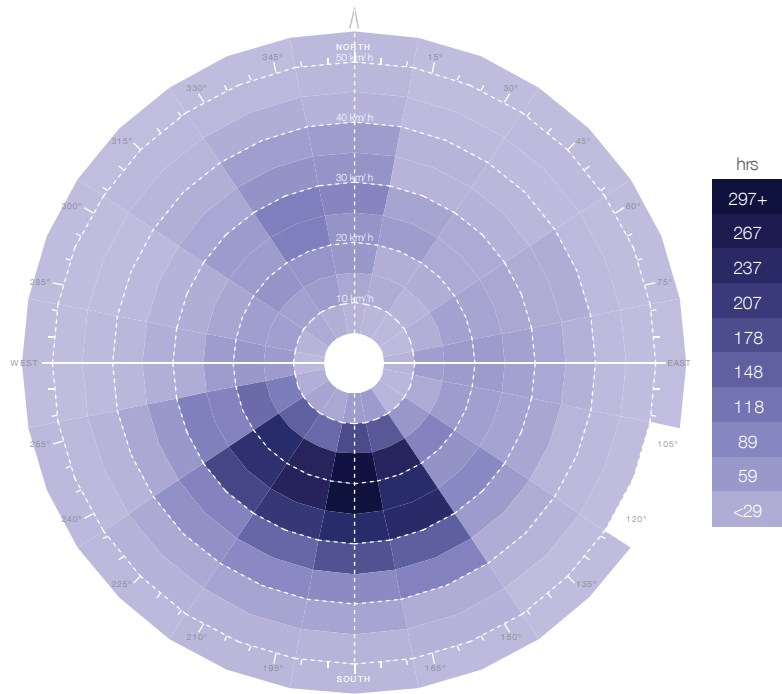
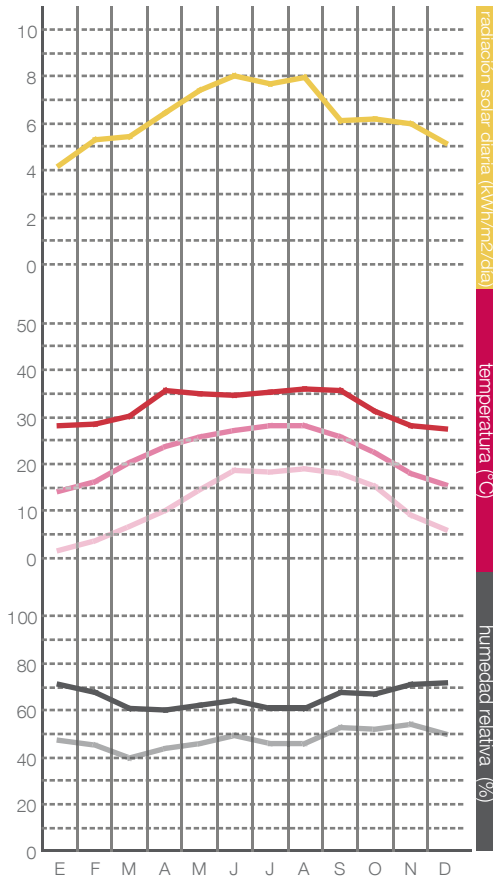
monterrey
cálido seco

análisis del sitio

región 7

monterrey
cálido seco

Latitud: 25.9°
Longitud: -100.2°
Altitud: 512m
Zona horaria: GMT -6 hrs



- █ temperatura máxima
- █ temperatura media
- █ temperatura mínima
- █ humedad relativa 9:00am
- █ humedad relativa 3:00pm

Monterrey se encuentra en la clasificación Köppen-Geiger BSh con temperaturas medias máximas de 35°C en verano y medias mínimas de 0° a 5°C en invierno, con una oscilación diaria entre 10° y 20°C. Las condiciones climáticas del sitio implican un diseño de vivienda que se adapte a condiciones de calor (meses de Julio a Octubre) y a condiciones de frío (meses de Diciembre a Marzo), con algunos meses de transición (Abril, Mayo y Noviembre).

Los vientos dominantes provienen del Sur, SurOeste y SurEste, con velocidades entre los 10 y 20 km/h.

región 7

monterrey
cálido seco

Vivienda adosada

La vivienda adosada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 45m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala, comedor y patio de servicio. Estas viviendas comparten un muro de 18m² que colinda con los espacios de dormitorios en ambas viviendas; modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas adosadas a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron las dos viviendas adosadas como zonas térmicas independientes y, además, se añadió una vivienda del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por el Consorcio ARA basado en su prototipo Almendros del conjunto Vista Real II.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros, uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas y la aplicación de un impermeabilizante acrílico celular en cubierta. El costo directo de estas estrategias se estima en \$8,990.

Para el escenario “óptimo” se ha querido investigar el desempeño de un nuevo sistema constructivo a base de estructura metálica, con muros y techos a base de paneles metálicos aislados tipo multitecho y multimuro Ternium. El costo directo estimado de implementar este sistema es de \$133,170.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 90% y 92% respectivamente. Sin embargo, económica y técnicamente se vuelve más factible de implementar el escenario “económico”.

*Nota: Los planos de la vivienda adosada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 7

monterrey
cálido seco

resumen ejecutivo /adossada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **adossada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	52	5	4
Reducción de demanda térmica (%)		90%	92%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse en un 92% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	32	3	2
Tiempo de retorno de inversión (años)		3.6	52.8

Invirtiendo \$8,990 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el escenario "económico" se pueden reducir en un 90% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 3.6 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Tres espacios de la vivienda presentaron desviaciones excesivas del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros. Especialmente en verano.
- Mejorar desempeño térmico de la cubierta en verano.
- Control solar en ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor de 1 kWh/m² ocho meses al año. 3 meses al año requieren más de 1 kWh/m² de calentamiento.

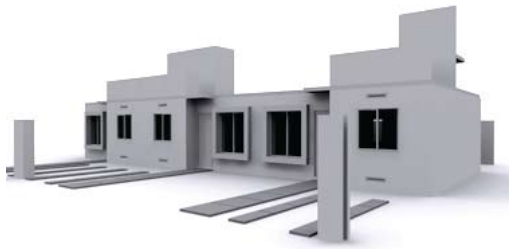
conclusión

Para la vivienda adossada en la región de Monterrey, se recomienda invertir un estimado de \$8,990 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para tener un retorno de la inversión en 3.6 años; reduciendo en algunas zonas hasta 7% las horas de sobrecalentamiento anual. Es importante señalar que pese a que el escenario "óptimo" refleja un incremento considerable en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no es necesariamente viable y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

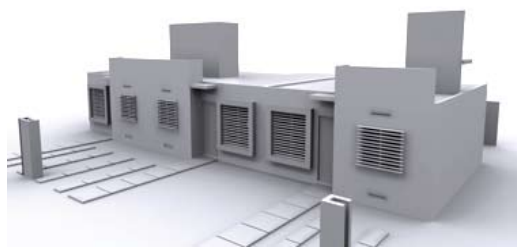
adosada

caso base



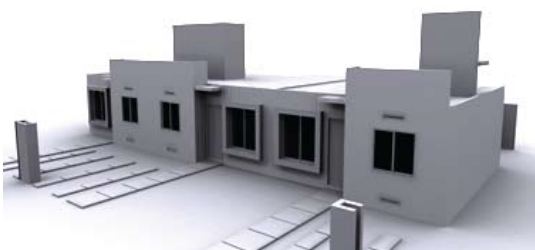
muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm)	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 1.22 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + Impermeabilizante acrílico celular**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. Dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 1.35 m²K/W	Valor R= 1.56 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

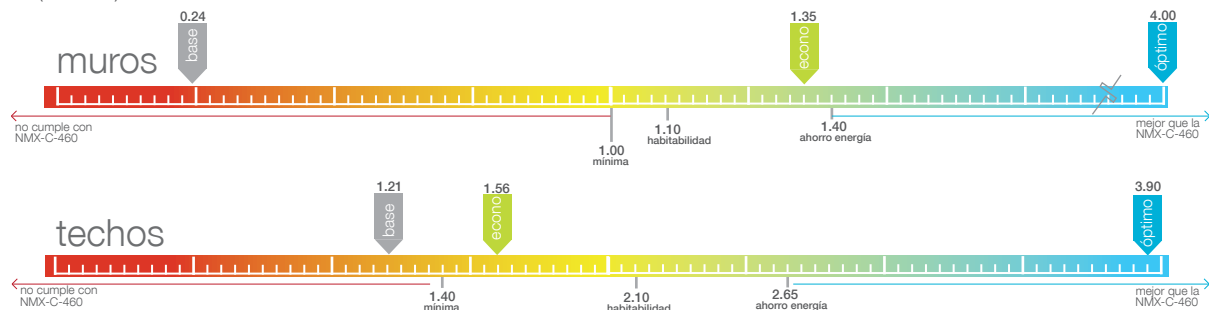
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de panel metálico aislados de 10 cm de espesor.	Losa de panel metálico aislado de 10cm de espesor.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.720
Valor R= 4.0 m²K/W	Valor R= 3.9 m²K/W	Valor U= 3.7 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



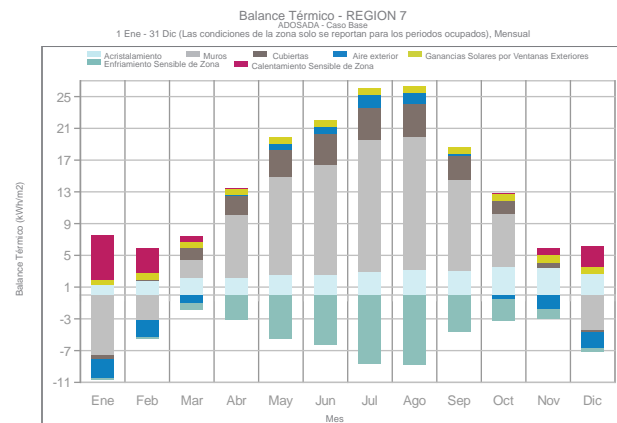
I balance térmico

caso base

Las mayores pérdidas y ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **16.7 kWh/m²** en el mes de **Agosto**.

8 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. 3 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento, las mayores pérdidas por conducción en losas y muros se registran en el mes de Enero.

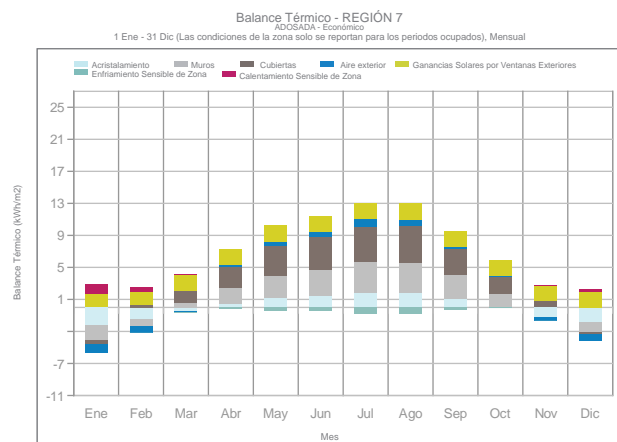
adosada



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las ganancias de calor en el mes de **Agosto** a **3.8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **90%** con respecto al caso base.

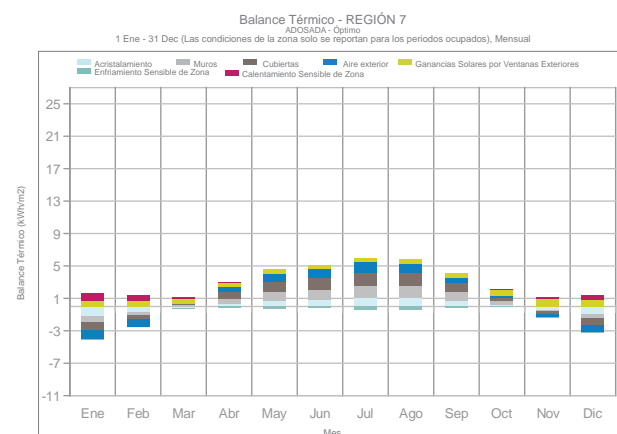
0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. 1 mes al año requiere más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor en el mes de **Agosto** a **1.47 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **92%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de enfriamiento. 0 meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

adosada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	2324	237	12
Estar B	1233	13	0
Dorm 1 A	2768	172	0
Dorm 2 A	1333	22	0
Dorm 1 B	2714	115	0
Dorm 2 B	1319	13	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	1203	987	1376
Estar B	895	836	1154
Dorm 1 A	726	595	558
Dorm 2 A	1243	726	635
Dorm 1 B	716	565	516
Dorm 2 B	1209	679	616

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento en las zonas analizadas en un 28% con referencia al caso base, esto es 3.4 meses más dentro de la zona de confort. El caso “óptimo” proporciona cuatro meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	487	8274	7557	7016	6401	5652	4793	3837	2324	225	0	0	0	0	0	0
Estar B	203	8557	7865	7275	6477	5469	4255	2998	1233	46	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	393	8367	8034	7602	7007	6220	5002	3853	2768	1544	564	94	5	0	0	0
Dorm 2 A	651	8109	7517	6888	6128	5257	3993	2731	1333	200	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	392	8369	8045	7621	6999	6199	4948	3800	2714	1553	615	129	9	0	0	0
Dorm 2 B	626	8134	7551	6907	6084	5163	3821	2615	1319	274	0	0	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	359	8401	7773	7026	6018	4873	3509	1913	237	0	0	0	0	0	0	0
Estar B	223	8537	7924	7108	5913	4533	2876	1110	13	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	207	8554	8166	7316	6255	4978	3099	1490	172	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	226	8534	8034	7082	5964	4620	2682	930	22	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	196	8564	8195	7349	6241	4911	2980	1357	115	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	195	8565	8082	7113	5937	4511	2492	764	13	0	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	576	8184	7384	6232	4731	3019	1734	837	12	0	0	0	0	0	0	0
Estar B	365	8395	7606	6411	4697	2761	1428	486	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	162	8598	8202	7137	5404	3210	1009	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	118	8643	8126	6783	4831	2387	369	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	143	8618	8244	7216	5450	3129	888	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	122	8638	8144	6796	4766	2322	372	0	0	0	0	0	0	0	0	0

región 7

monterrey
cálido seco

Vivienda dúplex

La vivienda dúplex objeto de estudio tiene una superficie de construcción de casi 40m² en cada nivel y está compuesta de una recámara, un baño, cocina, sala-comedor y cuarto de lavado. Estas viviendas comparten la losa de entrepiso de concreto armado, modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas dúplex a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron cuatro viviendas. Las viviendas de planta baja y planta alta como zonas térmicas independientes que comparten el muro del cuarto de lavado con el siguiente bloque de viviendas (planta alta y planta baja) hacia el Este. Además, se añadieron las viviendas del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la promotora SADASI basado en su prototipo del conjunto Prado Norte en Cancún.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$17,656.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido, sustituir la cubierta plana por vigueta y bovedilla sin puente térmico y sustituir el cristal de ventanas por un vidrio laminado de baja emisividad. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$24,172.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 61% y 73% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda dúplex se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 7

monterrey
cálido seco

resumen ejecutivo / dúplex

Se analizó el desempeño energético de la vivienda dúplex. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	141	54	38
Reducción de demanda térmica (%)		61%	73%

Las demandas energéticas de calefacción y enfriamiento de esta vivienda pueden reducirse hasta en un 73% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	87	34	24
Tiempo de retorno de inversión (años)		2.1	2.5

Invirtiendo un estimado de \$24,172 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo", se pueden reducir en un 73% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 2.5 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Tres espacios en la vivienda presentaron desviaciones excesivas del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros, durante todo el año.
- Mejorar desempeño térmico de la cubierta en verano.
- Mejorar la especificación de ventanas y superficies translucidas junto con un control solar en ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento de más de 10 kWh/m² 5 meses al año. 3 meses al año requieren más de 5 kWh/m² de calentamiento.

conclusión:

Para la vivienda dúplex en la región de Monterrey, se recomienda invertir un costo aproximado de \$24,172 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para tener un retorno de la inversión en 2.5 años; reduciendo en algunas zonas hasta en un 6% las horas de sobrecalentamiento anual.

descripción de la envolvente

dúplex

caso base



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 10 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 0.28 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



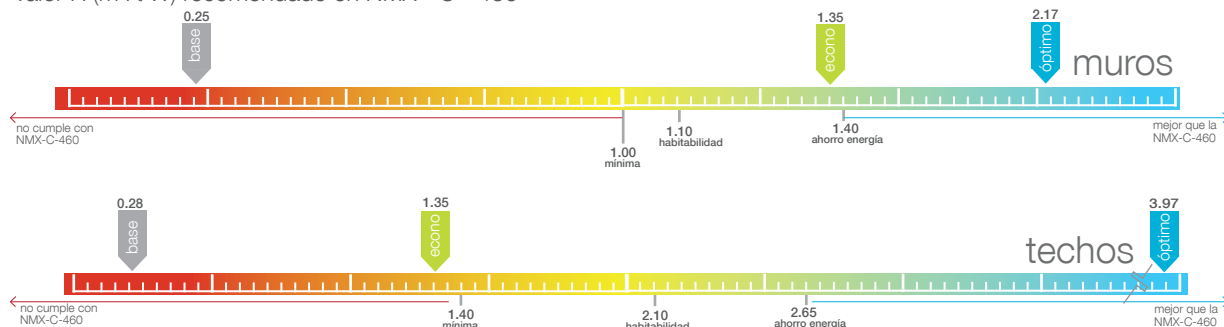
muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + placas de EPS* 5cm instaladas en exterior. Imperm. acrílico celular**	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. Dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 1.35 m²K/W	Valor R= 1.35 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta óptima



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta y bovedilla sin puente térmico**. Impermeabilizante acrílico**	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.720
Valor R 2.17 m²K/W	Valor R= 3.97 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460 * Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



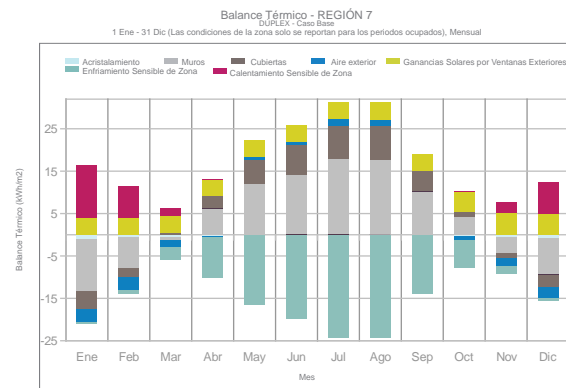
I balance térmico

dúplex

caso base

Las mayores pérdidas y ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **17.9 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

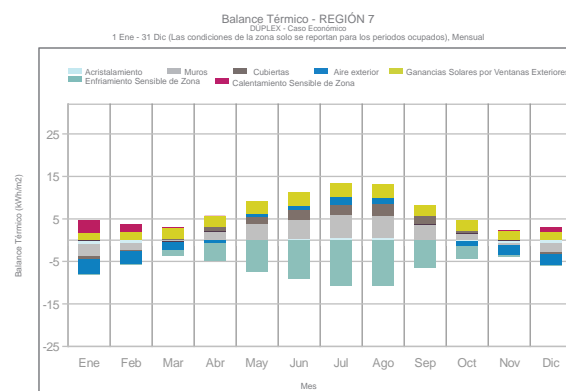
5 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **3** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento. Las mayores pérdidas por conducción en la envolvente se registran en el mes de Enero, principalmente por muros.



propuesta económica

El aislamiento en muros reduce las ganancias de calor en el mes de **Julio** a **5.4 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **61%** con respecto al caso base.

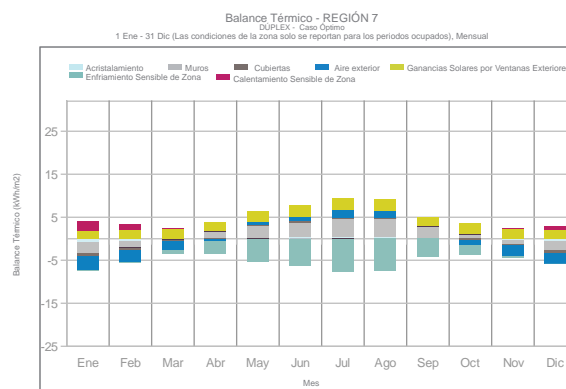
2 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **0** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por muros en el mes de **Julio** a **4.1 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **73%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **0** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

dúplex

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	4503	1250	1123
Estar Sur	4437	1219	1098
Dorm Nte	4732	1518	1153
Dorm Sur	4694	1595	1199
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	2702	0	0
Estar Sur	3276	0	0
Dorm Nte	3544	0	0
Dorm Sur	3914	0	0

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	1617	643	451
Estar Sur	1699	741	664
Dorm Nte	1400	525	380
Dorm Sur	1569	681	602
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	1736	1053	2175
Estar Sur	1786	1134	2117
Dorm Nte	1332	843	1410
Dorm Sur	1536	964	1498

El caso “económico” mejora el confort térmico en las zonas analizadas en un 27% el caso “óptimo” en un 31% con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	1378	7382	7062	6687	6292	5857	5407	4978	4503	4007	3476	2953	2426	1944	1512	1112
Estar N PA	1288	7473	7144	6755	6327	5894	5405	4930	4437	3900	3329	2770	2204	1654	1153	766
Dorm N PA	1116	7644	7361	7029	6638	6216	5710	5227	4732	4200	3643	3046	2492	1966	1504	1080
Dorm S PA	1294	7466	7191	6846	6490	6069	5628	5141	4694	4215	3715	3197	2681	2200	1783	1401
PLANTA BAJA																
Estar N PB	1254	7507	7024	6441	5841	5142	4444	3555	2702	1805	959	411	103	7	0	0
Estar S PB	1344	7417	6974	6465	5937	5315	4744	4056	3276	2551	1852	1222	757	398	173	51
Dorm N PB	975	7785	7428	6982	6447	5792	5115	4354	3544	2691	1874	1192	654	291	94	10
Dorm S PB	1179	7581	7224	6789	6319	5769	5181	4556	3914	3248	2539	1921	1412	958	596	332

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	437	8323	8019	7603	7153	6686	6096	5511	4902	4347	3741	2961	2173	1394	682	240
Estar N PA	355	8405	8117	7685	7217	6726	6115	5483	4827	4210	3542	2706	1856	1040	443	127
Dorm N PA	294	8466	8236	7825	7431	6964	6385	5711	4943	4293	3573	2646	1738	884	336	76
Dorm S PA	386	8375	8079	7673	7296	6854	6310	5715	5035	4436	3828	3023	2182	1348	662	228
PLANTA BAJA																
Estar N PB	571	8189	7707	7093	6330	5479	4533	3417	2200	955	286	24	0	0	0	0
Estar S PB	667	8094	7626	7056	6351	5596	4740	3808	2701	1532	607	138	4	0	0	0
Dorm N PB	415	8345	7917	7388	6691	5867	4877	3789	2520	1186	366	42	0	0	0	0
Dorm S PB	541	8219	7796	7302	6648	5946	5083	4199	3145	2015	891	274	30	1	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar N PA	297	8463	8309	8022	7599	7176	6771	6246	5702	5103	4591	4166	3676	3012	2272	1601
Estar S PA	427	8333	8096	7720	7312	6970	6542	6012	5496	4929	4473	4072	3561	2864	2162	1513
Dorm N PA	260	8500	8380	8140	7741	7291	6870	6278	5576	4838	4231	3626	2977	2232	1415	811
Dorm S PA	370	8391	8158	7805	7397	7039	6625	6015	5345	4680	4137	3557	2882	2143	1359	788
PLANTA BAJA																
Estar N PB	911	7849	6585	4766	2254	324	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	1058	7702	6643	5304	3536	1379	142	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm N PB	506	8254	7350	5825	3511	949	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	682	8078	7262	6119	4568	2550	621	14	0	0	0	0	0	0	0	0

región 7

monterrey
cálido seco

Vivienda aislada

La vivienda aislada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 44.7m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estas viviendas no comparten ni muros ni losas con las viviendas colindantes. La vivienda aislada a simular como caso base presenta un muro Oeste sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte. El terreno colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modeló la vivienda con cuatro zonas térmicas (dos recámaras, zona de estar y baño). Se consideró la vivienda colindante hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por Consorcio Hogar, basado en su prototipo Sierra del desarrollo Valle Floresta.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros y cubierta y uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$24,411.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido (XPS), cambio de cubierta por vigueta y bovedilla sin puente térmico y ventanas con cristal de baja emisividad. El costo directo estimado para implementar este sistema es de \$28,725.

Ambos escenarios repercuten en ahorros significativos del 82% y 86% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda aislada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 7

monterrey
cálido seco

resumen ejecutivo / aislada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **aislada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ a.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	87	16	12
Reducción de demanda térmica (%)		82%	86%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta un 86% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario "óptimo".

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	54	10	8
Tiempo de retorno de inversión (años)		4.6	5.1

Invirtiendo un estimado de \$28,725 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir en un 86% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 5.1 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: 3 de 5 espacios en la vivienda presentaron desviaciones excesivas del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética a aplicar son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros.
- Mejorar desempeño térmico de la cubierta durante todo el año.
- Mejorar la especificación de las ventanas e incluir control solar operable según la estación.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor de 10 kWh/m² tres meses al año. 3 meses al año requieren más de 5 kWh/m² de calentamiento.

conclusión:

Se recomienda invertir un aproximado de \$28,725 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para tener un retorno de la inversión en 5 años; reduciendo en algunas zonas de la vivienda hasta en un 10% las horas de sobrecalentamiento anual.

descripción de la envolvente

aislada

caso base



muros	techos	ventanas
De block hueco de jalcreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 12 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.37 m²K/W	Valor R= 0.30 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + placas de EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (12cm) + placas de EPS* 5cm instaladas en exterior. Imper. acrílico celular**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. + dispositivos de sombra exteriores operables según instalación.
Valor R= 1.50 m²K/W	Valor R= 1.89 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

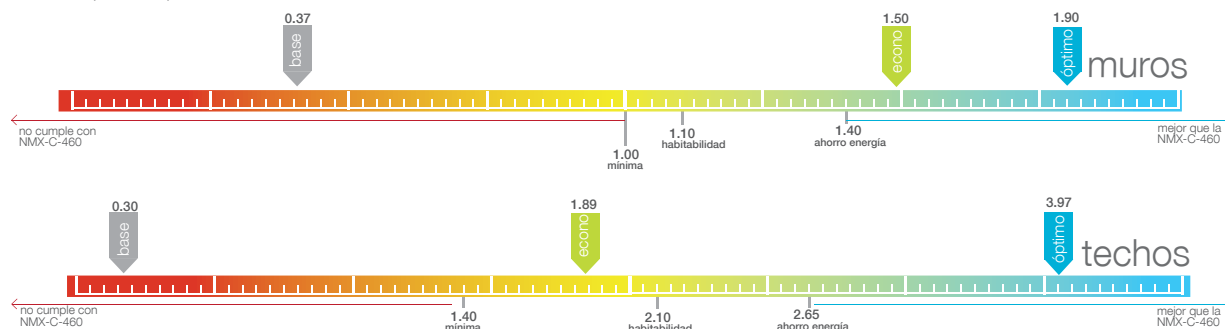
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de esp. + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta y bovedilla sin puente térmico**. Impermeabilizante acrílico celular**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad transmisión solar total (SHGC)=0.72
Valor R= 1.90 m²K/W	Valor R= 3.97 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



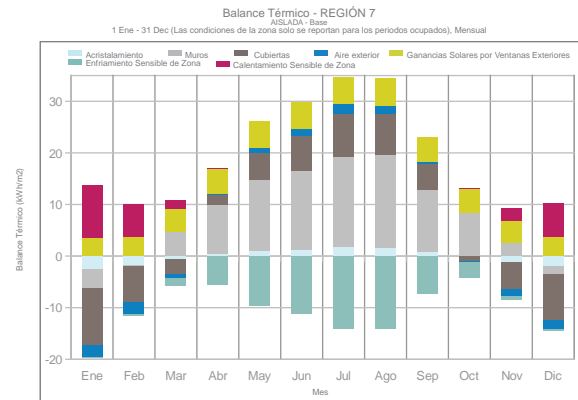
I balance térmico

aislada

caso base

Las mayores pérdidas y ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **17.8 kWh/m²** en el mes de **Agosto**.

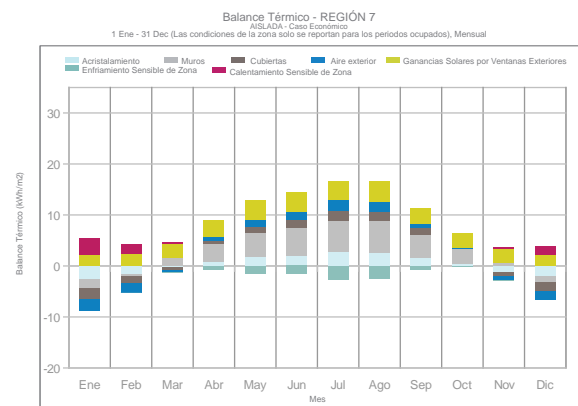
3 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **3** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento, las mayores pérdidas por conducción en losas y muros se registran en el mes de Enero.



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las ganancias de calor en el mes de **Agosto** a **6.2 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **82%** con respecto al caso base.

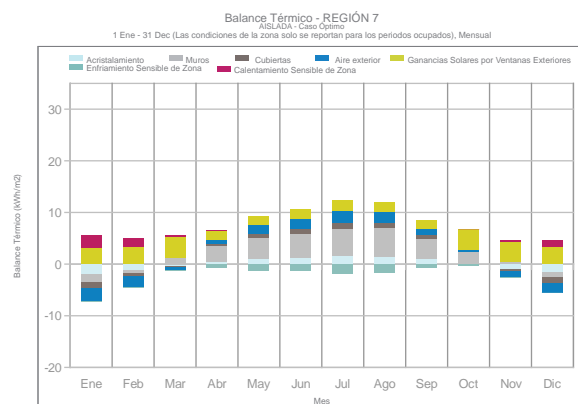
0 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **0** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor a través de muros en el mes de **Agosto** a **5.4 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **86%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **0** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

aislada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	3266	2003	2032
Dorm 1	3561	2056	2134
Dorm 2	3472	2119	1990

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	1639	859	934
Dorm 1	1476	546	599
Dorm 2	1668	735	719

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento en las zonas analizadas en **55%** con referencia al caso base. Esto es 6 meses más dentro de la zona de confort. El caso “óptimo” proporciona **siete meses** más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	1200	7561	7121	6653	6008	5358	4672	3997	3266	2549	1890	1318	845	460	211	75
Dorm 1 A	1098	7663	7284	6845	6308	5597	4891	4230	3561	2888	2219	1230	1147	765	414	192
Dorm 2 A	1261	7499	7092	6645	6091	5433	4782	4148	3472	2133	1549	1082	694	365	168	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	372	8388	7901	7222	6461	5453	4392	3204	2003	1011	393	61	0	0	0	0
Dorm 1 A	218	8542	8214	7559	6756	5619	4484	3299	2056	993	301	27	0	0	0	0
Dorm 2 A	326	8435	8025	7292	6562	5533	4499	3332	2119	1058	343	33	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	456	8304	7826	7187	6379	5345	4239	3036	2032	1284	704	261	18	0	0	0
Dorm 1 A	253	8507	8161	7509	6781	5643	4550	3294	2134	1197	543	133	0	0	0	0
Dorm 2 A	312	8448	8041	7350	6654	5580	4444	3358	1990	1116	457	58	0	0	0	0

región 7

monterrey
cálido seco

Vivienda vertical

Los departamentos de la vivienda vertical objeto de estudio están compuestos de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estos departamentos comparten un muro de casi 10m² colindante con las áreas de estar de ambos departamentos y se modeló como una superficie adiabática en este estudio. El bloque de vivienda vertical a simular como caso base consiste en dos torres de seis niveles. Cada torre cuenta con dos departamentos por nivel con una superficie de construcción de 50m² cada uno*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se simularon las cuatro viviendas de los pisos de planta baja, cuarto nivel y sexto nivel como zonas térmicas independientes.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la constructora AISA basado en su prototipo Torres 475 en la ciudad de Puebla.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aislamiento térmico en muros, uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas y colocación de celosía en el vano del cuarto de lavado. El costo directo estimado de estas estrategias por departamento es de \$6,815.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico en muros de mayor densidad a base de poliestireno extruido, se sustituyó la cubierta en el último nivel por vigueta y bovedilla sin puente térmico y ventanas con cristal de baja emisividad. El costo directo estimado para implementar estas medidas es de \$14,538.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción del 23% y 29% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda vertical se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 7

monterrey
cálido seco

resumen ejecutivo / vertical

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **vertical**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. Es importante señalar que se dió prioridad a mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor, utilizando una combinación de medidas de eficiencia que se ajustaran en mayor medida al presupuesto de cada escenario. De este modo, se proponen soluciones que permiten dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	95	73	67
Reducción de demanda térmica (%)		23%	29%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 29% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	59	45	42
Tiempo de retorno de inversión (años)		1.7	3.3

Invirtiendo un estimado de \$14,538 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir en un 29% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 3.3 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios por departamento en promedio, presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico. Estas desviaciones variaron dependiendo de la orientación de la zona y fueron más marcadas en el último nivel.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir transferencia de calor por conducción en muros. Especialmente en verano.
- Mejorar el desempeño térmico de las ventanas y proveer con control solar.
- Reducir pérdidas y ganancias por infiltración.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor de 10 kWh/m² cuatro meses al año. 3 meses al año requieren más de 5 kWh/m² de calentamiento.

conclusión:

Para la vivienda vertical en Monterrey, se recomienda invertir un estimado de \$14,538, por vivienda, en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para tener un retorno de la inversión en 3.3 años; reduciendo en un 7% las horas de sobrecalentamiento anual en algunas de las zonas de las viviendas (este porcentaje varía de acuerdo a la orientación).

descripción de la envolvente

vertical

caso base



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero 12x20x38. Acabado impermeabilizado Thermotek.	Losas de vigueta de alma abierta peralte 16cm y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ , capa de compresión de 4cm.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.81 m²K/W	Valor R= 1.63 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + placas EPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado pintura blanca.	Losas de vigueta y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ . Impermeabilizante acrílico celular**.	Cristal claro de 3mm con aluminio de 1.5 pulgadas. + Dispositivos de sombra exteriores operables según estación.
Valor R= 1.93 m²K/W	Valor R= 1.70 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

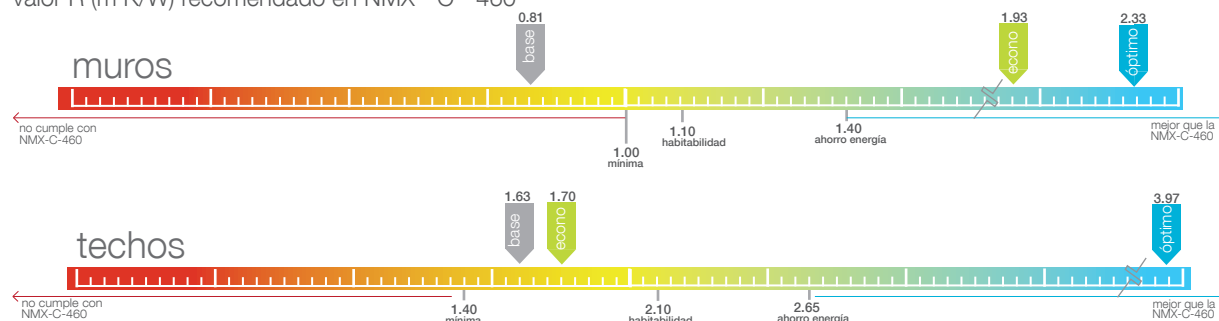
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + placas XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado pintura blanca.	Losa de vigueta y bovedilla sin puente térmico**. Impermeabilizante acrílico celular**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión Solar Total (SHGC)=0.72
Valor R= 2.33 m²K/W	Valor R= 3.97 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCCE. Ver anexo.



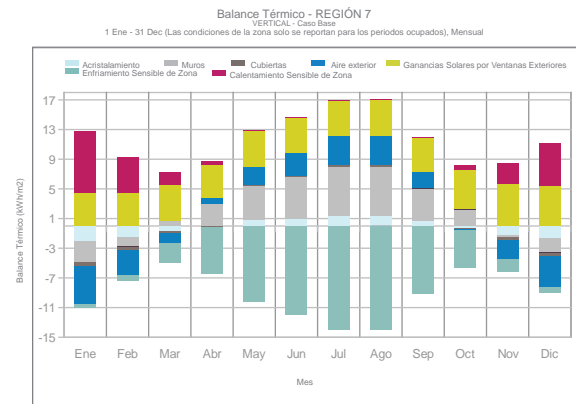
balance térmico

caso base

Las mayores pérdidas y ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **6.6 kWh/m²** en el mes de **Agosto**.

4 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **3** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento. Las mayores pérdidas por conducción en la envolvente se registran en el mes de Enero.

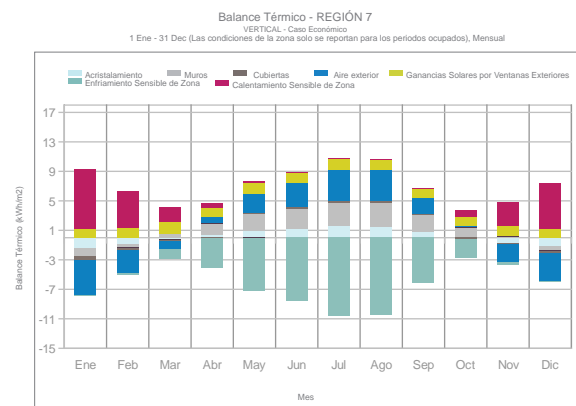
vertical



propuesta económica

El aislamiento en muros, reduce las ganancias de calor en el mes de **Agosto** a **3.3 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **23%** con respecto al caso base.

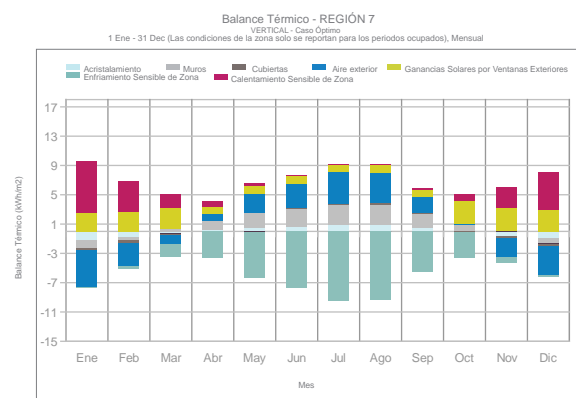
2 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **2** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por muros en el mes de **Agosto** a **2.8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **29%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento. **2** meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de calentamiento.



distribución de temperaturas

vertical

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL - VERTICAL

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	1569	296	0
Estar PBE S	1728	348	0
Estar PBW N	1645	289	0
Estar PBW S	1914	441	0
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	5519	5908	5732
Estar 4E S	5774	6199	6426
Estar 4W E	5527	5905	6544
Estar 4W S	5773	6192	6063
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	5181	5418	5216
Estar 6E S	5340	5572	5465
Estar 6W N	5186	5331	5200
Estar 6W S	5330	5538	5436

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL - VERTICAL

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	1138	682	328
Estar PBE S	1029	571	250
Estar PBW N	1187	683	714
Estar PBW S	1156	656	658
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	816	253	253
Estar 4E S	623	201	165
Estar 4W N	809	244	168
Estar 4W S	616	203	221
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	1130	653	636
Estar 6E S	978	504	437
Estar 6W N	1132	695	621
Estar 6W S	979	504	437

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	669	8092	7622	6948	6104	4976	3784	2566	1569	890	385	72	1	0	0	0
Estar PBE S	607	8153	7731	7083	6286	5199	3994	2769	1728	984	455	107	1	0	0	0
Estar PBW N	698	8062	7573	6925	6096	5004	3851	2655	1645	946	441	99	1	0	0	0
Estar PBW S	726	8035	7604	6943	6157	5136	4047	2912	1914	1136	583	211	22	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	571	8190	7944	7678	7380	6994	6567	6015	5519	5000	4450	3953	3415	2821	2246	1664
Estar 4E S	414	8346	8137	7914	7630	7290	6881	6328	5774	5224	4664	4102	3512	2887	2282	1684
Estar 4W N	561	8200	7951	7687	7393	6998	6577	6025	5527	5013	4466	3969	3433	2832	2261	1675
Estar 4W S	408	8352	8145	7922	7641	7302	6888	6337	5773	5227	4657	4100	3509	2894	2288	1692
6TO NIVEL																
Estar 6E N	906	7854	7630	7360	7035	6632	6189	5678	5181	4652	4171	3639	3075	2542	2023	1494
Estar 6E S	761	7999	7782	7546	7253	6859	6377	5841	5340	4814	4267	3724	3119	2549	2004	1469
Estar 6W N	908	7852	7628	7367	7033	6640	6187	5682	5186	4666	4181	3650	3088	2553	2027	1504
Estar 6W S	764	7996	7781	7545	7249	6855	6371	5835	5330	4807	4264	3718	3116	2555	2005	1477

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	205	8555	8078	7261	6010	4101	2110	974	296	28	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	168	8593	8189	7476	6265	4372	2303	1076	348	30	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	208	8552	8077	7257	6013	4128	2129	970	289	24	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	212	8548	8104	7348	6182	4438	2530	1185	441	57	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	188	8572	8507	8347	8061	6627	6163	6524	5908	5238	4560	3878	3230	2553	1848	1236
Estar 4E S	160	8601	8560	8473	8315	7961	7474	6868	6199	5522	4809	4045	3281	2547	1813	1176
Estar 4W N	178	8582	8516	8362	8084	7656	7161	6518	5905	5205	4546	3848	3192	2494	1822	1198
Estar 4W S	165	8596	8558	8476	8316	7965	7485	6866	6192	5489	4777	3991	3228	2488	1764	1140
6TO NIVEL																
Estar 6E N	430	8330	8107	7829	7507	7115	6638	6008	5418	4792	4186	3537	2895	2258	1657	1114
Estar 6E S	337	8423	8257	8016	7716	7338	6879	6224	5572	4929	4285	3586	2867	2212	1589	1034
Estar 6W N	461	8299	8065	7794	7459	7059	6576	5937	5331	4710	4118	3454	2800	2163	1573	1012
Estar 6W S	338	8422	8256	8010	7714	7329	6858	6195	5538	4894	4235	3541	2826	2166	1560	1004

I distribución de temperaturas

propuesta óptima

vertical

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	97	8664	8432	7837	6540	4421	1690	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	69	8691	8511	8068	6932	4939	2118	158	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	186	8574	8046	7001	5207	2426	184	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	201	8560	8102	7166	5590	3261	872	54	0	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	218	8542	8507	8369	8091	7571	7093	6421	5732	4925	4275	3601	2900	2155	1365	700
Estar 4E S	111	8649	8595	8546	8442	8190	7715	7114	6426	5712	4965	4133	3348	2580	1806	1104
Estar 4W N	102	8659	8592	8552	8497	8357	8045	7230	6544	5881	5022	4213	3435	2667	1833	954
Estar 4W S	190	8571	8539	8501	8369	8026	7485	6821	6063	5294	4509	3623	2868	2133	1400	729
6TO NIVEL																
Estar 6E N	413	8347	8124	7796	7392	7050	6616	5910	5216	4552	3928	3307	2613	1896	1205	623
Estar 6E S	299	8461	8323	8053	7687	7285	6883	6164	5465	4760	4020	3327	2593	1910	1201	617
Estar 6W N	403	8357	8139	7817	7414	7041	6612	5907	5200	4556	3909	3297	2588	1882	1165	587
Estar 6W S	302	8458	8324	8057	7711	7283	6879	6165	5436	4748	3967	3294	2549	1870	1186	590

La distribución de temperaturas mostrada en estas tablas está reportando el número de horas acumuladas al año que hay por arriba de un valor de temperatura en determinada parte de la vivienda. Lo deseable es que la vivienda muestre, en lo posible, el mayor número de horas al año dentro del rango de confort; establecido para este estudio entre los 18°C y los 25°C. Esto indicará un menor número de horas al año sin bajocalentamiento o sobrecalentamiento.

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento en y el sobrecalentamiento en las zonas analizadas en un 86% con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona diez meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

región 8

hermosillo

cálido seco extremo

análisis del sitio

región 8

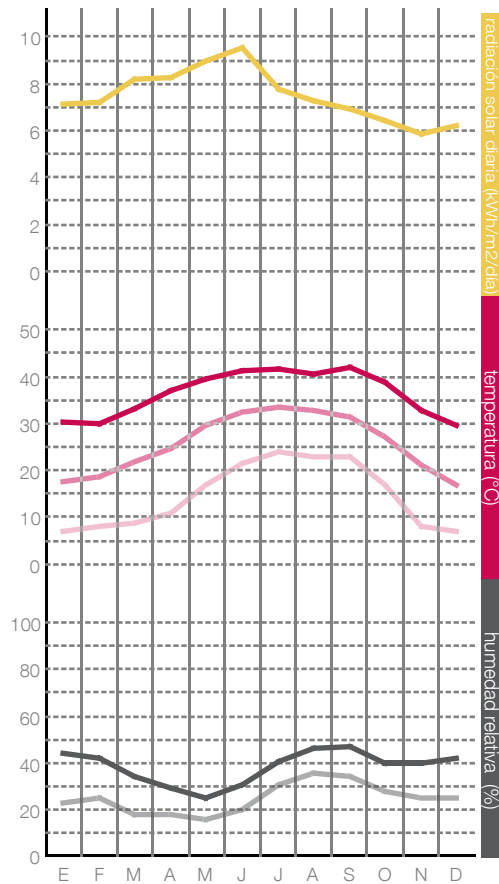
hermosillo
cálido seco extremo

Latitud: 29.1°

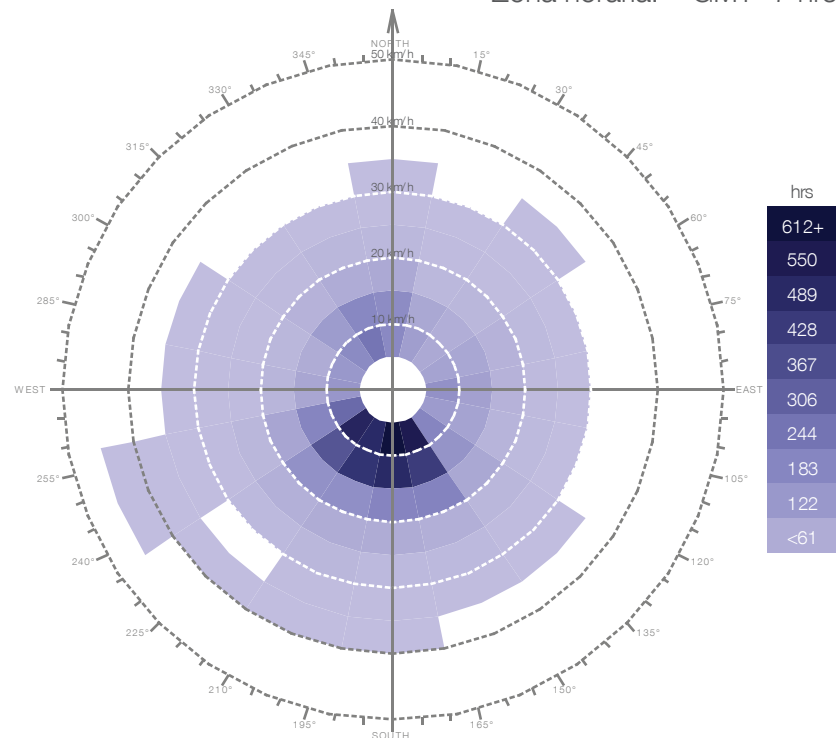
Longitud: -111°

Altitud: 211m

Zona horaria: GMT -7 hrs



- temperatura máxima
- temperatura media
- temperatura mínima
- humedad relativa 9:00am
- humedad relativa 3:00pm



Hermosillo se encuentra en la clasificación Köppen-Geiger BWh con temperaturas máximas entre 45°C y 40°C en verano y mínimas entre 5°C y 7°C en invierno, con una oscilación diaria entre 10° y 14°C. Las condiciones climáticas del sitio implican un diseño de vivienda que se adapte a condiciones de calor (meses de Mayo a Octubre) y a condiciones de frío (meses de Diciembre a Febrero), con algunos meses de transición (Marzo, Abril y Noviembre).

Los vientos dominantes provienen del Sur, SurOeste y SurEste, con velocidades entre los 5 y 15 km/h.

región 8

hermosillo

cálido seco extremoso

Vivienda adosada

La vivienda adosada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 45m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala, comedor y patio de servicio. Estas viviendas comparten un muro de 18m² que colinda con los espacios de dormitorios en ambas viviendas; modelado como una superficie adiabática¹ para efectos de este estudio. El módulo de viviendas adosadas a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron las dos viviendas adosadas como zonas térmicas independientes y, además, se añadió una vivienda del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por el Consorcio ARA basado en su prototipo Almendros del conjunto Vista Real II.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aplicación de un agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo de estas estrategias se estima en **\$14,161**.

Para el escenario “óptimo” se ha mejorado la resistividad del aislante en muros, se ha incorporado una cubierta vegetal y se utilizaron ventanas con cristal simple de baja emisividad. El costo directo de implementar este sistema se estima en **\$62,186**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción, con respecto al caso base, del **62%** y **89%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda adosada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 8

hermosillo

cálido seco extremo

resumen ejecutivo / adosada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **adosada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	101	38	11
Reducción de demanda térmica (%)		62%	89%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 89% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	63	24	7
Tiempo de retorno de inversión (años)		6.9	22.5

Invirtiendo un estimado de \$14,161 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el escenario "económico" se pueden reducir hasta en un 62% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios de la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros en verano.
- Mejorar el desempeño térmico de la cubierta, especialmente en verano.
- Mejorar la especificación de ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor de 5 kWh/m² seis meses al año. La demanda de calefacción es mínima.

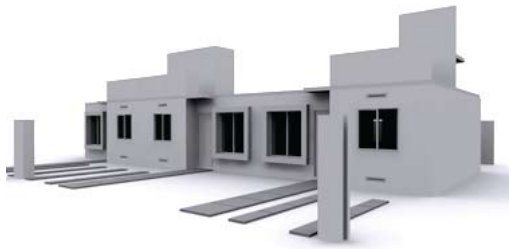
conclusión

Para la vivienda adosada en la región de Hermosillo, se recomienda invertir un costo estimado de \$14,161 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 62%. Es importante señalar que mientras que el escenario "óptimo" refleja un incremento significativo en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no es necesariamente viable y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

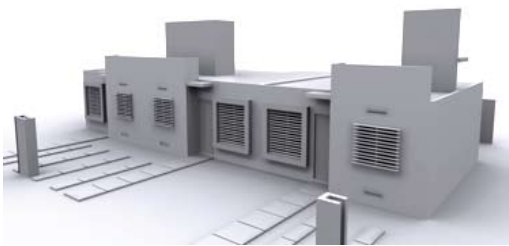
adosada

caso base



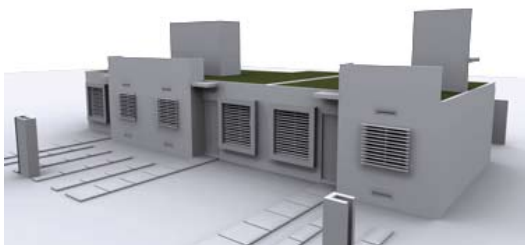
muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm)	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 1.22 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas + protección solar exterior.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 1.43 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

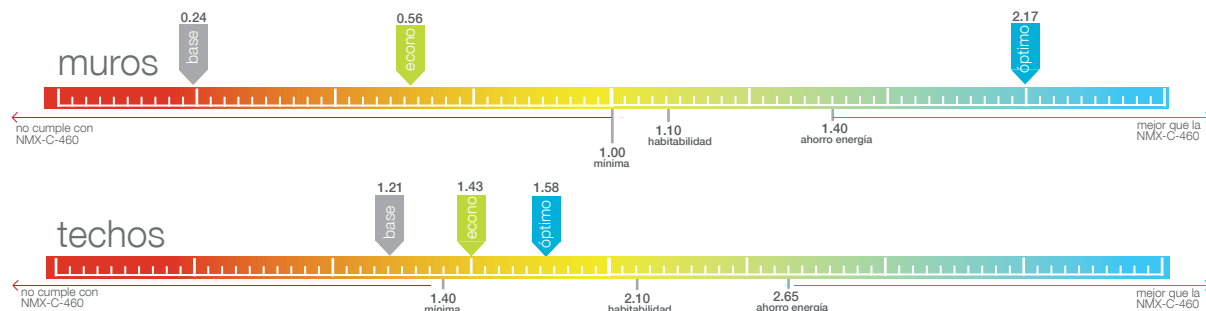
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas de 5 cm XPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta y casetones de poliestireno + sistema de techo verde extensivo 15cm de espesor.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.720 + protección solar exterior.
Valor R= 2.17 m²K/W	Valor R= 1.58 m²K/W	Valor U= 3.7 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCCE. Ver anexo.



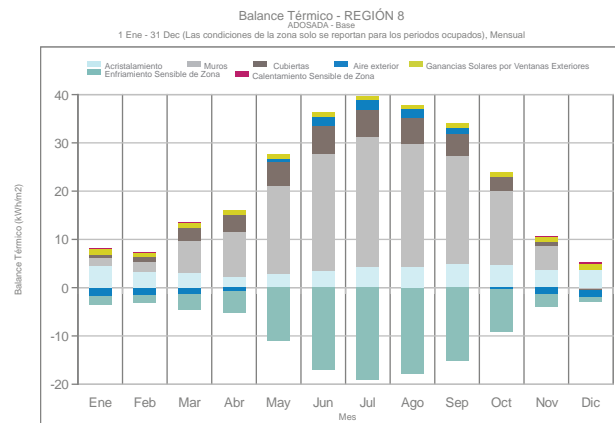
I balance térmico

caso base

Las mayores ganancias de calor se dan a través de los **muros**, especialmente en verano, alcanzando ganancias de **26.9 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

6 meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de energía para enfriamiento. El requerimiento de calefacción anual es mínimo.

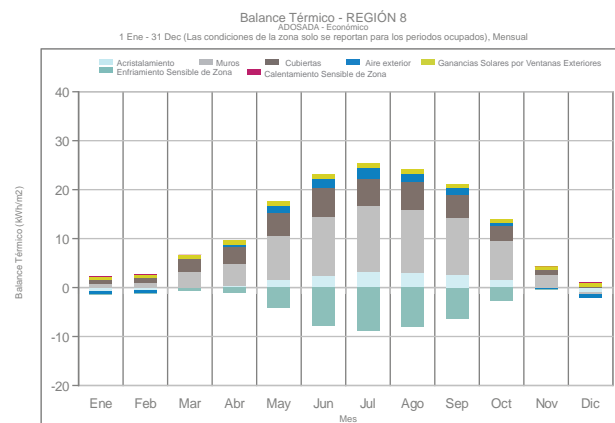
adosada



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral, en conjunto con otras medidas, reduce las ganancias de calor por muros en el mes de **Julio a 13.5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **62%** con respecto al caso base.

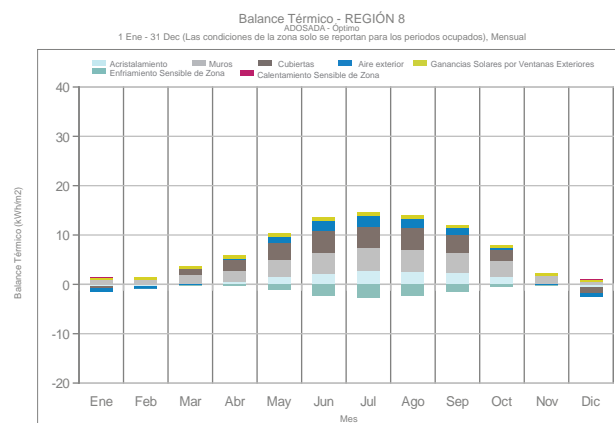
4 meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de energía para enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por muros en el mes de **Julio a 4.6 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **89%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **5 kWh/m²** de enfriamiento.



distribución de temperaturas

adosada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	5283	4142	2067
Estar B	4532	3040	752
Dorm 1 A	5714	3784	1158
Dorm 2 A	4370	3301	570
Dorm 1 B	5614	3342	908
Dorm 2 B	4182	2948	347

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	265	185	52
Estar B	38	61	32
Dorm 1 A	36	57	25
Dorm 2 A	201	201	71
Dorm 1 B	29	52	26
Dorm 2 B	153	171	65

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en 30% con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona 10 meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	99	8661	8495	8185	7759	7244	6641	5918	5283	4642	3934	3199	2437	1721	1145	688
Estar B	9	8751	8722	8587	8207	7546	6635	5531	4532	3478	2286	1087	341	49	4	0
Dorm 1 A	13	8747	8724	8622	8383	7974	7351	6561	5714	4836	3859	2772	1651	821	324	81
Dorm 2 A	49	8711	8559	8191	7448	6601	5764	5020	4370	3747	2832	1787	793	233	34	0
Dorm 1 B	8	8753	8731	8643	8418	8000	7349	6507	5614	4643	3555	2338	1214	530	175	40
Dorm 2 B	35	8725	8607	8264	7483	6557	5657	4855	4182	3403	2335	1180	357	57	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	34	8727	8576	8188	7442	6500	5610	4824	4142	3355	2260	1054	284	28	1	0
Estar B	5	8755	8699	8381	7473	6209	5071	4161	3040	1455	276	14	0	0	0	0
Dorm 1 A	6	8754	8703	8460	7778	6701	5589	4575	3784	2587	1091	185	9	0	0	0
Dorm 2 A	24	8736	8559	7947	6837	5796	4974	4185	3301	1924	553	39	0	0	0	0
Dorm 1 B	5	8755	8709	8480	7770	6642	5472	4447	3342	2166	670	58	5	0	0	0
Dorm 2 B	17	8743	8589	7984	6806	5726	4827	4013	2948	1336	255	4	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	8760	8708	8322	7117	5810	4692	3682	2067	400	12	0	0	0	0	0
Estar B	0	8760	8728	8314	6929	5425	4228	2819	752	23	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	8760	8736	8434	7217	5723	4465	3264	1158	51	3	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	8760	8690	8071	6556	5247	4122	2568	570	3	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	8760	8735	8419	7145	5618	4371	3076	908	34	1	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	0	8760	8695	8062	6489	5157	3999	2263	347	1	0	0	0	0	0	0

región 8

hermosillo

cálido seco extremoso

Vivienda dúplex

La vivienda dúplex objeto de estudio tiene una superficie de construcción de casi 40m² en cada nivel y está compuesta de una recámara, un baño, cocina, sala-comedor y cuarto de lavado. Estas viviendas comparten la losa de entepiso de concreto armado, modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas dúplex a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron cuatro viviendas. Las viviendas de planta baja y planta alta como zonas térmicas independientes que comparten el muro del cuarto de lavado con el siguiente bloque de viviendas (planta alta y planta baja) hacia el Este. Además, se añadieron las viviendas del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la promotora SADASI basado en su prototipo del conjunto Prado Norte en Cancún.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aplicación de un agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de **\$13,260**.

Para el escenario “óptimo” se aumentó la resistividad del aislante en muros, se incorporó un techo verde y se utilizaron ventanas con cristal simple de baja emisividad. El costo directo estimado de estas estrategias es de **\$38,125**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en la demanda energética del **45%** y **64%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda dúplex se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 8

hermosillo

cálido seco extremo

resumen ejecutivo / dúplex

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **dúplex**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	223	123	80
Reducción de demanda térmica (%)		45%	64%

Las demandas energéticas de calefacción y enfriamiento de esta vivienda pueden reducirse hasta en un 64% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	138	76	50
Tiempo de retorno de inversión (años)		2.1	4.8

Invirtiendo un costo estimado de \$38,125 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo", se pueden reducir en un 64% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 4.8 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Los espacios en la vivienda de planta alta presentaron desviaciones durante todo el año sobre el rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros. Especialmente en verano.
- Mejorar la especificación de ventanas y superficies translúcidas junto con un control solar en ventanas.
- Reducir la transferencia de calor por conducción en cubierta (planta alta).

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento superior a 15 kWh/m² seis meses al año. La demanda de calefacción anual es de 3.2 kWh/m².

conclusión:

Se recomienda invertir un costo aproximado de \$38,125 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para tener un retorno de la inversión en 4.8 años; reduciendo en algunas zonas hasta en un 5% las horas de sobrecalentamiento anual.

descripción de la envolvente

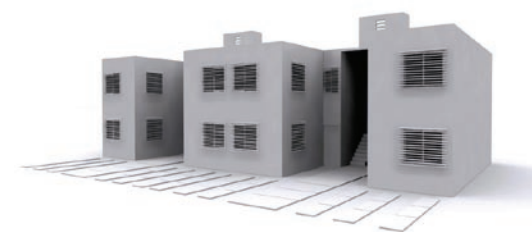
dúplex

caso base



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 10 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 0.28 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



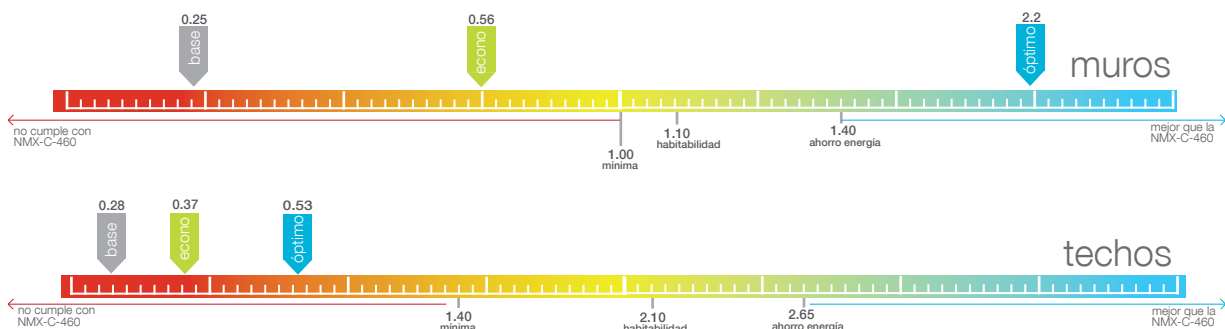
muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (10cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. Dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 0.37 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta óptima



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor + placas de XPS* de 5cm instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa plana de concreto armado (10cm) + sistema de techo verde extensivo 15cm de espesor.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.720 + protección solar exterior.
Valor R 2.16 m²K/W	Valor R= 0.53 m²K/W	Valor U= 3.7 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460 * Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



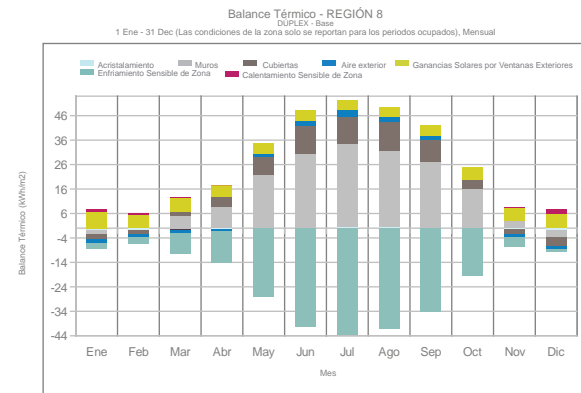
I balance térmico

dúplex

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **34 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

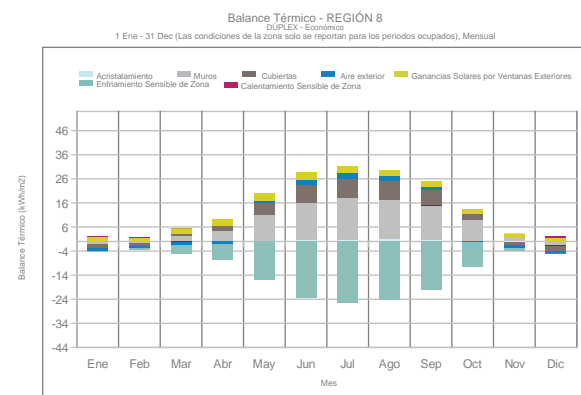
6 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento. La demanda de calefacción anual es de **3.2 kWh/m²**.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral en muros, reduce las ganancias de calor en el mes de **Julio a 17.5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **45%** con respecto al caso base.

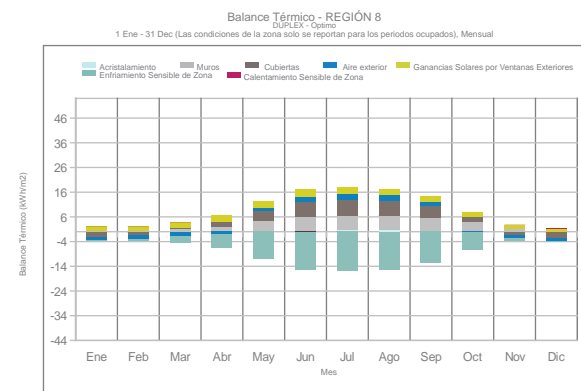
5 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento. La demanda de calefacción anual es de **0.87 kWh/m²**.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por muros en el mes de **Julio a 5.8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **64%** con respecto al caso base.

3 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento. La demanda de calefacción anual es de **0 kWh/m²**.



distribución de temperaturas

dúplex

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	6046	5570	5601
Estar Sur	6162	5495	5524
Dorm Nte	6441	5501	5308
Dorm Sur	6313	5613	5447
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	4123	4105	3590
Estar Sur	4913	4448	3909
Dorm Nte	5283	4306	3516
Dorm Sur	5658	1486	3943

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	503	490	176
Estar Sur	640	554	180
Dorm Nte	394	421	184
Dorm Sur	656	537	197
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	239	509	292
Estar Sur	460	605	320
Dorm Nte	217	322	155
Dorm Sur	503	482	198

El caso “económico” mejora el confort térmico anual en las zonas analizadas en un 20% y el caso “óptimo” en un 50% con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	431	8330	8120	7851	7554	7234	6887	6516	6046	5778	5431	5103	4797	4493	4169	3825
Estar N PA	303	8457	8258	8008	7693	7334	6964	6564	6162	5779	5429	5095	4786	4484	4186	3853
Dorm N PA	249	8511	8366	8146	7875	7597	7237	6840	6441	6070	5692	5333	4957	4575	4197	3797
Dorm S PA	453	8307	8104	7879	7633	7372	7027	6667	6313	5973	5639	5287	4930	4540	4165	3776
PLANTA BAJA																
Estar N PB	51	8709	8521	8022	7296	6424	5542	4811	4123	3321	2342	1326	635	228	47	3
Estar S PB	176	8584	8301	7880	7356	6730	6070	5460	4913	4377	3784	3120	2383	1616	1022	568
Dorm N PB	63	8698	8543	8272	7829	7309	6628	5937	5283	4597	3811	2982	2137	1434	900	500
Dorm S PB	257	8504	8257	7940	7597	7175	6665	6144	5658	5143	4588	3975	3360	2727	2146	1590

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	268	8492	8206	7865	7429	6923	6434	5993	5570	5232	4907	4540	4220	3935	3547	3017
Estar N PA	205	8555	8270	7912	7452	6901	6387	5925	5495	5141	4781	4416	4097	3776	3303	2742
Dorm N PA	185	8575	8339	7993	7570	7045	6469	5969	5501	5113	4723	4342	4026	3661	3164	2608
Dorm S PA	278	8482	8223	7901	7500	7041	6518	6061	5613	5246	4880	4535	4199	3884	3483	2979
PLANTA BAJA																
Estar N PB	128	8632	8251	7586	6741	5941	5257	4653	4105	3510	2596	1487	532	86	3	0
Estar S PB	206	8554	8156	7573	6847	6167	5497	4983	4448	3987	3386	2558	1577	713	227	37
Dorm N PB	80	8680	8439	7913	7213	6390	5592	4930	4306	3802	3038	2081	1003	302	35	1
Dorm S PB	169	8592	8278	7799	7211	6531	5834	5267	4486	4733	4225	3061	2249	1325	607	204

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	46	8713	8580	8282	7797	7201	6583	6022	5601	5193	4831	4468	4072	3728	3282	2628
Estar N PA	38	8723	8584	8278	7768	7153	6508	5950	5524	5106	4731	4360	3962	3578	3070	2333
Dorm N PA	38	8722	8576	8253	7682	7027	6339	5762	5308	4878	4467	4082	3688	3266	2638	1727
Dorm S PA	63	8697	8564	8224	7726	7120	6469	5882	5447	5032	4646	4272	3892	3607	3019	2272
PLANTA BAJA																
Estar N PB	42	8718	8468	7776	6741	5782	4981	4292	3590	2475	956	148	10	0	0	0
Estar S PB	61	8699	8440	7815	6863	5970	5183	4551	3909	3071	1744	576	64	3	0	0
Dorm N PB	12	8748	8605	7991	6900	5858	4958	4234	3516	2392	860	80	0	0	0	0
Dorm S PB	30	8730	8562	7985	7041	6101	5257	4563	3943	3206	1915	654	71	1	0	0

región 8

hermosillo

cálido seco extremoso

Vivienda aislada

La vivienda aislada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 44.7 m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estas viviendas no comparten ni muros ni losas con las viviendas colindantes. La vivienda aislada a simular como caso base presenta un muro Oeste sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte. El terreno colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modeló la vivienda con cuatro zonas térmicas (dos recámaras, zona de estar y baño). Se consideró el siguiente módulo de vivienda, hacia el Este, para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por Consorcio Hogar, basado en su prototipo Sierra del desarrollo Valle Floresta.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente recubrimiento de perlita mineral en muros y cubierta y uso de protección solar exterior en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de **\$12,361**.

Para el escenario “óptimo” se seleccionó un aislante térmico de mayor densidad a base de poliestireno extruido (XPS) en muros, se incorporó una cubierta vegetal y ventanas de cristal simple de baja emisividad y protección solar exterior. El costo directo estimado para implementar estas estrategias es de **\$59,611**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las cargas de refrigeración y calefacción de **19%** y **41%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda aislada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 8

hermosillo

cálido seco extremo

resumen ejecutivo / aislada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **aislada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	142	115	84
Reducción de demanda térmica (%)		19%	41%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 41% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario "óptimo".

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	88	71	52
Tiempo de retorno de inversión (años)		8,4	23

Invirtiendo un estimado de \$59,611 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir hasta en un 41% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: 3 de 5 espacios en la vivienda presentaron desviaciones excesivas del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir la transferencia de calor por conducción en cubierta, todo el año.
- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros, especialmente en verano.
- Mejorar la especificación de las ventanas y utilizar dispositivos de control solar exterior operables según estación.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de energía para enfriamiento mayor a 15 kWh/m² cinco meses al año y una demanda de calefacción mayor a 1 kWh/m² tres meses al año.

conclusiones:

Se recomienda invertir un estimado de \$12,361 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "económico" para reducir en un 19% las demandas energéticas de la vivienda. Reduciendo las demandas de refrigeración anuales a 80 kWh/m². Es importante señalar que mientras que el escenario "óptimo" refleja un incremento en la eficiencia energética de la vivienda con respecto al caso base, desde el punto de vista financiero no es necesariamente viable y su implementación puede no ser recomendada.

descripción de la envolvente

aislada

caso base



muros	techos	ventanas
De block hueco de jalcreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 12 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.37 m²K/W	Valor R= 0.30 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa plana de concreto armado (12cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. + dispositivos de sombra exteriores operables según instalación.
Valor R= 0.70 m²K/W	Valor R= 0.40 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

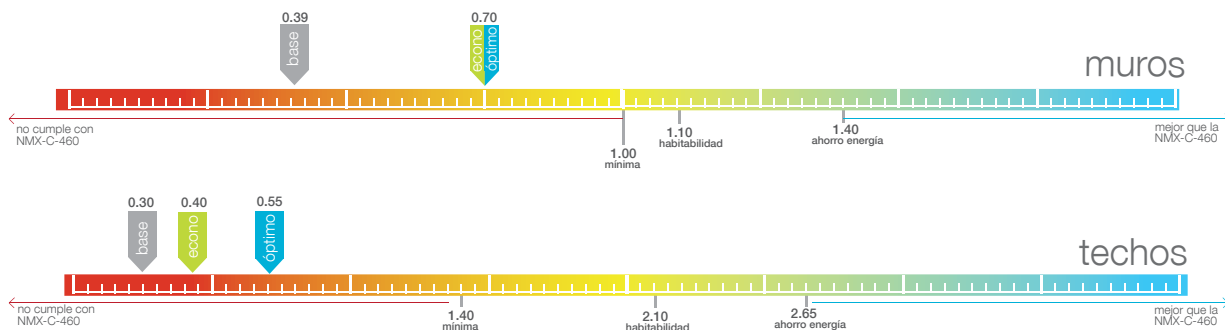
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de esp. + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa plana de concreto armado (12cm) + sistema de techo verde extensivo de 15cm de espesor.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73 + control solar exterior.
Valor R= 0.70 m²K/W	Valor R= 0.55 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



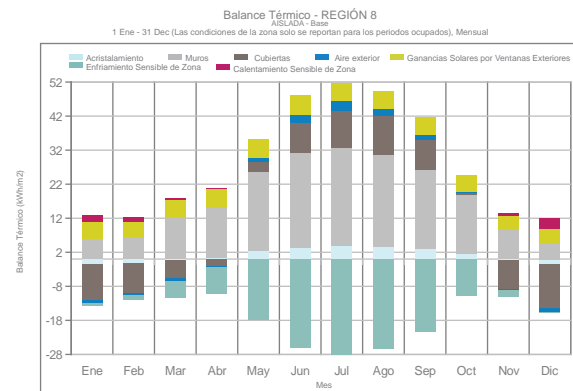
I balance térmico

aislada

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando **28.5 kWh/m²** en el mes de **Julio**. Las mayores pérdidas de calor se dan a través de la **cubierta**.

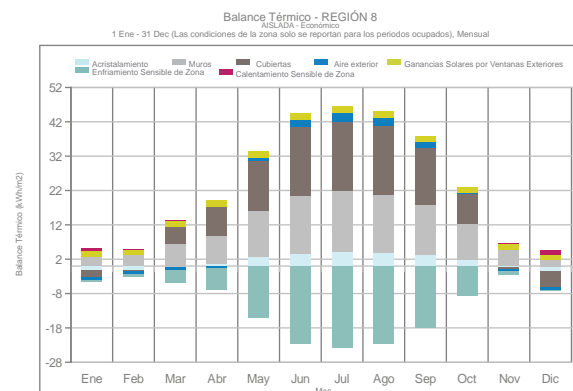
5 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento. **3** meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral en muros reduce las ganancias de calor en **Julio** a **17.6 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **19%** con respecto al caso base.

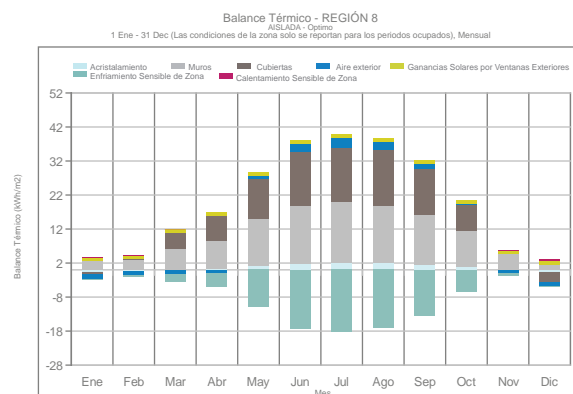
4 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento. **1** mes al año requiere más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor en el mes de **Julio** a **17 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración y calefacción en un **41%** con respecto al caso base.

3 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento. **0** meses al año requieren más de **1 kWh/m²** de calentamiento.



I distribución de temperaturas

aislada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	4184	4541	4452
Dorm 1	4744	4795	4676
Dorm 2	4393	4578	4501

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	1285	824	474
Dorm 1	998	551	304
Dorm 2	1342	799	518

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un **10%** con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona **3 meses** más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	860	7901	7474	7009	6471	5881	5320	4776	4184	3572	2952	2324	1767	1285	882	543
Dorm 1 A	642	8118	7762	7343	6891	6378	5765	5271	4744	4134	3528	2913	2324	1811	1362	980
Dorm 2 A	910	7851	7418	6960	6475	5959	5369	4901	4393	3865	3322	2758	2200	1693	1256	887

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	441	8319	7936	7460	6928	6306	5687	5110	4541	3905	3225	2489	1828	1274	841	479
Dorm 1 A	245	8515	8209	7771	7270	6667	5947	5338	4795	4211	3561	2893	2171	1571	1067	662
Dorm 2 A	417	8343	7961	7467	6933	6338	5671	5099	4578	4062	3433	2773	2070	1466	980	594

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	135	8625	8286	7772	7128	6358	5667	5017	4452	3829	3031	2121	1319	729	312	94
Dorm 1 A	75	8686	8456	8064	7492	6837	5974	5281	4676	4123	3456	2663	1851	1155	638	281
Dorm 2 A	168	8592	8242	7732	7108	6421	5645	5030	4501	4000	3323	2558	1739	1065	551	241

región 8

hermosillo

cálido seco extremoso

Vivienda vertical

Los departamentos de la vivienda vertical objeto de estudio están compuestos de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estos departamentos comparten un muro de casi 10m² colindante con las áreas de estar de ambos departamentos y modelada como una superficie adiabática en este estudio. El bloque de vivienda vertical a simular como caso base consiste en dos torres de seis niveles. Cada torre cuenta con dos departamentos por nivel con una superficie de construcción de 50m² cada uno*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se simularon los cuatro departamentos de los pisos de planta baja, cuarto nivel y sexto nivel como zonas térmicas independientes.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la constructora AISA basado en su prototipo Torres 475, ubicado en la ciudad de Puebla.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente utilizando agregado de perlita mineral en cubierta y en muros y el uso de protección solar exterior en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias por departamento es de **\$6,452**.

Para el escenario “óptimo” se propuso reducir los niveles de infiltración utilizando ventanas de doble vidrio con protección solar exterior, recubrimiento en muros a base de perlita mineral y promoción de sombra en cubierta con sistema de losa de barro ventilada. El costo directo estimado para implementar estas medidas es de **\$9,274**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción del **12%** y **15%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda vertical se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 8

hermosillo

cálido seco extremoso



resumen ejecutivo / vertical

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **vertical**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda eléctrica.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	150	133	128
Reducción de demanda térmica (%)		12%	15%

La demanda energética de calefacción y enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 15% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	93	82	80
Tiempo de retorno de inversión (años)		4.3	4.3

Invirtiendo un estimado de \$9,274 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo" se pueden reducir en un 15% las emisiones de CO₂. Con un tiempo de retorno de la inversión de 4.3 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios por departamento en promedio, presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico. Estas desviaciones variaron dependiendo de la orientación de la zona y fueron más marcadas en el último nivel.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros.
- Mejorar el desempeño térmico de las ventanas. Uso de protección solar exterior.
- Reducir pérdidas y ganancias de calor por infiltración.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor a 20 kWh/m² cuatro meses al año. La demanda de calentamiento anual es de 7.8 kWh/m².

conclusión:

Se recomienda invertir un aproximado de \$9,274 por departamento en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 15%, con un tiempo de retorno de la inversión de 4.3 años.

descripción de la envolvente

vertical

caso base



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero 12x20x38. Acabado impermeabilizado Thermotek.	Losas de vigueta de alma abierta peralte 16cm y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ , capa de compresión de 4cm.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.81 m²K/W	Valor R= 1.63 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losas de vigueta y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm, aluminio natural de 1.5 pulgadas. (SHGC)=0.86 + protección solar exterior.
Valor R= 1.13 m²K/W	Valor R= 1.83 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

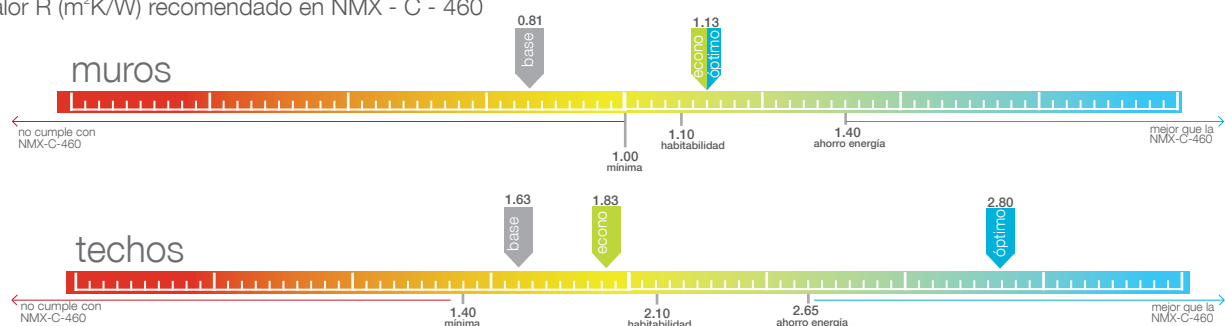
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa de vigueta y bovedilla + loseta de barro ventilada**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.13 m²K/W	Valor R= 2.80 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



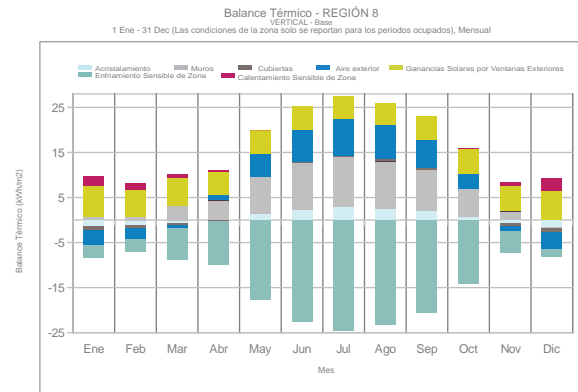
I balance térmico

vertical

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando **11 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

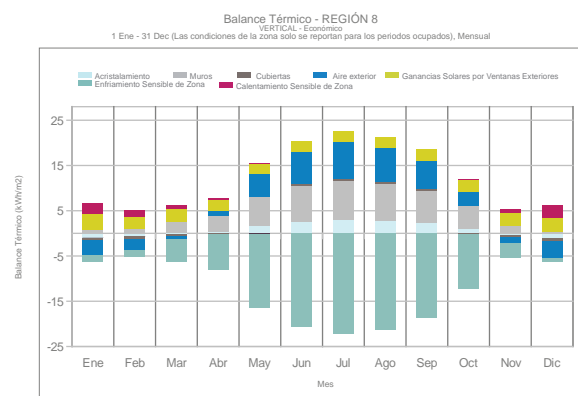
4 meses al año requieren más de **20 kWh/m²** de enfriamiento. Las mayores pérdidas por conducción en la envolvente se registran en el mes de **Diciembre**.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral, en conjunto con otras medidas, reduce las ganancias de calor por muros en el mes de **Julio a 8.5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de enfriamiento y calefacción en un **12%** con respecto al caso base.

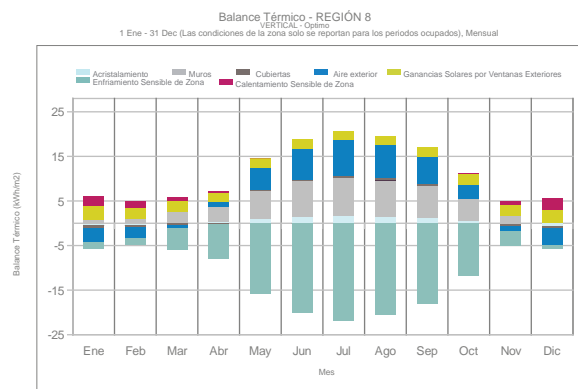
3 meses al año requieren más de **20 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las pérdidas de calor por muros en el mes de **Julio a 8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **15%** con respecto al caso base.

2 meses al año requieren más de **20 kWh/m²** de enfriamiento.



I distribución de temperaturas

vertical

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL - VERTICAL

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	3000	1522	1107
Estar PBE S	3261	1631	1194
Estar PBW N	2989	1546	1108
Estar PBW S	3329	1897	1472
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	6965	6044	6188
Estar 4E S	7620	6629	6785
Estar 4W N	6973	5945	6058
Estar 4W S	7628	6562	6703
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	6447	5608	5664
Estar 6E S	7050	6015	6099
Estar 6W N	6452	5615	5669
Estar 6W S	7051	6019	6103

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL - VERTICAL

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	465	506	429
Estar PBE S	326	345	283
Estar PBW N	464	457	371
Estar PBW S	338	327	256
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	43	178	114
Estar 4E S	8	32	14
Estar 4W N	42	204	155
Estar 4W S	7	51	26
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	225	536	476
Estar 6E S	86	262	226
Estar 6W N	223	531	473
Estar 6W S	189	259	222

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	115	8645	8295	7732	7016	6124	5143	4093	3000	1953	1064	397	87	2	0	0
Estar PBE S	71	8689	8434	7947	7327	6549	5587	4519	3261	2135	1207	480	101	4	0	0
Estar PBW N	111	8649	8297	7750	7043	6158	5173	4105	2989	1929	1047	369	73	3	0	0
Estar PBW S	75	8685	8423	7930	7303	6525	5584	4544	3329	2234	1339	592	160	15	5	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	15	8745	8717	8664	8549	8311	7959	7466	6965	6491	6035	5598	5208	4816	4492	4187
Estar 4E S	1	8759	8752	8734	8697	8603	8429	8074	7620	7177	6725	6225	5723	5255	4822	4437
Estar 4W N	14	8746	8718	8668	8554	8320	7974	7471	6973	6499	6043	5602	5212	4823	4497	4190
Estar 4W S	0	8760	8753	8736	8701	8607	8438	8083	7628	7183	6731	6234	5731	5259	4829	4443
6TO NIVEL																
Estar 6E N	105	8655	8535	8344	8091	7773	7379	6892	6447	6012	5603	5216	4863	4515	4225	3902
Estar 6E S	45	8716	8675	8572	8429	8205	7880	7464	7050	6606	6150	5680	5275	4851	4474	4102
Estar 6W N	105	8655	8537	8347	8094	7773	7384	6895	6452	6020	5612	5220	4864	4521	4223	3902
Estar 6W S	43	8717	8675	8571	8431	8205	7881	7461	7051	6603	6155	5688	5280	4857	4475	4104

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	92	8668	8255	7395	6252	5086	4087	2905	1522	463	82	1	0	0	0	0
Estar PBE S	54	8706	8416	7714	6693	5454	4292	3055	1631	532	87	2	0	0	0	0
Estar PBW N	81	8679	8303	7524	6394	5218	4173	2959	1546	471	86	0	0	0	0	0
Estar PBW S	53	8707	8433	7781	6808	5590	4435	3270	1897	725	163	16	3	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	71	8689	8582	8415	8075	7603	7079	6539	6044	5600	5227	4844	4513	4188	3876	3535
Estar 4E S	8	8753	8728	8658	8542	8242	7775	7203	6629	6131	5645	5212	4795	4413	4126	3782
Estar 4W N	97	8664	8556	8350	7989	7485	6960	6411	5945	5513	5150	4780	4434	4127	3809	3484
Estar 4W S	14	8746	8710	8632	8470	8142	7651	7091	6562	6041	5565	5139	4722	4371	4023	3704
6TO NIVEL																
Estar 6E N	289	8471	8224	7820	7435	6998	6520	6056	5608	5265	4888	4568	4267	3967	3630	3272
Estar 6E S	127	8634	8498	8248	7900	7506	7009	6513	6015	5569	5164	4745	4418	4123	3778	3411
Estar 6W N	284	8476	8229	7866	7442	7011	6532	6064	5615	5274	4894	4580	4279	3977	3635	3284
Estar 6W S	126	8634	8501	8255	7907	7519	7023	6524	6019	5577	5176	4754	4423	4134	3787	3423

I distribución de temperaturas

vertical

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	58	8702	8331	7457	6233	4988	3898	2535	1107	234	9	0	0	0	0	0
Estar PBE S	36	8724	8477	7768	6675	5346	4089	2694	1194	256	9	0	0	0	0	0
Estar PBW N	49	8711	8389	7594	6375	5122	4003	2598	1108	257	12	0	0	0	0	0
Estar PBW S	36	8724	8504	7752	6804	5497	4264	2969	1472	412	46	6	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	41	8720	8646	8531	8241	7809	7258	6696	6188	5716	5336	4949	4618	4265	3959	3624
Estar 4E S	0	8760	8747	8705	8612	8400	7970	7388	6785	6287	5792	5338	4906	4511	4200	3871
Estar 4W N	52	8708	8605	8471	8143	7682	7121	6554	6058	5620	5249	4874	4530	4196	3887	3554
Estar 4W S	2	8758	8734	8683	8564	8307	7823	7275	6703	6189	5703	5251	4831	4462	4108	3783
6TO NIVEL																
Estar 6E N	244	8516	8284	7931	7511	7081	6583	6122	5664	5311	4942	4618	4309	4025	3673	3329
Estar 6E S	103	8657	8534	8312	7978	7587	7088	6593	6099	5626	5221	4809	4465	4165	3827	3467
Estar 6W N	239	8521	8287	7943	7518	7091	6601	6132	5669	5317	4953	4633	4322	4028	3678	3341
Estar 6W S	105	8655	8538	8321	7986	7604	7101	6598	6103	5633	5226	4811	4472	4177	3836	3477

La distribución de temperaturas mostrada en estas tablas está reportando el número de horas acumuladas al año que hay por arriba de un valor de temperatura en determinada parte de la vivienda. Lo deseable es que la vivienda muestre, en lo posible, el mayor número de horas al año dentro del rango de confort, establecido para este estudio entre los 18°C y los 25°C. Esto indicará un menor número de horas al año sin bajocalentamiento o sobrecalentamiento.

Para la vivienda vertical en Hermosillo, implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el bajocalentamiento y el sobrecalentamiento en un 20% con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona dos meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

región 9

mérida
cálido semihúmedo

análisis del sitio

región 9

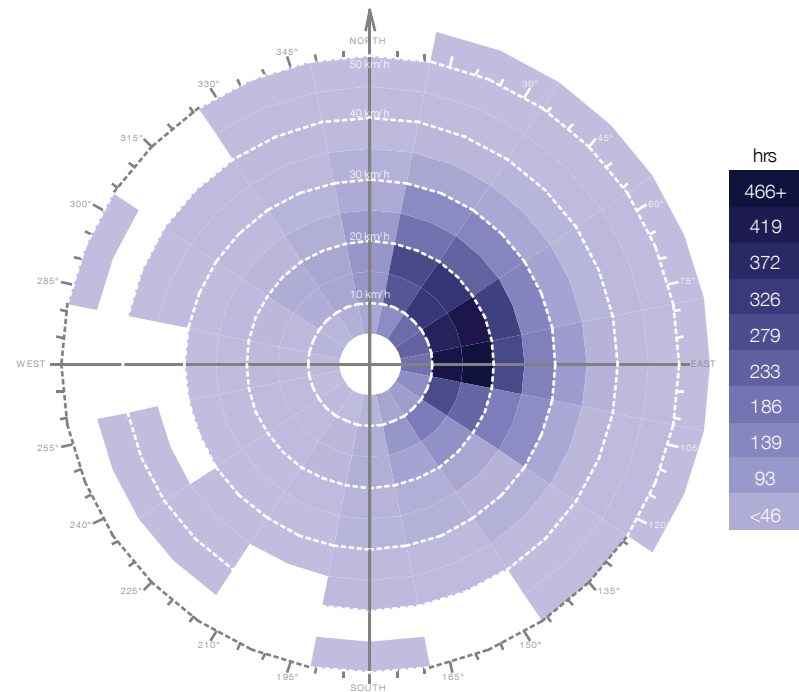
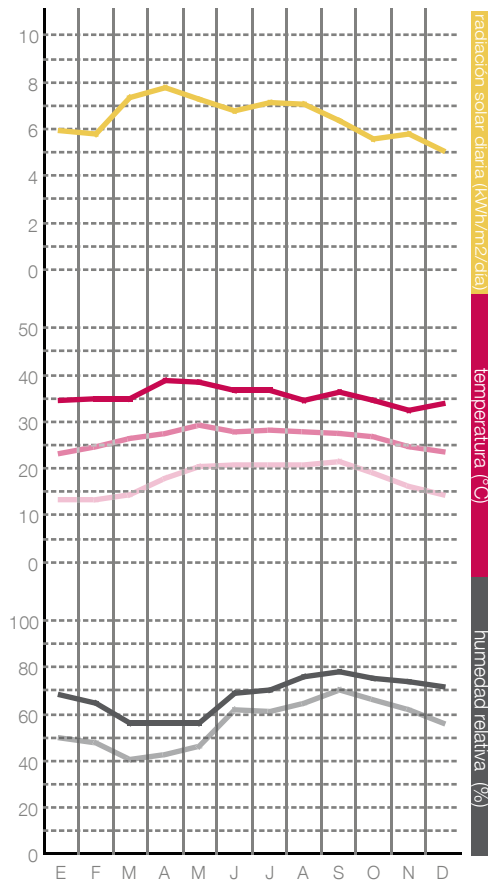
mérida
cálido semihúmedo

Latitud: 21.0°

Longitud: -89.7°

Altitud: 9 m

Zona horaria: GMT -6 hrs



Mérida se encuentra en la clasificación Köppen-Geiger Aw con temperaturas medias máximas de 40°C en Abril y medias mínimas de 15°C en invierno, con una oscilación diaria entre 10° y 14°C. Las condiciones climáticas del sitio implican un diseño de vivienda que se adapte a condiciones de calor prácticamente todo el año.

Los vientos dominantes provienen del Este y Noreste, con velocidades entre los 10 y 25 km/h.

región 9

mérida
cálido semihúmedo

Vivienda adosada

La vivienda adosada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 45m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala, comedor y patio de servicio. Estas viviendas comparten un muro de 18m² que colinda con los espacios de dormitorios en ambas viviendas; modelado como una superficie adiabática¹ para efectos de este estudio. El módulo de viviendas adosadas a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron las dos viviendas adosadas como zonas térmicas independientes y, además, se añadió una vivienda del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por el Consorcio ARA basado en su prototipo Almendros del conjunto Vista Real II.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aplicación de un agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo de estas estrategias se estima en **\$14,161**.

Para el escenario “óptimo” se ha mejorado la resistividad del aislante en muros, se sugiere el uso de loseta de barro ventilada en cubierta y se utilizaron ventanas con cristal simple de baja emisividad. El costo directo de implementar este sistema se estima en **\$19,225**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción, con respecto al caso base, del **72%** y **90%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda adosada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 9

mérida
cálido semihúmedo

resumen ejecutivo /adosada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **adosada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	81	22	8
Reducción de demanda térmica (%)		72%	90%

La demanda energética de enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 90% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	51	14	5
Tiempo de retorno de inversión (años)		4	4.9

Invirtiendo un estimado de \$19,225 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el escenario “óptimo” se pueden reducir hasta en un 90% las emisiones de CO₂ con respecto al caso base.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base.

temperatura: Dos espacios de la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros durante todo el año.
- Mejorar el desempeño térmico de la cubierta, durante todo el año.
- Mejorar la especificación de ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor de 3 kWh/m² doce meses al año. La demanda anual de calefacción es mínima.

conclusión

Para la vivienda adosada en la región de Mérida, se recomienda invertir un costo estimado de \$19,225 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “óptimo” para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 90%, recuperando la inversión en 4.9 años.

descripción de la envolvente

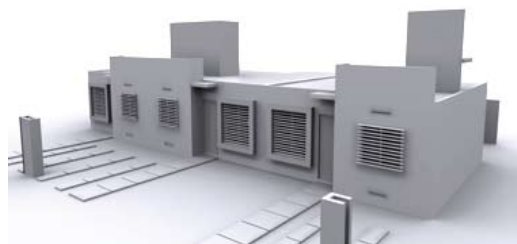
adosada

caso base



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm)	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 1.22 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas + protección solar exterior.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 1.43 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

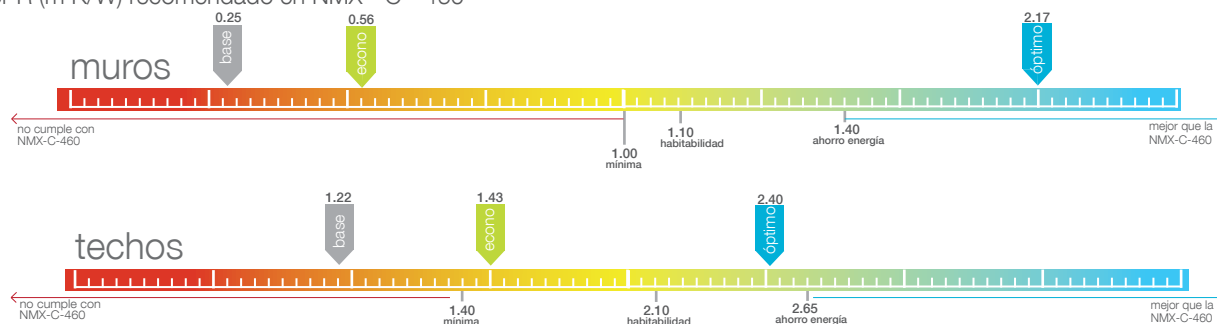
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas de 5 cm XPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + loseta de barro ventilada**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.72 + protección solar exterior.
Valor R= 2.17 m²K/W	Valor R= 2.40 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



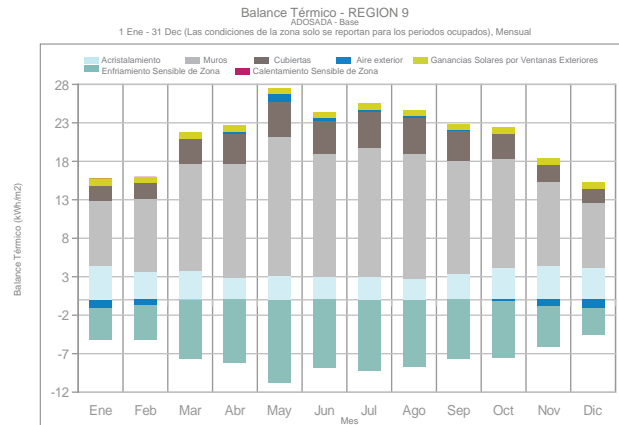
balance térmico

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros**, alcanzando hasta **18 kWh/m²** en el mes de **Mayo**.

12 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de energía para enfriamiento.

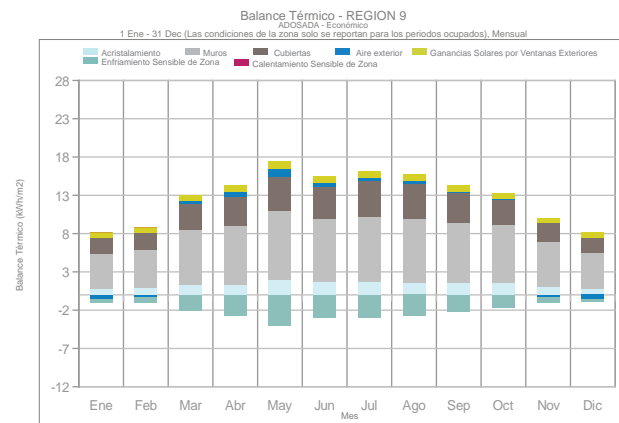
adosada



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral en muros reduce las ganancias de calor en el mes de **Mayo** a **9 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **72%** con respecto al caso base.

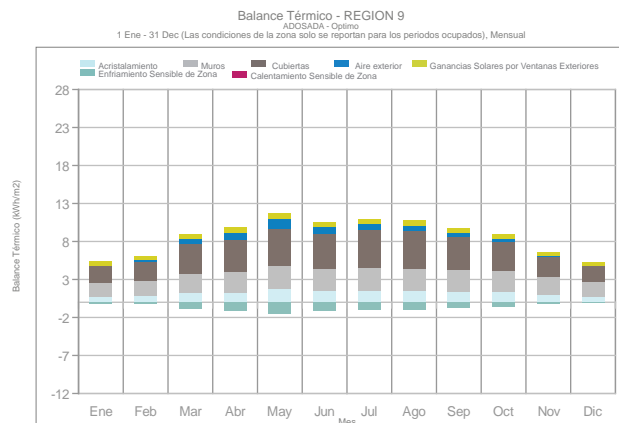
3 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de energía para enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por conducción en muros en el mes de **Mayo** a **3 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **90%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **3 kWh/m²** de enfriamiento.



I distribución de temperaturas

adosada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	6,542	4,481	685
Estar B	2,456	1,080	94
Dorm 1 A	6,929	2,733	84
Dorm 2 A	5,434	1,908	48
Dorm 1 B	6,587	1,972	42
Dorm 2 B	4,825	1,143	26

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	4	0	0
Estar B	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0
Dorm 2 A	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0
Dorm 2 B	0	0	0

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el sobrecalentamiento y el bajocalentamiento en las zonas analizadas en un 60% con referencia al caso base. El caso “óptimo” proporciona 11 meses más al año dentro de la zona de confort con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	8760	8756	8744	8688	8562	8241	7637	6542	5076	3608	2402	1401	711	261	72
Estar B	0	0	0	8760	8744	8649	7192	5019	2456	666	61	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0	8760	8752	8702	8550	8099	6929	5021	2951	1314	422	97	13	0
Dorm 2 A	0	0	8760	8756	8726	8564	8131	7181	5434	3232	1227	275	26	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0	8760	8754	8702	8535	8000	6587	4453	2283	918	255	66	6	0
Dorm 2 B	0	0	8760	8757	8729	8559	8065	6920	4825	2419	603	84	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	0	8760	8757	8725	8548	8008	6733	4481	1922	404	23	0	0	0	0
Estar B	0	0	0	8760	8729	8436	7274	4543	1080	41	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0	8760	8750	8598	8012	6188	2733	371	1	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	0	8760	8759	8699	8355	7217	5088	1908	204	1	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0	8760	8748	8579	7866	5692	1972	131	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	0	0	8760	8759	8698	8291	6954	4460	1143	61	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	0	8760	8759	8726	8388	6958	3871	685	10	0	0	0	0	0	0
Estar B	0	0	0	8760	8709	8166	5892	1897	94	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0	8760	8740	8374	6456	2276	84	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	0	0	8760	8702	8063	5786	1802	48	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0	8760	8737	8320	6140	1842	42	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	0	0	0	8760	8700	7963	5472	1380	26	0	0	0	0	0	0	0

región 9

mérida

cálido semihúmedo

Vivienda dúplex

La vivienda dúplex objeto de estudio tiene una superficie de construcción de casi 40m² en cada nivel y está compuesta de una recámara, un baño, cocina, sala-comedor y cuarto de lavado. Estas viviendas comparten la losa de entrepiso de concreto armado; modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas dúplex a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron cuatro viviendas. Las viviendas de planta baja y planta alta como zonas térmicas independientes que comparten el muro del cuarto de lavado con el siguiente bloque de viviendas (planta alta y planta baja) hacia el Este. Además, se añadieron las viviendas del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la promotora SADASI basado en su prototipo del conjunto Prado Norte en Cancún.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente: agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$13,260.

Para el escenario “óptimo” se recomendó el uso de recubrimiento con perlita mineral en muros y la promoción de sombra en cubierta mediante una loseta de barro ventilada y ventanas con vidrio de baja emisividad. El costo directo estimado de implementar estas estrategias es de \$18,985.

Ambos escenarios repercuten en ahorros del 42% y 54% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda dúplex se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 9

mérida
cálido semihúmedo

resumen ejecutivo / dúplex

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **dúplex**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	191	111	88
Reducción de demanda térmica (%)		42%	54%

Las demandas energéticas de enfriamiento de esta vivienda pueden reducirse hasta en un 54% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	118	69	54
Tiempo de retorno de inversión (años)		1.5	1.7

Invirtiendo un estimado de \$18,985 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo", se pueden reducir hasta en un 54% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 1.7 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: De dos a tres espacios en la vivienda presentaron sobrecalentamiento excesivo, particularmente en la vivienda de planta alta.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir ganancias de calor por conducción en muros, durante todo el año.
- Mejorar el desempeño térmico de la cubierta en planta alta.
- Mejorar la especificación de ventanas y superficies translúcidas junto con un control solar exterior en ventanas.

demandas de enfriamiento: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento superior a los 10 kWh/m² nueve meses al año.

conclusión:

Se recomienda invertir un estimado de \$18,985 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para tener un retorno de la inversión en 1.7 años; reduciendo en algunas zonas hasta en un 20% las horas de sobrecalentamiento anual.

descripción de la envolvente

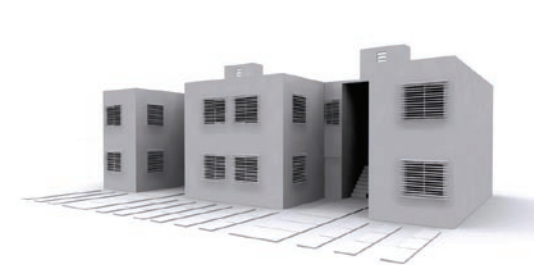
dúplex

caso base



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 10 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 0.28 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



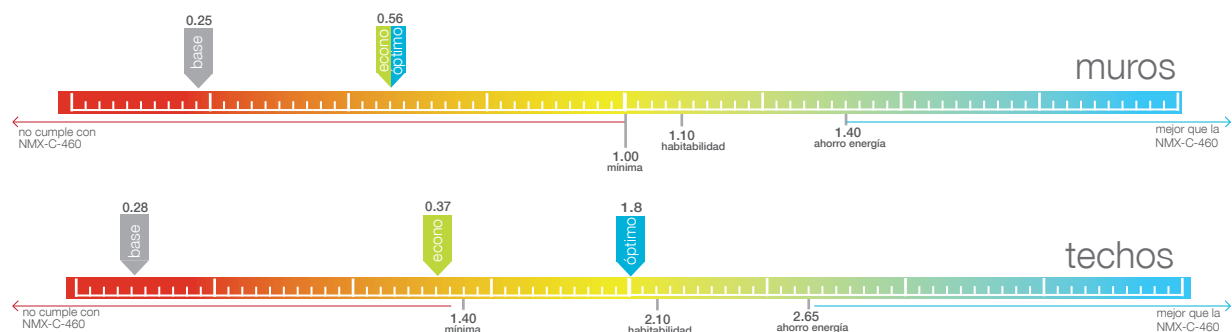
muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. Dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 0.37 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + losetas de barro ventiladas**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.72 + protección solar exterior.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 1.8 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460 * Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



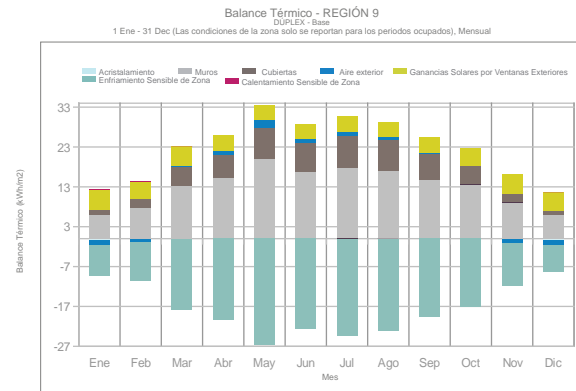
I balance térmico

dúplex

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **20 kWh/m²** en el mes de **Mayo**.

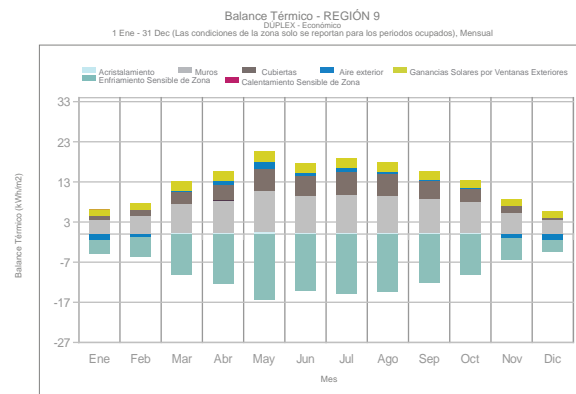
9 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral en muros, reduce las ganancias de calor en el mes de **Mayo** a **10 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración en un **42%** con respecto al caso base.

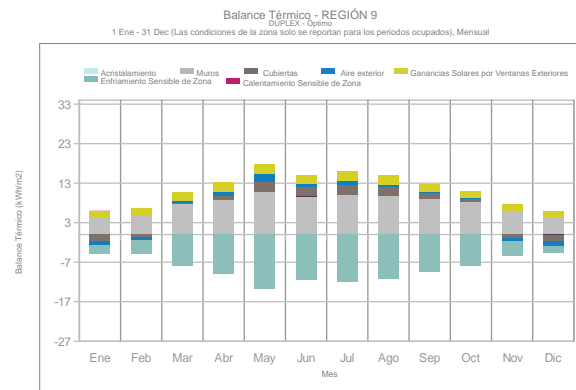
8 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por muros en el mes de **Mayo** a **9.5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **54%** con respecto al caso base.

4 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento.



distribución de temperaturas

dúplex

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	8,056	8,371	7,956
Estar Sur	8,261	8,488	7,975
Dorm Nte	8,222	8,375	7,882
Dorm Sur	7,928	8,268	7,889
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	4,116	132	98
Estar Sur	6,118	2,820	2,747
Dorm Nte	6,147	1,510	1,078
Dorm Sur	6,821	4,938	4,753

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	0	0	0
Estar Sur	11	0	0
Dorm Nte	3	0	0
Dorm Sur	20	0	0
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	0	0	0
Estar Sur	2	0	0
Dorm Nte	0	0	0
Dorm Sur	11	0	0

El caso “económico” mejora las condiciones de confort térmico anual en las zonas analizadas en un 20%. Mientras que el caso “óptimo” mejora en un 30% con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	1	8759	8750	8735	8698	8621	8501	8327	8056	7684	7196	6561	5801	4994	4191	3414
Estar N PA	0	8760	8759	8754	8741	8698	8613	8481	8261	7961	7529	6982	6254	5379	4528	3671
Dorm N PA	0	8760	8757	8749	8731	8681	8592	8439	8222	7902	7452	6857	6082	5214	4382	3528
Dorm S PA	9	8751	8741	8719	8664	8572	8444	8238	7928	7505	6989	6340	5601	4846	4115	3424
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	0	8760	8751	8661	8381	7645	6272	4116	2204	899	238	27	0	0	0
Estar S PB	0	8760	8758	8739	8642	8446	7987	7274	6118	4646	3274	2121	1128	496	163	29
Dorm N PB	0	8760	8759	8752	8700	8557	8180	7472	6147	4569	3159	2002	1117	491	147	25
Dorm S PB	1	8759	8749	8722	8635	8475	8139	7612	6821	5791	4688	3705	2796	1969	1213	652

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	0	0	0	8760	8756	8744	8689	8565	8371	8055	7597	7009	6264	5392	4441	3457
Estar N PA	0	0	0	8760	8753	8725	8639	8488	8217	7779	7244	6557	5754	4861	3797	
Dorm N PA	0	0	0	8760	8757	8747	8698	8576	8375	8039	7553	6914	6135	5142	3969	2852
Dorm S PA	0	0	8760	8759	8753	8726	8658	8514	8268	7907	7398	6737	5906	4889	3833	2805
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	0	8760	8756	8594	7737	5443	1782	132	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	0	0	8760	8757	8671	8288	7242	5397	2820	741	75	0	0	0	0	0
Dorm N PB	0	0	8760	8758	8709	8362	7224	4591	1510	149	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	0	0	8760	8758	8721	8516	7940	6837	4938	2744	910	160	1	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	0	0	8760	8754	8733	8668	8547	8317	7956	7464	6809	6040	5128	4022	3023	1926
Estar N PA	0	0	8760	8758	8744	8686	8577	8357	7975	7471	6793	6074	5163	4038	2938	1790
Dorm N PA	0	0	8760	8756	8740	8675	8548	8291	7882	7360	6613	5783	4662	3373	2192	1091
Dorm S PA	0	0	8760	8753	8727	8657	8518	8259	7889	7377	6689	5847	4802	3658	2583	1499
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	0	8760	8756	8590	7691	5284	1561	98	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	0	0	8760	8757	8670	8282	7218	5333	2747	679	65	0	0	0	0	0
Dorm N PB	0	0	8760	8759	8708	8329	7016	4058	1078	65	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	0	0	8760	8758	8723	8514	7897	6739	4753	2523	776	110	0	0	0	0

región 9

mérida

cálido semihúmedo

Vivienda aislada

La vivienda aislada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 44.7 m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estas viviendas no comparten ni muros ni losas con las viviendas colindantes. La vivienda aislada a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modeló la vivienda con cuatro zonas térmicas (dos recámaras, zona de estar y baño). Se consideró la vivienda colindante hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por Consorcio Hogar, basado en su prototipo Sierra del desarrollo Valle Floresta.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente el uso de un agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de protección solar exterior en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$12,361.

Para el escenario “óptimo” se especificó promoción de sombra en cubierta mediante losetas de barro ventiladas y ventanas cristal simple de baja emisividad y dispositivos de sombra exteriores. El costo directo estimado de implementar este sistema es de \$18,086.

Ambos escenarios repercuten en ahorros del 28% y 47% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda aislada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 9

mérida

cálido semihúmedo

resumen ejecutivo / aislada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **aislada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	115	83	61
Reducción de demanda térmica (%)		28%	47%

La demanda energética de enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 47% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario “óptimo”.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	71	52	38
Tiempo de retorno de inversión (años)		2.3	3

Invirtiendo un estimado de \$18,086 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso “óptimo” se pueden reducir hasta en un 47% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base.

temperatura: 3 espacios en la vivienda presentaron desviaciones excesivas del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros todo el año.
- Mejorar la especificación de las ventanas.
- Reducir las ganancias de calor por conducción en cubierta durante todo el año.

demandas de enfriamiento: La vivienda presenta una demanda de energía para enfriamiento mayor a 10 kWh/m² siete meses al año.

conclusión:

Se recomienda invertir un estimado **\$18,086** en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “óptimo” para reducir en un **47%** las demandas energéticas de la vivienda y las emisiones de CO₂ producto del consumo eléctrico, recuperando la inversión en **3 años**.

descripción de la envolvente

aislada

caso base



muros	techos	ventanas
De block hueco de jalcreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 12 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.37 m²K/W	Valor R= 0.30 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa plana de concreto armado (12cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. + dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 0.70 m²K/W	Valor R= 0.40 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

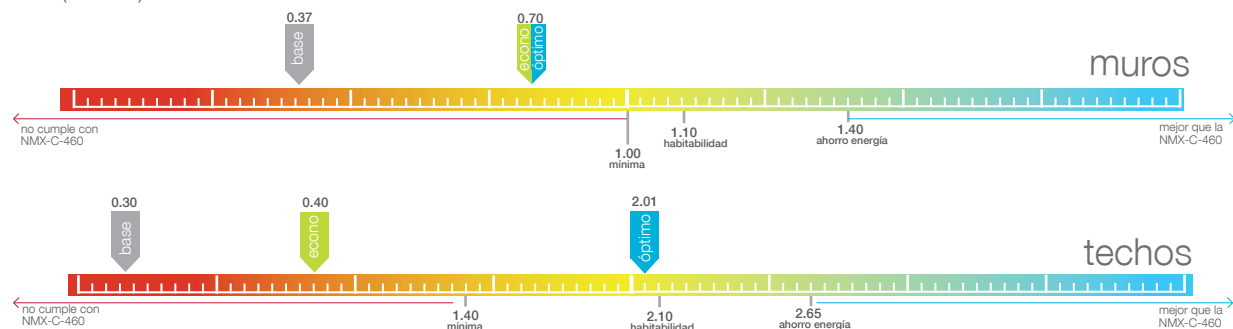
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa plana de concreto armado (12cm) + loseta de barro ventilada**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.72 + protección solar exterior.
Valor R= 0.70 m²K/W	Valor R= 2.01 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



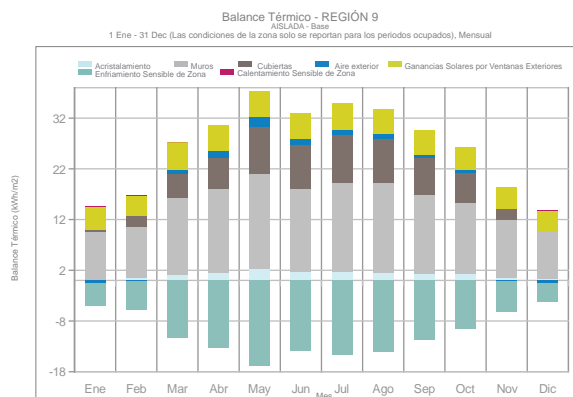
I balance térmico

aislada

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los muros alcanzando **18.8 kWh/m²** en el mes de **Mayo**.

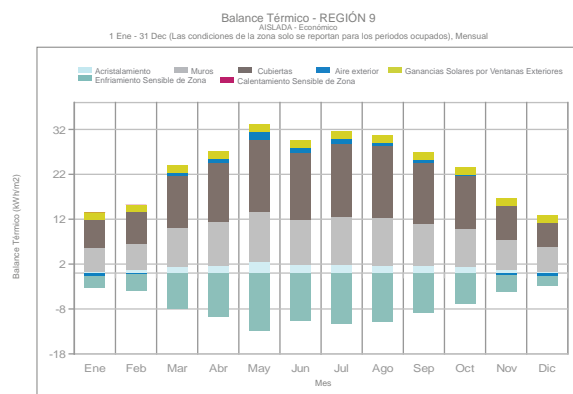
7 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral reduce las ganancias de calor en muros en el mes de **Mayo a 11.3 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de enfriamiento en un **28%** con respecto al caso base.

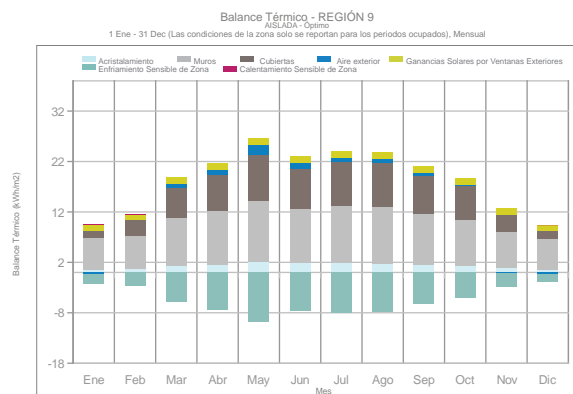
4 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por conducción en muros en el mes de **Mayo a 10.8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de enfriamiento en un **47%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de **10 kWh/m²** de enfriamiento.



distribución de temperaturas

aislada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	4,922	5,334	4,191
Dorm 1	5,378	5,701	4,733
Dorm 2	5,149	5,419	4,417

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	63	17	41
Dorm 1	41	3	8
Dorm 2	60	6	21

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “óptimo” para la vivienda aislada en Mérida, reduce el sobrecalentamiento y el bajocalentamiento anual en las zonas analizadas en un **20%** con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	22	8738	8697	8561	8319	7880	7163	6122	4922	3792	2796	1955	1237	664	299	97
Dorm 1 A	9	8751	8719	8633	8450	8120	7427	6465	5378	4318	3395	2562	1856	1267	738	362
Dorm 2 A	21	8739	8700	8583	8359	7984	7211	6228	5149	4086	3165	2335	1676	1140	665	348

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	2	8758	8744	8692	8521	8192	7575	6584	5334	3951	2779	1843	1090	544	208	55
Dorm 1 A	0	8760	8758	8737	8643	8417	7810	6904	5701	4326	3086	2084	1364	735	312	93
Dorm 2 A	0	8760	8754	8716	8584	8303	7602	6616	5419	4068	2858	1918	1243	679	297	94

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	6	8754	8719	8639	8394	7939	7088	5779	4191	2760	1680	910	347	92	11	0
Dorm 1 A	0	8760	8752	8708	8553	8221	7412	6224	4733	3233	2072	1239	562	168	28	0
Dorm 2 A	2	8758	8739	8674	8471	8074	7176	5910	4417	2955	1874	1101	487	147	20	0

región 9

mérida

cálido semihúmedo

Vivienda vertical

Los departamentos de la vivienda vertical objeto de estudio están compuestos de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estos departamentos comparten un muro de casi 10m² colindante con las áreas de estar de ambos departamentos y modelada como una superficie adiabática en este estudio. El bloque de vivienda vertical a simular como caso base consiste en dos torres de seis niveles. Cada torre cuenta con dos departamentos por nivel con una superficie de construcción de 50m² cada uno*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se simularon los cuatro departamentos de los pisos de planta baja, cuarto nivel y sexto nivel como zonas térmicas independientes.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la constructora AISA basado en su prototipo Torres 475, ubicado en la ciudad de Puebla.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente utilizando agregado de perlita mineral en cubierta y en muros y el uso de protección solar exterior en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias por departamento es de \$6,452.

Para el escenario “óptimo” se propuso reducir los niveles de infiltración utilizando ventanas de doble vidrio con protección solar exterior, recubrimiento en muros a base de perlita mineral y promoción de sobra en cubierta con sistema de losa de barro ventilada. El costo directo estimado para implementar estas medidas es de \$9,274.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción del 14% y 18% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda vertical se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 9

mérida
cálido semihúmedo



resumen ejecutivo / vertical

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **vertical**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	base	económico	óptimo
Demanda térmica anual kWh/m ²	138	118	114
Reducción de demanda térmica (%)		14%	18%

La demanda energética de enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 18% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario “óptimo”.

costos y emisiones CO₂

	base	económico	óptimo
Emisiones anuales de CO ₂ (kg/m ²)	86	73	71
Tiempo de retorno de inversión (años)		2.0	2.1

Invirtiendo un estimado de \$9,274 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso “óptimo” se pueden reducir hasta en un 18% las emisiones de CO₂. Recuperando la inversión en 2.1 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios por vivienda en promedio, presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico. Estas desviaciones variaron dependiendo de la orientación de la zona y fueron más marcadas en el último nivel.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros.
- Mejorar el desempeño térmico de las ventanas y utilizar protección solar exterior.
- Reducir las ganancias de calor por infiltración.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor a 13 kWh/m² siete meses al año. La demanda de calefacción es mínima.

conclusión:

Se recomienda invertir un estimado de \$9,274 por departamento en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “óptimo” para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 18%. Recuperando la inversión en 2.1 años.

descripción de la envolvente

vertical

caso base



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero 12x20x38. Acabado impermeabilizado Thermotek.	Losas de vigueta de alma abierta peralte 16cm y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ , capa de compresión de 4cm.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.81 m²K/W	Valor R= 1.63 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losas de vigueta y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm, aluminio natural de 1.5 pulgadas. (SHGC)=0.86 + protección solar exterior.
Valor R= 1.13 m²K/W	Valor R= 1.83 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

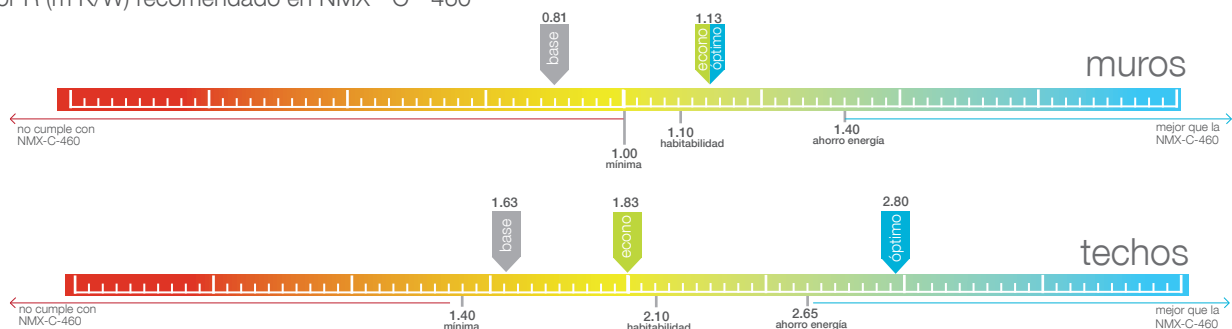
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa de vigueta y bovedilla + loseta de barro ventilada**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.13 m²K/W	Valor R= 2.80 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



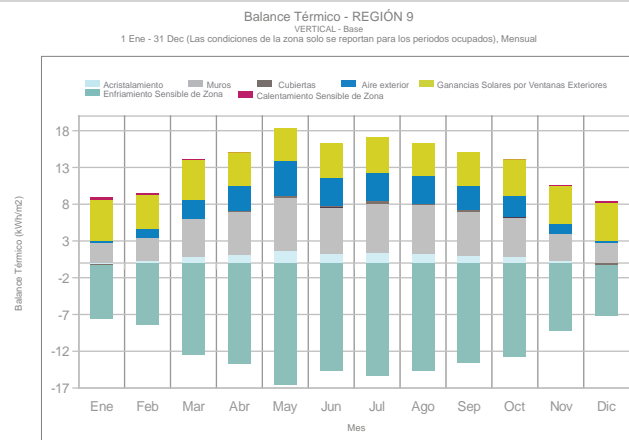
balance térmico

vertical

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando **7.1 kWh/m²** en el mes de **Mayo**.

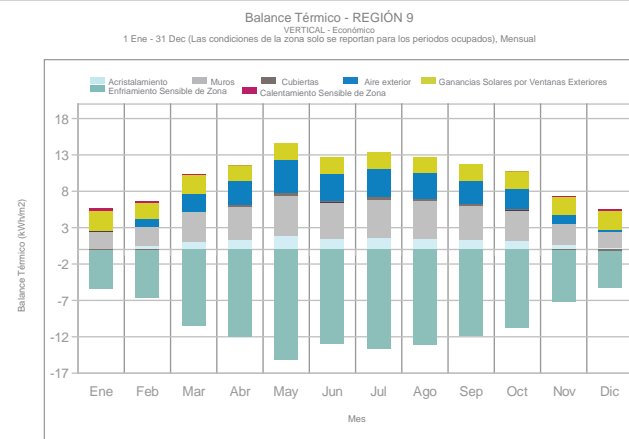
7 meses al año requieren más de **13 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral, en conjunto con otras estrategias, reduce las ganancias de calor por conducción en muros en el mes de **Mayo a 5.6 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **14%** con respecto al caso base.

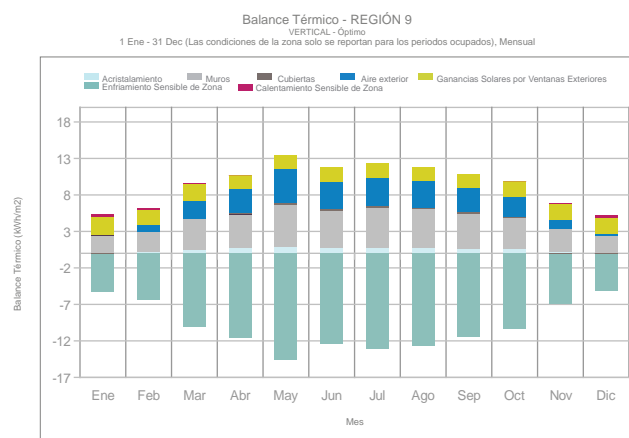
4 meses al año requieren más de **13 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor en el mes de **Mayo a 5 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **18%** con respecto al caso base.

2 meses al año requieren más de **13 kWh/m²** de enfriamiento.



distribución de temperaturas

vertical

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	2,045	221	84
Estar PBE S	2,345	229	74
Estar PBW N	2,432	450	224
Estar PBW S	2,602	404	195
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	8,515	8,296	8,368
Estar 4E S	8,631	8,492	8,541
Estar 4W N	8,502	8,247	8,320
Estar 4W S	8,616	8,444	8,496
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	8,259	8,020	8,083
Estar 6E S	8,417	8,225	8,272
Estar 6W N	8,258	8,023	8,084
Estar 6W S	8,410	8,208	8,253

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	12	6	3
Estar PBE S	9	3	1
Estar PBW N	16	8	4
Estar PBW S	11	5	2
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	0	0	0
Estar 4E S	0	0	0
Estar 4W N	0	0	0
Estar 4W S	0	0	0
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	0	0	0
Estar 6E S	0	0	0
Estar 6W N	0	0	0
Estar 6W S	0	0	0

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	0	8760	8748	8672	8381	7532	5799	3728	2045	685	106	2	0	0	0	0
Estar PBE S	0	8760	8751	8701	8473	7725	6050	4051	2345	883	135	1	0	0	0	0
Estar PBW N	1	8759	8744	8664	8385	7595	6019	4065	2432	1047	255	29	0	0	0	0
Estar PBW S	0	8760	8749	8694	8463	7729	6150	4239	2602	1124	270	10	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	0	0	0	8760	8757	8736	8663	8515	8266	7889	7352	6580	5651	4510	3298
Estar 4E S	0	0	0	0	8760	8759	8751	8717	8631	8486	8226	7813	7195	6333	5240	3933
Estar 4W N	0	0	0	0	8760	8755	8733	8651	8502	8254	7861	7279	6497	5507	4350	3106
Estar 4W S	0	0	0	0	8760	8759	8748	8705	8616	8463	8184	7766	7127	6221	5094	3763
6TO NIVEL																
Estar 6E N	0	0	8760	8758	8749	8727	8656	8503	8259	7933	7443	6766	5919	4914	3885	2869
Estar 6E S	0	0	8760	8759	8756	8740	8700	8612	8417	8156	7758	7148	6382	5397	4321	3260
Estar 6W N	0	0	8760	8758	8746	8724	8655	8498	8258	7936	7440	6764	5913	4908	3872	2863
Estar 6W S	0	0	8760	8759	8753	8736	8697	8601	8410	8148	7744	7141	6357	5373	4308	3239

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	0	8760	8754	8682	8246	6850	4027	1473	221	3	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	0	8760	8757	8712	8373	7134	4314	1644	229	3	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	0	8760	8752	8678	8297	7066	4549	2022	450	40	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	0	8760	8756	8707	8387	7239	4667	2027	404	11	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	0	0	0	8760	8750	8712	8564	8296	7856	7266	6464	5485	4263	2893	1665
Estar 4E S	0	0	0	0	8760	8759	8742	8661	8492	8230	7748	7080	6127	4946	3459	2087
Estar 4W N	0	0	0	8760	8759	8752	8699	8531	8247	7794	7129	6270	5287	4019	2604	1425
Estar 4W S	0	0	0	0	8760	8756	8732	8633	8444	8128	7630	6921	5929	4646	3105	1839
6TO NIVEL																
Estar 6E N	0	0	8760	8759	8750	8714	8599	8366	8020	7539	6872	6017	4980	3740	2532	1545
Estar 6E S	0	0	8760	8759	8755	8737	8667	8494	8225	7828	7222	6411	5359	4068	2754	1667
Estar 6W N	0	0	8760	8759	8748	8711	8595	8363	8023	7542	6874	5993	4966	3747	2534	1545
Estar 6W S	0	0	8760	8759	8754	8730	8658	8481	8208	7814	7203	6378	5306	4055	2724	1653

I distribución de temperaturas

vertical

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	0	8760	8757	8686	8207	6516	3414	923	84	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	0	8760	8759	8716	8336	6821	3697	1044	74	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	0	8760	8756	8690	8269	6842	4030	1461	224	11	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	0	8760	8758	8717	8369	7008	4065	1399	195	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	0	0	0	8760	8756	8732	8609	8368	7972	7395	6652	5679	4542	3159	1847
Estar 4E S	0	0	0	0	0	8760	8750	8695	8541	8316	7893	7238	6358	5229	3788	2320
Estar 4W N	0	0	0	0	8760	8755	8729	8574	8320	7908	7253	6420	5467	4272	2845	1565
Estar 4W S	0	0	0	0	8760	8759	8743	8671	8496	8219	7745	7083	6150	4930	3380	2017
6TO NIVEL																
Estar 6E N	0	0	0	8760	8753	8729	8621	8405	8083	7606	6980	6138	5132	3928	2697	1682
Estar 6E S	0	0	0	8760	8756	8744	8683	8523	8272	7898	7309	6525	5517	4278	2931	1801
Estar 6W N	0	0	8760	8759	8753	8728	8623	8403	8084	7609	6982	6129	5119	3932	2699	1675
Estar 6W S	0	0	0	8760	8756	8739	8676	8511	8253	7879	7304	6503	5478	4235	2892	1779

La distribución de temperaturas mostrada en estas tablas está reportando el número de horas acumuladas al año que hay por arriba de un valor de temperatura en determinada parte de la vivienda. Lo deseable es que la vivienda muestre, en lo posible, el mayor número de horas al año dentro del rango de confort, establecido para este estudio entre los 18°C y los 25°C. Esto indicará un menor número de horas al año sin bajocalentamiento o sobrecalentamiento.

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” de la vivienda vertical en Mérida, reduce el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un 20% con referencia al caso base. El caso “óptimo” reduce el sobrecalentamiento en un 25% con referencia al caso base.

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

región 10

cancún
cálido húmedo

análisis del sitio

región 10

cancún

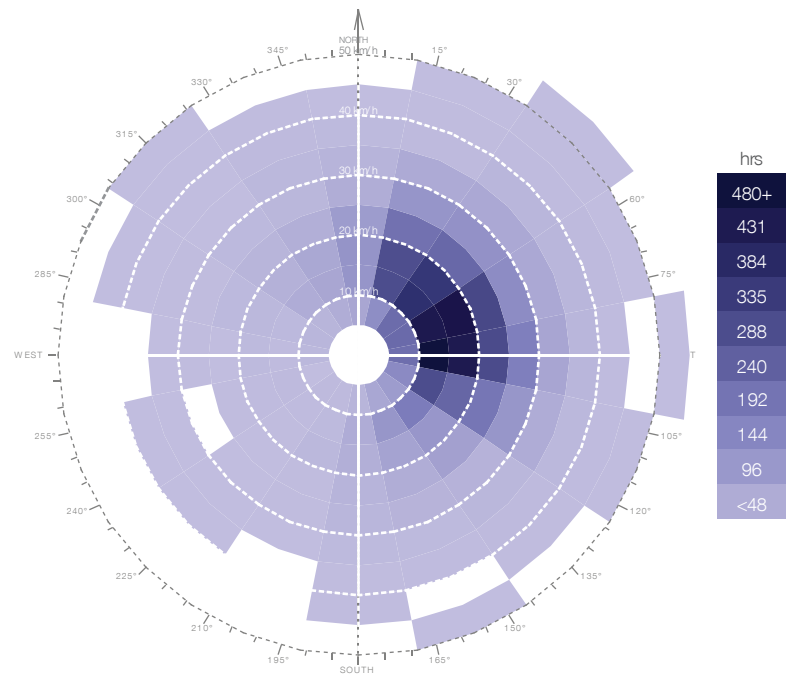
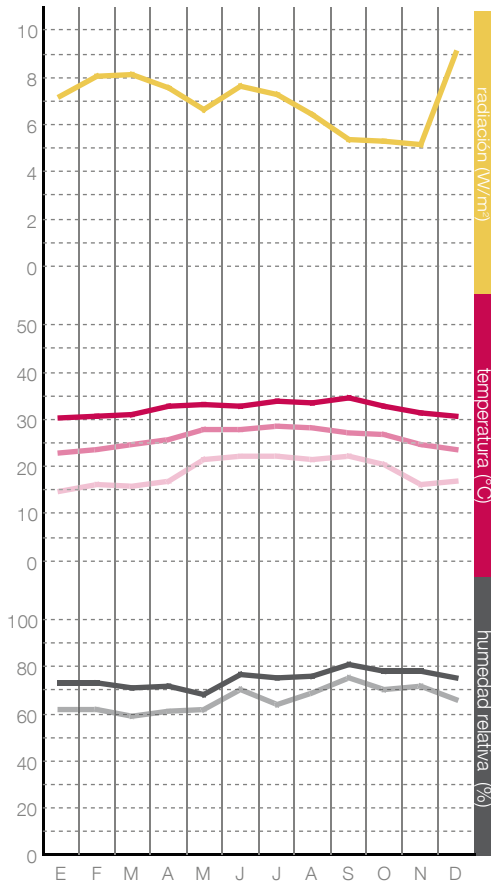
cálido húmedo

Latitud: 21.0°

Longitud: -86.9°

Altitud: 5 m

Zona horaria: -6 hrs



- temperatura máxima
- temperatura media
- temperatura mínima
- humedad relativa 9:00am
- humedad relativa 3:00pm

Cancún se encuentra en la clasificación Köppen-Geiger Aw con temperaturas medias máximas de 35°C en verano y medias mínimas de 15°C en invierno, con una oscilación diaria entre 10° y 14°C. Las condiciones climáticas del sitio implican un diseño de vivienda que se adapte a condiciones de calor prácticamente todo el año.

Los vientos dominantes provienen del Este y Noreste, con velocidades entre los 10 y 25 km/h.

región 10

cancún
cálido húmedo

Vivienda adosada

La vivienda adosada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 45m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala, comedor y patio de servicio. Estas viviendas comparten un muro de 18m² que colinda con los espacios de dormitorios en ambas viviendas; modelado como una superficie adiabática¹ para efectos de este estudio. El módulo de viviendas adosadas a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron las dos viviendas adosadas como zonas térmicas independientes y, además, se añadió una vivienda del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por el Consorcio ARA basado en su prototipo Almendros del conjunto Vista Real II.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente aplicación de un agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo de estas estrategias se estima en **\$14,161**.

Para el escenario “óptimo” se ha mejorado la resistividad del aislante en muros, se sugiere el uso de loseta de barro ventilada en cubierta y se utilizaron ventanas con cristal simple de baja emisividad. El costo directo de implementar este sistema se estima en **\$19,225**.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción, con respecto al caso base, del **72%** y **92%** respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda adosada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 10

cancún

cálido húmedo

resumen ejecutivo /adosada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **adosada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Demanda térmica anual (kWh/m ²)	79	22	7
Reducción en demanda térmica (%)		72%	92%

La demanda energética de enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 92% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento.

costos y emisiones CO₂

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Emisiones anuales CO ₂ (Kg/m ²)	49	14	4
Tiempo de retorno de la inversión		2.1	2.7

Invirtiendo un estimado de \$19,225 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el escenario “óptimo” se pueden reducir hasta en un 92% las emisiones de CO₂ con respecto al caso base, recuperando la inversión en 2.7 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base.

temperatura: Dos espacios de la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros durante todo el año.
- Mejorar el desempeño térmico de la cubierta, durante todo el año.
- Mejorar la especificación de ventanas.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor de 2 kWh/m² doce meses al año.

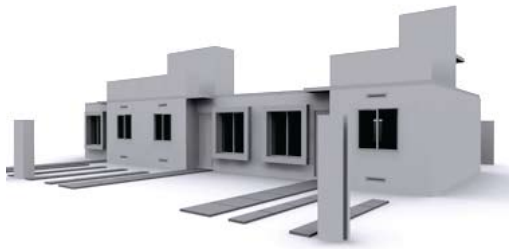
conclusión

Para la vivienda adosada en la región de Cancún, se recomienda invertir un costo estimado de \$19,225 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “óptimo” para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 92%, recuperando la inversión en 2.7 años.

descripción de la envolvente

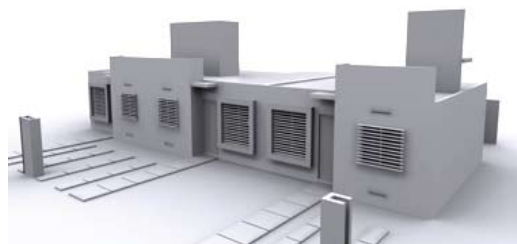
adosada

caso base



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm)	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 1.22 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas + protección solar exterior.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 1.43 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

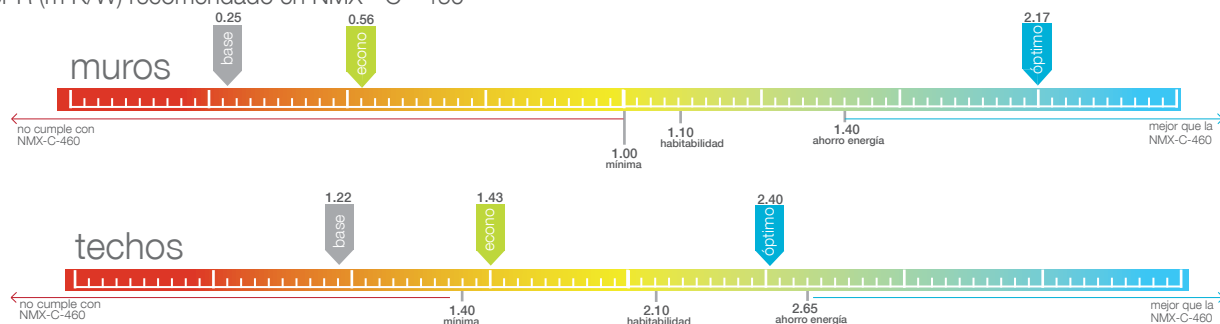
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + placas de 5 cm XPS* instaladas en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de vigueta de concreto armado (13cm) y casetones de poliestireno (9cm) + loseta de barro ventilada**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.72 + protección solar exterior.
Valor R= 2.17 m²K/W	Valor R= 2.40 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



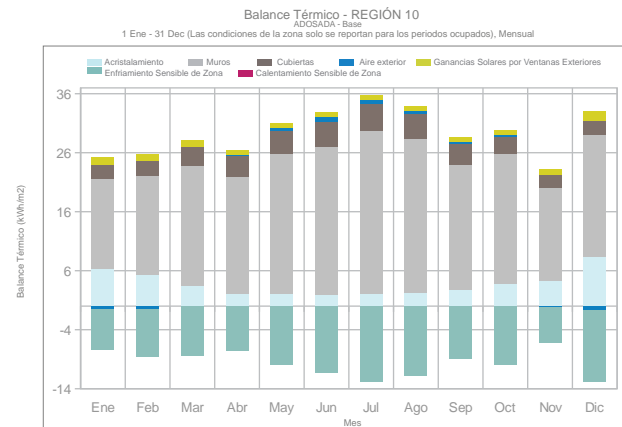
I balance térmico

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros**, alcanzando hasta **27.6 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

12 meses al año requieren más de 2 kWh/m² de energía para enfriamiento.

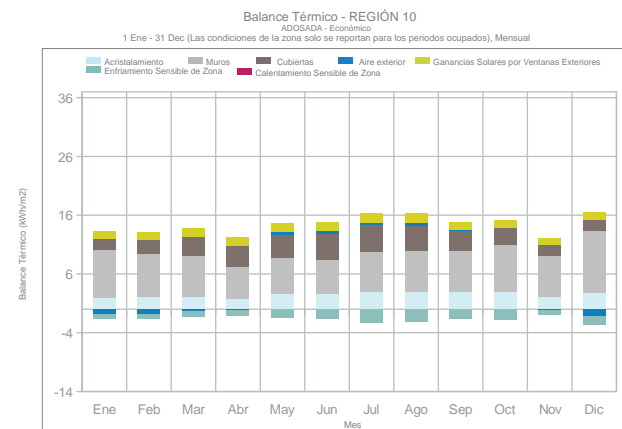
adosada



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral en muros reduce las ganancias de calor en el mes de **Julio a 6.8 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **72%** con respecto al caso base.

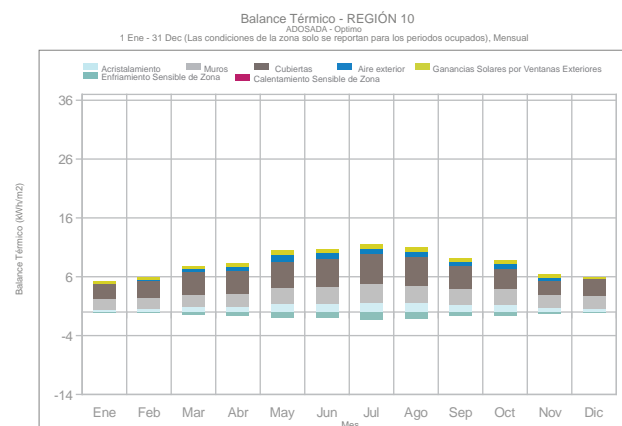
2 meses al año requieren más de 2 kWh/m² de energía para enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por conducción en muros en el mes de **Julio a 3 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **92%** con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de 2 kWh/m² de enfriamiento.



distribución de temperaturas

adosada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	6,907	4,646	560
Estar B	5,387	1,067	14
Dorm 1 A	7,308	3,140	44
Dorm 2 A	5,637	1,986	20
Dorm 1 B	7,022	2,412	21
Dorm 2 B	5,104	1,281	6

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – ADOSADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar A	0	0	0
Estar B	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0
Dorm 2 A	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0
Dorm 2 B	0	0	0

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” reduce el sobrecalentamiento y en las zonas analizadas en un 60% con referencia al caso base. El caso “óptimo” reduce el sobrecalentamiento en las zonas analizadas en un 92% con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	0	8760	8757	8735	8643	8453	7932	6907	5345	3669	2269	1283	562	189	24
Estar B	0	0	0	8760	8758	8718	8496	7570	5387	2622	724	97	2	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0	0	8760	8744	8652	8316	7308	5322	3145	1459	5009	157	31	2
Dorm 2 A	0	0	0	8760	8750	8628	8285	7377	5637	3398	1448	3043	19	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0	0	8760	8746	8649	8253	7022	4827	2578	1065	3088	130	22	1
Dorm 2 B	0	0	0	8760	8751	8623	8222	7146	5104	2648	860	93	0	0	0	0

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	0	0	8760	8755	8661	8269	7031	4646	1894	312	3	0	0	0	0
Estar B	0	0	0	8760	8756	8601	7686	4758	1067	6	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0	0	8760	8715	8306	6631	3140	376	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	0	0	8760	8743	8461	7468	5180	1986	164	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0	8760	8759	8707	8227	6201	2412	106	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	0	0	0	8760	8739	8411	7189	4514	1281	30	0	0	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA ADOSADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Estar A	0	0	0	8760	8755	8553	7338	3865	560	1	0	0	0	0	0	0
Estar B	0	0	0	8760	8750	8387	6215	1812	14	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 A	0	0	0	8760	8758	8598	6995	2576	44	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 A	0	0	0	8760	8744	8308	6029	1845	20	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 1 B	0	0	0	8760	8758	8565	6743	2159	21	0	0	0	0	0	0	0
Dorm 2 B	0	0	0	8760	8742	8229	5691	1431	6	0	0	0	0	0	0	0

región 10

cancún
cálido húmedo

Vivienda dúplex

La vivienda dúplex objeto de estudio tiene una superficie de construcción de casi 40m² en cada nivel y está compuesta de una recámara, un baño, cocina, sala-comedor y cuarto de lavado. Estas viviendas comparten la losa de entepiso de concreto armado; modelado como una superficie adiabática para efectos de este estudio. El módulo de viviendas dúplex a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modelaron cuatro viviendas. Las viviendas de planta baja y planta alta como zonas térmicas independientes que comparten el muro del cuarto de lavado con el siguiente bloque de viviendas (planta alta y planta baja) hacia el Este. Además, se añadieron las viviendas del siguiente bloque colindando hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la promotora SADASI basado en su prototipo del conjunto Prado Norte en Cancún.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente: agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de dispositivos de sombra exteriores en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$13,260.

Para el escenario “óptimo” se recomendó el uso de recubrimiento con perlita mineral en muros y la promoción de sombra en cubierta mediante una loseta de barro ventilada y ventanas con vidrio de baja emisividad. El costo directo estimado de implementar estas estrategias es de \$18,985.

Ambos escenarios repercuten en ahorros del 44% y 56% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda dúplex se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 10

cancún

cálido húmedo

resumen ejecutivo / dúplex

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **dúplex**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.



El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Demanda térmica anual (kWh/m ²)	218	122	96
Reducción en demanda térmica (%)		44%	56%

Las demandas energéticas de enfriamiento de esta vivienda pueden reducirse hasta en un 56% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en el escenario "óptimo" de este documento.

costos y emisiones CO₂

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Emisiones anuales CO ₂ (Kg/m ²)	136	76	59
Tiempo de retorno de la inversión		1.3	1.4

Invirtiendo un estimado de \$18,985 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso "óptimo", se pueden reducir hasta en un 56% las emisiones de CO₂; con un tiempo de retorno de la inversión de 1.4 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: De dos a tres espacios en la vivienda presentaron sobrecalentamiento, particularmente en la vivienda de planta alta.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir ganancias de calor por conducción en muros, durante todo el año.
- Mejorar el desempeño térmico de la cubierta en planta alta.
- Mejorar la especificación de ventanas y superficies translúcidas junto con un control solar exterior en ventanas.

demandas de enfriamiento: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento superior a los 15 kWh/m² nueve meses al año.

conclusión:

Para la vivienda dúplex en Cancún, se recomienda invertir un estimado de \$18,985 en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario "óptimo" para alcanzar mejoras en la eficiencia energética del 56% y tener un retorno de la inversión en 1.4 años. Reduciendo en algunas zonas hasta en un 20% las horas de sobrecalentamiento anual.

descripción de la envolvente

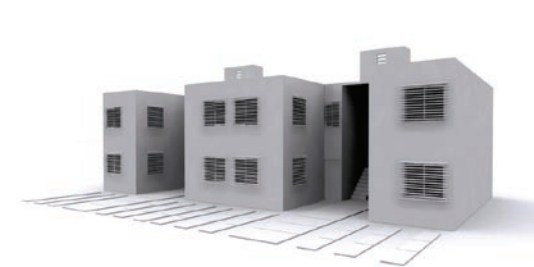
dúplex

caso base



muros	techos	ventanas
De concreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 10 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.25 m²K/W	Valor R= 0.28 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



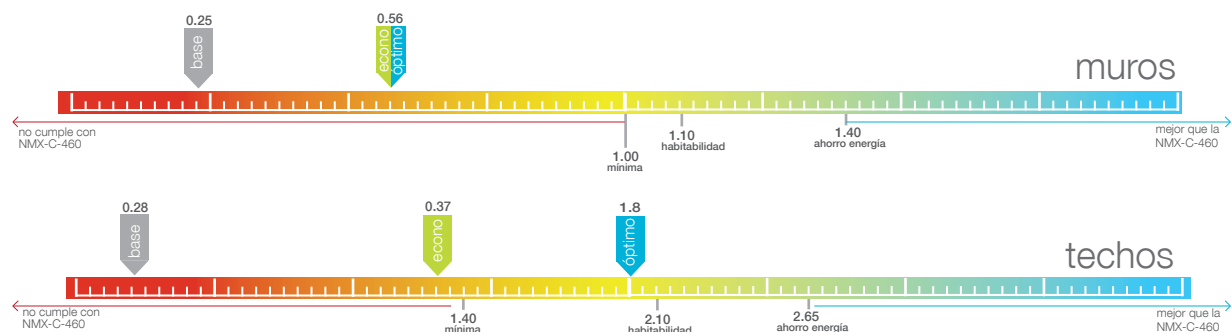
muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. Dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 0.37 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Concreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** en exterior. Acabado en pintura blanca.	Losa de plana de concreto armado (10cm) + losetas de barro ventiladas**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.72 + protección solar exterior.
Valor R= 0.56 m²K/W	Valor R= 1.8 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460 * Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



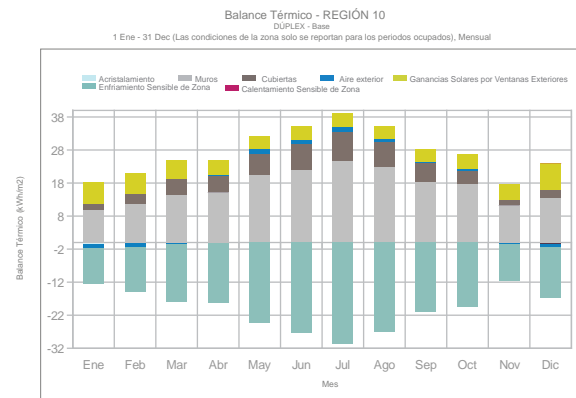
balance térmico

dúplex

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando hasta **25 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

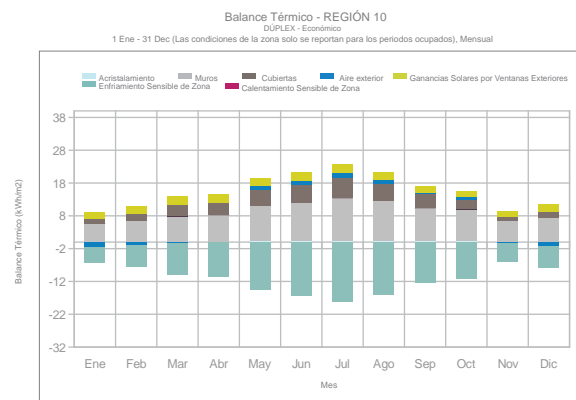
9 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral en muros, reduce las ganancias de calor en el mes de **Julio** a **13 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir las demandas de refrigeración en un **44%** con respecto al caso base.

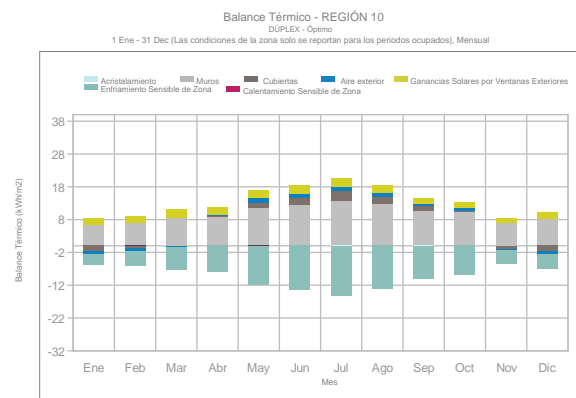
3 meses al año requieren más de **15 kWh/m²** de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por muros en el mes de **Julio** a **12.6 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **56%** con respecto al caso base.

1 mes al año requiere más de **15 kWh/m²** de enfriamiento.



distribución de temperaturas

dúplex

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	8,056	8,499	8,141
Estar Sur	8,261	8,577	8,184
Dorm Nte	8,222	8,479	8,065
Dorm Sur	7,928	8,414	8,051
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	4,116	26	12
Estar Sur	6,118	2,466	2,383
Dorm Nte	6,147	1,283	918
Dorm Sur	6,821	4,899	4,696

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – DÚPLEX

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA ALTA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	0	0	0
Estar Sur	11	0	0
Dorm Nte	3	0	0
Dorm Sur	20	0	0
PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar Nte	0	0	0
Estar Sur	2	0	0
Dorm Nte	0	0	0
Dorm Sur	11	0	0

El caso “económico” mejora las condiciones de confort térmico anual en las zonas analizadas en un 25%. Mientras que el caso “óptimo” mejora en un 30% con respecto al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	1	8759	8750	8735	8698	8621	8501	8327	8056	7684	7196	6561	5801	4994	4191	3414
Estar N PA	0	8760	8759	8754	8741	8698	8613	8481	8261	7961	7529	6982	6254	5379	4528	3671
Dorm N PA	0	8760	8757	8749	8731	8681	8592	8439	8222	7902	7452	6857	6082	5214	4382	3528
Dorm S PA	9	8751	8741	8719	8664	8572	8444	8238	7928	7505	6989	6340	5601	4846	4115	3424
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	0	8760	8751	8661	8381	7645	6272	4116	2204	899	238	27	0	0	0
Estar S PB	0	8760	8758	8739	8642	8446	7987	7274	6118	4646	3274	2121	1128	496	163	29
Dorm N PB	0	8760	8759	8752	8700	8557	8180	7472	6147	4569	3159	2002	1117	491	147	25
Dorm S PB	1	8759	8749	8722	8635	8475	8139	7612	6821	5791	4688	3705	2796	1969	1213	652

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	0	0	0	0	8760	8757	8738	8651	8499	8255	7814	7195	6353	5263	4175	3056
Estar N PA	0	0	0	0	8760	8753	8700	8577	8395	8026	7452	6678	5717	4597	3442	
Dorm N PA	0	0	0	0	8760	8759	8744	8638	8479	8215	7757	7060	6127	4974	3678	2475
Dorm S PA	0	0	0	8760	8759	8752	8701	8585	8414	8079	7592	6859	5886	4738	3513	2396
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	0	8760	8759	8652	7824	5209	1460	26	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	0	0	8760	8759	8707	8390	7343	5225	2466	496	5	0	0	0	0	0
Dorm N PB	0	0	0	8760	8743	8505	7430	4558	1283	66	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	0	0	0	8760	8748	8614	8136	7035	4899	2462	703	59	0	0	0	0

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA DÚPLEX. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA ALTA																
Estar S PA	0	0	0	8760	8752	8716	8608	8446	8141	7646	6979	6091	4997	3787	2662	1679
Estar N PA	0	0	0	8760	8758	8727	8640	8476	8184	7692	6991	6136	5033	3822	2626	1624
Dorm N PA	0	0	0	8760	8756	8726	8611	8423	8065	7548	6785	5794	4560	3134	1928	1028
Dorm S PA	0	0	8760	8759	8750	8704	8592	8403	8051	7546	6831	5858	4706	3779	2219	1305
PLANTA BAJA																
Estar N PB	0	0	8760	8759	8649	7774	5024	1272	12	0	0	0	0	0	0	0
Estar S PB	0	0	8760	8759	8708	8386	7317	5158	2383	456	4	0	0	0	0	0
Dorm N PB	0	0	0	8760	8745	8473	7229	4046	918	17	0	0	0	0	0	0
Dorm S PB	0	0	0	8760	8749	8613	8108	6921	4696	2247	562	33	0	0	0	0

región 10

cancún
cálido húmedo

Vivienda aislada

La vivienda aislada objeto de estudio tiene una superficie de construcción de 44.7 m² y está compuesta de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estas viviendas no comparten ni muros ni losas con las viviendas colindantes. La vivienda aislada a simular como caso base presenta un muro Oeste sin colindancia a otra vivienda y sin protección solar, fachadas principales hacia el Sur, fachadas posteriores hacia el Norte y colinda con el siguiente módulo de viviendas hacia el Este*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se modeló la vivienda con cuatro zonas térmicas (dos recámaras, zona de estar y baño). Se consideró la vivienda colindante hacia el Este para incluir los efectos del sombreado.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por Consorcio Hogar, basado en su prototipo Sierra del desarrollo Valle Floresta.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente el uso de un agregado de perlita mineral en muros y cubierta y el uso de protección solar exterior en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias es de \$12,361.

Para el escenario “óptimo” se especificó promoción de sombra en cubierta mediante losetas de barro ventiladas y ventanas cristal simple de baja emisividad y dispositivos de sombra exteriores. El costo directo estimado de implementar este sistema es de \$18,086.

Ambos escenarios repercuten en ahorros del 35% y 55% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda aislada se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 10

cancún

cálido húmedo

resumen ejecutivo / aislada

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **aislada**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.



demanda energética

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Demanda térmica anual (kWh/m ²)	94	61	42
Reducción en demanda térmica (%)		35%	55%

La demanda energética de enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 55% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario “óptimo”.

costos y emisiones CO₂

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Emisiones anuales CO ₂ (Kg/m ²)	58	38	26
Tiempo de retorno de la inversión		2.4	3.0

Invirtiendo un estimado de \$18,086 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso “óptimo” se pueden reducir hasta en un 55% las emisiones de CO₂.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base.

temperatura: 3 espacios en la vivienda presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico óptimo.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros todo el año.
- Mejorar la especificación de las ventanas.
- Reducir las ganancias de calor por conducción en cubierta durante todo el año.

demandas de enfriamiento: La vivienda presenta una demanda de energía para enfriamiento mayor a 10 kWh/m² siete meses al año.

conclusión:

Para la vivienda aislada en Cancún, se recomienda invertir un estimado **\$18,086** en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “óptimo” para reducir en un **55%** las demandas energéticas de la vivienda y las emisiones de CO₂ producto del consumo eléctrico, recuperando la inversión en **3 años**.

descripción de la envolvente

aislada

caso base



muros	techos	ventanas
De block hueco de jalcreto de 10 cm de espesor.	Losa plana de concreto armado de 12 cm de espesor.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.37 m²K/W	Valor R= 0.30 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa plana de concreto armado (12cm) + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5pulg. + dispositivos de sombra exteriores.
Valor R= 0.70 m²K/W	Valor R= 0.40 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

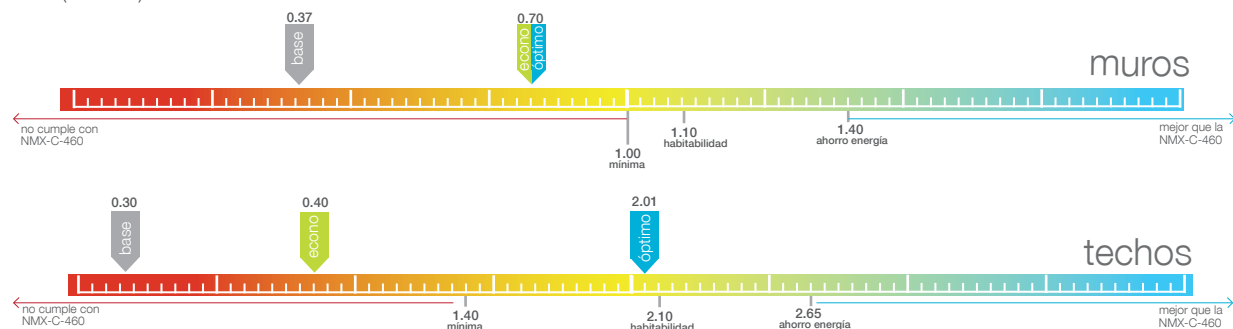
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Block de jalcreto de 10 cm de espesor + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa plana de concreto armado (12cm) + loseta de barro ventilada**.	Cristal claro de 3mm de baja emisividad. Transmisión solar total (SHGC)=0.72 + protección solar exterior.
Valor R= 0.70 m²K/W	Valor R= 2.01 m²K/W	Valor U= 3.70 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



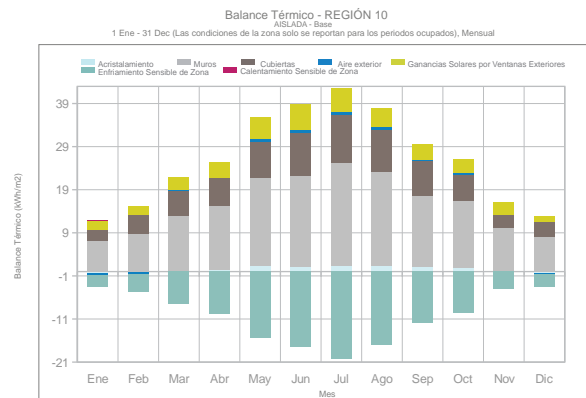
balance térmico

aislada

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los muros alcanzando 24 kWh/m^2 en el mes de Julio.

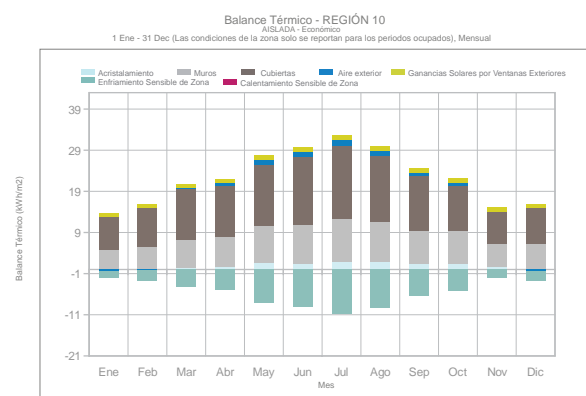
7 meses al año requieren más de 10 kWh/m^2 de enfriamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral reduce las ganancias de calor en muros en el mes de Julio a 10.4 kWh/m^2 . En este escenario se consigue reducir las demandas de enfriamiento en un 35% con respecto al caso base.

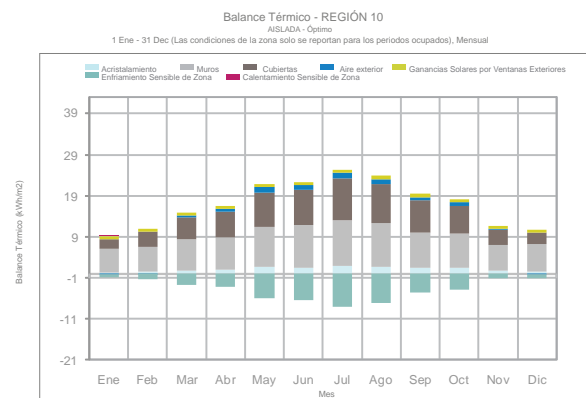
1 mes al año requiere más de 10 kWh/m^2 de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor por conducción en muros en el mes de Julio a 10.2 kWh/m^2 . En este escenario se consigue reducir las demandas de enfriamiento en un 55% con respecto al caso base.

0 meses al año requieren más de 10 kWh/m^2 de enfriamiento.



distribución de temperaturas

aislada

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	5,752	5,681	4,668
Dorm 1	6,277	6,101	5,515
Dorm 2	5,916	5,804	5,152

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – AISLADA

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Pública	22	10	11
Dorm 1	4	2	2
Dorm 2	28	4	4

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” para la vivienda aislada en Cancún, reduce el sobrecalentamiento y el bajocalentamiento anual en las zonas analizadas en un 7% con respecto al caso base. El caso óptimo reduce el sobrecalentamiento en las zonas analizadas en un 13% con referencia al caso base.

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	2	8758	8738	8674	8530	8222	7696	6848	5752	5588	3461	2441	1570	861	372	109
Dorm 1 A	0	8760	8756	8712	8624	8407	7904	7197	6277	5280	4328	3514	2695	1926	1292	686
Dorm 2 A	3	8757	8733	8671	8529	8233	7641	6865	5916	4873	3861	2965	2146	1484	957	523

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	0	8760	8750	8704	8563	8278	7721	6855	5681	4366	3175	2203	1386	724	339	102
Dorm 1 A	0	8760	8758	8750	8681	8495	7974	7191	6101	4866	3649	2595	1765	1105	536	218
Dorm 2 A	0	8760	8756	8729	8624	8383	7760	6879	5804	4573	3372	2382	1618	995	501	205

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA AISLADA. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
Pública	0	8760	8750	8665	8497	8081	7356	6176	4668	3153	1964	1057	478	152	17	0
Dorm 1 A	0	8760	8758	8741	8654	8419	7776	6861	5515	4055	2714	1650	913	373	92	10
Dorm 2 A	0	8760	8756	8707	8586	8238	7483	6501	5152	3759	2458	1492	832	348	110	10

región 10

cancún
cálido húmedo

Vivienda vertical

Los departamentos de la vivienda vertical objeto de estudio están compuestos de dos recámaras, un baño, cocina, sala-comedor y patio de servicio. Estos departamentos comparten un muro de casi 10m² colindante con las áreas de estar de ambos departamentos y ha sido modelado como una superficie adiabática en este estudio. El bloque de vivienda vertical a simular como caso base consiste en dos torres de seis niveles. Cada torre cuenta con dos departamentos por nivel con una superficie de construcción de 50m² cada uno*.

Para efectos de la simulación térmica dinámica se simularon los cuatro departamentos de los pisos de planta baja, cuarto nivel y sexto nivel como zonas térmicas independientes.

Las características del caso base de esta tipología corresponden a los datos proporcionados por la constructora AISA basado en su prototipo Torres 475, ubicado en la ciudad de Puebla.

El escenario “económico” ha incluido mejoras a la envolvente, principalmente utilizando agregado de perlita mineral en cubierta y en muros y el uso de protección solar exterior en ventanas. El costo directo estimado de estas estrategias por departamento es de \$6,452.

Para el escenario “óptimo” se propuso reducir los niveles de infiltración utilizando ventanas de doble vidrio con protección solar exterior, recubrimiento en muros a base de perlita mineral y promoción de sombra en cubierta con sistema de losa de barro ventilada. El costo directo estimado para implementar estas medidas es de \$9,274.

Ambos escenarios repercuten en ahorros en las demandas de enfriamiento y calefacción del 34% y 36% respectivamente.

*Nota: Los planos de la vivienda vertical se encuentran en el anexo 1 de este documento.

región 10

cancún

cálido húmedo



resumen ejecutivo / vertical

Se analizó el desempeño energético de la vivienda **vertical**. Se reportan resultados de la demanda energética anual, las horas de sobrecalentamiento y bajocalentamiento anual y las emisiones de CO₂ asociadas al consumo eléctrico.

El análisis del caso base estableció los criterios para las dos propuestas de eficiencia energética. El objetivo de cada propuesta fue mejorar aquellos elementos constructivos que presentaron mayor transferencia de calor; experimentando con combinaciones de soluciones que permitan dos escenarios de inversión.

demanda energética

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Demanda térmica anual (kWh/m ²)	145	96	92
Reducción en demanda térmica (%)		34%	36%

La demanda energética de enfriamiento de esta vivienda puede reducirse hasta en un 36% utilizando las estrategias de eficiencia energética presentadas en este documento en el escenario “óptimo”.

costos y emisiones CO₂

	BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Emisiones anuales CO ₂ (Kg/m ²)	90	60	57
Tiempo de retorno de la inversión		1.0	1.3

Invirtiendo un estimado de \$9,274 en las medidas de eficiencia energética recomendadas en el caso “óptimo” se pueden reducir hasta en un 36% las emisiones de CO₂. Recuperando la inversión en 1.3 años.

resultados clave

Lo que se midió y se encontró en el caso base:

temperatura: Dos espacios por vivienda en promedio, presentaron desviaciones del rango de confort higrotérmico. Estas desviaciones variaron dependiendo de la orientación de la zona y fueron más marcadas en el último nivel.

balance térmico: El análisis mostró que las estrategias principales de eficiencia energética son:

- Reducir las ganancias de calor por conducción en muros.
- Mejorar el desempeño térmico de las ventanas y utilizar protección solar exterior.
- Reducir las ganancias de calor por infiltración.

demandas de enfriamiento y calefacción: La vivienda presenta una demanda de enfriamiento mayor a 10 kWh/m² diez meses al año. No hay demanda de calefacción.

conclusión:

Para la vivienda vertical en Cancún, se recomienda invertir un estimado de \$9,274 por departamento en las medidas de eficiencia energética señaladas en el escenario “óptimo” para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ en un 36%. Recuperando la inversión en 1.3 años.

descripción de la envolvente

vertical

caso base



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero 12x20x38. Acabado impermeabilizado Thermotek.	Losas de vigueta de alma abierta peralte 16cm y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ , capa de compresión de 4cm.	Cristal claro de 3mm con cancel de aluminio natural de 1.5 pulgadas. transmisión solar total (SHGC)=0.86
Valor R= 0.81 m²K/W	Valor R= 1.63 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

propuesta económica



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losas de vigueta y bovedilla de EPS* densidad 12kg/m ³ + agregado de perlita mineral**.	Cristal claro de 3mm, aluminio natural de 1.5 pulgadas. (SHGC)=0.86 + protección solar exterior.
Valor R= 1.13 m²K/W	Valor R= 1.83 m²K/W	Valor U= 6.23 W/m²K

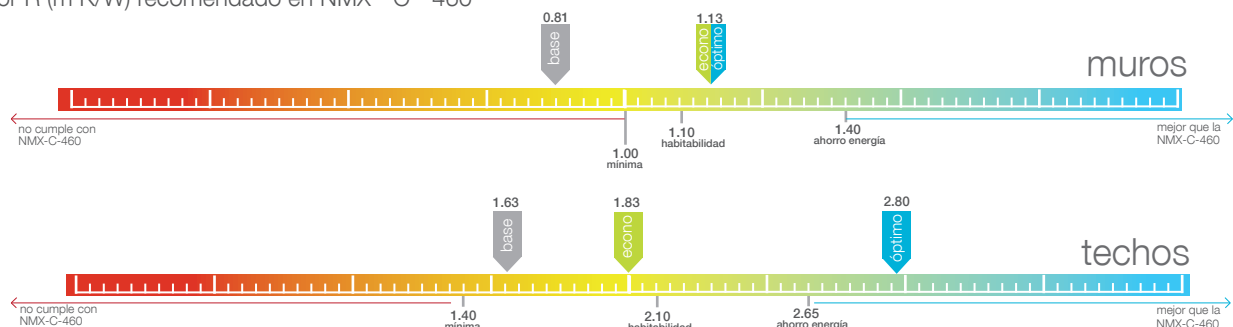
propuesta óptima



muros	techos	ventanas
Muros de 12 cm de block de concreto ligero + recubrimiento de perlita mineral** acabado blanco.	Losa de vigueta y bovedilla + loseta de barro ventilada**.	Ventanas de doble vidrio. Vidrio ext. bajo emisivo de 4mm, 13mm aire, vidrio int. claro 4mm. SHGC = 0.73
Valor R= 1.13 m²K/W	Valor R= 2.80 m²K/W	Valor U= 2.25 W/m²K

valor R (m²K/W) recomendado en NMX - C - 460

* Cuentan con certificado FIDE ** Cuentan con certificado ONNCCE. Ver anexo.



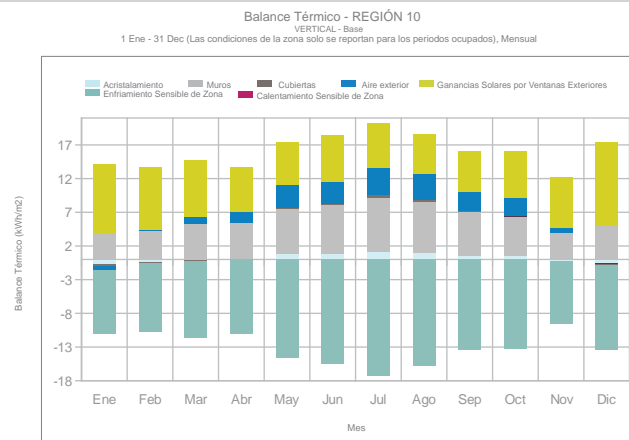
balance térmico

vertical

caso base

Las mayores ganancias de calor por conducción se dan a través de los **muros** alcanzando **8.1 kWh/m²** en el mes de **Julio**.

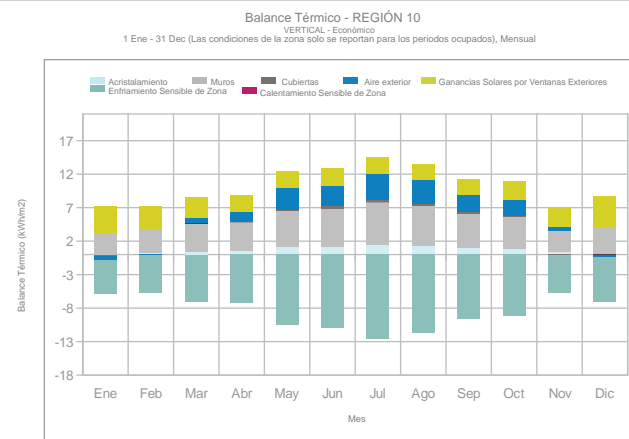
10 meses al año requieren más de 10 kWh/m² de enfriamiento.



propuesta económica

El recubrimiento de perlita mineral, en conjunto con otras estrategias, reduce las ganancias de calor por conducción en muros en el mes de **Julio** a **6.3 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **34%** con respecto al caso base.

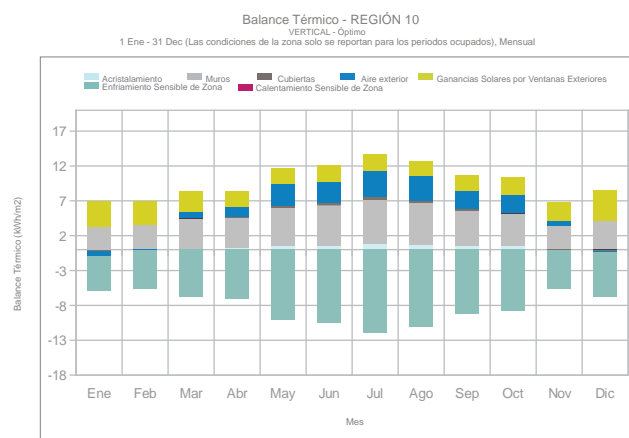
5 meses al año requieren más de 10 kWh/m² de enfriamiento.



propuesta óptima

Se reducen las ganancias de calor en el mes de **Julio** a **6 kWh/m²**. En este escenario se consigue reducir la demanda energética en un **36%** con respecto al caso base.

4 meses al año requieren más de 10 kWh/m² de enfriamiento.



distribución de temperaturas

vertical

tabla resumen

SOBRECALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas sobre 25°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	1,570	41	3
Estar PBE S	1,952	48	3
Estar PBW N	2,010	171	41
Estar PBW S	2,257	140	44
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	8,505	8,197	6,765
Estar 4E S	8,663	8,439	7,033
Estar 4W N	8,503	8,168	6,730
Estar 4W S	8,649	8,402	7,050
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	8,286	7,997	6,564
Estar 6E S	8,487	8,206	6,719
Estar 6W N	8,307	7,996	6,620
Estar 6W S	8,493	8,199	6,811

BAJOCALENTAMIENTO ANUAL – VERTICAL

Horas bajo 18°C (temperatura operativa)

PLANTA BAJA	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar PBE N	3	2	1
Estar PBE S	2	1	0
Estar PBW N	4	3	1
Estar PBW S	2	1	0
4TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 4E N	0	0	0
Estar 4E S	0	0	0
Estar 4W N	0	0	0
Estar 4W S	0	0	0
6TO NIVEL	CASO BASE	ECONÓMICO	ÓPTIMO
Estar 6E N	0	0	0
Estar 6E S	0	0	0
Estar 6W N	0	0	0
Estar 6W S	0	0	0

caso base

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. CASO BASE. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	0	8760	8757	8702	8478	7661	5839	3466	1570	380	2	0	0	0	0	0
Estar PBE S	0	8760	8758	8724	8570	7929	6206	3894	1952	567	30	0	0	0	0	0
Estar PBW N	1	8760	8757	8696	8457	7724	6069	3863	2010	660	73	1	0	0	0	0
Estar PBW S	0	8760	8758	8720	8545	7907	6295	4131	2257	817	94	3	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	0	0	0	8760	8759	8749	8682	8505	8227	7812	7134	6271	5114	3811	2626
Estar 4E S	0	0	0	0	8760	8759	8745	8663	8502	8235	7771	7001	5927	4582	3209	
Estar 4W N	0	0	0	0	8760	8759	8751	8677	8503	8240	7812	7094	6187	4997	3672	2471
Estar 4W S	0	0	0	0	8760	8759	8735	8649	8489	8214	7727	6949	5250	4502	3069	
6TO NIVEL																
Estar 6E N	0	0	8760	8759	8757	8739	8678	8535	8286	7893	7336	6595	5587	4443	3300	2285
Estar 6E S	0	0	0	8760	8759	8754	8725	8642	8487	8195	7735	7069	6113	5010	3788	2651
Estar 6W N	0	0	0	8760	8756	8738	8680	8537	8307	7912	7358	6629	5611	4488	3343	2314
Estar 6W S	0	0	0	8760	8759	8752	8723	8643	8493	8210	7756	7102	6159	5034	3824	2677

propuesta económica

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso económico. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	0	8760	8758	8705	8339	6798	3688	1008	41	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	0	8760	8759	8729	8487	7226	4108	1162	48	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	0	8760	8758	8700	8348	7053	4328	1503	171	1	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	0	8760	8759	8725	8471	7323	4528	1579	140	2	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	0	0	0	8760	8751	8708	8520	8197	7775	7073	6187	5035	3636	2355	1431
Estar 4E S	0	0	0	0	8760	8751	8656	8439	8125	7621	6772	5710	4270	2798	1626	
Estar 4W N	0	0	0	0	8760	8753	8689	8490	8168	7711	6922	6006	4773	3356	2157	1181
Estar 4W S	0	0	0	0	8760	8759	8745	8623	8402	8069	7507	6643	5521	4002	2617	1497
6TO NIVEL																
Estar 6E N	0	0	0	8760	8753	8727	8591	8351	7997	7472	6702	5796	4612	3278	2123	1315
Estar 6E S	0	0	0	8760	8758	8748	8680	8492	8206	7779	7089	6214	5031	3635	2364	1401
Estar 6W N	0	0	0	8760	8753	8726	8594	8355	7996	7471	6716	5791	4607	3278	2110	1313
Estar 6W S	0	0	0	8760	8758	8744	8678	8486	8199	7761	7078	6187	5005	3599	2314	1379

I distribución de temperaturas

vertical

propuesta óptima

DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS VIVIENDA VERTICAL. Caso óptimo. Frecuencia en horas.

Temp. °C	17<	18>	19>	20>	21>	22>	23>	24>	25>	26>	27>	28>	29>	30>	31>	32>
PLANTA BAJA																
Estar PBE N	0	8760	8759	8704	8247	6296	2920	565	3	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBE S	0	0	8760	8732	8432	6726	3254	649	3	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW N	0	8760	8759	8704	8299	6652	3638	1023	41	0	0	0	0	0	0	0
Estar PBW S	0	0	8760	8729	8422	6902	3717	988	44	0	0	0	0	0	0	0
4TO NIVEL																
Estar 4E N	0	0	0	0	8760	8743	8513	7636	6765	5795	4844	3764	2690	1688	918	370
Estar 4E S	0	0	0	0	8760	8754	8611	7877	7033	6137	5169	4262	3033	2034	1145	476
Estar 4W N	0	0	0	0	8760	8747	8515	7625	6730	5746	4763	3635	2509	1526	769	256
Estar 4W S	0	0	0	0	8760	8755	8628	7890	7050	6141	5140	4016	2832	1774	979	382
6TO NIVEL																
Estar 6E N	0	0	0	8760	8751	8665	8326	7438	6564	5661	4703	3647	2610	1683	983	503
Estar 6E S	0	0	0	8760	8757	8707	8419	7604	6719	5837	4865	3785	2674	1711	985	477
Estar 6W N	0	0	0	8760	8751	8676	8366	7478	6620	5724	4769	3696	2644	1729	998	513
Estar 6W S	0	0	0	8760	8757	8718	8476	7656	6811	5934	4963	3875	2722	1762	1026	499

La distribución de temperaturas mostrada en estas tablas está reportando el número de horas acumuladas al año que hay por arriba de un valor de temperatura en determinada parte de la vivienda. Lo deseable es que la vivienda muestre, en lo posible, el mayor número de horas al año dentro del rango de confort, establecido para este estudio entre los 18°C y los 25°C. Esto indicará un menor número de horas al año sin bajocalentamiento o sobrecalentamiento.

Implementar las medidas de eficiencia energética descritas en el caso “económico” de la vivienda vertical en Cancún, reduce el sobrecalentamiento anual en las zonas analizadas en un 20% con referencia al caso base. El caso “óptimo” reduce el sobrecalentamiento en un 30% con referencia al caso base.

Glosario

Abreviatura	Concepto	Definición
	Confort higrotérmico	Quando las condiciones de temperatura y humedad relativa permiten una ausencia de malestar térmico sin que tengan que intervenir los mecanismos termoreguladores del cuerpo cuando se realiza una actividad sedentaria con un ligero arropamiento.
	Superficie adiabática	Se dice de una superficie que no presenta intercambio de calor con su entorno
EPS	Poliestireno expandido	
	Coefficiente de ganancia de calor solar	El coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC por sus siglas en inglés) es la fracción de la radiación solar incidente que pasa por una ventana tanto por absorción como por conducción y que subsecuentemente es liberado al interior del espacio. El SHGC se expresa como un valor entre el 0 y el 1. Entre menor sea el coeficiente, menor es la cantidad de calor que se transmite al interior.
XPS	Poliestireno extruido	

Modelado térmico de viviendas de interés social.

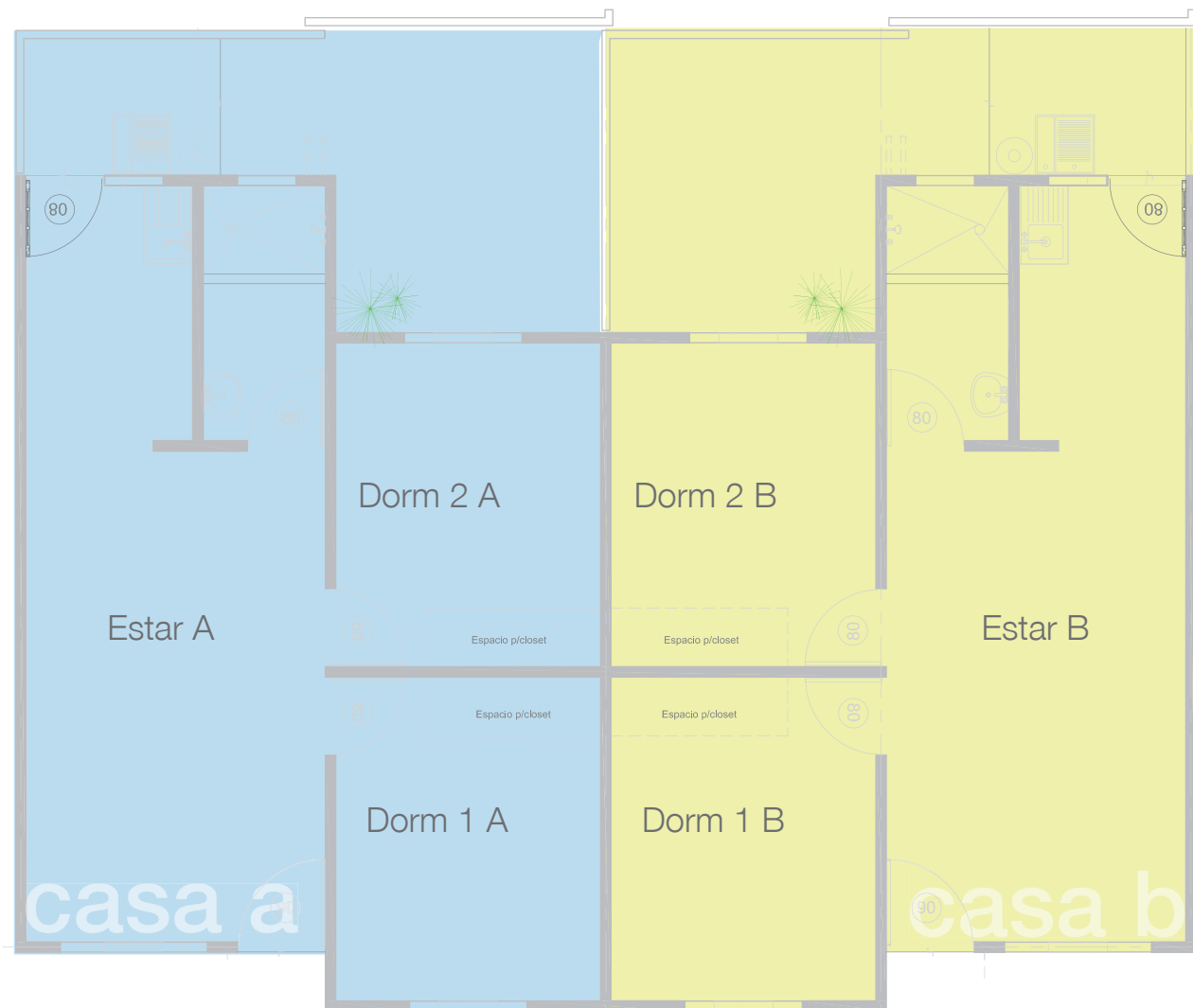
Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

Anexo 1

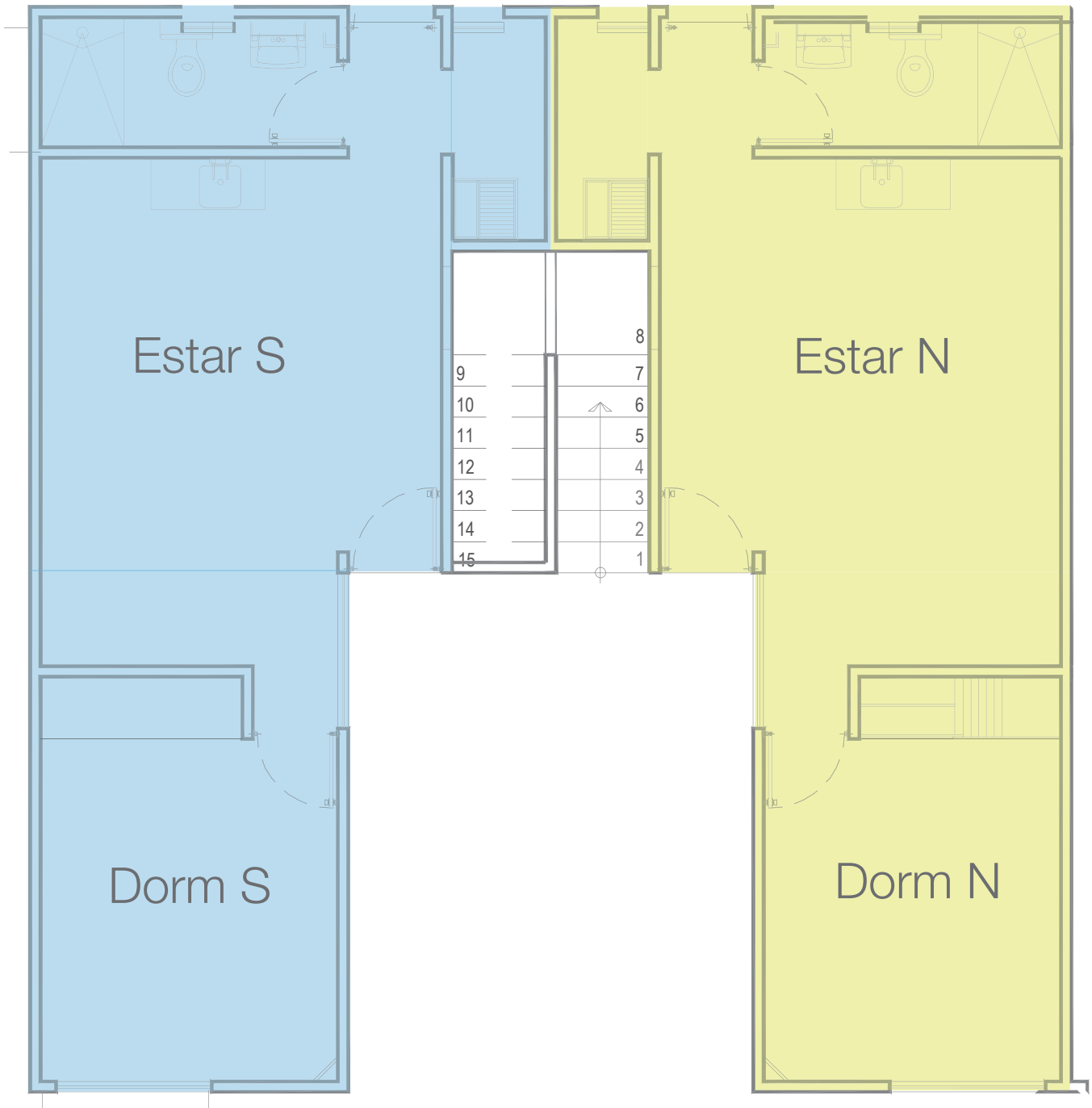
Planos

planta tipo tipología adosada



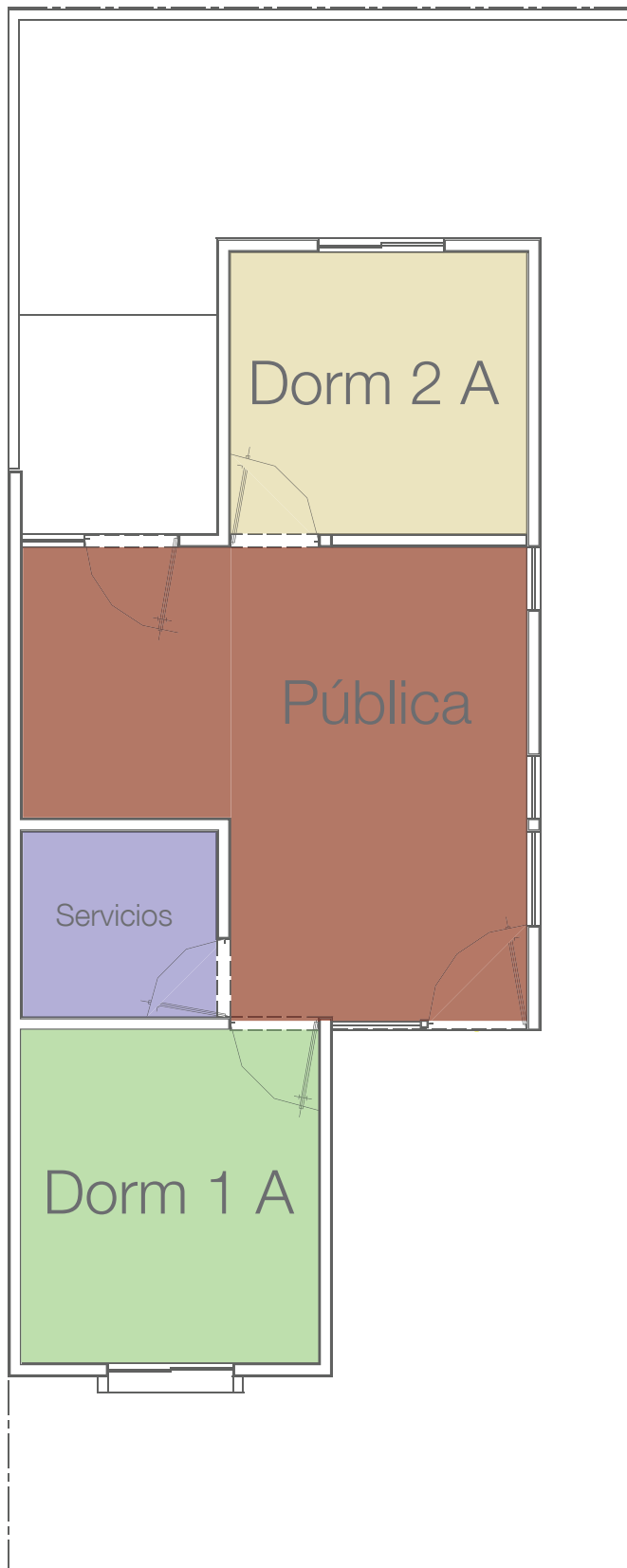
norte
planta baja

planta tipo tipología dúplex



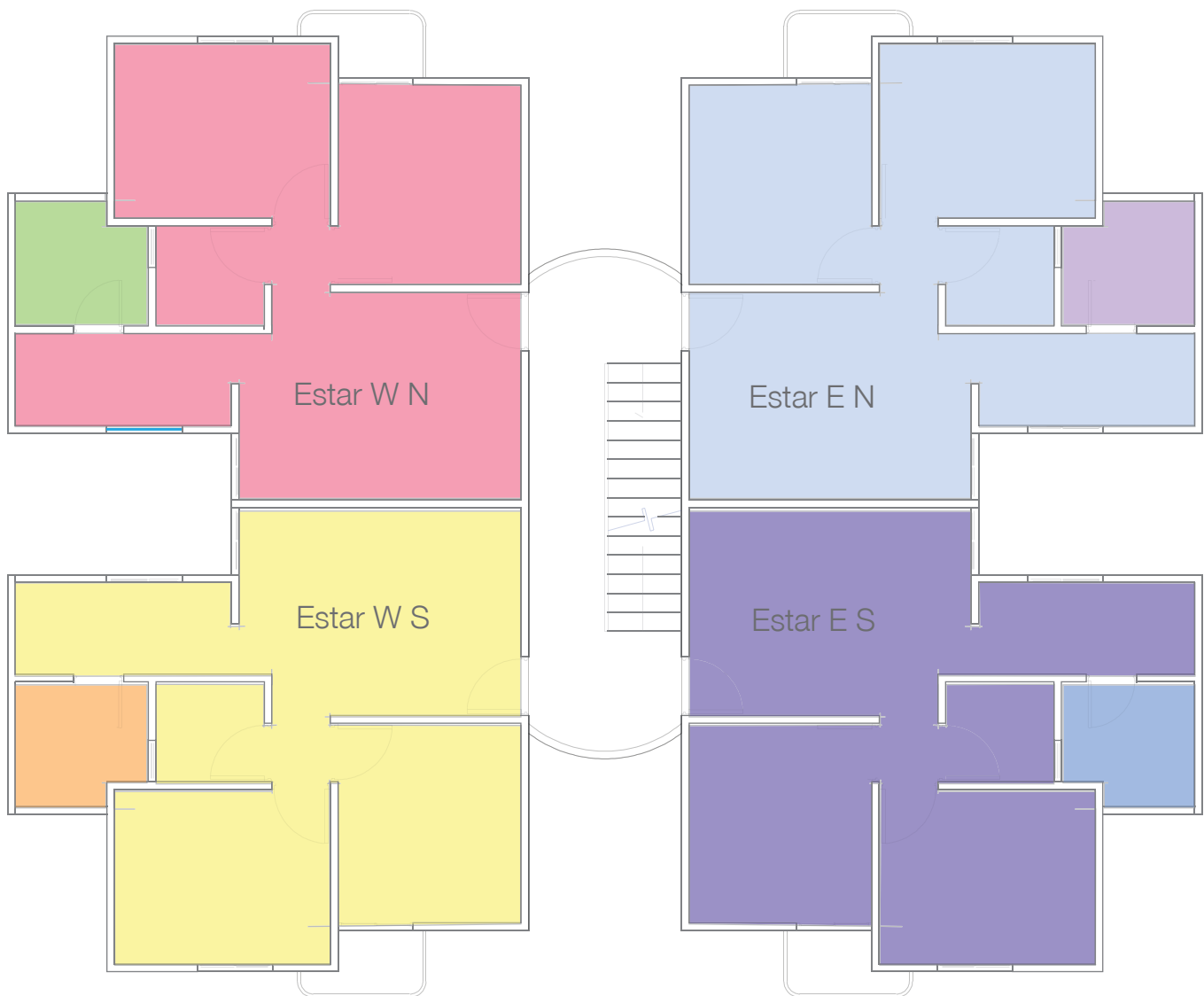
norte
planta baja

planta tipo tipología aislada



norte
planta baja

planta tipo tipología vertical



norte
planta baja

Modelado térmico de viviendas de interés social.

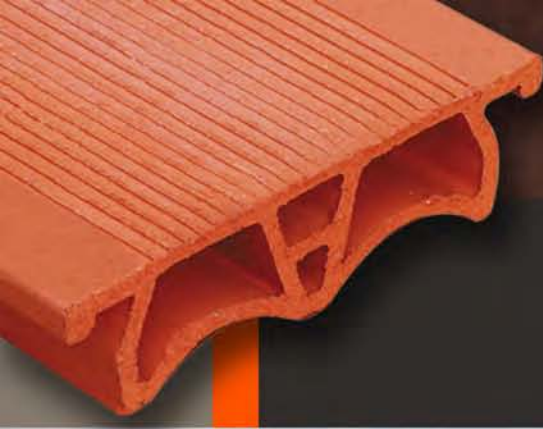
Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

Anexo 2

Cubiertas

BARRO KAPPA



BARRO KAPPA

DIMENSIONES	
a	8.00
b	30.5
c	30
PIEZAS POR m ²	10.5
PESO NOMINAL (Kg)	4.6
MATERIAL	100% barro natural extruido y cocido a 1000°C
PZAS X TARIMA	364
CAÍDA DE TEMPERATURA (a 40°C en exterior)	8°C



Con solo tres puntos de apoyo a la losa se reduce la transmisión de calor



Su diseño estructural le brinda alta resistencia, permite caminar y aún trabajar sobre el sin romperse.

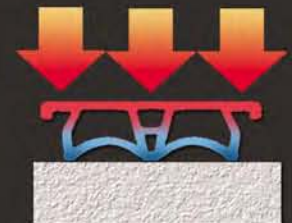


Se instala siguiendo las corrientes de desagüe pluvial.

Elimina la lluvia y la humedad por los huecos de su base.



Facilidad de instalación. Aún si usted se cambia de domicilio se lo puede llevar fácilmente.



Al no estar unido a la losa sino solo sobrepuesto provoca una "interfase" y rompe la trasmisión de calor del sol a la losa.

ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN



Acreditamiento 09/06 emitido por la Entidad Mexicana de Acreditación
Aprobación de la CONUEE para certificar aislantes.

otorga el presente

CERTIFICADO

No. NPY-017-001/09 con una vigencia del 05 de agosto de 2009 al 05 de agosto de 2012.

A LA EMPRESA:

Ladrillera Mecanizada, S. A. de C. V.

PRODUCTO: *Barrokappa fabricado con formula Universal*.*

Medida Nominal	Espesor efectivo	Resistencia efectiva**
cm	m	$m^2 \cdot K / W$
8,00 x 30,5 x 30,0	0,015	0,0479

Densidad aparente	1 795, 65 kg / m ³ (112,09 lb/ft ³)
Conductividad Térmica	0,31303 W /m·K (2,17 BTU·in/h· ft ² ·F)
Permeabilidad de vapor de agua	0,0079 ng / Pa·s·m
Adsorción de humedad	% masa (0,1919) % volumen(0,3471)

*Dosificación de materia prima según consta en solicitud y expediente.

**Este valor no es equivalente al del sistema estructurado muro y/o losa, este debe ser calculado por el proyectista.

La cobertura de esta certificación comprende las buenas prácticas de manufactura, en lo relativo a la línea de producción, particularmente en la identificación, control y vigilancia de puntos críticos, así como la verificación de los insumos, equipo, maquinaria y capacidad del personal de conformidad con los procedimientos establecidos en el Anexo Técnico **ATNOM.018ENER**.

El presente certificado para el producto fabricado en la planta con domicilio en **Carretera Monterrey – Miguel Alemán km 30, Pesqueria, Nuevo León**, evidencia que cumple con la Norma Mexicana NOM-018-ENER-1997 "Aislantes Térmicos para Edificaciones – Características, Límites y Métodos de Prueba".

Así mismo implica que el fabricante se compromete a acatar lo dispuesto en el Contrato de Prestación de Servicios No. PR. NOM SENER NPY/09, que ha sido aprobado por ambas partes.

México, D.F., a 05 de agosto de 2009.



Director Técnico del ONNCCE

ARQ. FRANCO M. BUCIO MÚJICA

Nuestra profesión...
...sus losas

• **Oficinas Monterrey.**

Jardín de San Jerónimo No. 114-A
Col. San Jerónimo, Monterrey, N.L.
T / F (81) 8123.3009, 8123.3019,
8123.3029, 8346.0650.

• **Planta Monterrey.**

Bld. Luis Donaldo Colosio No. 2000
Santa Catarina, N.L.
T / F (81) 8032.7343, 8032.7353,
1338.3483.

• **Planta Reynosa.**

Carretera Monterrey - Reynosa Km. 183
Reynosa, Tamaulipas.
T / F (899) 922.1377



www.compre.com.mx
compre@compre.com.mx



Ponle la
Verde
a tus losas



En búsqueda de la optimización en las soluciones constructivas para nuestros clientes y comprometidos con los requerimientos ecológicos globales, así como poder ofrecer una mejor calidad de vida a los propietarios de las viviendas mexicanas, **COMPRE, S.A. DE C.V.** tomó la iniciativa a nivel nacional para proponer ante el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) la utilización de la **"LOSA VERDE"**; producto que fue autorizado gracias a la promoción de varias empresas productoras del sistema de vigueta y bovedilla de la República Mexicana.

El producto es susceptible de utilizarse con el sistema de vigueta de alma abierta o pretensado sin ningún problema estructural o de operación, siempre y cuando se use en la forma adecuada.

En losas residenciales al eliminar los puentes térmicos, se obtendrá un aislamiento tal que disminuirá sustancialmente el consumo de energía básicamente de refrigeración y calefacción y mejorará las condiciones acústicas, lo que hará más cordiales y confortables sus espacios.

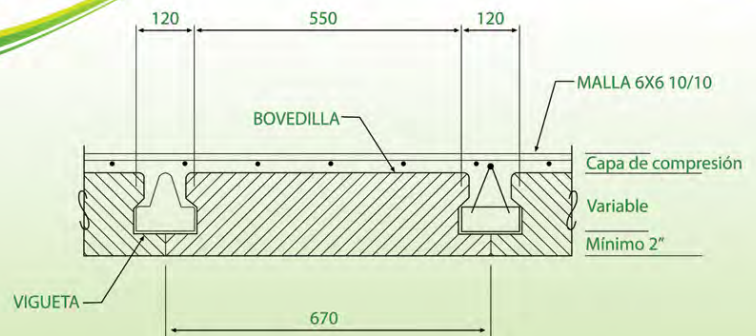
Producto autorizado para Hipoteca Verde

Líderes en losas prefabricadas

Dadas las características térmicas de la **"LOSA VERDE"** hay una disminución del consumo de energía que representa un ahorro económico y proporciona un nivel de confort superior.

Nuestra **"LOSA VERDE"** cumple con las normas impuestas por el "FIDE" y es de los productos viables financieramente en el costo de la vivienda, además de no interrumpir o prolongar el procedimiento constructivo.

Como es por sus clientes conocido, en **COMPRE, S.A. DE C.V.** contamos con los soportes técnicos, de gabinete y en supervisión de obra, para asesorar personalmente los procesos para instalar correctamente nuestra **"LOSA VERDE"**.



Gracias a nuestra amplia capacidad de producción nos encontramos en posición de suministrar sus losas en un lapso de 72 horas posteriores a la aceptación de la propuesta técnica.



Información Técnica



Aisla Coat S. de R.L.
www.aislacoat.com
info@aislacoat.com
+52-(81)8360-7585 y +52-(81)8361-7335

PLASTICOOOL®

Aislante térmico e impermeabilizante.

Descripción:

Producto de consistencia pastosa (manejable), formulado a base de polímeros de cadenas ramificadas de alta plasticidad, pigmentos orgánicos, cargas controladas y aditivos químicos varios.

Usos:

Se recomienda para aislar térmicamente y proteger de la humedad, sobre superficies como concreto, mortero, madera, metal, etc. Para aplicaciones exteriores de casa-habitación, industria, hospitales, escuelas, etc.

Propiedades:

Producto de excelente consistencia en húmedo y seco, su espesor y su plasticidad (flexibilidad) son apropiados para absorber los movimientos estructurales de las superficies cubiertas para evitar la penetración de humedad. Por sus factores K y R de aislamiento térmico, logra aislamiento en las superficies cubiertas. Su principal propiedad es que puede impermeabilizar y aislar térmicamente con el mismo producto.

Aplicación y Garantía:

Para lograr una correcta aplicación se debe de limpiar perfectamente la superficie, eliminando polvo, grasa, óxido y todo material suelto, además la superficie puede estar húmeda (sin excesos de agua acumulada).

Proceder a aplicar el PLASTICOOOL® (sin diluir) con equipo de aspersión, rodillo, cepillo de ixtle o brocha, en capas logrando un espesor de 1.2 – 1.5 mm de película seca (5 años de garantía) y de 0.6 – 0.75 mm de película seca (3 años de garantía).

Rendimiento:

Rinde de 18 - 20 m² por caja (5 años) y de 25 – 27 m² por caja (3 años).

Presentación:

Caja con 24.7 L

Color: Blanco o terracota (de línea).

Almacenamiento:

Almacenar en lugar fresco, seco y a la sombra. Se puede almacenar hasta por 6 meses sin deterioro de sus propiedades.

Precauciones:

No dejar abierta la bolsa que contiene el PLASTICOOOL®. No aplicar bajo amenaza de lluvia o temperatura extremas frío y calor. Lavar con agua limpia la herramienta antes y después de aplicar el material.

Datos técnicos:

Consistencia: Pastosa no fluida

Factor K: 0.039 W/m·K

Emisividad: 0.8 (23 °C)

Color: Blanco y Terracota

p.H.: 7.0-9.0

Olor: Característico

Viscosidad: 40,000-85,000 cPs.

Acabado: Mate

Secado al Tacto (Condiciones normales):
30 minutos

Secado al Duro (Condiciones normales):
2 a 3 horas

Densidad aparente: 515.16 kg/m³

Permeabilidad de vapor de agua: 0.0092 ng / Pa·s·m

ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN



Acreditamiento 09/06 emitido por la Entidad Mexicana de Acreditación
Aprobación de la CONUEE para certificar la NOM-018-ENER-1997.

Otorga el presente

CERTIFICADO

No. SMJ-017-001/10 con una vigencia del 16 de abril de 2010 al 16 de abril de 2011.

A LA EMPRESA:

Aisla Coat, S. de R. L. MI.

PRODUCTO: *Aislante Térmico e Impermeabilizante marca Plasticool.*

Densidad aparente	515,16 kg / m ³
Conductividad Térmica	0,0391 W /m·K
Permeabilidad de vapor de agua	0,0092 ng / Pa·s·m
Adsorción de humedad	% masa (0,065) % volumen (0,031)

El valor de la resistencia térmica debe ser calculado por el proyectista, así mismo este documento, no cubre la aplicación efectuada por terceros que modifique la dosificación y características del producto certificado.

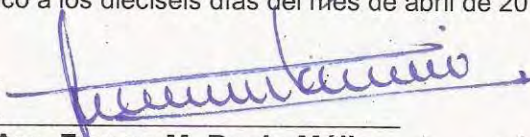
CARACTERÍSTICAS

Productos que cumplen con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-ENER-1997 "Aislantes térmicos, para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba" y con el Anexo Técnico ATNOM018.SENER, con base en el informe No. 124, emitido por el Laboratorio de Poliestireno y Derivados, S. A., laboratorio de prueba acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con acreditamiento No. C-0061-008/07 con vigencia 2011-07-04.

CONDICIONES

- 1.- El presente certificado ampara al producto de fabricación nacional de la empresa Aisla Coat S. de R. L., cuya planta se encuentra ubicada en Priv Granja La Primavera No. 3626, Col. Los Lermas, C. P. 67190, Guadalupe Nuevo León,
- 2.- La empresa titular de este certificado asume la responsabilidad de que él(los) producto(s) que se indican en el mismo, cumpla(n) con las especificaciones, los términos establecidos en la(s) norma(s) oficial(es) mexicana(s) y el contrato de prestación de servicios No. PR. NOM SENER SMJ/10 firmado por ambas partes que incluye el uso de la marca ONNCE y la visita de vigilancia acordada.
- 3.- Cuando los productos a que se refiere el presente certificado se dejen de fabricar, o se pretenda realizar en ellos modificaciones de carácter técnico o comercial, el titular deberá dar el aviso que proceda a este Organismo, o presentar la solicitud respectiva, por escrito, con una anticipación de 30 días.
- 4.- La violación a cualquiera de las condiciones que antecede, motivará la suspensión de la presente certificación, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones que pudieran proceder, conforme a lo establecido en la Ley y demás disposiciones legales que rigen la materia.

Ciudad de México a los dieciséis días del mes de abril de 2010.


Arq. Franco M. Bucio Mújica
Director Técnico del ONNCE

Ceres No. 7
Col. Crédito Constructor, C.P. 03940
Benito Juárez, México, D.F.
conmutador: 5663-2950
Internet: <http://www.onnce.org.mx>
e-mail: onnce@mail.onnce.org.mx

	FICHA TÉCNICA	Equipo de Seguridad  
	Producto: TERMOCRET®	
IDENTIFICACIÓN: TER-TCO-10	AREA DE CONTROL : Departamento de Control de Calidad	Página: 1 de 2

DESCRIPCION:

Agregado térmico ultraligero de granulometría y densidad controlada, que al mezclarse con cemento Portland y agua, forma un concreto aislante (TERMOCRETO®) de muy baja densidad y absorción de humedad.

USOS:

Siendo sus principales aplicaciones:

- I - Proporcionar **aislamiento térmico** y pendientes pluviales en azoteas.
- II - Nivelación de entresijos, disminución de carga muerta y **aislamiento acústico** por impacto.

CARACTERÍSTICAS DEL TERMOCRETO®

CERTIFICADO ONNCE SMA-017-004/10

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN
Factor "K" (Conductividad térmica)	0.07514 W/m·K 0.5209 BTU·in/h·ft ² ·°F
Factor "R" (Resistencia térmica)	0.37 m ² ·K/W 2.10 °F·ft ² ·h/BTU
Conductancia Térmica:	2.71W/m ² ·K
Resistividad Térmica:	13.31 m·K / W
Densidad del mortero húmedo:	600 kg /m ³ +/
Densidad del mortero seco:	324.83 kg /m ³ +/
Adsorción de humedad:	< 15 % en peso
Adsorción de humedad:	< 5 % en volumen
Velocidad de Transmisión de Vapor de Agua:	281.23 µg / m ² ·°K
Espesor mínimo	5.00 cm
Combustible	NO
Toxicidad	NO
Barrera de Vapor	NO
Fraguado Inicial para trafico ligero	24 hrs

PRESENTACION:

Sacos de polipropileno laminado de 100 litros.

RECOMENDACIONES DE MANEJO:

Utilizar lentes de seguridad, mascarilla y guantes.

ALMACENAJE:

Intemperie por un período no mayor a 2 meses.

No. Documento: TER-TCO-10	Elaboró: Control de Calidad	Fecha: Mayo 2010	Revisó: Nestor Hinojosa
-------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------	-----------------------------------

Otorga el presente

CERTIFICADO

No. SMA-017-004/10 con una vigencia del 21 de mayo de 2010 al 21 de mayo de 2011.

A LA EMPRESA:

Termolita, S. A. de C. V.

PRODUCTO: *Termocreto marca Termolita.*

Densidad aparente	324,83 kg / m ³ (20,28 lb/ft ³)
Conductividad Térmica	0,07514 W /m·K (0,5209 BTU·in/h· ft ² ·F)
Permeabilidad de vapor de agua	0,0174 ng / Pa·s·m
Adsorción de humedad	% masa (5,43) % volumen (1,73)

El valor de la resistencia térmica debe ser calculado por el proyectista, asimismo, este documento no ampara la aplicación efectuada por terceros que modifique la dosificación y características del producto certificado.

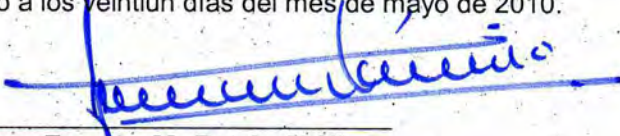
CARACTERÍSTICAS

Productos que cumplen con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-ENER-1997 "Aislantes térmicos, para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba" y con el Anexo Técnico ATNOM018.SENER, con base en el informe MT-100320, emitido por el Laboratorio de Materiales Termoaislantes de Polioles S. A. de C. V., laboratorio de prueba acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con acreditamiento No. C-142-015/07 con vigencia 2011-09-05.

CONDICIONES

- 1.- El presente certificado ampara al producto de fabricación nacional de la empresa Termolita S. A de C. V., cuya planta se encuentra ubicada en Callejón del Mármol No. 201, Col. Praderas de Santa Catarina, CP. 66364, Santa Catarina, Nuevo León,
- 2.- La empresa titular de este certificado asume la responsabilidad de que él(los) producto(s) que se indican en el mismo, cumpla(n) con las especificaciones, los términos establecidos en la(s) norma(s) oficial(es) mexicana(s) y el contrato de prestación de servicios No. PR. NOM.SENER SMA/10 firmado por ambas partes que incluye el uso de la marca ONNCCCE y la visita de vigilancia acordada.
- 3.- Cuando los productos a que se refiere el presente certificado se dejen de fabricar, o se pretenda realizar en ellos modificaciones de carácter técnico o comercial, el titular deberá dar el aviso que proceda a este Organismo, o presentar la solicitud respectiva, por escrito, con una anticipación de 30 días.
- 4.- La violación a cualquiera de las condiciones que antecede, motivará la suspensión de la presente certificación, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones que pudieran proceder, conforme a lo establecido en la Ley y demás disposiciones legales que rigen la materia.

Ciudad de México a los veintiún días del mes de mayo de 2010.


Arq. Franco M. Bucio Mújica
Director Técnico del ONNCCCE

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

Anexo 3

Muros

Otorga el presente

CERTIFICADO

No. SMA-017-003/10 con una vigencia del 21 de mayo de 2010 al 21 de mayo de 2011.

A LA EMPRESA:

Termolita, S. A. de C. V.

PRODUCTO: Cubremuro

Densidad aparente	962,91 kg / m ³ (60,11 lb/ft ³)
Conductividad Térmica	0,16002 W /m·K (1,1094 BTU·in/h· ft ² ·F)
Permeabilidad de vapor de agua	0,0156 ng / Pa·s·m
Adsorción de humedad	% masa (4,92) % volumen (4,66)

El valor de la resistencia térmica debe ser calculado por el proyectista, asimismo, este documento no ampara la aplicación efectuada por terceros que modifique la dosificación y características del producto certificado.

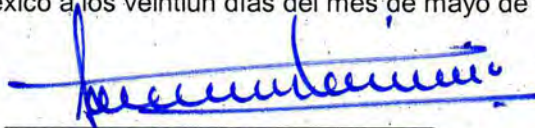
CARACTERÍSTICAS

Productos que cumplen con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-ENER-1997 "Aislantes térmicos, para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba" y con el Anexo Técnico ATNOM018.ENER, con base en el informe MT-100319, emitido por el Laboratorio de Materiales Termoaislantes de Polioles S. A. de C. V., laboratorio de prueba acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con acreditamiento No. C-142-015/07 con vigencia 2011-09-05.

CONDICIONES

- 1.- El presente certificado ampara al producto de fabricación nacional de la empresa Termolita S. A de C. V., cuya planta se encuentra ubicada en Callejón del Mármol No. 201, Col. Praderas de Santa Catarina, CP. 66364, Santa Catarina, Nuevo León,
- 2.- La empresa titular de este certificado asume la responsabilidad de que él(los) producto(s) que se indican en el mismo, cumpla(n) con las especificaciones, los términos establecidos en la(s) norma(s) oficial(es) mexicana(s) y el contrato de prestación de servicios No. PR. NOM SENNER SMA/10 firmado por ambas partes que incluye el uso de la marca ONNCCE y la visita de vigilancia acordada.
- 3.- Cuando los productos a que se refiere el presente certificado se dejen de fabricar, o se pretenda realizar en ellos modificaciones de carácter técnico o comercial, el titular deberá dar el aviso que proceda a este Organismo, o presentar la solicitud respectiva, por escrito, con una anticipación de 30 días.
- 4.- La violación a cualquiera de las condiciones que antecede, motivará la suspensión de la presente certificación, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones que pudieran proceder, conforme a lo establecido en la Ley y demás disposiciones legales que rigen la materia.

Ciudad de México a los veintiún días del mes de mayo de 2010.



Arq. Franco M. Bucio Mújica
Director Técnico del ONNCCE



GARANTIA

Equipo de Seguridad



Producto:

CUBREMURO®

IDENTIFICACIÓN:

TER-CM-10

AREA DE CONTROL :

Departamento de Control de Calidad

Página:

1 de 3

CUBREMURO®: Premezclado de baja densidad con propiedades de aislamiento térmico e impermeabilidad, formulado con perlita mineral expandida, cementantes y aditivos químicos que le imparten excelentes propiedades de termicidad, trabajabilidad, tiempo abierto, así como dureza y adherencia.

USOS:

CUBREMURO® Premezclado especialmente diseñado para recubrir y dar acabado en muros exteriores de block de concreto o ladrillo de barro en vivienda en serie y proporcionar aislamiento térmico e impermeabilidad.

Nota: Asegúrese de utilizar este producto para los usos y aplicaciones indicados en esta ficha técnica y en el instructivo del envase del producto.

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

NOM-018-ENER: SMA-017-003/10

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Color	Blanco
Densidad suelta	962.91 kg/m ³ ± 5%
Densidad seca	1050kg/m ³ ± 5%
Rendimiento ¹	8.0 m ² /saco de 40kg ¹
Absorción de agua	< 10%
Resistencia a la compresión 28 días	> 100 kg/cm ²
Contracción lineal	No apreciable
Tiempo de fraguado inicial ²	20 – 30 min
Tiempo de secado ²	24 hrs
Factor "K" (Conductividad térmica)	0.16002 W/m.K 1.1094 BTU.in/h .ft ² .°F
Factor "R" (Resistencia térmica)	0.19 m ² · KW 1.08 °F · ft ² · h/BTU

¹ Rendimiento a 0.5 cm. de espesor promedio.

² Este tiempo puede variar dependiendo de las condiciones climáticas.

PRESENTACION: Saco papel de 40.00 Kg

GARANTÍAS:

IMPERMEABILIDAD, Gracias a sus aditivos impermeables de alta calidad, nuestro producto garantiza su impermeabilidad por 18 meses asumiendo su correcta aplicación, siguiendo las instrucciones de aplicación mencionadas en este documento.

No.Documento:

TER-CM-10

Elaboró:




Control de Calidad

Fecha:

Mayo 2010

Revisó:

Nestor Hinojosa

	GARANTIA		Equipo de Seguridad  
	Producto:		CUBREMURO®
IDENTIFICACIÓN:	AREA DE CONTROL :	Página:	
TER-CM-10	Departamento de Control de Calidad	2 de 3	

ESPESOR, Este producto debe ser aplicado con llana tradicional en espesores de **3 mm mínimo a 10 mm máximo por capa**.

En caso de requerir espesores mayores a 10 mm, este deberá ser aplicado en 2 capas, la primera con cuchara de manera tradicional, similar al Zarpeo tradicional, logrando un espesor de hasta 12 – 15 mm y en una segunda capa afinarlo con llana de manera tradicional, con un espesor promedio de 3-5 mm. Logrando un espesor final de 15 mm aprox.

RECOMENDACIONES DE MANEJO:

1. No aplicar este producto bajo la lluvia, o cuando se esperen precipitaciones en las siguientes 12 horas después de su colocación.
2. No aplicar el **CUBREMURO®** a temperaturas menores de 6°C, o cuando se tengan pronosticadas heladas (temperaturas de congelamiento).
3. El tiempo abierto del producto disminuye al aumentar la temperatura, y en aplicaciones mayores a los 40°C se deberá humectar abundantemente la superficie a aplicar y curar después de 12 hrs. y repetir el proceso de curado 12 hrs. después del primer curado, para lograr mayor dureza.
4. Nunca exceda la cantidad de agua recomendada por saco.
5. Para asegurar la calidad del acabado final deberá siempre utilizar **sacos completos** para la preparación de las mezclas.
6. No utilice nunca envases de refrescos o jugos para añadir el agua de mezclado a este producto, ya que los residuos de azúcar causan un retardo sensible en su fraguado y pueden llegar a interferir en el desarrollo de sus propiedades dañándolo de manera irreversible.

ALMACENAJE:

Los sacos están diseñados para proteger su contenido contra la humedad ambiental; se garantizan por un período de 6 meses si se conservan dentro de almacén, en condiciones secas, en su empaque original, cerrado y sin estar en contacto con el suelo.

PRECAUCIÓN:

Al agregarle agua a este producto se forma una mezcla alcalina por lo que es importante usar guantes de hule y lentes de protección para evitar el contacto con piel y ojos. En caso de contacto con la piel o después de usarlo, lávese con agua corriente. Para evitar la respiración de polvos use una mascarilla apropiada en lugares cerrados o sin ventilación.

No.Documento: TER-CM-10	Elaboró: Control de Calidad	Fecha: Mayo 2010	Revisó: Nestor Hinojosa
-----------------------------------	---------------------------------------	----------------------------	-----------------------------------



GARANTIA

Equipo de Seguridad



Producto:

CUBREMURO®

IDENTIFICACIÓN:

TER-CM-10

AREA DE CONTROL :

Departamento de Control de Calidad

Página:

3 de 3

RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN:

- Acabado exterior térmico, el cual se recomienda aplicar en espesores de 4–5 mm. Para lograr rendimientos de 7.5 a 8.0 m2 por saco de 40.00 kg.
- Espesor mínimo de aplicación recomendado, 4 mm.
- Espesor máximo de aplicación por capa 10 mm.
- En caso de requerir un espesor mayor a 10 mm se recomienda aplicar dos capas, la primera con cuchara, similar al repello tradicional, esperar al fraguado inicial y posteriormente afinar con llana de manera tradicional, logrando, mediante este sistema, espesores mayores a los 15 mm.
- En caso de requerir espesores mayores a 10 mm. utilizar **AISLAMURO BASE®**, para plomear y enderezar muros, este permite espesores de hasta 25 mm por capa y sobre este afinar con 3 mm de **CUBREMURO®** de manera tradicional.
- En espesores menores a 10 mm aplicar **CUBREMURO®** directo al muro humectado previamente de manera abundante.
- Se deberá batir en un cajón de madera, carretilla o artesa, limpia y sin residuos de otras aplicaciones. No deberá exceder la cantidad de agua recomendada 16 litros.
- Se deberán mezclar sacos completos.
- En aplicación directa, aplicar con llana de manera tradicional y afinar con esponja suave.
- En las áreas de concreto, castillos, columnas o cerramientos, se recomienda picar estos elementos para mejorar la adhesión, humectar de manera abundante, así como asegurarse de limpiar estos elementos para que estén libres de residuos como: aceite quemado o desmoldantes grasos, alambre recocido, clavos o exceso de polvo.

No.Documento:

TER-CM-10

Elaboró:

Control de Calidad

Fecha:

Mayo 2010

Revisó:

Nestor Hinojosa

Información técnica
Aceros recubiertos

Ternium TR-90

Descripción

El acanalado trapezoidal TR-90 es un producto fabricado en planta mediante una roladora estacionaria a partir de rollo de acero Ternium Zintro, Ternium Zintro Alum o Ternium Pintro, que por su gran peralte le permite librar grandes claros, lo cual se traduce en una disminución en la cantidad de apoyos. Por su configuración, este producto es fácilmente estibable y traslapable.

Sustratos y recubrimientos

Producto	Grado
Ternium Zintro	Acero estructural GR 37 Fy= 37 ksi min
Ternium Zintro Alum	Acero estructural GR 37 Fy= 37 ksi min
Ternium Pintro	Acero estructural GR 37 Fy= 37 ksi min

Colores

Blanco Estándar, Arena Estándar, Silver Poly, Gris Humo, Azul Rey, Azul Militar, Blanco Ultra, Rojo Janitzio.

Características del producto

- Excelente capacidad estructural y de desagüe.
- Fácil de instalar.
- Pendiente mínima 6%, longitud máxima de vertiente 25.0 mts.

* Cubiertas con pendientes menores y/o longitudes mayores quedan sujetas a revisión individual bajo consulta técnica.

Rango dimensional

- Disponible en calibres 24 y 26
- Longitudes Mín. 3050 mm (10'), Máx. 12000 mm (3.9'-4.4")

Poder cubriente

90.0 cm (35.4")

Geometría

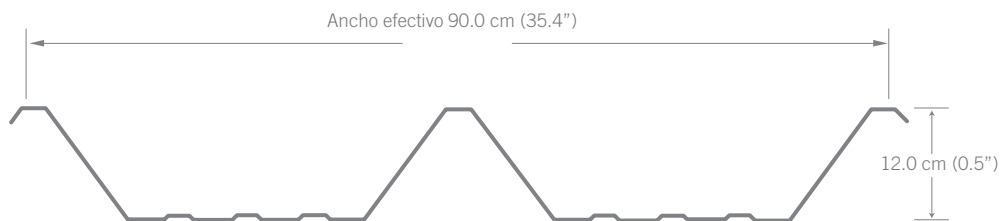


Tabla de pesos y espesores

Calibre	Espesor nominal acero base plg. (mm)	Peso aprox. Kg/ml	Peso aprox. Kg/m2
26	0.0179 (0.4547)	4.69	5.21
24	0.0209 (0.5309)	5.42	6.02

Ternium México ("Ternium") proporciona la siguiente información como respaldo para la aplicación de los productos, por lo que no se le podrá hacer responsable del mal uso que se le pudiera dar; se recomienda la asesoría, a su propio cargo, cuenta y riesgo, de un especialista que verifique la aplicabilidad de la misma.

Ternium bajo ninguna circunstancia será responsable por la instalación y/o accesorios utilizados para la instalación de(l) el(los) producto(s) comercializados.

Ternium expresamente renuncia a cualquier garantía, expresa o implícita. Al hacer disponible esta información, Ternium no está prestando servicios profesionales y no asume deberes o responsabilidades con respecto a persona alguna que haga uso de dicha información. De igual modo, Ternium no será responsable por alguna reclamación, demanda, lesión, pérdida, gasto, costo, honorarios legales o responsabilidad de algún tipo que en alguna forma surja de o esté conectada con el uso de la información contenida en esta publicación, ya sea o no que tal reclamación, demanda, lesión, pérdida, gasto, costo, honorarios legales o responsabilidad resulte directa o indirectamente de alguna acción u omisión de Ternium. Cualquier parte que utilice la información contenida en este manual asume toda la responsabilidad que surja de tal uso.

Puesto que existen riesgos asociados con el manejo, instalación o uso del acero y sus accesorios, recomendamos que las partes involucradas en el manejo, instalación o uso revisen todas las hojas de seguridad aplicables del material del fabricante, normas y reglamentos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y otras agencias de Gobierno que tengan jurisdicción sobre tal manejo, instalación o uso y otras publicaciones relevantes de prácticas de construcción.

Ternium Multytecho

Descripción

Panel aislante para cubiertas prefabricadas, que se produce en un proceso continuo; está compuesto por un núcleo de espuma rígida de poliuretano y dos caras de acero Ternium Pintro. Este producto está diseñado para cubiertas de una gran diversidad de aplicaciones; es complementado con una tapajunta que ensambla como clip a presión sobre las crestas laterales para cubrir la unión longitudinal hembra-macho, además cuenta con los accesorios de fijación.

Sustratos y recubrimientos

Producto	Grado
Ternium Pintro	Acero estructural GR37 Fy = 37 ksi

Colores

Blanco Poliéster Estándar y Duraplus, Arena Poliéster Estándar y Duraplus.

Características del producto

- Pendiente mínima recomendada 5%, longitud máxima de vertiente 60.0 mts.
- Traslape mínimo recomendado 200 mm (8").

*Cubiertas con pendientes menores y/o longitudes mayores quedan sujetas a revisión individual bajo consulta técnica.

Producto	Espesor	Calibre cara ext.	Presentación cara ext.	Calibre cara int.	Presentación cara int.
Ternium Multytecho	1", 1.5", 2", 2.5", 3", 4", 5" y 6"	26	Blanco liso o embozado Arena embozado o liso	26	Blanco liso o embozado Arena embozado o liso

Rango dimensional

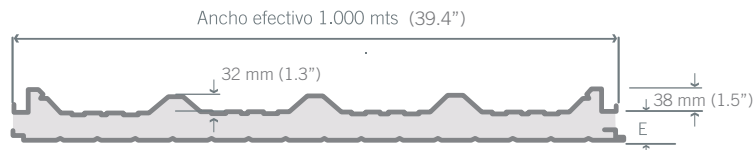
- Disponible en un ancho efectivo de 1000 mm (3'-3.4")
- Longitudes disponibles Mín 2500 mm (8'-2.4") Máx 14630 mm (48")
- Contenedor marítimo máx. 11.90 mts (39' - 1")

*Para longitudes especiales, favor de contactar a su ejecutivo de ventas.

Poder cubriente

1.000 mts (39.4")

Geometría



Propiedades de la sección

Espesor mm (pulg)	Factores de aislamiento		Peso aprox. Kg/M ² Cal. 26/26
	R hrFT ² °F/BTU	U BTU/ hrFT ² °F	
25.4 (1")	6.67	0.150	10.02
38.1 (1.5")	10.00	0.100	10.52
50.8 (2")	13.33	0.075	10.91
63.5 (2.5")	16.75	0.060	11.39
76.2 (3")	20.13	0.050	11.88
101.6 (4")	26.85	0.037	12.84
127 (5")	33.56	0.030	13.80
152.4 (6")	40.27	0.025	14.85

Ternium México ("Ternium") proporciona la siguiente información como respaldo para la aplicación de los productos, por lo que no se le podrá hacer responsable del mal uso que se le pudiera dar; se recomienda la asesoría, a su propio cargo, cuenta y riesgo, de un especialista que verifique la aplicabilidad de la misma.

Ternium bajo ninguna circunstancia será responsable por la instalación y/o accesorios utilizados para la instalación de(l) el(los) producto(s) comercializados.

Ternium expresamente renuncia a cualquier garantía, expresa o implícita. Al hacer disponible esta información, Ternium no está prestando servicios profesionales y no asume deberes o responsabilidades con respecto a persona alguna que haga uso de dicha información. De igual modo, Ternium no será responsable por alguna reclamación, demanda, lesión, pérdida, gasto, costo, honorarios legales o responsabilidad de algún tipo que en alguna forma surja de o esté conectada con el uso de la información contenida en esta publicación, ya sea o no que tal reclamación, demanda, lesión, pérdida, gasto, costo, honorarios legales o responsabilidad resulte directa o indirectamente de alguna acción u omisión de Ternium. Cualquier parte que utilice la información contenida en este manual asume toda la responsabilidad que surja de tal uso.

Puesto que existen riesgos asociados con el manejo, instalación o uso del acero y sus accesorios, recomendamos que las partes involucradas en el manejo, instalación o uso revisen todas las hojas de seguridad aplicables del material del fabricante, normas y reglamentos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y otras agencias de Gobierno que tengan jurisdicción sobre tal manejo, instalación o uso y otras publicaciones relevantes de prácticas de construcción.

Ternium Multymuro

Descripción

Panel aislante diseñado para cumplir con las especificaciones más exigentes por su unión lateral que proporciona una excelente hermeticidad.

Substratos y recubrimientos

Producto	Grado
Ternium Pintro	Acero estructural GR37 Fy = 37 ksi

Colores

Blanco Poliéster Estándar y Duraplus, Arena Poliéster Estándar y Duraplus.

Características del producto

- Unión lateral que proporciona una excelente hermeticidad.
- Sistema de fijación oculta, clip galvanizado calibre 16.
- Bajo pedido, puede suministrarse espuma clase 1.

Producto	Espesor	Calibre cara ext.	Presentación cara ext.	Calibre cara int.	Presentación cara int.
Ternium Multymuro Micro V	1.5", 2", 2.5", 3", 4", 5" y 6"	26	Embozado o liso	26	Embozado o liso
Ternium Multymuro Mesa	1.5", 2", 2.5", 3", 4", 5" y 6"	26	Embozado o liso	26	Embozado o liso
Ternium Multymuro Stuko	1.5", 2", 2.5", 3", 4", 5" y 6"	26	Stuko	26	Embozado

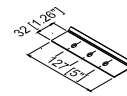
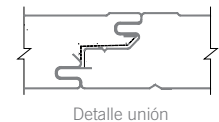
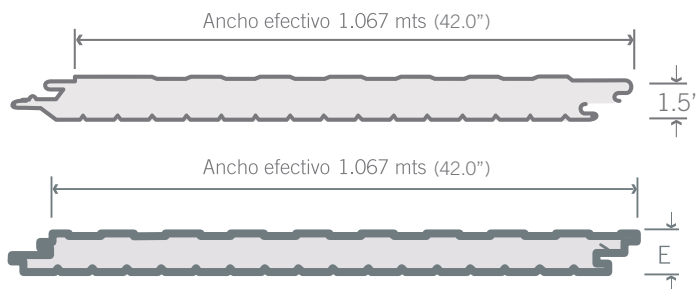
Rango Dimensional

- Disponible en un ancho efectivo de 1067 mm (3' - 6")
- Longitudes disponibles Mín 2500 mm (8'-2.4") Máx 12200 mts (40")
- Contenedor marítimo máx. 11.90 mts (39' - 1")

Poder cubriente

1.067 mts (42.0")

Geometría



* El panel de 1.5" no requiere clip de fijación.

Propiedades de la sección

Espesor mm (pulg)	Factores de aislamiento		Peso aprox. Kg/M ² Cal. 26/26
	R hrFT ² °F/BTU	U BTU/ hrFT ² °F	
38.1 (1.5")	10.0	0.100	10.09
50.8 (2")	13.33	0.075	10.56
63.5 (2.5")	16.75	0.060	11.04
76.2 (3")	20.13	0.050	11.52
101.6 (4")	26.85	0.037	12.49
127.0 (5")	33.56	0.030	13.71
152.4 (6")	40.27	0.025	14.72

Ternium México ("Ternium") proporciona la siguiente información como respaldo para la aplicación de los productos, por lo que no se le podrá hacer responsable del mal uso que se le pudiera dar; se recomienda la asesoría, a su propio cargo, cuenta y riesgo, de un especialista que verifique la aplicabilidad de la misma.

Ternium bajo ninguna circunstancia será responsable por la instalación y/o accesorios utilizados para la instalación de(l) el(los) producto(s) comercializados.

Ternium expresamente renuncia a cualquier garantía, expresa o implícita. Al hacer disponible esta información, Ternium no está prestando servicios profesionales y no asume deberes o responsabilidades con respecto a persona alguna que haga uso de dicha información. De igual modo, Ternium no será responsable por alguna reclamación, demanda, lesión, pérdida, gasto, costo, honorarios legales o responsabilidad de algún tipo que en alguna forma surja de o esté conectada con el uso de la información contenida en esta publicación, ya sea o no que tal reclamación, demanda, lesión, pérdida, gasto, costo, honorarios legales o responsabilidad resulte directa o indirectamente de alguna acción u omisión de Ternium. Cualquier parte que utilice la información contenida en este manual asume toda la responsabilidad que surja de tal uso.

Puesto que existen riesgos asociados con el manejo, instalación o uso del acero y sus accesorios, recomendamos que las partes involucradas en el manejo, instalación o uso revisen todas las hojas de seguridad aplicables del material del fabricante, normas y reglamentos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y otras agencias de Gobierno que tengan jurisdicción sobre tal manejo, instalación o uso y otras publicaciones relevantes de prácticas de construcción.



Monterrey, N.L.	Av. Universidad No. 992 Col. Cuauhtémoc San Nicolás de los Garza, N.L. C.P. 66450 Tel. (52 81) 8329 8500
Tijuana, B.C.N.	Blvd. M. J. Clouthier No. 17310-C / Federico Benitez y Vía Rápida Col. La Ciénega, Tijuana B.C.N. C.P. 22660 Tel. (52 664) 689 2063
Veracruz, Ver.	Carr. Veracruz-Jalapa esq. con José Lizardi Col. Cd. Industrial Bruno Pagliai Veracruz, Veracruz C.P. 91697 Tel. (52 229) 981 0505
Tuxtla, Chis.	Carr. Internacional No. 5785 Col. Campestre La Herradura Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29054 Tel. (52 961) 671 6231
San Luis Potosí, SLP.	Eje 134 No. 255 Zona Industrial del Potosí San Luis Potosí, San Luis Potosí C.P. 78395 Tel. (52 444) 137 3300
Edo. de México	Calle Negra Modelo No. 133 Fracc. Industrial "La Perla" Naucalpan de Juárez, Edo. de México C.P. 53340 Tel. (52 55) 5220 2800
Mérida, Yuc.	Calle 19 No. 324 esq. Calle 20 Col. Ciudad Industrial Felipe Carrillo Mérida, Yucatán C.P. 97288 Tel. (52 999) 946 1595
Puebla, Pue.	Km. 108 Autopista México-Puebla San Miguel Xoxtla C.P. 72620 Puebla, Puebla Tel. (52 222) 372 3513
Guadalajara, Jal.	Av. Unión No. 163 Piso 1 Col. Americana Guadalajara, Jalisco C.P. 44140 Tel. (52 33) 3540 9500
Chihuahua, Chih.	Av. de las Industrias No. 7319 y Juan Escutia Col. Nombre de Dios C.P. 31105 Chihuahua, Chihuahua Tel. (52 614) 419 60 64
Culiacán, Sin.	Carr. a Navolato No. 13008 a 1500 mts. Acera Nte Aguaruto Centro C.P. 80000 Culiacán, Sinaloa Tel. (52 667) 727 1480



COORDINACION DEL SELLO FIDE


 RESULTADOS DE LA EVALUACION CON LA ESPECIFICACION SELLO FIDE
 "ESP4426 POLIESTIRENO PARA EDIFICACIONES REV. 03 DEL 27/MAY/09 "

 Empresa: Estructuras de Estireno S.A. de C.V.

 No. de Solicitud: CE-0410-052

 Producto: Placa de poliestireno densidad 16 kg/m³

 Fecha: 15-abr-10

 Cantidad de modelos base evaluados: Uno
 Otorgamiento Revalidación Ampliación de modelos

Tipo según catálogo	Espesor	Características Energéticas									Características de Calidad		
		Densidad mínima kg / m ³ (lb / ft ³)			Conductividad térmica máxima W / m K (Btu in / ft ² °F)			Resistencia térmica mínima K m ² / W (°F ft ² h / Btu)			Permeancia al vapor de agua ng / Pa s m ² (Perm)		
Base Consecuente	m (in)	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado
Placa de poliestireno, densidad 16 kg/m ³	0.026026 (1.02)	16.76 (1.05)	16 (1.0)	Cumple	0.03765 (0.2610)	0.039 (0.2704)	Cumple	0.689 (3.91)	0.65 (3.69)	Cumple	0.2038	287 (5.0)	Cumple

Tipo según catálogo	Espesor	Características de Calidad											
		Absorción de agua por inmersión total máxima %			Resistencia a la compresión a 10% de la deformación mínima K Pa (psi)			Esfuerzo a la flexión mínima K Pa (psi)			Estabilidad dimensional máxima %		
Base Consecuente	m (in)	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado
Placa de poliestireno, densidad 16 kg/m ³	0.026026 (1.02)	(1)	4.0		(1)	69 (10.0)		(1)	173 (25.0)		(1)	2.0	

Tipo según catálogo	Espesor	Características de Calidad			Características de Seguridad					
		Índice de oxígeno mínimo % en volumen			Propagación de flama máxima índice			Generación de humo máximo índice		
Base Consecuente	m (in)	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado	Valor de prueba	Límite sello FIDE	Resultado
Placa de poliestireno, densidad 16 kg/m ³	0.026026 (1.02)	(1)	24.0		20	20	Cumple	155	150-300	Cumple

Observaciones:

(1) La empresa solicita para las características de calidad (Adsorción de agua por inmersión total, Resistencia a la compresión a 10% de deformación, Esfuerzo a la flexión y Estabilidad dimensional) queden pendientes hasta que los laboratorios acreditados en México estén en posibilidades técnicas de realizar dichas pruebas, mientras tanto presentan una cotización del laboratorio Intertek para realizar dichas pruebas en la mejor oportunidad pero antes del vencimiento de la licencia para el uso del Sello FIDE.

Elaboró 	Revisó 	Recibido por
Ing. José Antonio Hernández Cruz Nombre y Firma del Evaluador de Productos	Ing. Eugenio Almanza Castro Nombre y Firma del Coordinador del Sello FIDE	Lic. Antonio González Maíz Flores Nombre y Firma del Representante de la Empresa ante el FIDE

Hoja 1 de 1

Modelado térmico de viviendas de interés social.

Tipologías adosada, dúplex, aislada y vertical.

Casos base y alternativas de eficiencia energética.

Anexo 4

Ventanas



08810/SOU
BuyLine 5191

Product Guide for
Very High Performance Glazing

HEAT MIRROR® INSULATING
GLASS & XIR® LAMINATED GLASS



Architectural Freedom in an Energy Conscious World

HEAT MIRROR®

Insulating Glass

Superior performance to meet challenging design requirements



Louisville Water & Power Company • Location: Louisville, Kentucky
 Architect: Louis & Henry Group, Louisville, Kentucky • Product: Heat Mirror® SC75 Azurlite

Selecting the right glazing is one of the most significant and far-reaching decisions an architect or building owner will make in the design process. Consideration of six primary glazing design challenges will help assure a successfully designed building.

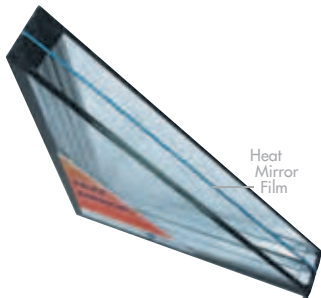
- Winter comfort and heating load
- Appearance and reflectivity
- Summer comfort and cooling load
- Ultraviolet fading control
- Natural daylighting
- Condensation control

From its introduction in 1979, Heat Mirror insulating glass has helped design professionals successfully overcome glazing design challenges. The shading and insulating properties of Heat Mirror help prevent winter heat loss and reject summer solar heat. Heat Mirror windows enhance daylighting strategies, enabling clear glass to outperform traditional tinted insulating glass units in solar heat rejection. Noise and UV transmission are also reduced to performance levels superior to all competitive low-e glazings.

Heat Mirror is a clear, low-emissivity coated film suspended midway between inner and outer glass panes to achieve triple glass performance with no increase in weight. Southwall Technologies manufactures Heat Mirror coatings covering a wide

performance spectrum enabling buildings to be "tuned" to employ morning passive solar heat, reject afternoon solar heat gain, enhance daylighting, improve condensation resistance, and provide unsurpassable skylight performance.

Heat Mirror's versatile technology allows any of more than 1,000 worldwide glass types to be incorporated in residential, institutional and commercial architecture. Southwall affiliates around the globe respond quickly to the most challenging glazing designs. Heat Mirror and XIR help enable United States Green Building Council LEED projects to stand out in terms of glazing performance, HVAC design innovation, occupant comfort and environmental sustainability



Heat Mirror Insulating Glass

Heat Mirror provides a central suspended high performance coating with two air or gas filled cavities.



Druckenmiller Hall Science Center • Location: Bowdoin College, Brunswick, Me.
 Architect: Ellenzweig Associates, Cambridge, Ma. • Product: Heat Mirror® 55 Clear

Heat Mirror Benefits

- Reduce energy consumption
- Enhance daylighting
- Reduce solar heat gain
- Help protect furnishings
- Reduce noise
- Improve comfort

HEAT MIRROR® Commercial Applications

08810/SOU
BuyLine 5191

The tables below provide a representative listing of products in the Heat Mirror product family.

- As Heat Mirror designations decrease from 88, light transmittance decreases, solar shading improves, and reflectance increases.
- HM SC75 includes a second "dual" low-e coating that improves solar control, while maintaining high visible light transmittance.
- HM TC88 includes a "twin" (two sided) low-e coating that dramatically decreases U-value, with high daylight transmission.
- HPR products provide a highly reflective exterior, low interior reflectance, and superior solar control.
- Increasing Heat Mirror unit thickness from 1" to 1-1/2" dramatically improves thermal and acoustic performance, often at no incremental cost.

COMMERCIAL INSULATING GLASS PERFORMANCE DATA Heat Mirror® Insulating Glass

Product/Glass Type	Glass Thickness		Transmittance		Reflectance			Winter Nighttime U-Value				Shading Coefficient	Solar Heat Gain Coefficient	Relative Heat Gain		Ultraviolet Transmittance
			Daylight	Solar	Daylight	Solar	by Insulating Glass Thickness				Blu s/HPFt			W/M		
	IP*	SI*	Total %	Total %	Ext. %	Int. %	Ext. %	1" IP	25.4 mm SI	1 1/2" IP	37.5 mm SI			IP	SI	
Outside Lite Clear¹ Glass																
Clear Double Insulating Glass	1/4"	6	79	61	15	15	12	0.48	2.74	0.49	2.79	0.81	0.70	169	535	50.0
HM 88/Clear ¹	1/4"	6	70	42	19	19	23	0.32	1.81	0.23	1.31	0.62	0.53	128	405	<0.5
HM TC88/Clear ¹	1/4"	6	63	34	14	15	23	0.27	1.55	0.18	1.01	0.55	0.47	114	359	<0.5
HM 77/Clear ¹	1/4"	6	63	33	23	25	32	0.31	1.77	0.22	1.26	0.49	0.42	103	326	<0.5
HM SC75/Clear ¹	1/4"	6	61	27	23	21	34	0.30	1.73	0.21	1.19	0.41	0.35	87	274	<0.5
HM 66/Clear ¹	1/4"	6	53	26	33	34	40	0.31	1.74	0.22	1.22	0.39	0.33	83	261	<0.5
HM 55/Clear ¹	1/4"	6	46	21	40	42	45	0.31	1.74	0.21	1.21	0.33	0.29	71	225	<0.5
HM 44/Clear ¹	1/4"	6	37	17	49	51	50	0.31	1.73	0.21	1.21	0.27	0.24	60	188	<0.5
HPR 38/Clear ¹	1/4"	6	32	17	43	19	42	0.31	1.77	0.22	1.26	0.33	0.28	71	225	<0.5
HPR 28/Clear ¹	1/4"	6	24	13	53	19	48	0.31	1.77	0.22	1.25	0.26	0.23	58	182	<0.5
HPR 18/Clear ¹	1/4"	6	15	8	63	18	54	0.31	1.76	0.22	1.24	0.20	0.17	45	142	<0.5
Outside Lite Green¹ Glass																
Green Double Insulating Glass	1/4"	6	69	39	13	15	8	0.48	2.74	0.49	2.79	0.56	0.49	121	381	25.0
HM 88/Green ¹	1/4"	6	61	29	15	18	11	0.32	1.81	0.23	1.31	0.44	0.38	93	295	<0.5
HM TC88/Green ¹	1/4"	6	55	24	12	14	10	0.27	1.55	0.18	1.01	0.40	0.35	85	267	<0.5
HM 77/Green ¹	1/4"	6	55	24	18	24	14	0.31	1.77	0.22	1.26	0.38	0.33	81	254	<0.5
HM SC75/Green ¹	1/4"	6	53	21	18	20	14	0.30	1.73	0.21	1.19	0.34	0.29	73	232	<0.5
Outside Lite Blue¹ Glass																
Blue Double Insulating Glass	1/4"	6	64	29	12	14	7	0.48	2.74	0.49	2.79	0.46	0.40	100	316	24.0
HM 88/Blue ¹	1/4"	6	56	23	14	18	9	0.32	1.81	0.23	1.31	0.37	0.32	79	249	<0.5
HM TC88/Blue ¹	1/4"	6	51	20	11	14	8	0.27	1.55	0.18	1.01	0.34	0.29	73	229	<0.5 ¹
HM 77/Blue ¹	1/4"	6	51	20	17	24	10	0.31	1.77	0.22	1.26	0.33	0.28	71	224	<0.5
HM SC75/Blue ¹	1/4"	6	49	19	17	20	10	0.30	1.73	0.21	1.19	0.31	0.27	67	212	<0.5
Outside Lite Bronze¹ Glass																
Bronze Double Insulating Glass	1/4"	6	48	39	9	13	8	0.48	2.74	0.49	2.79	0.58	0.50	124	392	21.0
HM 88/Bronze ¹	1/4"	6	42	27	10	18	13	0.32	1.81	0.23	1.31	0.43	0.37	91	288	<0.5
HM TC88/Bronze ¹	1/4"	6	38	21	8	13	13	0.27	1.55	0.18	1.01	0.38	0.33	80	253	<0.5
HM 77/Bronze ¹	1/4"	6	38	20	11	23	17	0.31	1.77	0.22	1.26	0.35	0.30	75	236	<0.5
HM SC75/Bronze ¹	1/4"	6	36	17	11	20	18	0.30	1.73	0.21	1.19	0.30	0.25	64	203	<0.5
Outside Lite Gray¹ Glass																
Gray Double Insulating Glass	1/4"	6	40	33	7	13	7	0.48	2.74	0.49	2.79	0.52	0.45	112	352	20.0
HM 88/Gray ¹	1/4"	6	35	23	8	17	11	0.32	1.81	0.23	1.31	0.38	0.33	82	257	<0.5
HM TC88/Gray ¹	1/4"	6	32	18	7	13	11	0.27	1.55	0.18	1.01	0.34	0.29	72	226	<0.5
HM 77/Gray ¹	1/4"	6	32	17	9	23	14	0.31	1.77	0.22	1.26	0.31	0.27	68	214	<0.5
HM SC75/Gray ¹	1/4"	6	30	14	9	20	14	0.30	1.73	0.21	1.19	0.27	0.23	59	186	<0.5

*IP = Imperial Unit (English). SI = System International (Metric).
¹ Data used for Clear, Green, Blue, Bronze, and Gray is that for PPG Industries' Clear, Solex®, Azurlite®, Solarbronze®, and Solargray®.
 For performance information for Heat Mirror 22 contact Southwall's Product Services Department at 1-800-365-8794.
 All data calculated using spectral data from Lawrence Berkeley Laboratories Window 4.1 analysis program.

For performance values of Heat Mirror units made with tinted glass, incorporating gas filling, and/or low-e glass, producing very high performance U-values and enhanced solar shading performance go to Southwall's website: www.southwall.com

HEAT MIRROR®

Residential Applications



RESIDENTIAL INSULATING GLASS PERFORMANCE DATA

Heat Mirror® Insulating Glass

Product/Glass Type	Glass Thickness		Transmittance		Reflectance			Winter/Nighttime U-Value by Insulating Glass Thickness				Shading Coefficient	Solar Heat Gain Coefficient	Relative Heat Gain		Ultraviolet Transmittance %
			Daylight	Solar	Daylight	Solar	1" [25.4 mm]		1 1/2" [37.5 mm]		Btu s/HpFft			W/M		
	IP*	SI*	%	%	%	%	%	IP	SI	IP	SI			IP	SI	
Outside Lite Clear ¹ Glass	Air Filled Units															
Clear Double Insulating Glass	1/8"	3	81	69	16	16	13	0.49	2.80	0.50	2.83	0.88	0.75	182	576	58.0
HM 88/Clear	1/8"	3	72	47	19	19	26	0.26	1.49	0.23	1.32	0.66	0.57	136	430	<0.5
HM TC88/Clear	1/8"	3	65	38	14	15	27	0.21	1.20	0.18	1.02	0.58	0.50	119	376	<0.5
HM 77/Clear	1/8"	3	65	36	24	25	38	0.25	1.44	0.22	1.27	0.52	0.45	108	340	<0.5
HM SC75/Clear	1/8"	3	62	29	23	21	40	0.24	1.38	0.21	1.20	0.41	0.36	87	273	<0.5
HM 66/Clear	1/8"	3	55	28	33	35	47	0.25	1.40	0.22	1.23	0.41	0.35	85	268	<0.5
HM 55/Clear	1/8"	3	47	23	41	43	52	0.24	1.39	0.21	1.22	0.35	0.30	73	230	<0.5
HM 44/Clear	1/8"	3	39	18	50	53	58	0.24	1.38	0.21	1.22	0.28	0.24	60	189	<0.5
HM 22/Clear	1/8"	3	20	9	70	71	68	0.24	1.37	0.21	1.20	0.16	0.14	35	112	<0.5

*IP = Imperial Unit (English). SI = System International (Metric).

¹ Data used for Clear is that for PPG Industries' Clear.

All data calculated using spectral data from Lawrence Berkeley Laboratories Window 4.1 analysis program.

For performance information of Heat Mirror units made with tinted glass, incorporating gas filling, and/or low-e glass, producing U-values as low as 0.08 go to Southwall's website: www.southwall.com

XIR® Laminated 72-41

08810/SOU
BuyLine 5191

Product/Glass Type	Unit Thickness (nominal)		Transmittance		Reflectance			Winter/Nighttime		Shading Coefficient	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	Relative Heat Gain		Ultraviolet Transmittance %
			Daylight	Solar	Daylight		Solar	U-Value	K-Value			Btu s/HpFt	W/m ²	
	IP*	SI*	Total %	Total %	Ext. %	Int. %	Ext. %	IP	SI			IP	SI	
XIR Laminated Monolithic 72-41														
Clear Low-iron ³	1/4"	6	74	34	9	9	39	1.07	6.05	0.48	0.41	111	349	0.03
Clear Low-iron	1/2"	13	74	34	8	9	38	1.01	5.74	0.48	0.41	109	344	0.03
Clear ³	1/4"	6	72	32	8	8	34	1.07	6.05	0.48	0.41	110	346	0.02
Clear	1/2"	13	70	30	9	9	29	1.01	5.74	0.47	0.41	109	342	0.02
Pyrolytic Low-e Clear ³	1/4"	6	66	29	10	11	33	0.75	4.24	0.41	0.35	92	290	0.02
Pyrolytic Low-e Clear	1/2"	13	62	27	9	12	29	0.72	4.09	0.40	0.34	89	282	0.02
Amiran Low-reflect, Clear Low-iron	1/2"	13	79	36	3	3	37	1.00	5.68	0.49	0.42	112	353	0.00
Amiran Low-reflect Clear	1/2"	13	72	31	3	3	31	1.00	5.70	0.47	0.41	108	342	0.00
XIR® Laminated IG with XIR 72-41 1/4" used as the outside lite, 1/2" airspace, and 1/4" monolithic clear lite inside.														
Clear ³	1"	25	64	27	13	15	36	0.48	2.72	0.39	0.33	85	269	0.00
Clear Low-iron ³	1"	25	68	32	13	16	41	0.48	2.72	0.41	0.36	90	284	0.02
Pyrolytic Low-e Clear ⁴	1"	25	59	25	14	17	35	0.35	1.97	0.35	0.30	75	235	0.02
Clear with Soft-coat Low-e (#3) ⁷	1"	25	56	22	11	12	36	0.29	1.66	0.35	0.30	74	234	0.00
Reference Glass Units: Clear laminated glass without XIR														
Clear monolithic laminated	1/4"	6	89	76	8	8	7	1.07	6.10	0.93	0.80	201	634	<1.0
Clear monolithic laminated	1/2"	13	83	58	7	7	6	1.01	5.75	0.78	0.67	170	537	<1.0
Clear insulating laminated	1"	25	79	60	15	15	12	0.48	2.73	0.80	0.69	167	528	<1.0

XIR® Laminated 72-47

Product/Glass Type	Unit Thickness (nominal)		Transmittance		Reflectance			Winter/Nighttime		Shading Coefficient	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	Relative Heat Gain		Ultraviolet Transmittance %
			Daylight	Solar	Daylight		Solar	U-Value	K-Value			Btu s/HpFt	W/m ²	
	IP*	SI*	Total %	Total %	Ext. %	Int. %	Ext. %	IP	SI			IP	SI	
XIR Laminated Monolithic 72-47														
Clear Low-iron ³	1/4"	6	75	41	8	8	29	1.07	6.05	0.57	0.49	129	407	0.02
Clear Low-iron	1/2"	13	75	40	8	8	27	1.01	5.74	0.56	0.48	126	399	0.02
Clear ³	1/4"	6	72	37	8	8	24	1.07	6.05	0.55	0.47	125	394	0.02
Clear	1/2"	13	68	33	8	8	33	1.01	5.74	0.53	0.45	119	377	0.02
Pyrolytic Low-e Clear ³	1/4"	6	68	34	9	10	25	0.75	4.24	0.48	0.41	106	333	0.02
Pyrolytic Low-e Clear	1/2"	13	65	32	9	10	20	0.69	3.90	0.46	0.40	102	322	0.02
Amiran Low-reflect, Clear Low-iron	1/2"	13	80	44	3	3	25	1.00	5.69	0.60	0.52	134	423	0.00
Amiran Low-reflect Clear	1/2"	13	73	37	3	3	21	1.00	5.70	0.56	0.48	125	395	0.00
XIR® Laminated IG with XIR 72-47 1/4" used as the outside lite, 1/2" airspace, and 1/4" monolithic clear lite inside.														
Clear ³	1"	25	64	31	13	15	26	0.48	2.72	0.45	0.38	97	306	0.00
Clear Low-iron ³	1"	25	69	38	13	15	31	0.48	2.72	0.49	0.42	160	334	0.02
Pyrolytic Low-e Clear ⁴	1"	25	60	29	14	17	26	0.35	1.97	0.40	0.35	86	271	0.02
Clear with Soft-coat Low-e (#3) ⁷	1"	25	56	24	11	11	26	0.29	1.66	0.38	0.33	81	256	0.01
Reference Glass Units: Clear laminated glass without XIR														
Clear monolithic laminated	1/4"	6	89	76	8	8	7	1.07	6.10	0.93	0.80	201	634	<1.0
Clear monolithic laminated	1/2"	13	83	58	7	7	6	1.01	5.75	0.78	0.67	170	537	<1.0
Clear insulating laminated	1"	25	79	60	15	15	12	0.48	2.73	0.80	0.69	167	528	<1.0

*IP = Imperial Unit (English). SI = System International (Metric).

¹ Based on E. I. duPont de Nemours and Company data for 1/4" laminated with .030 PVB inner layer.

² Based upon Solutia Saflex® data for a nominal 1/2" clear laminated with .76 PVB inner layer.

³ Glass spectral data used for Clear Low-iron, Clear is that for PPG Industries Clear.

⁴ Glass spectral data used for Clear Low-e is that for Libbey Owens Ford Energy Advantage® Low-e.

⁶ Glass spectral data used for Low-reflectance Low-iron and Low-reflectance Clear is that for Schott Corporation, Amiran®.

⁷ Glass spectral data used for "Clear with Soft-coat Low-e" is that for PPG Solarban 60.

All performance information is calculated using Lawrence Berkeley Laboratories Window 4.1 analysis program with spectral data.

Saflex® is a registered trademark of Solutia. Energy Advantage® is a registered trademark of Libbey Owens Ford. Amiran® is a registered trademark of Schott Corporation. XIR® is a registered trademark of Southwall Technologies, 3975 East Bayshore Road, Palo Alto, CA 94303, (650) 962-9111. (800) 365-8794.

XIR can be used with a wide variety of tinted glass products to meet design requirements and improve performance. For additional information go to Southwall's website: www.southwall.com

cooler. clearer. smarter.
High Performance Solutions from Southwall Technologies.

Right: Masscentrum Fair Centre
Location: Helsinki, Finland
Product: Heat Mirror™ Twin-Coated 88 with Clear Glass



Below: Catfish Town
Location: Baton Rouge, Louisiana
Architect: Robert M. Coleman & partners
Product: XIR® Sea Foam Clear



Above: Florida Aquarium
Location: Tampa, Florida
Architect: HOK, Inc. Tampa, Florida
Product: XIR™ Sea Foam Clear



Above: Chek Lap Kok Airport Control Tower Complex
Location: Hong Kong, China
Architect: Sir Norman Foster and Partners, England, UK
Product: XIR™ Sea Foam Clear and Sierra Green



Left: Northwest Federal Credit Union
Location: Seattle, Washington
Architect: The Miller Hull Partnership, Seattle, Washington
Product: Heat Mirror™ 88 with Clear Glass

SOUTHWALL

Locations

NORTH AMERICA / Corporate

3975 East Bayshore Road
Palo Alto, CA 94303

Within the United States:

1 800 365 8794

Outside the United States:

Tel: 650 962 9111

Fax: 650 967 0182

E-mail: ArchSales@southwall.com

ASIA PACIFIC

Tel: 1 612 9327 1408

E-mail: Archsales@southwall.com



EUROPE/MIDDLE EAST

Rue Emile Montois, 2
B-1460 Litre, Belgium

Tel: 1 3267 649955

Fax: 1 3267 649879

E-mail: ArchSales@southwall.com



Heat Mirror, Superglass, XUV, XIR, Southwall, and the Southwall and its products' logos are registered trademarks of Southwall Technologies Inc. All other trademarks are the property of their respective companies.

U.S. Pat. Nos. 4,337,990; 4,721,34; 4,335,166; 4,853,264; 5,071,206; 4,799,745 and 5,306,547. © 2004 Southwall Technologies Inc. www.southwall.com

Heat Mirror® Insulating Glass Performance Table - SC 75 - 1/8" Glass

Product	Glass		Glass Thickness		Outside Dimension	U-Factor Performance		Solar Gain Performance			Visible Performance			Tuv
	Configuration	Gas Fill	IP	SI		IP Units	SI Units	SC	SHGC	Tsol	Tvis	Rvis Ext.	Rvis Int.	
HM SC75	Clear/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.24	1.37	0.42	0.36	0.30	0.63	0.23	0.21	0.011
HM SC75	Clear/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.21	1.20	0.41	0.36	0.30	0.63	0.23	0.21	0.011
HM SC75	Clear/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.20	1.12	0.41	0.35	0.30	0.63	0.23	0.21	0.011
HM SC75	Clear/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.18	1.00	0.40	0.35	0.30	0.63	0.23	0.21	0.011
HM SC75	Clear/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.40	0.35	0.30	0.63	0.23	0.21	0.011
HM SC75	Clear/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.16	0.92	0.40	0.35	0.30	0.63	0.23	0.21	0.011
HM SC75	LowE/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.19	1.09	0.33	0.29	0.23	0.54	0.16	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.16	0.91	0.33	0.29	0.23	0.54	0.16	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.15	0.83	0.33	0.29	0.23	0.54	0.16	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.12	0.71	0.33	0.29	0.23	0.54	0.16	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.33	0.29	0.23	0.54	0.16	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.11	0.62	0.33	0.29	0.23	0.54	0.16	0.19	0.006
HM SC75	Aqua/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.24	1.37	0.34	0.29	0.22	0.54	0.18	0.21	0.009
HM SC75	Aqua/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.21	1.20	0.33	0.28	0.22	0.54	0.18	0.21	0.009
HM SC75	Aqua/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.20	1.12	0.33	0.28	0.22	0.54	0.18	0.21	0.009
HM SC75	Aqua/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.18	1.00	0.32	0.28	0.22	0.54	0.18	0.21	0.009
HM SC75	Aqua/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.31	0.27	0.22	0.54	0.18	0.21	0.009
HM SC75	Aqua/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.16	0.92	0.31	0.27	0.22	0.54	0.18	0.21	0.009
HM SC75	Aqua/LowE	Air	1/8in.	3mm	1in	0.19	1.09	0.34	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.005
HM SC75	Aqua/LowE	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.16	0.91	0.33	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.005
HM SC75	Aqua/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.15	0.83	0.33	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.005
HM SC75	Aqua/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.32	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.005
HM SC75	Aqua/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.33	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.005
HM SC75	Aqua/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.11	0.61	0.32	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.005
HM SC75	Bronze/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.24	1.37	0.34	0.29	0.22	0.46	0.15	0.21	0.007
HM SC75	Bronze/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.21	1.20	0.33	0.29	0.22	0.46	0.15	0.21	0.007
HM SC75	Bronze/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.20	1.12	0.33	0.29	0.22	0.46	0.15	0.21	0.007
HM SC75	Bronze/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.18	1.00	0.32	0.28	0.22	0.46	0.15	0.21	0.007
HM SC75	Bronze/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.32	0.28	0.22	0.46	0.15	0.21	0.007
HM SC75	Bronze/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.16	0.92	0.32	0.28	0.22	0.46	0.15	0.21	0.007

All performance data is calculated using Window 5.2, developed by Lawrence Berkeley Laboratories, with funding from the U.S. Dept. of Energy, copyright, Regents of the University of California, California. All simulations run utilizing standard NFRC environmental conditions.

Spectral data for clear and tinted glass is based upon PPG spectral data for clear, Solarbronze®, Solargray®, Azuria®, Solargreen® as appropriate. Low-e spectral data based upon Guardian 7138. Performance values may vary slightly for Heat Mirror units constructed with glass from different glass manufacturers. IP = Imperial unit, SI = System International (Metric)

For performance values with glass products not shown in these table, please contact the Southwall Product Services Department at 1-800-365-8794, or a Southwall Technologies authorized Heat Mirror® insulating glass fabricator. Heat Mirror® is a registered trademark of Southwall Technologies, 3788 Fabian Way, Palo Alto, CA 94303, (650) 962-9111.

Product Designations:

HM - Heat Mirror, A single film insulating glass unit, with two cavities and one suspended film: HM 88 has two cavities and one suspended HM 88 film.

88, 77, 66 - Heat Mirror film types. Numbering is based upon the percentage of light transmitted through the coated film, not the finished IGU - 88 film has ~ 88% light transmittance.

TC88 - Twin coat - TC88 film has coatings on both sides of the film. 88 refers to the type of coating on each side of the film.

SC 75 - Solar Control - SC 75 has different combinations of coating layers than other HM films. 75 refers to the light transmittance through the coated film, not the finish IGU.

SGQ - Superglass Quad - A double film insulating glass unit with three cavities and two suspended films. SGQ TC88 - has two suspended TC 88 films.

HPR - High Performance Reflective - A single film insulating glass unit with two cavities and one highly reflective Southwall film

Heat Mirror® Insulating Glass Performance Table - SC 75 - 1/8" Glass

Product	Glass Configuration	Gas Fill	Glass Thickness		Outside Dimension	U-Factor Performance		Solar Gain Performance			Visible Performance			Tuv
			IP	SI		IP Units	SI Units	SC	SHGC	Tsol	Tvis	Rvis Ext.	Rvis Int.	
HM SC75	Bronze/LowE	Air	1/8in.	3mm	1in	0.19	1.09	0.34	0.30	0.17	0.40	0.13	0.15	0.004
HM SC75	Bronze/LowE	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.16	0.91	0.34	0.29	0.17	0.40	0.13	0.15	0.004
HM SC75	Bronze/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.15	0.83	0.34	0.29	0.17	0.40	0.13	0.15	0.004
HM SC75	Bronze/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.34	0.29	0.17	0.40	0.13	0.15	0.004
HM SC75	Bronze/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.34	0.29	0.17	0.40	0.13	0.15	0.004
HM SC75	Bronze/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.11	0.61	0.33	0.29	0.17	0.40	0.13	0.15	0.004
HM SC75	Gray/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.24	1.37	0.32	0.28	0.20	0.42	0.13	0.21	0.007
HM SC75	Gray/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.21	1.20	0.31	0.27	0.20	0.42	0.13	0.21	0.007
HM SC75	Gray/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.20	1.12	0.31	0.27	0.20	0.42	0.13	0.21	0.007
HM SC75	Gray/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.18	1.00	0.30	0.26	0.20	0.42	0.13	0.21	0.007
HM SC75	Gray/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.30	0.26	0.20	0.42	0.13	0.21	0.007
HM SC75	Gray/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.16	0.92	0.30	0.26	0.20	0.42	0.13	0.21	0.007
HM SC75	Gray/LowE	Air	1/8in.	3mm	1in	0.19	1.09	0.32	0.28	0.16	0.36	0.11	0.15	0.004
HM SC75	Gray/LowE	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.16	0.91	0.32	0.27	0.16	0.36	0.11	0.15	0.004
HM SC75	Gray/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.15	0.83	0.31	0.27	0.16	0.36	0.11	0.15	0.004
HM SC75	Gray/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.31	0.27	0.16	0.36	0.11	0.15	0.004
HM SC75	Gray/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.31	0.27	0.16	0.36	0.11	0.15	0.004
HM SC75	Gray/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.11	0.61	0.31	0.27	0.16	0.36	0.11	0.15	0.004
HM SC75	Green/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.24	1.37	0.34	0.29	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.21	1.20	0.33	0.28	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.20	1.12	0.33	0.28	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.18	1.00	0.32	0.28	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.32	0.27	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.16	0.92	0.31	0.27	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/LowE	Air	1/8in.	3mm	1in	0.19	1.09	0.34	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.16	0.91	0.33	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.15	0.83	0.33	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.33	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.11	0.61	0.32	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.33	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003

All performance data is calculated using Window 5.2, developed by Lawrence Berkeley Laboratories, with funding from the U.S. Dept. of Energy, copyright, Regents of the University of California, California. All simulations run utilizing standard NFRC environmental conditions.

Spectral data for clear and tinted glass is based upon PPG spectral data for clear, Solarbronze®, Solargray®, Azuria®, Solargreen® as appropriate. Low-e spectral data based upon Guardian 7138. Performance values may vary slightly for Heat Mirror units constructed with glass from different glass manufacturers. IP = Imperial unit, SI = System International (Metric)

For performance values with glass products not shown in these table, please contact the Southwall Product Services Department at 1-800-365-8794, or a Southwall Technologies authorized Heat Mirror® insulating glass fabricator. Heat Mirror® is a registered trademark of Southwall Technologies, 3788 Fabian Way, Palo Alto, CA 94303, (650) 962-9111.

Product Designations:

HM - Heat Mirror, A single film insulating glass unit, with two cavities and one suspended film: HM 88 has two cavities and one suspended HM 88 film.

88, 77, 66 - Heat Mirror film types. Numbering is based upon the percentage of light transmitted through the coated film, not the finished IGU - 88 film has ~ 88% light transmittance.

TC88 - Twin coat - TC88 film has coatings on both sides of the film. 88 refers to the type of coating on each side of the film.

SC 75 - Solar Control - SC 75 has different combinations of coating layers than other HM films. 75 refers to the light transmittance through the coated film, not the finish IGU.

SGQ - Superglass Quad - A double film insulating glass unit with three cavities and two suspended films. SGQ TC88 - has two suspended TC 88 films.

HPR - High Performance Reflective - A single film insulating glass unit with two cavities and one highly reflective Southwall film

Heat Mirror® Insulating Glass Performance Table - SC 75 - 1/4" Glass

Product	Glass		Glass Thickness		Outside Dimension	U-Factor Performance		Solar Gain Performance			Visible Performance			Tuv
	Configuration	Gas Fill	IP	SI		IP Units	SI Units	SC	SHGC	Tsol	Tvis	Rvis Ext.	Rvis Int.	
HM SC75	Clear/Clear	Air	1/4in.	6mm	1in	0.30	1.70	0.41	0.36	0.28	0.61	0.23	0.21	0.010
HM SC75	Clear/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.24	1.39	0.41	0.35	0.28	0.61	0.23	0.21	0.010
HM SC75	Clear/Clear	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.21	1.19	0.40	0.35	0.28	0.61	0.23	0.21	0.010
HM SC75	Clear/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.18	1.03	0.40	0.34	0.28	0.61	0.23	0.21	0.010
HM SC75	Clear/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.99	0.39	0.34	0.28	0.61	0.23	0.21	0.010
HM SC75	Clear/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.39	0.34	0.28	0.61	0.23	0.21	0.010
HM SC75	LowE/Clear	Air	1/4in.	6mm	1in	0.25	1.44	0.34	0.29	0.22	0.53	0.15	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.20	1.11	0.33	0.29	0.22	0.53	0.15	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.16	0.90	0.33	0.28	0.22	0.53	0.15	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.13	0.74	0.32	0.28	0.22	0.53	0.15	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.32	0.28	0.22	0.53	0.15	0.19	0.006
HM SC75	LowE/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.33	0.28	0.22	0.53	0.15	0.19	0.006
HM SC75	Bronze/Clear	Air	1/4in.	6mm	1in	0.30	1.70	0.31	0.26	0.17	0.36	0.11	0.20	0.005
HM SC75	Bronze/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.24	1.39	0.29	0.25	0.17	0.36	0.11	0.20	0.005
HM SC75	Bronze/Clear	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.21	1.19	0.28	0.24	0.17	0.36	0.11	0.20	0.005
HM SC75	Bronze/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.18	1.03	0.28	0.24	0.17	0.36	0.11	0.20	0.005
HM SC75	Bronze/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.99	0.27	0.24	0.17	0.36	0.11	0.20	0.005
HM SC75	Bronze/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.27	0.23	0.17	0.36	0.11	0.20	0.005
HM SC75	Green/Clear	Air	1/8in.	3mm	1in	0.24	1.37	0.34	0.29	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.21	1.20	0.33	0.28	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.20	1.12	0.33	0.28	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.18	1.00	0.32	0.28	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.32	0.27	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/Clear	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.16	0.92	0.31	0.27	0.22	0.53	0.18	0.21	0.006
HM SC75	Green/LowE	Air	1/8in.	3mm	1in	0.19	1.09	0.34	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Air	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.16	0.91	0.33	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1in	0.15	0.83	0.33	0.29	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Argon	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.33	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1in	0.11	0.61	0.32	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003
HM SC75	Green/LowE	Krypton	1/8in.	3mm	1-1/2in	0.11	0.64	0.33	0.28	0.18	0.46	0.15	0.15	0.003

All performance data is calculated using Window 5.2, developed by Lawrence Berkeley Laboratories, with funding from the U.S. Dept. of Energy, copyright, Regents of the University of California, California. All simulations run utilizing standard NFRC environmental conditions.

Spectral data for clear and tinted glass is based upon PPG spectral data for clear, Solarbronze®, Solargray®, Azuria®, Solargreen® as appropriate. Low-e spectral data based upon Guardian 7138. Performance values may vary slightly for Heat Mirror units constructed with glass from different glass manufacturers. IP = Imperial unit, SI = System International (Metric)

For performance values with glass products not shown in these table, please contact the Southwall Product Services Department at 1-800-365-8794, or a Southwall Technologies authorized Heat Mirror® insulating glass fabricator. Heat Mirror® is a registered trademark of Southwall Technologies, 3788 Fabian Way, Palo Alto, CA 94303, (650) 962-9111.

Product Designations:

HM - Heat Mirror, A single film insulating glass unit, with two cavities and one suspended film: HM 88 has two cavities and one suspended HM 88 film.

88, 77, 66 - Heat Mirror film types. Numbering is based upon the percentage of light transmitted through the coated film, not the finished IGU - 88 film has ~ 88% light transmittance.

TC88 - Twin coat - TC88 film has coatings on both sides of the film. 88 refers to the type of coating on each side of the film.

SC 75 - Solar Control - SC 75 has different combinations of coating layers than other HM films. 75 refers to the light transmittance through the coated film, not the finish IGU.

SGQ - Superglass Quad - A double film insulating glass unit with three cavities and two suspended films. SGQ TC88 - has two suspended TC 88 films.

HPR - High Performance Reflective - A single film insulating glass unit with two cavities and one highly reflective Southwall film

Heat Mirror® Insulating Glass Performance Table - SC 75 - 1/4" Glass

Product	Glass Configuration	Gas Fill	Glass Thickness		Outside Dimension	U-Factor Performance		Solar Gain Performance			Visible Performance			Tuv
			IP	SI		IP Units	SI Units	SC	SHGC	Tsol	Tvis	Rvis Ext.	Rvis Int.	
HM SC75	Bronze/LowE	Air	1/4in.	6mm	1in	0.25	1.44	0.30	0.26	0.13	0.31	0.10	0.15	0.003
HM SC75	Bronze/LowE	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.20	1.11	0.29	0.25	0.13	0.31	0.10	0.15	0.003
HM SC75	Bronze/LowE	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.16	0.90	0.28	0.24	0.13	0.31	0.10	0.15	0.003
HM SC75	Bronze/LowE	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.13	0.74	0.28	0.24	0.13	0.31	0.10	0.15	0.003
HM SC75	Bronze/LowE	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.28	0.24	0.13	0.31	0.10	0.15	0.003
HM SC75	Bronze/LowE	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.11	0.63	0.28	0.24	0.13	0.31	0.10	0.15	0.003
HM SC75	Gray/Clear	Air	1/4in.	6mm	1in	0.30	1.70	0.28	0.24	0.15	0.30	0.09	0.20	0.005
HM SC75	Gray/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.24	1.39	0.27	0.23	0.15	0.30	0.09	0.20	0.005
HM SC75	Gray/Clear	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.21	1.19	0.26	0.22	0.15	0.30	0.09	0.20	0.005
HM SC75	Gray/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.18	1.03	0.25	0.21	0.15	0.30	0.09	0.20	0.005
HM SC75	Gray/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.99	0.24	0.21	0.15	0.30	0.09	0.20	0.005
HM SC75	Gray/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.24	0.21	0.15	0.30	0.09	0.20	0.005
HM SC75	Gray/LowE	Air	1/4in.	6mm	1in	0.25	1.44	0.27	0.23	0.12	0.26	0.08	0.15	0.003
HM SC75	Gray/LowE	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.20	1.11	0.26	0.22	0.12	0.26	0.08	0.15	0.003
HM SC75	Gray/LowE	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.16	0.90	0.25	0.22	0.12	0.26	0.08	0.15	0.003
HM SC75	Gray/LowE	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.13	0.74	0.25	0.21	0.12	0.26	0.08	0.15	0.003
HM SC75	Gray/LowE	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.24	0.21	0.12	0.26	0.08	0.15	0.003
HM SC75	Gray/LowE	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.11	0.63	0.24	0.21	0.12	0.26	0.08	0.15	0.003
HM SC75	Green/Clear	Air	1/4in.	6mm	1in	0.30	1.70	0.31	0.26	0.17	0.46	0.15	0.20	0.003
HM SC75	Green/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.24	1.39	0.29	0.25	0.17	0.46	0.15	0.20	0.003
HM SC75	Green/Clear	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.21	1.19	0.28	0.24	0.17	0.46	0.15	0.20	0.003
HM SC75	Green/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.18	1.03	0.27	0.24	0.17	0.46	0.15	0.20	0.003
HM SC75	Green/Clear	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.99	0.27	0.23	0.17	0.46	0.15	0.20	0.003
HM SC75	Green/Clear	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.17	0.94	0.27	0.23	0.17	0.46	0.15	0.20	0.003
HM SC75	Green/LowE	Air	1/4in.	6mm	1in	0.25	1.44	0.30	0.26	0.14	0.40	0.13	0.15	0.002
HM SC75	Green/LowE	Argon	1/4in.	6mm	1in	0.20	1.11	0.28	0.25	0.14	0.40	0.13	0.15	0.002
HM SC75	Green/LowE	Air	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.16	0.90	0.28	0.24	0.14	0.40	0.13	0.15	0.002
HM SC75	Green/LowE	Krypton	1/4in.	6mm	1in	0.13	0.74	0.27	0.24	0.14	0.40	0.13	0.15	0.002
HM SC75	Green/LowE	Argon	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.12	0.70	0.27	0.23	0.14	0.40	0.13	0.15	0.002
HM SC75	Green/LowE	Krypton	1/4in.	6mm	1-1/2in	0.11	0.63	0.27	0.23	0.14	0.40	0.13	0.15	0.002

All performance data is calculated using Window 5.2, developed by Lawrence Berkeley Laboratories, with funding from the U.S. Dept. of Energy, copyright, Regents of the University of California, California. All simulations run utilizing standard NFRC environmental conditions.

Spectral data for clear and tinted glass is based upon PPG spectral data for clear, Solarbronze®, Solargray®, Azuria®, Solargreen® as appropriate. Low-e spectral data based upon Guardian 7138. Performance values may vary slightly for Heat Mirror units constructed with glass from different glass manufacturers. IP = Imperial unit, SI = System International (Metric)

For performance values with glass products not shown in these table, please contact the Southwall Product Services Department at 1-800-365-8794, or a Southwall Technologies authorized Heat Mirror® insulating glass fabricator. Heat Mirror® is a registered trademark of Southwall Technologies, 3788 Fabian Way, Palo Alto, CA 94303, (650) 962-9111.

Product Designations:

HM - Heat Mirror, A single film insulating glass unit, with two cavities and one suspended film: HM 88 has two cavities and one suspended HM 88 film.

88, 77, 66 - Heat Mirror film types. Numbering is based upon the percentage of light transmitted through the coated film, not the finished IGU - 88 film has ~ 88% light transmittance.

TC88 - Twin coat - TC88 film has coatings on both sides of the film. 88 refers to the type of coating on each side of the film.

SC 75 - Solar Control - SC 75 has different combinations of coating layers than other HM films. 75 refers to the light transmittance through the coated film, not the finish IGU.

SGQ - Superglass Quad - A double film insulating glass unit with three cavities and two suspended films. SGQ TC88 - has two suspended TC 88 films.

HPR - High Performance Reflective - A single film insulating glass unit with two cavities and one highly reflective Southwall film

Comportamiento Térmico y Óptico
Thermal and Optical Performance

DUOVENT CON ESPACIO DE AIRE DE 12 mm. / Duovent (I.G. Units) Air Space 12 mm.

CRISTAL Glass	ESPESOR NOMINAL Nominal thickness	TRANSMISION Transmittance		REFLEXION Reflection		(*) COEFICIENTE DE SOMBREADO Shading Coefficient	(**) VALOR "U" "U" Value				COEFICIENTE DE GANANCIA DE CALOR SOLAR Solar Heat Gain Coefficient
		LUZ Light	CALOR Heat	LUZ Light	CALOR Heat		METRICO % W/m ² °C		INGLES % BTU/hr.ft ² °F		
		%	%	%	%		Verano Summer	Invierno Winter	Verano Summer	Invierno Winter	
CLARO-CLARO	25	60	55	14	12	0.65	3.10	2.73	0.55	0.48	0.73
FILTRASOL-CLARO	25	38	38	7	7	0.57	3.22	2.73	0.57	0.48	0.49
VITROSOL-CLARO	25	45	39	7	7	0.57	3.21	2.73	0.57	0.48	0.49
CRISTAZUL-CLARO	25	49	37	8	6	0.55	3.22	2.73	0.57	0.48	0.47
TINTEX-CLARO	25	69	40	12	8	0.58	3.21	2.73	0.57	0.48	0.50
TINTEX PLUS-CLARO	25	60	29	11	7	0.47	3.25	2.73	0.57	0.48	0.40
AP CLARO-CLARO	25	8	6	34	34	0.15	2.50	2.19	0.44	0.39	0.13
AP FILTRASOL-CLARO	25	4	3	12	13	0.15	2.58	2.19	0.45	0.39	0.13
AP VITROSOL-CLARO	25	5	3	15	14	0.15	2.58	2.19	0.45	0.39	0.13
AP CRISTAZUL-CLARO	25	6	3	17	13	0.15	2.58	2.19	0.45	0.39	0.13
AP TINTEX-CLARO	25	7	3	29	17	0.15	2.57	2.19	0.45	0.39	0.13
AP TINTEX PLUS-CLARO	25	6	3	24	13	0.14	2.59	2.19	0.45	0.39	0.12
AB CLARO-CLARO	25	11	8	23	23	0.19	2.63	2.26	0.46	0.40	0.16
AB FILTRASOL-CLARO	25	6	4	8	10	0.17	2.69	2.26	0.47	0.40	0.15
AB VITROSOL-CLARO	25	6	5	10	12	0.18	2.68	2.26	0.47	0.40	0.15
AB CRISTAZUL-CLARO	25	6	4	12	11	0.17	2.68	2.26	0.47	0.40	0.14
AB TINTEX-CLARO	25	10	5	17	11	0.18	2.68	2.26	0.47	0.40	0.16
AB TINTEX PLUS-CLARO	25	7	3	15	9	0.16	2.69	2.26	0.47	0.40	0.14
AG CLARO-CLARO	25	12	9	27	22	0.21	2.63	2.26	0.46	0.40	0.16
AG FILTRASOL-CLARO	25	6	6	11	11	0.19	2.68	2.26	0.47	0.40	0.16
AG VITROSOL-CLARO	25	7	6	13	11	0.19	2.68	2.26	0.47	0.40	0.16
AG CRISTAZUL-CLARO	25	7	6	15	12	0.19	2.68	2.26	0.47	0.40	0.16
AG TINTEX-CLARO	25	12	7	24	14	0.19	2.67	2.26	0.47	0.40	0.15
AG TINTEX PLUS-CLARO	25	9	4	20	11	0.17	2.68	2.26	0.47	0.40	0.15
TG CLARO-CLARO	25	20	13	20	20	0.26	2.80	2.39	0.49	0.42	0.23
TG FILTRASOL-CLARO	25	10	8	8	10	0.22	2.85	2.39	0.50	0.42	0.19
TG VITROSOL-CLARO	25	12	8	10	10	0.22	2.85	2.39	0.50	0.42	0.19
TG CRISTAZUL-CLARO	25	13	8	11	10	0.21	2.85	2.39	0.50	0.42	0.18
TG TINTEX-CLARO	25	19	9	17	11	0.23	2.85	2.39	0.50	0.42	0.20
TG TINTEX PLUS-CLARO	25	16	7	14	9	0.21	2.86	2.39	0.50	0.42	0.18
TC CLARO-CLARO	25	28	20	16	15	0.35	2.95	2.50	0.52	0.44	0.3
TC FILTRASOL-CLARO	25	14	11	7	8	0.26	3.01	2.50	0.53	0.44	0.22
TC VITROSOL-CLARO	25	16	12	8	8	0.27	3.01	2.50	0.53	0.44	0.23
TC CRISTAZUL-CLARO	25	17	11	8	7	0.26	3.01	2.50	0.53	0.44	0.22
TC TINTEX-CLARO	25	24	12	8	8	0.28	3.01	2.50	0.53	0.44	0.24
TC TINTEX PLUS-CLARO	25	22	9	12	8	0.24	3.01	2.50	0.53	0.44	0.21
PYROPLATA CLARO-CLARO	25	25	33	51	37	0.45	3.10	2.73	0.55	0.48	0.39
PYROPLATA FILTRASOL-CLARO	25	15	20	25	14	0.37	3.24	2.73	0.57	0.48	0.32
PYROPLATA VITROSOL-CLARO	25	19	23	20	15	0.39	3.23	2.73	0.57	0.48	0.34
PYROPLATA CRISTAZUL-CLARO	25	19	20	22	14	0.36	3.24	2.73	0.57	0.48	0.31
PYROPLATA TINTEX-CLARO	25	26	20	32	16	0.36	3.23	2.73	0.57	0.48	0.30
PYROPLATA TINTEX PLUS-CLARO	25	21	13	26	13	0.28	3.27	2.73	0.58	0.48	0.24

* Coeficiente sombreado:

Relación que existe entre el calor de la radiación solar que se gana a través de un cristal específico en comparación al calor de la radiación solar que se gana a través de un cristal claro de 4 mm bajo idénticas condiciones

* Shading coefficient:

Is the ratio of the total amount of solar energy that passes through a glass relative to 1/8 in. (3.0 mm) thick clear glass under the same design conditions. It includes both solar energy transmitted directly plus any absorbed solar energy re-radiated and convected. Lower shading coefficient values indicate better performance in reducing summer heat gain. Shading coefficients at outdoor air temperature of 89° F (32°), outdoor air velocity of 7.5 mph (3.4 m/s), indoor air temperature of 75° F (24° C), indoor air velocity of 0 mph (0 m/s) and solar intensity of 248 BTU/hour/square foot (783 w/m2).

** Valor de U:

Cantidad de calor transferido por conducción proporcional al diferencial de temperatura entre ambas superficies del cristal. Expresado en W/m²C. Propiedad térmica del material.

** U Value:

Measure of thermal transmittance by conduction proportionally to the temperature differential between both glass surfaces. Expressed in w/m² °C. Thermal properties of the material.