



Análisis sobre el potencial de ahorro, viabilidad técnica y económica de medidas técnicas, proyecto piloto con el Programa Ahorro Sistemático Integral (ASI) del Fideicomiso No. 728 FIPATERM

Programa de Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Existente de Interés Social
DKTI Vivienda / GIZ



El Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda en el valle de Mexicali FIPATERM (Fideicomiso 728) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la Cooperación Técnica Alemana en México (GIZ México), por encargo del Gobierno Alemán, se realizó por el módulo Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Existente de Interés Social (DKTI Vivienda). Este módulo forma parte del Programa "Energía Sostenible en México" comisionado por el "Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung" y ejecutado por la GIZ, KfW y PTB. El módulo DKTI Vivienda es ejecutado por la GIZ. GOPA Infra, por encargo de la GIZ México, brindó la asistencia técnica en la conceptualización y ejecución del proyecto piloto. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión del Fideicomiso 728, BMZ, GIZ, KfW y/o del PTB. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Instituciones editoras: FIPATERM / GIZ México / GOPA Infra

Análisis sobre el potencial de ahorro, viabilidad técnica y económica de soluciones técnicas seleccionadas, con base en las medidas técnicas implementadas en el proyecto piloto con el Programa Ahorro Sistemático Integral (ASI) del Fideicomiso No. 728 FIPATERM

Ciudad de México, septiembre del 2023

Edición y Supervisión: Ana Aída Castaño Meneses, Carmen Maritza Salazar Ruiz, Albert Beele, Salvador Rodríguez Kuri, Teresa Franco, Anahí Ramírez, Eugenia García Velarde, Micheel Wassouf

Autores: Albert Beele, Anahí Ramírez

Colaboradores consultores: Micheel Wassouf

Diseño de portada y diseño editorial: Bárbara Guerrero y Alejandro Mejía

Referencias a URL:

Los contenidos de las páginas externas a las que se remite en el presente documento son responsabilidad exclusiva del respectivo proveedor.

El Programa DKTI Vivienda se distancia expresamente de estos contenidos.

© GOPA Infra GmbH

Por encargo de Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



GOPA Infra GmbH

Hindenburgring 18

61348 Bad Homburg

T: +49 (0)6172 68 17-0

F: +49 (0)6172 930 100

Email: info@gopa-infra.de



Prólogo

Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda en el valle de Mexicali FIPATERM (Fideicomiso 728)

Este documento describe el proyecto realizado con la cooperación de tres entidades, el Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda en el valle de Mexicali (FIPATERM), GOPA-Infra y la Cooperación Técnica Alemana en México (GIZ México), por encargo del Gobierno Alemán, con el enfoque de combatir la pobreza energética y promover la implementación de viviendas eficientes.

Presenta las medidas de eficiencia implementadas en cada fase de la vivienda eficiente, incluyendo tecnologías de innovación que probó el FIPATERM, con los resultados se evalúan como tecnologías potenciales a financiar dentro de sus programas de financiamiento. En cada una de ellas se presenta una evaluación de su idoneidad técnica y económica en una zona climática cálida y seca.

Estos proyectos son relevantes en zonas de clima extremo y revelan las necesidades de la población, así como su interés en educarse para utilizar de la mejor forma sus equipos y poder seleccionarlos para el uso eficiente de energía, logrando mejores hábitos de consumo. La experiencia obtenida del proyecto deja clara, la importancia que se puedan ofrecer medidas de eficiencia energética conforme a las necesidades específicas y diferentes y así adecuar el proyecto a cada vivienda, asegurando que se atiendan los puntos críticos de sus espacio.

CP Ana Aída Castaño Meneses
Coordinadora General
Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda
en el valle de Mexicali FIPATERM (Fideicomiso 728)

Prólogo

Cooperación Técnica Alemana en México

En un mundo en constante cambio y con una creciente conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente, el sector de la vivienda existente y las familias en situación de pobreza energética juegan un papel crucial en la búsqueda de soluciones para abordar el desafío energético global.

Según la ENIGH, cerca del 45% de la población mexicana habita en zonas de calor extremo, soportando temperaturas de hasta 40 °C al interior de sus hogares y destinando gran parte del ingreso familiar al pago de facturas energéticas. Esto derivado, en gran parte, de la vulnerabilidad social, desinformación y ausencia de esquemas de financiamiento para el mejoramiento energético de sus viviendas.

El Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (**BMZ**), comprometido con el impulso a ciudades más saludables, sustentables y resilientes, ha comisionado a la Cooperación Técnica Alemana en México (**GIZ México**) para implementar el Programa de “Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Existente de Interés Social” (**DKTI Vivienda**), el cual busca contribuir a mitigar los efectos del cambio climático mediante el mejoramiento energético del parque habitacional construido.

Con apoyo del **DKTI Vivienda** y la asesoría técnica de **GOPA Infra**, el Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda en el valle de Mexicali (**FIPATERM**), ejecutó un proyecto piloto de rehabilitación energética que ha potenciado el alcance del Programa de Ahorro Sistemático Integral (**ASI**). Como resultado, se mejoraron las condiciones de acceso a mecanismos de financiamiento ligados a una asesoría para la adquisición de paquetes de tecnologías para el mejoramiento energético y progresivo (“paso a paso”) de las viviendas. Las familias mejoran significativamente el nivel de confort térmico y se reduce el consumo energético hasta en un 88%, equivalente a una mitigación de hasta 6,925 Kg de CO₂e/año/vivienda.

Este documento, presenta los detalles de la implementación de este proyecto piloto que consolida la cooperación entre **FIPATERM** y **GIZ México**, misma que ha dado lugar a la formulación de un sólido ecosistema técnico-financiero, altamente replicable, detonando el desarrollo de mercado de tecnologías, y que permite elevar paulatinamente los estándares de eficiencia energética en la vivienda existente. De este modo, se sientan las bases para continuar fomentando el desarrollo de comunidades resilientes y sustentables informando así la constante actualización de la política pública.

Dra. Liliana Campos Arriaga
Directora del DKTI Vivienda
GIZ México



Foto: Metamario. Vista de Hermosillo, Sonora.



Resumen Ejecutivo

Este documento describe en 5 capítulos el trabajo elaborado durante la ejecución del proyecto piloto realizado entre el FIPATERM, con la asistencia técnica de GOPA-Infra y financiado por la GIZ México. El proyecto piloto se realizó en el marco del Programa “Eficiencia Energética (EE) y Energías Renovables (ER) en la Vivienda Social Existente” (DKTI Vivienda) que desarrolla la GIZ México como parte del Programa “Energía Sostenible en México”, comisionado por el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo y ejecutado por la GIZ, KfW y PTB. El DKTI Vivienda tiene como objetivo mejorar la oferta de apoyos gubernamentales para incrementar el uso sustentable de la energía en las viviendas existentes.

El proyecto piloto se desarrolló en dos ciudades del noroeste del país, Mexicali, Baja California y Hermosillo, Sonora, donde el FIPATERM cuenta con oficinas. El clima en ambas ciudades es cálido seco, con un alto porcentaje de hogares en situación de pobreza energética, con un 18% de los hogares que destinan más del 10% de su ingreso para el pago de servicios energéticos. Ambos factores, resultaron favorables para implementar el proyecto piloto y así analizar el potencial de ahorro, la viabilidad técnica y económica de medidas técnicas seleccionadas, con la finalidad de promover y actualizar esquemas de financiamiento de medidas de EE y ER en la vivienda social existente. Para la implementación del proyecto, la GIZ México y el FIPATERM firmaron un acuerdo de cooperación y



Control de infiltraciones en juntas marco ventanas

subvención o *Grant Agreement*. A través de este cofinanciamiento por parte de ambas instituciones se financió la rehabilitación energética de 30 viviendas bajo un esquema de eficiencia energética “paso a paso”, basándose en el concepto del enfoque integral de la vivienda o *Whole House Approach (WHA)*.

En el marco del diseño técnico para la implementación del piloto, fueron seleccionados tres desarrollos habitacionales. Diez viviendas del desarrollo Haciendas del Sur en Hermosillo fueron seleccionadas y las otras 20 unidades se localizaron en los desarrollos Sevilla y Barcelona Residencial en la ciudad de Mexicali. El DKTI Vivienda desarrolló una herramienta de flujos anuales en EXCEL que facilitó aplicar distintas metodologías de análisis económico. La herramienta toma en cuenta los gastos de financiamiento y los ahorros proyectados en los consumos y facturación de energéticos, bajo las condiciones marco correspondientes a la población grupo meta. Una vez establecida la línea base, se realizaron análisis costo-beneficio para generar un *benchmark* de una serie de ecotecnologías relacionadas con el ahorro energético, las energías renovables y el ahorro de agua. Posteriormente, se analizaron paquetes de medidas, con la premisa que permitieran ahorrar mínimo un 20% de energía con respecto a la línea base antes de la intervención.

El acompañamiento técnico al FIPATERM incluyó la capacitación al personal interno y a los proveedores del fideicomiso en temas de EE y ER, su evaluación, el fortalecimiento de sus habilidades para la promoción y difusión del proyecto piloto y para futuros programas de EE y ER. Para ello, se crearon redes de aprendizaje que asegurarán, posteriormente a la implementación del proyecto piloto, la capacitación continua en materia de normatividad, instalación, ejecución y buenas prácticas sobre equipos de aire acondicionado, aislamiento térmico y sistemas fotovoltaicos.

Adicionalmente, el FIPATERM recibió asesoría financiera para definir soluciones costo-efectivas y flexibles para la implementación del piloto y con miras a poder acceder a fondos internacionales y nacionales, principalmente los relacionados con financiamiento climático, que pudieran aumentar su capacidad de operación, a través de un Programa ASI 2.0.

Se analizaron paquetes de medidas, con la premisa que permitieran ahorrar mínimo un 20% de energía con respecto a la línea base antes de la intervención.

En el capítulo 2, se documentan antecedentes e información relevante sobre las herramientas de evaluación y el enfoque global de la vivienda, las condiciones marco y la metodología aplicada para el análisis de viabilidad económica. Se reportan las actividades realizadas en preparación de la implementación del proyecto piloto y realizadas en el marco de la ejecución de este. Así mismo, se describen actividades complementarias en apoyo al Programa ASI, como la creación de redes de aprendizaje, la realización de una aplicación piloto de una metodología para avalúos sustentables, así como el desarrollo de una herramienta optimizada de análisis financiera y orientación, operativa en el portal web del Programa ASI.

El tercer capítulo presenta fichas técnicas que documentan los paquetes de medidas técnicas para tres pasos o niveles de eficiencia energética. Las fichas documentan las características de eficiencia, relevancia climática y costos de implementación de las medidas técnicas, así como un análisis de viabilidad económica bajo las condiciones de financiamiento actuales del Programa ASI. Así mismo, se documenta un análisis financiero que considera distintos perfiles de consumo, con base en el análisis de los consumos anuales de electricidad de las viviendas en los tres desarrollos. Se reportan datos de consumo y facturación de electricidad, obtenidos a través de los recibos de luz, para un periodo de 12 meses antes y después de la implementación de las medidas técnicas en las viviendas participantes. Se documenta el concepto

de optimización para la vivienda Paso-III, el cual se guía por los cinco principios del estándar *Passivhaus*. El capítulo concluye con una comparación de desempeño y viabilidad económica de los paquetes Paso-I, Paso-II y Paso-III y se comparan los resultados de la evaluación ex ante contra consumos reales de energía eléctrica.

El capítulo cuatro explica las ecotecnologías de innovación para el Programa ASI e implementadas en el piloto para llevar a cabo el “*Deep retrofit*”, que incluyen: ventiladores, ventanas eficientes, sistemas de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor y el control de las infiltraciones de aire. Se documenta la realización de pruebas de hermeticidad o “*Blower Door*”, llevados a cabo para asegurar la calidad de la implementación de las medidas para la hermeticidad de la envolvente. Se describe las medidas técnicas del concepto cero gas, implementado para probar el concepto de que el Fipaterm pueda financiar la transición de los hogares a energía eléctrica y 100% limpia.

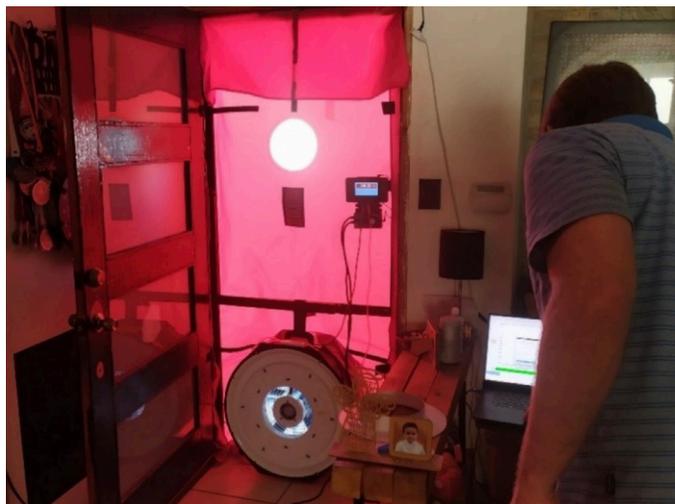
La última sección resume los resultados y brinda una serie de conclusiones y recomendaciones, obtenidas



Colocación de capa continua de mortero adhesivo

a partir de la implementación del proyecto. Estos servirán para que, tanto FIPATERM, como otros actores del sector energético y del sector vivienda puedan aprovechar en sus proyectos y programas el potencial de ahorro de energía y de mitigación del cambio climático, a través del fomento de EE y ER en sus programas para vivienda existente.

Por último, en los Anexos, se proporcionan fichas técnicas para cada una de las medidas técnicas implementadas en el proyecto piloto. Se presentan ocho categorías de medidas técnicas: envolvente opaca, envolvente acristalada, sistemas mecánicos, agua caliente sanitaria, electricidad, instalación fotovoltaica, control de infiltraciones y dispositivos ahorradores de agua. Cada ficha documenta la siguiente información: descripción de la tecnología, normatividad aplicable, aspectos relevantes en materia de eficiencia energética, recomendaciones generales de instalación y elementos a validar durante la supervisión, así como información de referencia.



Ensayo *Blower Door*.



Índice de Contenidos

PRÓLOGO	ii
PRÓLOGO	iii
RESUMEN EJECUTIVO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
TABLAS E ILUSTRACIONES	xiii
SIGLAS / ABREVIATURAS	xvi
1 INTRODUCCIÓN	1
2 PROYECTO PILOTO	7
2.1 Herramientas de evaluación Sisevive-EcoCasa y el Whole House Approach	8
2.2 Análisis de viabilidad económica y herramienta de flujos anuales	10
2.3 Actividades en el marco del proyecto piloto	11
2.4 Actividades complementarias de la implementación del proyecto piloto	14
3 MEDIDAS TÉCNICAS IMPLEMENTADAS	17
3.1 Desarrollo Haciendas del Sur, paquete de desempeño integral PASO-I	21
3.2 Desarrollos Barcelona y Sevilla, paquete de desempeño integral PASO-I	24
3.3 Desarrollo Sevilla, paquete de desempeño integral PASO-I	28
3.4 Desarrollo Sevilla, paquete de desempeño integral PASO-II	31
3.5 Desarrollo Sevilla, paquete de desempeño integral PASO-III	35
3.6 Concepto de optimización vivienda PASO-III	40
3.7 Comparación de desempeño y viabilidad económica paquetes PASO-I, PASO-II y PASO-III	47
4 TECNOLOGÍAS DE INNOVACIÓN PARA DEEP RETROFIT	53
4.1 Ventiladores	54
4.2 Ventanas	56
4.3 Sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor	59
4.4 Control de infiltraciones y ensayos hermeticidad al aire	64
4.4.1 Infiltraciones de aire – ensayo <i>Blower Door</i>	64
4.4.2 Resultados ensayos infiltración de aire en Mexicali, viviendas PASO-I	65
4.4.3 Resultados ensayos infiltración de aire en Mexicali, viviendas PASO-III	66
4.4.4 Discusión resultados control de infiltraciones	68
4.4.5 Conclusiones “hermeticidad al aire”	71
4.5 Vivienda Cero Gas	72

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1 Resultados y conclusiones potencial de ahorro, viabilidad técnica y económica	76
5.2 Recomendaciones para acceder el potencial de EE/ER en la vivienda existente	80
5.3 Conclusión desde la perspectiva internacional: Elementos detonadores para implementar la EE/ER en la vivienda social de México	83
6 FUENTES CONSULTADAS	87
7 ANEXO 1: ESPECIFICACIONES MEDIDAS TÉCNICAS POR VIVIENDA	92
8 ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS INTRODUCCIÓN	96
9 ANEXO 3: FICHAS TÉCNICAS ENVOLVENTE OPACA	98
9.1 Cubiertas - Aislamientos Poliuretano esparado (PUR) aplicado en techo Eiffel	98
9.2 Muros - Aislamientos Placa de EPS aplicada en muro Fanosa	99
9.3 Recubrimientos Pintura de alta reflectancia Comex	101
10 ANEXO 4: FICHAS TÉCNICAS ENVOLVENTE ACRISTALADA	102
10.1 Ventanas (acristalamiento sin marco) Película reflectiva en ventana Suntek	102
10.2 Ventanas (sistemas con marco) Ventana de doble vidrio SGG Evo Duo Max + Rehau Exelis	103
11 ANEXO 5: FICHAS TÉCNICAS SISTEMAS MECÁNICOS	105
11.1 Aparatos de refrigeración y calefacción Minisplit, inverter GREE 2 toneladas	105
11.2 Aparatos de refrigeración y calefacción Minisplit, inverter Gree 2 toneladas	106
11.3 Ventilación mecánica controlada Unidad de ventilación BluMartin freeAir 100	107
11.4 Ventilación mecánica controlada Unidad de transmisión BluMartin freeAir plus	108
12 ANEXO 6: FICHAS TÉCNICAS AGUA CALIENTE SANITARIA	109
12.1 Calentadores de agua eléctricos Calentador de agua eléctrico Rheem	109
12.2 Calentadores solares Calentador solar de agua de colector plano Axol 150 litros MS 2.5	110
13 ANEXO 7: FICHAS TÉCNICAS ELECTRICIDAD	112
13.1 Iluminación y electrodomésticos Ventilador de techo de bajo consumo Littleton 43W	112
13.2 Iluminación y electrodomésticos Ventilador de techo de bajo consumo Hugger 49W	113
13.3 Iluminación y electrodomésticos Lámparas LED Americanlite	114
13.4 Iluminación y electrodomésticos Lavadora 16 kg carga superior Whirlpool	115
13.5 Iluminación y electrodomésticos Refrigerador con congelador, 17 pies Whirlpool	116
13.6 Iluminación y electrodomésticos Estufa de inducción magnética Ecocinare	117

14 ANEXO 8: FICHAS TÉCNICAS INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	118
14.1 Instalación fotovoltaica Inversor 2,000 W Goodwee	118
14.2 Instalación fotovoltaica Panel fotovoltaico 450 Wp Risen	119
15 ANEXO 9: FICHAS TÉCNICAS CONTROL DE INFILTRACIONES	120
15.1 Control de infiltraciones Sellado de puerta Frost King	120
15.2 Control de infiltraciones Guardapolvos Frost King	120
15.3 Control de infiltraciones Cinta de sellado hermético de uniones con ventanas ProClima	121
16 ANEXO 10: FICHAS TÉCNICAS DISPOSITIVOS AHORRADORES DE AGUA	122
16.1 Dispositivos Ahorradores de Agua Regadera de baño Rugo	122
16.2 Dispositivos Ahorradores de Agua Llaves mezcladoras de cocina Moen	123
16.3 Dispositivos Ahorradores de Agua Llaves mezcladoras de lavado Flowell	124

Tablas y Figuras

TABLA 1. Condiciones marco para el cálculo de flujos anuales	10
TABLA 2. Ficha técnica paquete PASO-I, desarrollo Haciendas del Sur	21
TABLA 3. Análisis de viabilidad económica, PASO-I, desarrollo Haciendas del Sur	22
TABLA 4. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Haciendas del Sur	23
TABLA 5. Ficha técnica paquete PASO-I, vivienda de 1 nivel, desarrollos Barcelona y Sevilla	24
TABLA 6. Análisis de viabilidad económica, PASO-I, vivienda de 1 nivel, desarrollos Barcelona y Sevilla	25
TABLA 7. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Barcelona	26
TABLA 8. Estratificación consumo de electricidad, desarrollo Sevilla	26
TABLA 9. Ficha técnica paquete PASO-I, vivienda de 2 niveles, desarrollo Sevilla	28
TABLA 10. Análisis de viabilidad económica, PASO-I, vivienda de 2 niveles, desarrollos Sevilla	29
TABLA 11. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Sevilla	30
TABLA 12. Ficha técnica paquete PASO-II, desarrollo Sevilla	31
TABLA 13. Análisis de viabilidad económica, PASO-I, vivienda de 2 niveles, desarrollo Sevilla	33
TABLA 14. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Sevilla	33
TABLA 15. Ficha técnica paquete PASO-III, desarrollo Sevilla	35
TABLA 16. Análisis de viabilidad económica, PASO-III, vivienda de 2 niveles, desarrollo Sevilla	37
TABLA 17. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Sevilla	38
TABLA 18. Resultados de evaluación con herramienta DEEVi	48
TABLA 19. Resumen evaluación ex-ante y análisis viabilidad económica con costos de implementación	49
TABLA 20. Resumen monitoreo consumos reales (Recibos CFE SSB), antes y después de la rehabilitación	50
TABLA 21. Comparación datos ex-ante contra monitoreo Recibos CFE SSB	51
TABLA 22. Costos de proveeduría e instalación de ventiladores de techo	56
TABLA 23. Costo de proveeduría e instalación de ventanas, vivienda PASO-III	59
TABLA 24. Precios y eficiencia de sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor	62
TABLA 25. Resultados ensayos <i>Blower Door</i> línea base	66
TABLA 26. Resultados ensayos <i>Blower Door</i> línea base	66
TABLA 27. Mejora energética por control de infiltraciones	69
TABLA 28. Costos de implementación tecnologías paquete 'cero gas'	72
TABLA 29. Evaluación de demanda de energía eléctrica anual y consumos reales	77

ILUSTRACIÓN 1. Logo campaña de promoción y difusión 'Mi casa se suma al cambio'	13
ILUSTRACIÓN 2. Folleto de promoción	13
ILUSTRACIÓN 3. Consumo y facturación de electricidad, PASO-I, desarrollo Haciendas del Sur	23
ILUSTRACIÓN 4. Consumo y facturación de electricidad, PASO-I, desarrollos Barcelona y Sevilla	27
ILUSTRACIÓN 5. Consumo y facturación de electricidad, PASO-I, desarrollo Sevilla	30
ILUSTRACIÓN 6. Consumo y facturación de electricidad, PASO-II, desarrollo Sevilla	34
ILUSTRACIÓN 7. Consumo y facturación de electricidad, PASO-III, desarrollo Sevilla	38
ILUSTRACIÓN 8. Línea de hermeticidad y regla del marcador	40
ILUSTRACIÓN 9. Balance energético refrigeración útil, modelo de referencia de línea base	42
ILUSTRACIÓN 10. Detalles de continuidad de aislamiento térmico en uniones de losa con muros	44
ILUSTRACIÓN 11. Número de viviendas con presencia de ventiladores por principales grupos de ingresos, 2012	54
ILUSTRACIÓN 12. Frecuencia de sobrecalentamiento, vivienda línea base 2 niveles, Sevilla, SIN ventilador	55
ILUSTRACIÓN 13. Frecuencia de sobrecalentamiento, vivienda línea base 2 niveles, Sevilla, CON ventilador	55
ILUSTRACIÓN 14. Esquema de funcionamiento ventilación mecánica con intercambiador de calor	61
ILUSTRACIÓN 15. Esquema de instalación sistema descentralizado de ventilación mecánica	61
ILUSTRACIÓN 16. APP <i>freeAir Connect</i> : temperaturas	63
ILUSTRACIÓN 17. APP <i>freeAir Connect</i> : ahorro y consumo de energía	63
ILUSTRACIÓN 18. Medición <i>Blower Door</i> PASO-III ANTES de la rehabilitación energética	67
ILUSTRACIÓN 19. Medición <i>Blower Door</i> PASO-III DESPUÉS de la rehabilitación energética	67
ILUSTRACIÓN 20. Captura de pantalla, APP de la ventilación controlada, día de calor típico en junio en Mexicali	70

IMAGEN 1. Control de infiltraciones en juntas marco ventanas y puerta con vano	41
IMAGEN 2. Control de infiltraciones en penetraciones de la envolvente	42
IMAGEN 3. Colocación de capa continua de mortero adhesivo y continuidad de capa de aislamiento térmico	43
IMAGEN 4. Termográficas antes de la rehabilitación energética.....	45
IMAGEN 5. Termografías después de la rehabilitación energética	45
IMAGEN 6. Sistema descentralizado de ventilación mecánica de recuperación de calor	47
IMAGEN 7. Protección solar por medio de medidas auxiliares.....	58
IMAGEN 8. Ensayo <i>Blower Door</i> , realizado por GOPA Infra en Mexicali en junio del 2022.....	65
IMAGEN 9. Comparación pretilas PASO-III (izquierda) y solución convencional	68

Siglas y Abreviaturas

ANAH	<i>Agence Nationale de l'Habitat</i> Agencia Francesa Nacional del Hábitat
ASI	Programa de Ahorro Sistemático Integral
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BMZ	<i>Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung</i> Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo
CBI	<i>Climate Bond Initiative</i>
CFE SSB	Comisión Federal de Electricidad
CONUE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
DEEVi	Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda
DKTI Vivienda	Programa de Eficiencia Energética (EE) y Energías Renovables (ER) en la Vivienda Social Existente (por sus siglas en alemán)
EC	Estándar de Competencia
EE	Eficiencia Energética
EnerPHit	Criterios de certificación para rehabilitaciones de acuerdo con el estándar <i>Passivhaus</i>
ER	Energías Renovables
FIPATERM	Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda en el Valle de Mexicali (Fideicomiso 728)
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH</i> Cooperación Técnica Alemana en México (GIZ México)
IDG	Índice de Desempeño Global de la vivienda
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
KfW	<i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i> / Banco Alemán de Desarrollo
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
NAMA	<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i> Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS	Organización Mundial de la Salud
PHI	<i>Passive House Institute</i>
PHPP	Paquete de Planificación <i>Passivhaus</i>
RdA	Red de Aprendizaje
ROI	Retorno de la Inversión
RUV	Registro Único de Vivienda
SAAVi	Simulador de Ahorro de Agua en la Vivienda
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
Sisevive- EcoCasa	Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde
TIR	Tasa Interna de Retorno
VPN	Valor Presente Neto
WHA	<i>Whole House Approach</i> Enfoque Integral de la Vivienda





1

Introducción

Introducción

Este documento presenta los resultados del análisis de datos de un proyecto piloto de rehabilitación energética paso a paso en un total de 30 viviendas de interés social en ciudades de clima cálido seco (Mexicali, Baja California y Hermosillo, Sonora). La documentación contempla información sobre rentabilidad, potencial de ahorro energética, relevancia climática y recomendaciones para programas de fomento estatales. Los resultados del análisis servirán tanto para el sector energético, como para el sector vivienda.

El proyecto piloto se llevó a cabo entre abril 2021 y junio 2023 en el marco del Módulo de “Eficiencia Energética y Energías Renovables en Vivienda Social Existente en México” (DKTI Vivienda), encargado por el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) e implementado por la Cooperación Técnica Alemana en México (GIZ México). El módulo DKTI Vivienda de la GIZ busca mejorar los apoyos gubernamentales y acercar ofertas de financiamientos asequibles a la población, para aumentar el uso sostenible de la energía en las viviendas existentes. GOPA Infra, por encargo de la GIZ México, brindó asistencia técnica en la conceptualización e implementación del proyecto piloto.

El Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la vivienda en el valle de Mexicali, Fideicomiso No. 728 (FIPATERM), que tiene como fideicomitente a la Comisión Federal de Electricidad (CFE SSB), financia desde 1990 medidas individuales para la eficiencia energética del parque de viviendas, incluyendo el aislamiento térmico, los sistemas de aire acondicionado y otras ecotecnologías para las viviendas existentes. El FIPATERM, como empresa fiduciaria de fondo revolvente de la CFE SSB, recauda el pago a través de la factura eléctrica, facilitando así el mecanismo de financiamiento para los hogares.

El proyecto piloto fue planteado para cumplir con el objetivo general del DKTI Vivienda de incrementar la sostenibilidad del sistema energético en México y el objetivo de mejorar la oferta de apoyo estatal para aumentar la eficiencia energética (EE) y el uso de las energías renovables (ER) en el sector de la vivienda social existente. En línea con estos objetivos, el FIPATERM asumió la responsabilidad de ejecución del proyecto piloto, en el marco de su Programa Ahorro Sistemático Integral (ASI).

Se planteó realizar el proyecto piloto en Mexicali, B.C. y Hermosillo, Sonora. Al ser Mexicali la sede de la dirección general del fideicomiso, se contó con las mejores condiciones para que el FIPATERM fortaleciera su iniciativa de ampliación de los subprogramas de medidas técnicas de EE y ER a un mayor mercado.

Ambas ciudades cuentan con un clima cálido muy seco, que presenta temperaturas máximas diarias de hasta 52°C en el verano y temperaturas mínimas diarias de hasta -3.5°C en invierno.¹ En Mexicali, la humedad relativa más baja del año es en junio con 19% y el mes de mayor humedad es diciembre con 36%.² Ambas ciudades se encuentran en una zona tarifaria 1F de la CFE SSB. La tarifa 1 F corresponde a la zona tarifaria de mayor temperatura promedio en verano,

¹ Fuente: <https://smn.conagua.gob.mx>

² Fuente: <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/mexico/baja-california/mexicali-2034/>

con mayor gasto mensual en energía y donde se encuentra el mayor porcentaje de hogares en situación de pobreza energética³, con un 18% de los hogares que destinan más del 10% de su ingreso para el pago de servicios energéticos⁴.

Además, a pesar de las regulaciones a nivel federal y los reglamentos locales, la vivienda existente en ambas ciudades ha sido construida principalmente con los mismos estándares de construcción del país, sin prestar atención a la eficiencia energética, por lo que es muy común que los habitantes recurren a la compra e instalación de sistemas de aire acondicionado de segunda mano para hacer frente a las altas temperaturas.

A través de un *Grant Agreement*, firmado entre la GIZ México y el FIPATERM, el proyecto piloto permitió fortalecer la iniciativa del Fideicomiso de ampliar los subprogramas de medidas de EE/ER a un mayor mercado, generando información sobre la idoneidad técnica de soluciones innovadoras para la rehabilitación energética. El *Grant Agreement* se otorgó bajo un esquema de cofinanciamiento, con fondos del BMZ y, a su vez, parte de las medidas técnicas fueron financiadas a través del FIPATERM.

Se establecieron los siguientes objetivos específicos para el proyecto piloto, en concordancia con los objetivos y líneas de acción del DKTI Vivienda.

El proyecto piloto fue planteado para cumplir con el objetivo general del DKTI Vivienda de incrementar la sostenibilidad del sistema energético en México y el objetivo de mejorar la oferta de apoyo estatal para aumentar la eficiencia energética (EE) y el uso de las energías renovables (ER) en el sector de la vivienda social existente

³ De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, existen tres factores que inciden en la pobreza energética: (1) ingresos, (2) precios de la energía y (3) calidad de la vivienda. Las combinaciones de bajos ingresos, altos precios de la energía y la baja calidad de la vivienda pueden obligar a los hogares a elegir entre un servicio energético adecuado (como la iluminación y climatización) respecto a otros satisfactores básicos, como acceso al agua sanitaria y compra de alimentos. De esta manera, la falta de acceso a la energía limita el desarrollo de las personas y, con ello, se convierte en un problema de política pública. La pobreza energética depende de cuatro factores: (i) el acceso a fuentes de energía, principalmente las modernas, como la electricidad y el gas (natural o LP); (ii) la capacidad de pago de los hogares; (iii) el equipamiento de las viviendas para proveer servicios energéticos; y (iv) las características del equipamiento de los hogares, incluyendo las relacionadas con la envolvente de la vivienda (CONUEE, 2018).

⁴ Fuente: CONUEE. (2018). Análisis del impacto de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética en el ingreso-gasto del sector residencial de México a partir de datos de INEGI (1990-2016). Ciudad de México: Cuadernos de la CONUEE.

1. Definir tres paquetes de medidas (Paso-I, Paso-II y Paso-III), la definición de proveedores y los costos.
2. Implementar el proyecto piloto en 30 viviendas .
3. Documentar y evaluar el proyecto piloto.
4. Fortalecer las capacidades del personal de FIPATERM para asegurar la correcta implementación técnica del proyecto y su administración.

Mediante las herramientas el Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (Sisevive-EcoCasa), se diseñaron e implementaron tres paquetes de rehabilitación energética, que van desde una escala de inversión baja (Paso-I), pasando por una intermedia (Paso-II), hasta un nivel más ambicioso de inversión y desempeño energético (Paso-III). Los paquetes diseñados incorporaron medidas ahorradoras de agua. Si bien el FIPATERM no financia estas medidas, sí son muy relevantes para el contexto del clima cálido seco y en vista del estrés hídrico presente en varias regiones de México.

No existían hasta ahora ejemplos de remodelaciones profundas (*deep energy retrofit*), ni se había explorado la rehabilitación energética con el concepto de vivienda 100% eléctrica con energía renovable. Dado lo anterior, fue importante para FIPATERM y DKTI Vivienda, conocer la viabilidad técnica y económica de implementar ambos conceptos en la vivienda existente de interés social. El reconocido estándar internacional *Passive House* del *Passive House Institute* de Alemania y su variante EnerPHit para la rehabilitación energética paso a paso sirvieron como referencia. Fue así como los tres paquetes de rehabilitación energética se concibieron como pasos hacia una rehabilitación según el estándar internacional EnerPHit, siendo el paquete del Paso-III el más cercano a alcanzar un nivel EnerPHit en ahorro energético y confort térmico.

El modelo de financiamiento contempló la concesión de créditos consecutivos que permiten introducir el enfoque integral de la vivienda, conocido en inglés como *Whole House Approach* (WHA), con base en un concepto de rehabilitación paso a paso dentro del existente Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI) del FIPATERM, creando así un esquema de rehabilitación energética de edificios, ajustado a las condiciones financieras y capacidad de endeudamiento de la vivienda existente de interés social.

Además del acompañamiento técnico para la ejecución el proyecto piloto, FIPATERM recibió capacitación sobre el estándar *Passivhaus* y su aplicación en la vivienda existente en el contexto climático y sociocultural de México. Se desarrollaron redes de aprendizaje en las que tanto su personal, como sus proveedores autorizados intercambiaron conocimientos y buenas prácticas en la instalación de equipos de EE y ER.



Foto: Diego Cervo



2

Proyecto Piloto

Proyecto Piloto

Esta sección documenta antecedentes e información relevante sobre las herramientas de evaluación y el enfoque global de la vivienda y documenta las condiciones marco y metodología aplicada para el análisis de viabilidad económica. Se reportan las actividades realizadas en preparación de la implementación del proyecto piloto y realizadas en el marco de la ejecución de este. Así mismo, se describen actividades complementarias en apoyo al Programa ASI, como la creación de redes de aprendizaje, la realización de una aplicación piloto de una metodología para avalúos sustentables, así como el desarrollo de una herramienta optimizada de análisis financiera y orientación, operativa en el portal web del Programa ASI.

2.1 Herramientas de evaluación Sisevive-EcoCasa y el *Whole House Approach*

Para el diseño técnico y la implementación del proyecto piloto se utilizaron las versiones 2.0 de las herramientas del Sisevive-EcoCasa. El Sisevive-EcoCasa está integrado por la herramienta Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda (DEEVi), el Simulador del Ahorro de Agua en la Vivienda (SAAVi) y el Índice Global de Desempeño (IDG).

El Sisevive-EcoCasa fue desarrollada en 2021, por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) en colaboración de la Cooperación Técnica Alemana GIZ México / GOPA y la Embajada Británica en México. El Sisevive-EcoCasa permite conocer el desempeño energético y medioambiental de la vivienda. La herramienta DEEVi fue desarrollada a partir de la metodología de cálculo del PHI, por lo que está basada en el Paquete de Planificación *Passivhaus* (PHPP). DEEVi es una hoja de cálculo de balance energético, enfocada a la vivienda con parámetros específicos para México que analiza todos los flujos de energía en una edificación. Todo el trabajo de adaptación se realizó en estrecha colaboración con INFONAVIT, el Registro Única de Vivienda (RUV) y GIZ/GOPA-INTEGRATION. La SAAVi es una herramienta que estima el ahorro de agua por vivienda y por habitante, con base en los consumos proyectados de cada uno de los dispositivos que utilizan agua dentro de la vivienda. SAAVi surgió del esfuerzo de múltiples agencias públicas y privadas como

INFONAVIT, Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Fundación IDEA con financiamiento de la Embajada Británica y GIZ/GOPA-INTEGRATION. En 2012, la CONAGUA revisó y aprobó la SAAVi como herramienta fiable y nacional para estimar el consumo de agua.

La versión DEEVi 2.4, la versión más reciente de la herramienta, fue financiada en común por CONAVI, INFONAVIT, Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) y GIZ. DEEVi 2.4 fue desarrollada en 2016 por el *Passivhaus Institut* de Alemania, en estrecha colaboración con INFONAVIT, el RUV y GIZ/GOPA-INTEGRATION. Dicha versión incorpora, entre otras nuevas funcionalidades, la posibilidad de evaluar proyectos de vivienda existente. Así mismo, incorpora La *Calculadora CO₂*, una herramienta desarrollada de acuerdo con la metodología del programa EcoCasa de SHF, que permite calcular el porcentaje de reducción de emisiones del proyecto evaluado, respecto a un proyecto de referencia.

DEEVi se basa en el enfoque integral de la vivienda, conocido en inglés como *Whole House Approach*, el cual considera una edificación como un sistema energético con partes interdependientes, cada una con un impacto directo en el desempeño de todo el sistema, teniendo en cuenta una ubicación y arquitectura determinada.

La herramienta analiza las ganancias/cargas y pérdidas de calor mensuales para conocer en qué magnitud una edificación debe ser calentada (demanda de calefacción) y refrigerada (demanda de refrigeración) para mantenerse dentro de un rango de confort establecido de 20 a 25°C (con base en la norma internacional DIN EN ISO 7730: 2006-05). Para ello, realiza cálculos de balance energético con base en la física de la construcción, a partir de regímenes operacionales previamente definidos y datos introducidos por el usuario en torno a distintos parámetros, tales como: datos climáticos, orientación, volumen construido, características de la envolvente térmica (elementos opacos, elementos transparentes y sistemas constructivos), elementos de sombra, ventilación, ventilación de verano, aparatos de refrigeración, distribución de agua caliente sanitaria y su generación (con gas o medios solares), requerimientos de electricidad para iluminación y electrodomésticos, requerimientos de gas para cocción de alimentos y fuentes de energía primaria.

El diseño técnico de la NAMA de vivienda existente (CONAVI SEMARNAT, 2014) plantea aplicar el WHA para “proporcionar soluciones óptimas tanto para la eficiencia energética, el confort, aspectos financieros y la rentabilidad de los proyectos”. De aquí la relevancia de monitorear el desempeño de las medidas implementadas. La aplicación del WHA presenta las siguientes ventajas.

- + Los valores objetivos consideran la interacción entre las diferentes medidas, lo que representa un incentivo para reducir el consumo total de energía.
- + Cuando una medida técnica cumpla el valor objetivo para la casa, el desarrollador y/o propietario de la vivienda queda en libertad para escoger esa medida.
- + Los valores objetivos que se deben alcanzar promueven las soluciones costo-efectivas flexibles, así como los desarrollos tecnológicos.
- + Los valores meta pueden volverse gradualmente más estrictos, en concordancia con el desarrollo tecnológico y las políticas ambientales.
- + Los valores meta permiten el establecimiento en paralelo de diferentes niveles de apoyo.

El WHA y su integración a los programas de EE/ER para vivienda mediante la evaluación con las herramientas del Sisevive-EcoCasa permite acoplarse a los fondos de financiamiento climático. La metodología de las herramientas del Sisevive-EcoCasa es reconocida y las herramientas han sido utilizados para certificar el desempeño energético y medioambiental, así como la mitigación relacionada de emisiones de CO₂e, en el marco de programas públicos de vivienda y en el marco de programas para vivienda nueva financiados con fondos climáticos internacionales.

El programa EcoCasa, creado en 2012 por Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) en conjunto con el Banco de Desarrollo Alemán (KfW) y el Banco Interamericano de Desarrollo (IDB), adoptó el Sisevive-EcoCasa como herramienta para evaluar las viviendas que se incorporen a su Programa EcoCasa. Asimismo, este sistema apoyó al Programa NAMA para la construcción de viviendas con menores emisiones de CO₂e en México.

De 2016 a 2022, el Componente de Cooperación Financiera de la NAMA Facility realizó la cuantificación de los ahorros energéticos y de emisiones de CO₂e mediante el Sisevive-EcoCasa, para comprobar la utilización de fondos de financiamiento climático provenientes de donantes internacionales.

Desde 2013 y hasta 2022, en el marco del programa Hipoteca Verde del Infonavit, más de 500,000 viviendas registradas en el RUV fueron evaluados con el Sisevive-Ecocasa.

En 2020, el Programa EcoCasa recibió una certificación por la *Climate Bond Initiative* (CBI), bajo la modalidad de *Low Carbon Residential Buildings* en México. Esta certificación hará posible la emisión de Bonos Verdes con respaldo de los proyectos de vivienda evaluados, certificados y financiados por SHF, bajo los criterios del programa EcoCasa, mediante el uso de las herramientas del Sisevive-EcoCasa.

2.2 Análisis de viabilidad económica y herramienta de flujos anuales

Para el diseño técnico del proyecto piloto y la definición de los paquetes de optimización de medidas técnicas seleccionadas, se realizó un análisis de viabilidad económica, con el fin de encontrar las soluciones más costo-efectivas y adecuadas para el mejoramiento energético de viviendas existentes en el marco del Programa ASI. Dichos análisis se realizaron desde la perspectiva del usuario final, para conocer la viabilidad económica bajo las condiciones de financiamiento actuales del Programa ASI y en función de los ahorros proyectados sobre la facturación de electricidad, gas y agua.

Para tal fin, el DKTI Vivienda desarrolló una calculadora de flujos anuales en EXCEL que, a su vez simula la facturación de electricidad, gas y agua, con base en los resultados de la evaluación con DEEVi y SAAVi.

Para la estimación de los ahorros anuales y para determinar el gasto monetario asociado al consumo de electricidad, gas y agua, se tomaron en cuenta las tarifas vigentes en diciembre de 2021. La calculadora de flujos anuales tomó en cuenta los gastos de financiamiento y los ahorros proyectados y evaluó el Valor Presente Neto (VPN), el Periodo de Recuperación de la Inversión (ROI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Si el VPN es positivo, la inversión es recomendable y entre mayor sea el VPN, mejor es la rentabilidad para el usuario.

En la tabla 1, se documentan las condiciones marco para dichos cálculos, vigentes en diciembre de 2021, fecha de la última actualización de los paquetes antes de comenzar con su implementación.

Tabla 1. Condiciones marco para el cálculo de flujos anuales

CONSIDERACIONES	VALOR	UNIDAD
Periodo de evaluación	20	años
Tasa de descuento (CETES a 364 días) ⁵	4.39	%
Tasa de interés anual	13.00 ⁶	%
Valor residual posterior al periodo de evaluación	Variable	\$
Inflación anual proyectada de electricidad	3.34	%
Inflación anual proyectada de gas	3.00	%
Inflación anual proyectada de agu	3.00	%

Es importante mencionar que, para el cálculo de los flujos anuales, se consideró el valor residual de las ecotecnologías cuya vida útil es mayor al periodo de evaluación. Para la estimación de dicho valor se asumió una depreciación lineal con base en los porcentajes de depreciación anual. Por otro lado, también se considera el costo de reposición de aquellas medi-

das técnicas que requieren una reposición al final de su vida útil, siendo que éstas no alcanzarían a cubrir el periodo de análisis, tal sería el caso del acabado reflectivo en techo (5 años). Así mismo, se consideró el valor residual de las tecnologías de reposición.

⁵ <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF107§or=22&locale=es>

⁶ Tasa de interés anual, y los plazos de financiamiento se definieron de acuerdo con las condiciones establecidas en el Programa ASI FIPATERM

2.3 Actividades en el marco del proyecto piloto

En preparación de la implementación del proyecto piloto y de la ejecución del *Grant Agreement*, se llevó a cabo la selección de los desarrollos para el proyecto y se elaboró el diseño técnico para la identificación y definición de las medidas piloto. Durante la implementación del piloto, fue necesario ajustar los paquetes de medidas técnicas en función de la capacidad de endeudamiento de las familias participantes. Como parte de las actividades planteadas, se implementó una campaña de promoción y difusión. A raíz de las recomendaciones para A continuación, se documentan puntos relevantes de dichas actividades.

Elección de los desarrollos para el proyecto piloto

En un primer paso, se definieron criterios de elegibilidad Para la selección de los desarrollos participantes. El enfoque fue a vivienda del sector formal y del segmento popular y tradicional, correspondiente al grupo meta de usuarios CFE SSB en tarifa doméstica y de grupos poblacionales con ingreso familiar de 2.2 UMA hasta 16.0 UMA.⁷ Los criterios de elegibilidad consideraron vivienda de tipología aislada, adosada y vertical, con un mínimo de 50 viviendas del mismo prototipo en el desarrollo, una antigüedad mínima de 5 años de ocupación, vivienda ubicada en los perímetros de contención urbana U1, U2 y U3 y fuera de zonas de riesgo. También se descartaron desarrollos habitacionales con problemas físico-urbanos, sociales y económicos, como la existencia de vivienda abandonada.

Se analizaron cuatro desarrollos en Hermosillo y seis en Mexicali. Con base en la revisión del cumplimiento con los criterios de elegibilidad, el FIPATERM y el DKTI Vivienda eligieron Haciendas del Sur en Hermosillo y los desarrollos Barcelona Residencial y Sevilla en Mexicali para realizar el proyecto. Se propuso la rehabilitación de diez viviendas en Hermosillo y 20 en Mexicali.

Diseño Técnico para el proyecto piloto

El diseño técnico del proyecto constó de tres fases. Entre las premisas para el diseño técnico del piloto estuvo alcanzar un ahorro de energía de un mínimo del 20%, con respecto a la vivienda antes de su me-

joramiento y que los paquetes definidos alcanzaran las bandas de calificación A, B y C del Índice Global de Desempeño (IDG) del Sisevive-EcoCasa. Las evaluaciones se realizaron mediante las herramientas de evaluación DEEVi, SAAVi e IDG del Sisevive-EcoCasa, lo que facilitó analizar el ahorro de energía final y la relevancia climática por la mitigación de emisiones de CO₂e.

En la primera fase, se identificó una línea base para los tres proyectos arquitectónicos elegidos en los desarrollos cuyas características constructivas y de consumo son: losa de concreto armado, muros de block de concreto y losa de azotea de concreto armado y viga y bovedilla.

La segunda fase consistió en realizar un análisis costo-beneficio de medidas técnicas de forma independiente o aislada, para así obtener un *benchmark* de distintas medidas técnicas, considerando los gastos de financiamiento y los ahorros proyectados. Para tal fin, FIPATERM y el DKTI VES levantaron los costos de proveeduría e instalación de las medidas técnicas seleccionados. Se realizaron simulaciones energéticas en DEEVi de 39 ecotecnologías energéticas elegidas

“DKTI Vivienda desarrolló una calculadora de flujos anuales en EXCEL que, a su vez simula la facturación de electricidad, gas y agua, con base en los resultados de la evaluación con DEEVi y SAAVi.

⁷ La Unidad de Medida y Actualización (UMA) es la referencia económica en pesos para determinar la cuantía del pago de las obligaciones y supuestos previstos en las leyes federales, de las entidades federativas, así como en las disposiciones jurídicas que emanen de todas las anteriores. Para 2023, el valor mensual de la UMA, es de \$3,153.70 pesos mexicanos, equivalentes a EUR 157.54. Un ingreso familiar mensual de 2.2 UMA hasta 16.0 UMA equivale EUR 346.59 hasta EUR 2,520.67 respectivamente. (1 EUR = 20.0182 MXN para mayo 2023, fuente: InforEuro)

En la tercera fase del diseño técnico se configuraron paquetes de medidas técnicas para los proyectos arquitectónicos preseleccionados en Mexicali y Hermosillo, mediante la evaluación y optimización bajo el enfoque global de la vivienda con las herramientas del Sisevive-EcoCasa.

y de cinco tecnologías de ahorro de agua en SAAVi, para conocer la reducción de energía final en kWh anuales y kg de gas al año, su reducción de CO₂e y el puntaje con base en la escala de calificación IDG. Mediante estos indicadores, y los resultados del análisis de flujos anuales, de VPN, ROI y TIR, se seleccionaron las medidas técnicas para la formación de paquetes de optimización.

En la tercera fase del diseño técnico se configuraron paquetes de medidas técnicas para los proyectos arquitectónicos preseleccionados en Mexicali y Hermosillo, mediante la evaluación y optimización bajo el enfoque global de la vivienda con las herramientas del Sisevive-EcoCasa y con base en el concepto de rehabilitación energética ‘paso a paso’ que se planteó en el diseño técnico de la NAMA de Vivienda Existente.⁸ Se desarrollaron cinco paquetes para cada uno de los prototipos de los desarrollos elegidos, Sevilla, Barcelona Residencial y Haciendas del Sur, teniendo tres niveles de eficiencia energética y dos opciones “plus”

considerando el uso de energía renovable y la opción “cero gas”, que buscaba probar la ventaja de una vivienda 100% eléctrica y con suministro de fuentes renovables.

Ajustes a los paquetes en función de la capacidad de endeudamiento

Antes de la ejecución del *Grant Agreement* no fue posible contar con la información de ingresos para los habitantes de Haciendas del Sur, cuyo ingreso mensual oscila entre 6,000 y 9,000 pesos mensuales. Por lo que durante la implementación del proyecto piloto se identificó que existía un peligro real para dichos clientes de caer en rezago del pago del crédito. Por lo anterior, y con información basada en un análisis de perfilamiento de la población de los desarrollos seleccionados, elaborado en paralelo a la implementación del proyecto piloto, se tomó la decisión de actualizar los montos máximos de financiamiento con crédito FIPATERM para cada uno de los tres desarrollos. En octubre de 2021, se adecuaron los paquetes de optimización en función de las mensualidades correspondientes a los nuevos montos máximos de financiamiento y tomando en cuenta las cotizaciones finales para la implementación.

De acuerdo con los resultados sobre el análisis de capacidad de endeudamiento de los posibles participantes de los desarrollos elegidos, de no disminuir el número de usuarios potenciales de participar en el proyecto piloto y reducir los riesgos de cartera vencida en el piloto, así como de cumplir con las condiciones establecidas en la propuesta del proyecto y el monto de financiamiento de la GIZ, se decidió en conjunto con FIPATERM reasignar los montos y la asignación de paquetes a implementar en ambas ciudades, quedando de la siguiente forma:

- + 10 viviendas en Hermosillo con el Paso-I
- + 18 viviendas en Mexicali con el Paso-I (con flexibilización de medidas implementadas en ciertas viviendas, dependiendo de la condición física de la vivienda y la capacidad de endeudamiento de sus propietarios).
- + 1 vivienda en Mexicali con el Paso-II
- + 1 vivienda en Mexicali con el Paso-III

⁸ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171352/VIVIENDA_EXISTENTE_BAJA.pdf

Campaña de promoción y difusión del proyecto piloto

Como parte de las actividades definidas en el marco del proyecto piloto, se desarrolló una campaña de promoción que permitiera al FIPATERM dar a conocer los alcances del proyecto piloto y sus requisitos, incluyendo a la sustentabilidad como parte fundamental de la estrategia de acercamiento hacia los clientes existentes y clientes potenciales para el proyecto. La ilustración 1 muestra el logo de la campaña de promoción, denominada ‘Mi casa se suma al cambio’.

Ilustración 1. Logo campaña de promoción y difusión ‘Mi casa se suma al cambio’



Se definieron los medios de comunicación para dar a conocer el proyecto y establecer vínculos con los habitantes de los desarrollos elegidos previo a la implementación del proyecto piloto. El DKTi Viviendas dio acompañamiento técnico al personal de FIPATERM y sus proveedores, para la elaboración de las actividades y herramientas de promoción. Esto incluyó la propuesta de discurso de acercamiento, con una explicación del proyecto piloto, su financiamiento, los beneficios para el usuario por formar parte del proyecto y las formas de pago y retorno de la inversión. La ilustración 2 muestra el folleto de promoción con la descripción de los tres niveles de eficiencia energética y las medidas técnicas de cada paquete

Se desarrolló una campaña de promoción que permitiera al FIPATERM dar a conocer los alcances del proyecto piloto y sus requisitos, incluyendo a la sustentabilidad como parte fundamental de la estrategia de acercamiento hacia los clientes existentes y clientes potenciales para el proyecto.

Ilustración 2. Folleto de promoción.

Mejora Paso a Paso con Financiamientos Consecutivos
 → alcanzar óptimo desempeño

FASE	Elementos	Beneficio
FASE 3 B-A	Los elementos de la Fase 1 y 2 Sellado hermeticidad al aire Ventanas eficientes Sistema descentralizado de ventilación mecánica controlada	83% 7.0 Ton de CO ₂ = 588 árboles 83 tinacos
FASE 2 C-B	Los elementos de la Fase 1 Aislamiento térmico en muros Aire acondicionado eficiente	89% 6.8 Ton de CO ₂ = 573 árboles 83 tinacos
FASE 1 D-C	Cambio de electrodomésticos Dispositivos ahorradores de agua (cocina y baño) Aislamiento térmico en el techo Calentador solar de agua Ventilador de techo Focos LED	47% 3.7 Ton de CO ₂ = 308 árboles 83 tinacos

A mayor ahorro, mayor confort.

Las FASES no incluyen todas las ecotecnologías, dependen de las soluciones que requiera tu vivienda

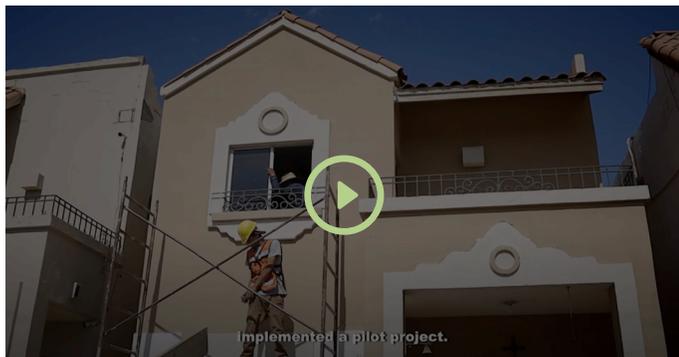
ELIMINA TUS FACTURAS DE GAS!
 Existen la Fase 2 PLUS y Fase 3 PLUS con calentador eléctrico, estufa de inducción y sistema fotovoltaico.
*** CERO GAS**

Equivalencia número de árboles absorbiendo CO₂ al año
 Equivalencia a un tinaco de 1500 lt de capacidad
 % Porcentaje de reducción de energía

1 tinaco equivale a 8 duchas en consumo de agua
 Cada árbol absorbe 12 kg de CO₂ al año

El acompañamiento técnico incluyó recomendaciones a largo plazo para la promoción del Programa ASI en su versión 2.0. Como resultado de estas recomendaciones se elaboraron videos con testimonios de las personas que formaron parte del piloto, donde cuentan, de primera mano, los beneficios y el ahorro económico gracias a los cambios realizados en

su casa. Estos videos se diseñaron para que fueran fáciles de entender y que pudieran reproducirse con los distintos medios de comunicación de FIPATERM. En las siguientes ligas, en el canal YouTube de la GIZ México, se pueden ver los videos testimoniales del proyecto piloto y un video que describe el concepto técnico para la rehabilitación energética.



VIDEO DE PROYECTO PILOTO DE MEJORAMIENTO ENERGÉTICO

Programa ASI y DKTI Vivienda (Versión Corta)
 YouTube



VIDEO DE PROYECTO PILOTO DE MEJORAMIENTO ENERGÉTICO

Programa ASI y DKTI Vivienda (Versión Completa)
 YouTube



CONCEPTO TÉCNICO PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN LA VIVIENDA SOCIAL EXISTENTE EN MÉXICO

YouTube

2.4 Actividades complementarias de la implementación del proyecto piloto

De manera complementaria a las actividades en preparación del piloto y de implementación del *Grant Agreement*, el DKTI Vivienda apoyó al fideicomiso con capacitaciones dirigidas al personal del FIPATERM y a su red de proveedores acreditados. Así mismo, en sinergia con el proyecto piloto, se realizaron en las viviendas participantes avalúos que aplicaron una

metodología que facilita conocer el valor agregado a las viviendas por la implementación de medidas de EE/ER. A raíz de las recomendaciones para la promoción del Programa ASI en su versión 2.0 y de los resultados del proyecto piloto, el DKTI Vivienda desarrolló y programó una herramienta optimizada de análisis financiero y orientación.

Realización piloto de avalúos sustentable en las viviendas del proyecto piloto

En sinergia con las actividades del DKTI Vivienda, se acordó con el FIPATERM la realización de avalúos piloto en viviendas del proyecto antes y después de la rehabilitación energética. Dichos avalúos aplicaron una metodología para avalúos sustentables, desarrollado en el marco del DKTI VES, que buscaba vincular un avalúo con la calificación de eficiencia energética y medioambiental de una vivienda. La realización de los avalúos piloto facilitó ejemplificar el impacto en el valor comercial de una vivienda que cuenta con medidas de EE/ER en comparación con viviendas similares que carecen de estas medidas. Los resultados contribuirán a que, en un futuro, se pueda comunicar el desempeño de eficiencia energética y medioambiental de una vivienda a través de su avalúo a valuadores, dueños, agentes inmobiliarios, compradores, usuarios e instituciones de financiamiento.

Capacitación y redes de aprendizaje

Las actividades alrededor de la conceptualización e implementación del proyecto piloto fueron apoyadas con capacitaciones y el diseño e implementación de redes de aprendizaje a medida de las necesidades del Fideicomiso.

En septiembre de 2020, previo a las actividades del diseño técnico, personal de FIPATERM fue capacitado con el curso oficial de certificación Sisevive-EcoCasa 2.0 para poder aplicar el sistema de evaluación. La capacitación se complementó con la participación de personal de FIPATERM en el 24^o Congreso Internacional de *Passive House Institute* 2020, impartido en formato virtual del 23 septiembre 2020 al 8 octubre 2020. En el marco de la implementación del proyecto piloto, en mayo 2021, se impartió el curso *Passivhaus Tradesperson* de manera virtual a personal de FIPATERM y sus proveedores acreditados.

Para complementar la implementación del proyecto piloto y fortalecer las capacidades del personal de FIPATERM y sus proveedores, el DKTI Vivienda desarrolló una estrategia de capacitación basada en redes de aprendizaje. Se brindó asistencia al FIPATERM en la creación de tres redes de aprendizaje para aire acondicionado, aislamiento térmico y sistemas fotovoltaicas. Se capacitó el personal interno de FIPATERM, así como proveedores acreditados. Todos los materiales de capacitación se encuentran disponibles en el formato de acompañamiento sincrónico en la plataforma de *Google Classroom*.

Herramienta optimizada de análisis financiera y orientación

Otra recomendación a largo plazo para la promoción del Programa ASI en su versión 2.0 fue la creación de una herramienta optimizada de análisis financiero y orientación. A raíz de los resultados del proyecto piloto, FIPATERM y el DKTI Vivienda acordaron así mismo de complementar el desarrollo de la herramienta digital de análisis técnico-financiero con un medidor de eficiencia energética. La herramienta desarrollada por el DKTI Vivienda permite conocer el impacto de las tecnologías que financia el Programa ASI, bajo el WHA y en función de la zona climática, tarifa eléctrica y perfil de consumo del cliente. De fácil entendimiento, el medidor de eficiencia energética informa el impacto que aporta cada tecnología a una vivienda optimizada con todas las tecnologías que ofrece el Programa ASI en función de los consumos mínimos y máximos del cliente. Así mismo, la herramienta calcula los datos de mitigación de CO₂, lo cual crea las condiciones para acoplar financiamiento climático. La herramienta incluye resultados para los 8 subprogramas operativos del Programa, así como para dos nuevos subprogramas. El módulo de la herramienta de eficiencia energética opera desde agosto 2023. Se pueden revisar en el portal web del Programa ASI.

HERRAMIENTA ASI (PROGRAMAASI.MX)







3

Medidas Técnicas Implementadas

Medidas Técnicas Implementadas

Como resultado de la implementación del proyecto piloto, se conoce los potenciales ahorros de energía, la relevancia climática y la viabilidad técnica y económica de las medidas técnicas seleccionadas.

En esta sección se describen los paquetes de optimización implementados en las viviendas del proyecto piloto. Para cada paquete tipo se registró en una ficha técnica las características de eficiencia y costo de implementación de las medidas financiadas y los resultados de la evaluación ex ante mediante las herramientas del Sisevive-EcoCasa. Así mismo, se documentan los resultados de un análisis de viabilidad económica y se complementa con datos de consumo real y facturación eléctrica ex-post con base en los recibos de los servicios de la CFE SSB.

El paquete Paso I, implementado en el desarrollo Haciendas del Sur en Hermosillo, se documenta en la sección 3.1. Como mencionado en el capítulo anterior, fue importante ajustar los montos de financiamiento según la capacidad mensual de pago y de endeudamiento de los posibles participantes. Se decidió ofrecer únicamente el paquete Paso-I en el desarrollo y se pudo colocar el mismo paquete con el mismo tipo de medidas en las 10 viviendas participante.

La sección 3.2 documenta el paquete Paso I para el prototipo de 1 nivel de los desarrollos Barcelona y Sevilla en Mexicali. Se acordó admitir la participación de viviendas de 1 nivel en el desarrollo Sevilla, al corresponder al mismo prototipo de la vivienda de 1 nivel en Barcelona. Cabe mencionar que, aunque ambos desarrollos los construyó la empresa desarrolladora, por su ubicación en Mexicali, el desarrollo Barcelona corresponde a un segmento de la población con menor poder adquisitivo. Durante la promotoría e implementación de las viviendas del Paso-I, se identificó la necesidad de que las tecnologías dentro de los paquetes de las viviendas no fueran estáticas. Por ello se contempló la opción de personalizar los paquetes sin descuidar el 20% de ahorro de energía, a fin de fa-

cilitar la participación de usuarios que ya cuenten con equipos eficientes que se contemplen en el paquete. La sección reporta los datos del paquete que sirvió de referencia para los paquetes implementados en un total de cinco viviendas del prototipo de un nivel.

Para el desarrollo Sevilla, la sección 3.3 explica los datos del paquete Paso-I de un prototipo de 2 niveles de la vivienda que sirvió como referencia para los demás paquetes Paso-II en Sevilla. De igual forma, se contempló la opción de personalizar los paquetes implementados en 13 viviendas del prototipo de 2 niveles. El paquete Paso-II se documenta en la sección 3.4, , cabe mencionar que el participante optó por un paquete con una estufa de inducción magnética, un calentador de agua eléctrico y un sistema fotovoltaico para sustituir los consumidores de gas y probar el concepto de una vivienda 100% eléctrica con suministro de electricidad por fuentes renovables. La sección 3.5 reporta el paquete Paso III, que incluye ventanas eficientes, control de infiltraciones y ventilación mecánica controlada con recuperación de energía.

Fichas técnicas

En las fichas técnicas, para cada uno de los paquetes mencionados, se describe los prototipos de viviendas en los desarrollos seleccionados, así como las características de eficiencia y el costo de implementación de las medidas técnicas. Las medidas se seleccionaron según el diseño técnico y como resultado del procedimiento acordado entre las partes para contratar tecnologías tras presentar al menos tres ofertas para su elección. Se documenta el potencial de ahorro de energía y relevancia climática con base en las evaluaciones ex ante con el Sisevive-EcoCasa. Los ahorros reportados se determinaron contra la misma vivienda antes de la rehabilitación energética.

Se incluyen datos sobre la reducción de energía final total, la generación de electricidad a través de instalaciones fotovoltaicas (cuando aplique), la reducción de emisiones de CO₂e⁹, la calificación del Índice de Desempeño Global (IDG), así como la frecuencia de sobrecalentamiento y de bajocalentamiento. A su vez, la ficha técnica documenta los montos del esquema de cofinanciamiento aplicado para fines del proyecto piloto.

Análisis de viabilidad económica

Se documentaron los resultados de un análisis desde la perspectiva del usuario final, para conocer la viabilidad económica bajo las condiciones de financiamiento actuales del Programa ASI y en función de los ahorros proyectados sobre la facturación de electricidad, gas y agua. Se compararon diferentes escenarios para distintos perfiles de consumo. Estos perfiles se basaron en una estratificación de los consumos anuales de energía eléctrica de las viviendas del mismo prototipo arquitectónico en los tres desarrollos que fueron seleccionados, con base en datos de los recibos de CFE SSB. Lo anterior, facilitó conocer la viabilidad económica en viviendas que presentan un consumo anual de electricidad, gas y agua menor con respecto a los patrones de uso de referencia de la vivienda de línea base.

Para tal fin, se desarrolló un modelo que ajusta la demanda de electricidad para refrigeración, la demanda de gas y el consumo proyectado de agua con un factor de uso, tanto para la vivienda antes de la intervención, como para los ahorros proyectados de la vivienda optimizada.

Se tomaron en cuenta las condiciones de financiamiento establecidas en el Programa ASI, respecto a la tasa de interés y plazo de financiamiento en función de la inversión inicial.

Todos los análisis de viabilidad económica para los distintos paquetes de optimización, que se presentan en las secciones 3.1 a 3.5, consideran financiar el cos-



Esta sección describe los paquetes de optimización que fueron implementados en las viviendas participantes del proyecto piloto. Para cada paquete tipo se registró en una ficha técnica las características de eficiencia y costo de implementación de las medidas financiadas y los resultados de la evaluación.

⁹ Con base en el Factor de emisión del sistema eléctrico nacional 20200, publicado por SEMARNAT el 28 de febrero 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/807500/aviso_fesen_2022.pdf

to total de implementación de las medidas técnicas, sin tomar en cuenta el beneficio de la subvención de GIZ. Se tomaron en cuenta las condiciones de financiamiento establecidas en el Programa ASI, con una tasa de interés del 13% y un plazo de financiamiento de 60 meses o menor, en función de la inversión inicial.

Monitoreo de recibo de electricidad

En las viviendas participantes se realizó un monitoreo ex ante y ex post de los consumos y facturación de electricidad a través de los recibos de los servicios CFE SSB. Se levantaron datos para 12 meses antes de la intervención en las viviendas, de enero 2021 a diciembre 2021. La ventana de intervención en las distintas viviendas fue de enero 2022 a junio 2022. Se reportan datos para 12 meses posterior a la terminación de la implementación de las medidas técnicas. Para el desarrollo Haciendas del Sur se reportan los datos de julio 2022 a junio 2023. Para los desarrollos Barcelona y Sevilla se reportan los datos de agosto 2022 a julio 2023, dado que los contratos de interconexión de los sistemas fotovoltaicos iniciaron en agosto 2022.

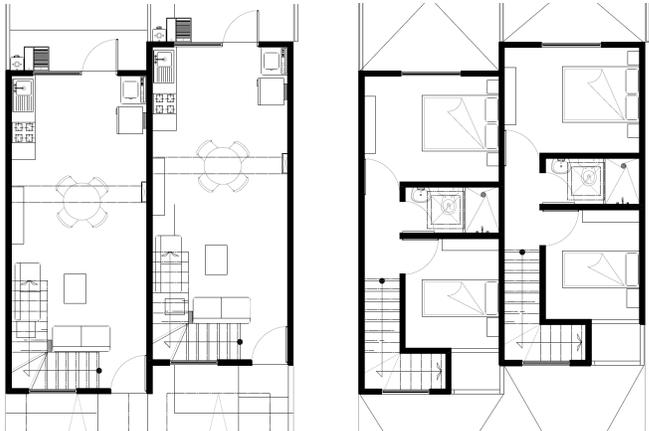
Cabe mencionar que la tarifa de energía eléctrica de suministro básico se modifica periódicamente con un factor de ajuste mensual. De diciembre 2021 a julio 2023, se presenta un aumento¹⁰ del 12.2% a la tarifa. A parte, se analizaron el monto del apoyo gubernamental a los costos de la energía en el Mercado

Eléctrico Mayorista (MEM) y el apoyo municipal antes y después de la rehabilitación energética, para conocer el beneficio de la implementación de las medidas técnicas para la CFE SSB, Hacienda y a nivel municipal. Sin embargo, si bien la reducción de los apoyos gubernamentales y municipales es más pronunciada para consumos anuales menores, el análisis de dichos apoyos no ha mostrado una tendencia clara de comportamiento en relación con el ahorro de energía eléctrica en las viviendas intervenidas. Para contar con un resultado más fiable, es necesario un análisis más amplio de mayor cantidad de proyectos o viviendas similares, para tener certeza sobre la tendencia detectada.

¹⁰ Calculado con base en la banda de tarifa Excedente, con un costo de 3.115 \$/kWh en diciembre 2021 y 3.496 \$/kWh en julio 2023.

3.1 Desarrollo Haciendas del Sur, paquete de desempeño integral Paso-I

Tabla 2. Ficha técnica paquete Paso-I, desarrollo Haciendas del Sur

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA			
Desarrollo residencial			
Haciendas del Sur			
Estado (ubicación)	Sonora	Niveles	2
Ciudad o Municipio	Hermosillo	Superficie de referencia en ergética	42.81(m ²)
Segmento de la vivienda	Popular	Zona climática INEGI	Muy seco
Precio de la vivienda	\$475,000.00	Tarifa CFE	1F
Tipología	Vivienda ADOSADA		
IMAGEN DE LA VIVIENDA		PLANTA(S) ARQUITECTÓNICA(S)	
			
ECOTECNOLOGÍAS / DATOS TÉCNICOS			
RUBRO	MEDIDA TÉCNICA DE EE/ER		
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM			\$ 13,340.00
ELECTRODOMÉSTICOS	Aire Acondicionado, de 1 tonelada, tipo <i>inverter</i> y de REEE 6.91		\$ 13,340.00
Subvención de GIZ			\$ 26,498.32
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para lavabo con consumo máximo de 6.0 litros/minuto		\$ 1,412.10
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para fregadero con consumo máximo de 6.0 litros/ minuto		\$ 1,288.62
AHORRADORES DE AGUA	Regadera con consumo máximo de 3.6 litros/minuto		\$ 889.00
ILUMINACIÓN	10 lámparas LED, 10W, 740 lm		\$ 765.60
ELECTRODOMÉSTICOS	Refrigerador consumo igual o menor 1.04 kWh/día, de hasta 17 pies cúbicos		\$ 11,769.36
ELECTRODOMÉSTICOS	Ventilador techo potencia de 42" de 5 aspas, 43W		\$ 1,321.00
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en losa con Poliuretano esparado 1 1/4"		\$ 6,268.64
OTROS	Ajuste en sumideros en techo		\$ 2,320.00
Promoción por parte de FIPATERM			\$ 2,297.69
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de guardapolvo en puertas		\$ 193.33
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de sello hermético en puertas		\$ 646.82
VENTANAS	Suministro e instalación de película reflectiva en ventanas de fachada principal		\$ 1,457.54
MONTO TOTAL POR UNIDAD DE VIVIENDA (INVERSIÓN INICIAL)			\$ 42,136.01
Monto por m ² de Superficie de Referencia Energética			\$ 984.26

EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA

		Reducción de Energía Final Total ¹¹	42.21%
DESEMPEÑO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL	Reducción de Energía Final Total, con Generación de Electricidad IFV ¹		N/A
	Reducción de emisiones kg/año	2,347	49.06%
	BANDA IDG (automatizado)	48	D
	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento	48%	7%
LÍNEA BASE	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento LINEA BASE	60%	9%
	IDG LB	-7	G

FINANCIAMIENTO	
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM	\$ 13,340.00
Subvención de GIZ	\$ 26,498.32
Promoción por parte de FIPATERM	\$ 2,297.69
Pago mensual crédito Programa ASI (60 meses), FIPATERM	\$ 635.72

El análisis de viabilidad económica para los paquetes Paso-I contempla distintos perfiles de consumo, partiendo del modelo de la línea base de referencia, que considera el 100% de la demanda de electricidad para refrigeración y del consumo proyectado de agua, hasta llegar al perfil de menor consumo que aplica sólo el 50% de la demanda de electricidad para refrigeración y del consumo de agua. Estas consideraciones

aplican tanto para el modelo de la vivienda antes de la rehabilitación energética como para la vivienda optimizada.

La tabla 3 reporta los resultados del análisis de viabilidad económica. El VPN sale positivo, tanto para el escenario de línea base (perfil de consumo 100%) como para perfiles de consumo de 90% hasta el 50%.

Tabla 3. Análisis de viabilidad económica, Paso-I, desarrollo Haciendas del Sur

VIABILIDAD ECONÓMICA						
PERFIL DE CONSUMO	100%	90%	80%	70%	60%	50%
TOTAL FINANCIADO	\$ 60,876	\$ 60,876	\$ 60,876	\$ 60,876	\$ 60,876	\$ 60,876
VALOR PRESENTE NETO	\$ 91,734	\$ 61,057	\$ 38,607	\$ 30,025	\$ 15,331	\$ 637
RETORNO DE INVERSIÓN	\$ 7.1	\$ 8.6	\$ 10.3	\$ 14.7	\$ 17.3	\$ 20.8
AGUA - Ahorros anuales	\$ 2,744	\$ 2,484	\$ 1,987	\$ 1,987	\$ 1,626	\$ 1,264
ELECTRICIDAD - Ahorros anuales	\$ 6,613	\$ 5,108	\$ 4,305	\$ 3,816	\$ 3,326	\$ 2,836
AHORRO TOTAL AL AÑO	\$ 9,385	\$ 7,617	\$ 6,315	\$ 5,822	\$ 4,968	\$ 4,115
L. Base ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	9,027	8,299	7,570	6,842	6,113	5,385
Proyecto ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	3,640	3,415	3,191	2,967	2,743	2,519
L. Base ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 9,592	\$ 7,926	\$ 6,938	\$ 6,253	\$ 5,569	\$ 4,884
Proyecto ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 3,193	\$ 2,983	\$ 2,772	\$ 2,561	\$ 2,350	\$ 2,140

¹¹ Resultados proyectados ajustados con los factores de corrección para aire acondicionado (91.6 %) y calefacción (0.7%).

El consumo anual del perfil de consumo de 50% es de 5,358 kWh y corresponde al estrato de consumo de 5,387 kWh que representa 107 hogares en el desarrollo Haciendas del Sur (véase tabla 4). Por lo anterior, y con base en los resultados, en el desarrollo Haciendas

del Sur, el paquete Paso-I es económicamente viable en los cuatro estratos de mayor consumo documentados en la y que van de 12,289 a 5,387 kWh anuales e incluyen 149 de los 188 hogares en el desarrollo.

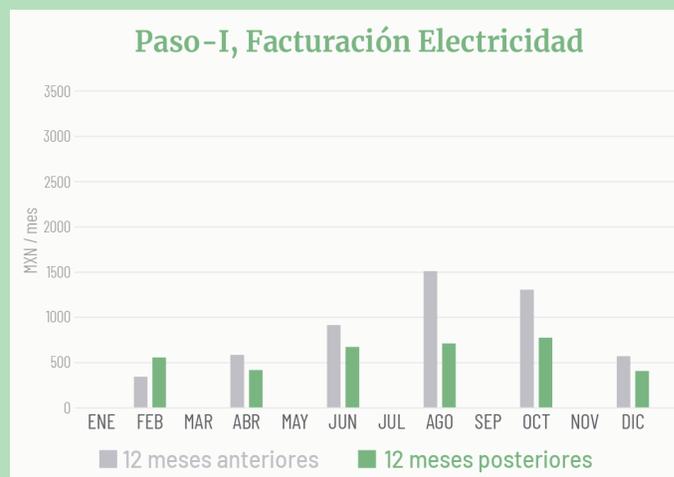
Tabla 4. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Haciendas del Sur

2022			
KWH	CONSUMO \$	# HOGARES	% HOGARES
12,289.00	\$15,553.00	10	5%
8,324.00	\$7,314.00	12	6%
7,245.00	\$6,311.00	20	11%
5,387.00	\$4,156.00	107	57%
3,547.00	\$2,586.00	17	9%
1,645.00	\$1,342	22	12%

La ilustración 3 reporta el consumo y facturación de electricidad durante 2021 y de julio 2022 a junio 2023 de una vivienda Paso-I en Haciendas del Sur, con base en datos de los recibos bimestrales de CFE SSB. La intervención en las viviendas se realizó entre enero de 2022 y abril de 2022. En 2021, la vivienda reportó un consumo anual de 6,339 kWh y una facturación de \$ 5,228.-.

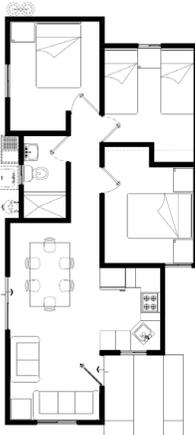
Comparando el consumo durante el año 2021, contra el consumo de los 12 meses de julio 2022 a junio 2023, se reporta un ahorro de 2,251 kWh, correspondientes a un 35.5% del consumo de energía eléctrica y de \$ 1,690.-, correspondientes a un 26.7% de la facturación

Ilustración 3. Consumo y facturación de electricidad, Paso-I, desarrollo Haciendas del Sur



3.2 Desarrollos Barcelona y Sevilla, paquete de desempeño integral Paso-I

Tabla 5. Ficha técnica paquete Paso-I, vivienda de 1 nivel, desarrollos Barcelona y Sevilla

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA			
Desarrollo residencial			
Barcelona, Sevilla			
Estado (ubicación)	Baja California	Niveles	1
Ciudad o Municipio	Mexicali	Superficie de referencia energética	55.87 (m ²)
Segmento de la vivienda	Tradicional	Zona climática INEGI	Muy seco
Precio de la vivienda	\$854,700.00	Tarifa CFE	1F
Tipología	Vivienda AISLADA		
IMAGEN DE LA VIVIENDA		PLANTA(S) ARQUITECTÓNICA(S)	
			
ECOTECNOLOGÍAS / DATOS TÉCNICOS			
RUBRO		MEDIDA TÉCNICA DE EE/ER	
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM		\$ 35,538.76	
ELECTRODOMÉSTICOS	Aire Acondicionado, de 1 tonelada, tipo inverter y de REEE 5.33	\$ 15,643.00	
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en losa con Poliuretano esparado 1 1/4"	\$ 19,895.76	
Subvención de GIZ		\$ 25,815.92	
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para lavabo con consumo máximo de 6.0 litros/minuto	\$ 1,436.08	
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para fregadero con consumo máximo de 6.0 litros/ minuto	\$ 2,443.66	
AHORRADORES DE AGUA	Regadera con consumo máximo de 1.9 litros/minuto	\$ 410.54	
ELECTRODOMÉSTICOS	3 ventiladores de techo, potencia de 42" de 4 aspas, 43W	\$ 3,504.90	
CALENTADOR SOLAR	Calentador solar plano, superficie de captación 2.50 m ² , termostato 150 litros	\$ 17,656.18	
ACCESORIOS AGUA	Manguera flexible, cubretaladro, llave de ángulo	\$ 364.56	
Promoción por parte de FIPATERM		\$ 2,210.49	
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de guardapolvo en puertas	\$ 799.79	
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de sello hermético en puertas	\$ 472.69	
VENTANAS	Suministro e instalación de película reflectiva en ventanas de fachada principal	\$ 938.01	
MONTO TOTAL POR UNIDAD DE VIVIENDA (INVERSIÓN INICIAL)		\$ 63,565.17	
Monto por m ² de Superficie de Referencia Energética		\$ 1,137.73	

EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA			
DESEMPEÑO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL	Reducción de Energía Final Total ¹²	49.43%	
	Reducción de Energía Final Total, con Generación de Electricidad IFV ²	N/A	
	Reducción de emisiones kg/año	3,362	51.38%
	BANDA IDG (automatizado)	41	D
	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento	36%	26%
LÍNEA BASE	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento LINEA BASE	46%	29%
	IDG LB	-10	G
FINANCIAMIENTO			
	Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM	\$ 35,538.76	
	Subvención de GIZ	\$ 25,815.92	
	Promoción por parte de FIPATERM	\$ 2,210.49	
	Pago mensual crédito Programa ASI (60 meses), FIPATERM	\$ 825.92	

El análisis de viabilidad económica para los paquetes Paso-I en la vivienda de 1 nivel en los desarrollos Barcelona y Sevilla contempla los mismos perfiles de consumo como el análisis del Paso-I en Haciendas del Sur, que van del modelo de la línea base de referencia hasta llegar al perfil de menor consumo que considera el 50% de las demandas y consumos. Sin embargo, el análisis toma en cuenta el consumo de gas, ya que en los desarrollos Barcelona y Sevilla se financian tecnologías de ahorro de gas, como calentadores solares de agua.

La tabla 6 reporta los resultados del análisis de viabilidad económica. El VPN sale positivo, tanto para el escenario de línea base (perfil de consumo 100%) como para perfiles de consumo de 90% hasta el 60%. Para el perfil de consumo que aplica un factor de uso del 50% sobre la demanda de refrigeración y el consumo proyectado de agua, el resultado del VPN ya no sale positivo.

Tabla 6. Análisis de viabilidad económica, Paso-I, vivienda de 1 nivel, desarrollos Barcelona y Sevilla

VIABILIDAD ECONÓMICA						
PERFIL DE CONSUMO	100%	90%	80%	70%	60%	50%
TOTAL FINANCIADO	\$ 80,137	\$ 80,137	\$ 80,137	\$ 80,137	\$ 80,137	\$ 80,137
VALOR PRESENTE NETO	\$ 177,503	\$ 137,717	\$ 97,171	\$ 58,240	\$ 19,290	-\$ 5,490
RETORNO DE INVERSIÓN	\$ 6.0	\$ 7.0	\$ 8.4	\$ 10.6	\$ 18.2	#iVALOR!
AGUA - Ahorros anuales	\$ 1,197	\$ 1,055	\$ 867	\$ 775	\$ 682	\$ 588
GAS - Ahorros anuales	\$ 1,151	\$ 1,036	\$ 921	\$ 806	\$ 691	\$ 576
ELECTRICIDAD - Ahorros anuales	\$ 12,593	\$ 10,561	\$ 8,529	\$ 6,497	\$ 4,464	\$ 3,245
AHORRO TOTAL AL AÑO	\$ 14,942	\$ 12,652	\$ 10,317	\$ 8,077	\$ 5,837	\$ 4,409
L. Base ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	13,659	12,545	11,432	10,319	9,206	8,093
Proyecto ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	8,414	7,797	7,180	6,564	5,947	5,330
L. Base ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 20,211	\$ 17,665	\$ 15,118	\$ 12,572	\$ 10,026	\$ 8,266
Proyecto ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 8,024	\$ 7,445	\$ 6,865	\$ 6,285	\$ 5,706	\$ 5,126

¹² Resultados proyectados ajustados con los factores de corrección para aire acondicionado (89.3 %) y calefacción (4.3%).

Con base en estos resultados, en el desarrollo Barcelona, el paquete Paso-I para el prototipo de 1 nivel es económicamente viable en los tres estratos de mayor consumo documentados en la tabla 7 y que van de 15,530 a 10,524 kWh anuales e incluyen 59 de los 153 hogares en el desarrollo. Para el desarrollo Sevilla,

de igual forma es viable en los tres estratos de mayor consumo que van de 16,168 a 10,924 kWh anuales e incluyen 524 de las 907 viviendas (tabla 8), sujeto a que la vivienda corresponda al prototipo de 1 nivel.

Tabla 7. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Barcelona

2022			
KWH	CONSUMO \$	# HOGARES	% HOGARES
15,530.00	\$22,728.00	9	6%
12,481.00	\$16,071.00	25	16%
10,524.00	\$12,307.00	25	16%
7,950.00	\$7,997.00	49	32%
5,020.00	\$7,271.00	14	9%
1,635.00	\$1,484.00	31	20%

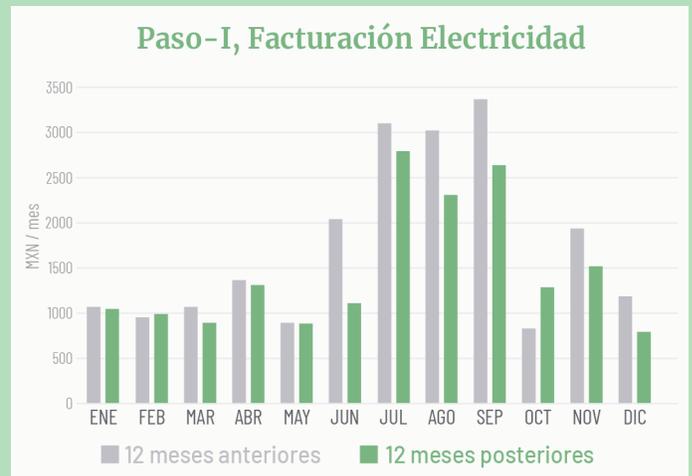
Tabla 8. Estratificación consumo de electricidad, desarrollo Sevilla

2022			
KWH	CONSUMO \$	# HOGARES	% HOGARES
16,168.00	\$24,225.00	143	16%
12,886.00	\$16,578.00	149	16%
10,924.00	\$12,683.00	232	26%
8,112.00	\$8,014.00	324	36%
5,264.00	\$4,243.00	54	6%
2,291.00	\$4,501.00	5	1%

La ilustración 4 reporta el consumo y facturación de electricidad durante 2021 y de agosto 2022 a julio 2023 de una vivienda Paso-I para el prototipo de 1 nivel en los desarrollos Barcelona y Sevilla, con base en los datos de los recibos de la CFE SSB. La intervención en las viviendas se realizó entre enero de 2022 y abril de 2022. En 2021, la vivienda reportó un consumo

anual de 13,601 kWh y una facturación de \$ 20,803. -. Comparando los 12 meses de agosto 2022 a julio 2023 contra el año 2021, se reporta un ahorro de 1,940 kWh, correspondientes a un 14.3% del consumo de energía eléctrica y de \$ 3.209. -, correspondientes a un 15.4% de la facturación.

Ilustración 4. Consumo y facturación de electricidad, Paso-I, desarrollos Barcelona y Sevilla



3.3 Desarrollo Sevilla, paquete de desempeño integral Paso-I

Tabla 9. Ficha técnica paquete Paso-I, vivienda de 2 niveles, desarrollo Sevilla

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA			
Desarrollo residencial			
Sevilla			
Estado (ubicación)	Baja California	Niveles	2
Ciudad o Municipio	Mexicali	Superficie de referencia en ergética	64.49 (m ²)
Segmento de la vivienda	Tradicional	Zona climática INEGI	Muy seco
Precio de la vivienda	\$1,100,000.00	Tarifa CFE	1F
Tipología	Vivienda AISLADA		
IMAGEN DE LA VIVIENDA		PLANTA(S) ARQUITECTÓNICA(S)	
			
ECOTECNOLOGÍAS / DATOS TÉCNICOS			
RUBRO		MEDIDA TÉCNICA DE EE/ER	
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM		\$ 28,425.89	
ELECTRODOMÉSTICOS	Aire Acondicionado, de 1 tonelada, tipo inverter y de REEE 5.33	\$ 15,643.01	
ILUMINACIÓN	4 lámparas LED, 10W, 740 lm	\$ 388.80	
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en losa con Poliuretano espreado 1 1/4"	\$ 12,394.08	
Subvención de GIZ		\$ 30,028.32	
AHORRADORES DE AGUA	2 mezcladoras para lavabo con consumo máximo de 6.0 litros/minuto	\$ 2,397.29	
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para fregadero con consumo máximo de 5.7 litros/ minuto	\$ 3,223.64	
AHORRADORES DE AGUA	Regadera con consumo máximo de 1.9 litros/minuto	\$ 410.51	
ELECTRODOMÉSTICOS	3 ventiladores de techo potencia de 52" de 5 aspas, 49W	\$ 5,454.90	
CALENTADOR SOLAR	Calentador solar plano, superficie de captación 2.50 m ² , termotanque 150 litros	\$ 17,875.08	
ACCESORIOS AGUA	Manguera flexible, cubretaladro, llave de ángulo	\$ 666.90	
Promoción por parte de FIPATERM		\$ 2,402.58	
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de guardapolvo en puertas	\$ 472.69	
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de sello hermético en puertas	\$ 799.79	
VENTANAS	Suministro e instalación de película reflectiva en ventanas de fachada principal	\$ 1,130.10	
MONTO TOTAL POR UNIDAD DE VIVIENDA (INVERSIÓN INICIAL)		\$ 60,856.79	
Monto por m ² de Superficie de Referencia Energética		\$ 943.66	

EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA			
DESEMPEÑO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL	Reducción de Energía Final Total ¹³	47.58%	
	Reducción de Energía Final Total, con Generación de Electricidad IFV ³	N/A	
	Reducción de emisiones kg/año	3,528	47.52%
	BANDA IDG (automatizado)	40	D
	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento	38%	27%
LÍNEA BASE	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento LINEA BASE	48%	28%
	IDG LB	-4	G
FINANCIAMIENTO			
	Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM	\$ 28,425.89	
	Subvención de GIZ	\$ 30,028.32	
	Promoción por parte de FIPATERM	\$ 2,402.58	
	Pago mensual crédito Programa ASI (60 meses), FIPATERM	\$ 660.62	

La tabla 10 reporta los resultados del análisis de viabilidad económica. El VPN sale positivo para todos los perfiles de consumo analizados (100% hasta el 50%).

Tabla 10. Análisis de viabilidad económica, Paso-I, vivienda de 2 niveles, desarrollos Sevilla.

VIABILIDAD ECONÓMICA						
PERFIL DE CONSUMO	100%	90%	80%	70%	60%	50%
TOTAL FINANCIADO	\$ 84,859	\$ 84,859	\$ 84,859	\$ 84,859	\$ 84,859	\$ 84,859
VALOR PRESENTE NETO	\$ 254,874	\$ 205,344	\$ 155,055	\$ 106,509	\$ 57,816	\$ 9,122
RETORNO DE INVERSIÓN	\$ 1.0	\$ 1.0	\$ 6.6	\$ 8.0	\$ 10.4	\$ 20.6
AGUA – Ahorros anuales	\$ 1,119	\$ 976	\$ 789	\$ 704	\$ 611	\$ 518
GAS – Ahorros anuales	\$ 3,294	\$ 2,964	\$ 2,635	\$ 2,305	\$ 1,976	\$ 1,647
ELECTRICIDAD – Ahorros anuales	\$ 15,635	\$ 13,252	\$ 10,869	\$ 8,486	\$ 6,102	\$ 3,719
AHORRO TOTAL AL AÑO	\$ 20,048	\$ 17,193	\$ 14,293	\$ 11,495	\$ 8,689	\$ 5,884
L. Base ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	14,927	13,705	12,483	11,260	10,038	8,816
Proyecto ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	7,840	7,318	6,797	6,276	5,755	5,233
L. Base ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 23,201	\$ 20,405	\$ 17,609	\$ 14,813	\$ 12,017	\$ 9,221
Proyecto ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 8,071	\$ 7,581	\$ 7,091	\$ 6,602	\$ 6,112	\$ 5,622

Con base en estos resultados, en el desarrollo Sevilla, el paquete Paso-I para la vivienda de 2 niveles es económicamente viable en los cuatro estratos de mayor consumo documentados en la tabla 11 y que van de 16,168 a 8,112 kWh anuales e incluyen 848 de los 907 hogares en el desarrollo.

¹³ Resultados proyectados ajustados con los factores de corrección para aire acondicionado (89.3 %) y calefacción (4.3%).

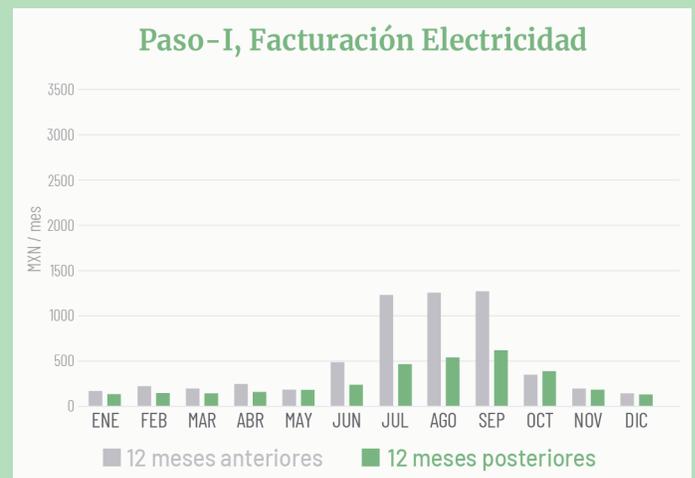
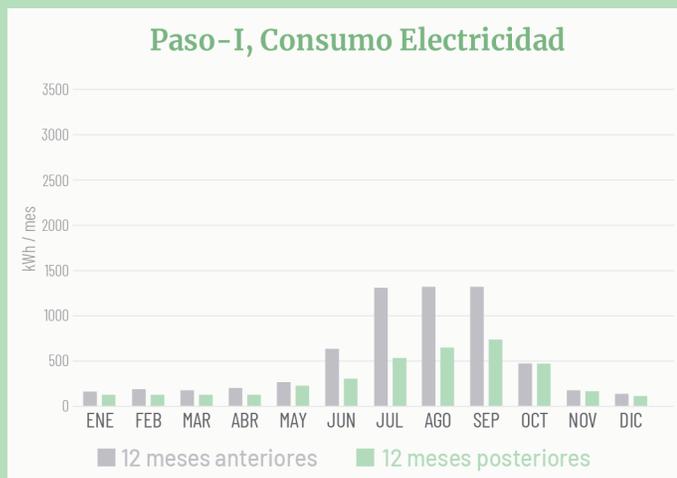
Tabla 11. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Sevilla

2022			
KWH	CONSUMO \$	# HOGARES	% HOGARES
16,168.00	\$24,225.00	143	16%
12,886.00	\$16,578.00	149	16%
10,924.00	\$12,683.00	232	26%
8,112.00	\$8,014.00	324	36%
5,264.00	\$4,243.00	54	6%
2,291.00	\$4,501.00	5	1%

La ilustración 5. Consumo y facturación de electricidad, Paso-I, desarrollo Sevilla reporta el consumo y facturación de electricidad durante 2021 y de agosto 2022 a julio 2023 de una vivienda Paso-I de 2 niveles en el desarrollo Sevilla, con base en los recibos de la CFE SSB.

La intervención en la vivienda se realizó entre enero de 2022 y febrero de 2022. En 2021, la vivienda reportó un consumo anual de 6,543 kWh y una facturación de \$ 6,100.-. Comparando el periodo de agosto 2022 a julio 2023 contra el año 2021, se reporta un ahorro de 2,681 kWh, correspondientes a un 41.0% del consumo de energía eléctrica y de \$ 2,627. -, correspondientes a un 43.1% de la facturación.

Ilustración 5. Consumo y facturación de electricidad, Paso-I, desarrollo Sevilla



3.4 Desarrollo Sevilla, paquete de desempeño integral Paso-II

Tabla 12. Ficha técnica paquete Paso-II, desarrollo Sevilla

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA			
Desarrollo residencial			
Sevilla			
Estado (ubicación)	Baja California	Niveles	2
Ciudad o Municipio	Mexicali	Superficie de referencia en ergética	64.49 (m ²)
Segmento de la vivienda	Tradicional	Zona climática INEGI	Muy seco
Precio de la vivienda	\$1,100,000.00	Tarifa CFE	1F
Tipología	Vivienda AISLADA		
IMAGEN DE LA VIVIENDA		PLANTA(S) ARQUITECTÓNICA(S)	
			
ECOTECNOLOGÍAS / DATOS TÉCNICOS			
RUBRO		MEDIDA TÉCNICA DE EE/ER	
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM		\$ 90,940.00	
ELECTRODOMÉSTICOS	Aire Acondicionado, de 2 toneladas, tipo inverter y de REEE 5.56	\$25,114.00	
SISTEMA FOTOVOLTAICO	Sistema fotovoltaico con 5 paneles de 450 W con Inversor central	\$65,826.00	
Subvención de GIZ		\$ 151,763.84	
AHORRADORES DE AGUA	2 mezcladoras para lavabo con consumo máximo de 6.0 litros/minuto	\$2,757.63	
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para fregadero con consumo máximo de 5.7 litros/ minuto	\$3,223.64	
AHORRADORES DE AGUA	Regadera con consumo máximo de 1.9 litros/minuto	\$410.52	
ILUMINACIÓN	10 lámparas LED, 10W, 740 lm	\$972.00	
ELECTRODOMÉSTICOS	Ventilador techo potencia de 52" de 5 aspas, 49W	\$5,454.90	
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en losa con Poliuretano esparado 1 1/4"	\$14,582.61	
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento en pretil y alero	\$5,239.68	
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en muros de Poliestireno 1 1/2"	\$55,674.08	
ACABADOS REFLECTIVOS	Pintura con alta reflectancia solar en muros	\$16,730.32	
CALENTADOR SOLAR	Calentador solar plano, superficie de captación 2.50 m2, termotanque 150 litros	\$17,875.08	
CALENTADOR DE AGUA	Calentador eléctrico, tanque de 50 litros y potencia de 3kW	\$5,881.02	
CALENTADOR DE AGUA	Circuito eléctrico e instalación de equipo de calentador eléctrico	\$3,231.07	
ELECTRODOMÉSTICOS	Estufa de inducción magnética de 4 quemadores	\$10,291.11	
ELECTRODOMÉSTICOS	Mueble base modular de cocina para colocar estufa de inducción	\$4,790.91	
ACCESORIOS AGUA	Manguera flexible, cubretaladro, llave de ángulo	\$652.68	
OTROS	Otros (mano de obra)	\$3,996.59	

Promoción por parte de FIPATERM		\$ 2,690.74
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de guardapolvo en puertas	\$472.69
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de sello hermético en puertas	\$799.79
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de película reflectiva en ventanas de fachada principal	\$1,418.26
MONTO TOTAL POR UNIDAD DE VIVIENDA (INVERSIÓN INICIAL)		\$ 245,394.58
Monto por m² de Superficie de Referencia Energética		\$ 3,805.16
EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA		
DESEMPEÑO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL	Reducción de Energía Final Total ¹⁴	69.43%
	Reducción de Energía Final Total, con Generación de Electricidad IFV⁶	N/A
	Reducción de emisiones kg/año	6,573 88.55%
	BANDA IDG (automatizado)	71 B
	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento	38% 27%
LÍNEA BASE	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento LINEA BASE	48% 28%
	IDG LB	-4 G
FINANCIAMIENTO		
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM		\$ 90,940.00
Subvención de GIZ		\$ 151,763.84
Promoción por parte de FIPATERM		\$ 2,690.74
Pago mensual crédito Programa ASI (60 meses), FIPATERM		\$ 2,113.45

El análisis de viabilidad económica para la vivienda Paso-II considera 4 perfiles de consumo. El modelo de la línea base de referencia considera el 100% de la demanda de electricidad para refrigeración, del consumo de gas y del consumo proyectado de agua. Los perfiles analizados llegan hasta el perfil de menor consumo que aplica un factor de uso del 70%, tanto para el modelo de la vivienda antes de la rehabilitación energética como para la vivienda optimizada. Se analiza un escenario denominado 'Promedio' que se basa en los consumos de electricidad, gas y agua durante 2021, de las viviendas participantes en el proyecto piloto en el desarrollo Sevilla, antes de la rehabilitación energética. Los consumos promedios de electricidad corresponden a un 74%, de gas a un 62% y de agua a un 49% con respecto a lo proyectado en el modelo de la línea base de referencia. De forma complementaria, se analizó un escenario denominado 'Alto consumo',

cuyo modelo ajusta el consumo anual de electricidad al estrato de los usuarios de mayor consumo en el desarrollo Sevilla de 16,168 kWh anuales (tabla 14).

La tabla 13 reporta los resultados del análisis de viabilidad económica. El VPN sale positivo, tanto para el escenario de línea base (perfil de consumo 100%), como para los perfiles de consumo de 90% hasta el 70%. Así mismo, el VPN sale positivo para el escenario 'Promedio' y muy atractivo para el escenario 'Alto consumo' de los usuarios de mayor consumo con un VPN de \$ 234,745. - y un ROI de 12.7 años.

¹⁴ Resultados proyectados ajustados con los factores de corrección para aire acondicionado (89.3 %) y calefacción (4.3%).

Tabla 13. Análisis de viabilidad económica, Paso-I, vivienda de 2 niveles, desarrollos Sevilla

VIABILIDAD ECONÓMICA						
PERFIL DE CONSUMO	100%	90%	80%	70%	60%	50%
TOTAL FINANCIADO	\$ 343,959	\$ 343,959	\$ 343,959	\$ 343,959	\$ 343,959	\$ 343,959
VALOR PRESENTE NETO	\$ 187,116	\$ 127,332	\$ 66,293	\$ 6,808	\$ 14,462	\$ 234,745
RETORNO DE INVERSIÓN	\$ 13.9	\$ 15.7	\$ 18.6	\$ 20.8	\$ 20.6	\$ 12.7
AGUA – Ahorros anuales	\$ 935	\$ 796	\$ 614	\$ 532	\$ 358	\$ 935
GAS – Ahorros anuales	\$ 6,654	\$ 6,054	\$ 5,454	\$ 4,855	\$ 4,375	\$ 6,654
ELECTRICIDAD – Ahorros anuales	\$ 21,395	\$ 18,790	\$ 16,158	\$ 13,515	\$ 14,572	\$ 24,039
AHORRO TOTAL AL AÑO	\$ 28,983	\$ 25,640	\$ 22,226	\$ 18,902	\$ 19,305	\$ 31,627
L. Base ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	14,927	13,705	12,483	11,260	11,749	16,168
Proyecto ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	2,263	2,060	1,856	1,653	1,734	2,470
L. Base ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 23,201	\$ 20,405	\$ 17,609	\$ 14,813	\$ 15,932	\$ 26,040
Proyecto ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 1,806	\$ 1,615	\$ 1,452	\$ 1,298	\$ 1,360	\$ 2,000

Con base en estos resultados, en el desarrollo Sevilla, el paquete Paso-II es económicamente viable en los tres estratos de mayor consumo documentados en la tabla 14 y que van de 16,168 a 10,924 kWh anuales e incluyen 524 de los 907 hogares en el desarrollo.

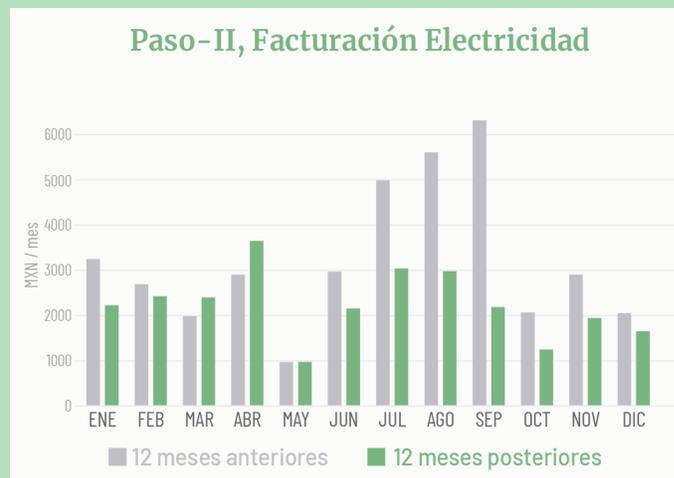
Tabla 14. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Sevilla

2022			
KWH	CONSUMO \$	# HOGARES	% HOGARES
16,168.00	\$24,225.00	143	16%
12,886.00	\$16,578.00	149	16%
10,924.00	\$12,683.00	232	26%
8,112.00	\$8,014.00	324	36%
5,264.00	\$4,243.00	54	6%
2,291.00	\$4,501.00	5	1%

La ilustración 6 reporta el consumo y facturación de electricidad durante 2021 y de agosto 2022 a julio 2023 de la vivienda Paso-II en Sevilla, con base en los datos de los recibos de la CFE SSB. La intervención en la vivienda se realizó entre mayo de 2022 y junio de 2022. El contrato de interconexión para la instalación fotovoltaica inició a mediados de agosto de 2022. En

2021, la vivienda reportó un consumo anual de 19,978 kWh y una facturación de \$ 39,022.-. Comparando los 12 meses de agosto 2022 a julio 2023 contra el año 2021, se reporta un ahorro de 7,856 kWh, correspondientes a un 39.3% del consumo de energía eléctrica y de \$ 19,077. -, correspondientes a un 48.9% de la facturación.

Ilustración 6. Consumo y facturación de electricidad, Paso-II, desarrollo Sevilla



Mediante el paquete de estufa de inducción magnética y calentador eléctrico de agua se eliminó el consumo de gas en la vivienda. Para el año 2021, antes de la rehabilitación energética, el propietario de la vivienda Paso-II indicó un consumo de 300 kg de gas LP. Conforme al precio al público de gas LP reportado por los distribuidores¹⁵ para Baja California en 2021, lo anterior corresponde a un costo anual de \$ 6,730.-.

Si bien el ahorro de energía corresponde a un 39.3% del consumo de la vivienda antes de la rehabilitación, hay que resaltar que el ahorro obtenido en la facturación eléctrica de \$ 19,077. - y la eliminación de costo para gas LP anual de \$ 6,730. - al año, se acercan a los ahorros correspondientes que asume el escenario de viabilidad económico para el modelo de línea base del perfil de consumo de 100%. Así que la vivienda Paso-II muestra los resultados económicos proyectados, aunque no alcanza el porcentaje de reducción de energía final total, debido a su patrón de uso con un consumo de 19,978 kWh anual antes de la rehabilitación energética.

¹⁵ <https://www.gob.mx/cre/documentos/precios-al-publico-de-gas-lp-reportados-por-los-distribuidores>

3.5 Desarrollo Sevilla, paquete de desempeño integral Paso-III

Tabla 15. Ficha técnica paquete Paso-III, desarrollo Sevilla

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA			
Desarrollo residencial			
Sevilla			
Estado (ubicación)	Baja California	Niveles	2
Ciudad o Municipio	Mexicali	Superficie de referencia en ergética	64.49 (m ²)
Segmento de la vivienda	Tradicional	Zona climática INEGI	Muy seco
Precio de la vivienda	\$1,100,000.00	Tarifa CFE	1F
Tipología	Vivienda AISLADA		
IMAGEN DE LA VIVIENDA		PLANTA(S) ARQUITECTÓNICA(S)	
			
ECOTECNOLOGÍAS / DATOS TÉCNICOS			
RUBRO	MEDIDA TÉCNICA DE EE/ER		
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM			\$ 113,901.53
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en muros de Poliestireno 1 1/2"		\$ 48,075.53
SISTEMA FOTOVOLTAICO	Sistema fotovoltaico con 5 paneles de 450 W con Inversor central		\$ 65,826.00
Subvención de GIZ			\$ 548,919.14
AHORRADORES DE AGUA	2 mezcladoras para lavabo con consumo máximo de 6.0 litros/minuto		\$ 3,007.63
AHORRADORES DE AGUA	Mezcladora para fregadero con consumo máximo de 5.7 litros/ minuto		\$ 3,253.48
AHORRADORES DE AGUA	Regadera con consumo máximo de 1.9 litros/minuto		\$ 411.00
ILUMINACIÓN	10 lámparas LED, 10W, 740 lm		\$ 972.00
ELECTRODOMÉSTICOS	Ventilador techo potencia de 52" de 5 aspas, 49W		\$ 6,354.90
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento térmico en losa con Poliuretano esparado 1 1/4"		\$ 13,757.43
ENVOLVENTE OPACA	Aislamiento en pretil y alero		\$ 9,824.40
ENVOLVENTE OPACA	Resane en fachada de balcón		\$ 3,240.00
ACABADOS REFLECTIVOS	Pintura con alta reflectancia solar en muros		\$ 16,418.99
ACABADOS	Pintura interior: marcos de ventana y Tablaroca		\$ 8,359.00
VENTANAS	Cancelería, incluye 9 ventanas de doble vidrio Low E, gas argón, marco de PVC		\$ 116,009.89
HERMETICIDAD	Instalación cintas para hermeticidad en junta constructiva marco ventana con vano		\$ 4,765
CALENTADOR SOLAR	Calentador solar plano, superficie de captación 2.50 m ² , termotanque 150 litros		\$ 17,875.08
VENTILACIÓN MECÁNICA	Sistema BluMartin, 1 freeAir 100 y 3 freeAir Plus, con accesorios para instalación		\$ 246,828.74

VENTILACIÓN MECÁNICA	Instalación sistema BluMartin	\$ 37,210.05
ELECTRODOMÉSTICOS	Aire acondicionado, de 2 toneladas, tipo inverter y de REEE 5.33 o mejor	\$ 21,100.00
ELECTRODOMÉSTICOS	2 aire acondicionado, de 1 tonelada, tipo inverter y de REEE 5.33 o mejor	\$ 30,400.00
ACCESORIOS AGUA	Manguera flexible, cubretaladro, llave de ángulo	\$ 652.69
OTROS	Otros (mano de obra)	\$ 8,478.86
Promoción por parte de FIPATERM		\$ 2,544.96
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de guardapolvo en puertas	\$ 1,559.58
HERMETICIDAD	Suministro e instalación de sello hermético en puertas	\$ 945.38
MONTO TOTAL POR UNIDAD DE VIVIENDA (INVERSIÓN INICIAL)		\$ 665,365.63
Monto por m ² de Superficie de Referencia Energética		\$ 10,317.35
EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA		
DESEMPEÑO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL	Reducción de Energía Final Total ¹⁶	68.69%
	Reducción de Energía Final Total, con Generación de Electricidad IFV ⁶	88.45%
	Reducción de emisiones kg/año	6,925 93.28%
	BANDA IDG (automatizado)	75 B
	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento	38% 26%
LÍNEA BASE	Frecuencia de Sobrecalentamiento / Bajocalentamiento LINEA BASE	48% 28%
	IDG LB	-4 G
FINANCIAMIENTO		
Financiamiento a través crédito Programa ASI, FIPATERM		\$ 113,901.53
Subvención de GIZ		\$ 548,919.14
Promoción por parte de FIPATERM		\$ 2,544.96
Pago mensual crédito Programa ASI (60 meses), FIPATERM		\$ 2,647.00

El análisis de viabilidad económica de la vivienda Paso-III parte del modelo de la línea base de referencia, que considera el 100% de la demanda de electricidad para refrigeración, de consumo proyectado de gas y del consumo proyectado de agua. El modelo toma en cuenta la inversión inicial de la totalidad de las medidas técnicas bajo las condiciones de implementación del proyecto piloto. Se definieron 4 casos complementarios para conocer la viabilidad económica más allá de una implementación piloto. Para tal fin, gradualmente se aplicaron los siguientes supuestos, hasta llegar a un resultado positivo de VPN.

En un primer paso se ajusta el consumo anual de electricidad al estrato de los usuarios de mayor consumo en el desarrollo Sevilla (tabla 17). En un segundo paso se elimina sobrecostos vinculados a la implementación piloto, asumiendo una transformación de

mercado en el mediano plazo. Para la proveeduría del sistema descentralizado de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor se elimina el costo de importación y flete, considerando únicamente el costo del proveedor en Alemania más IVA, de un equivalente de \$ 81,200.-. Para la proveeduría e instalación de ventanas se considera un menor costo con \$ 95,000.-, considerando una optimización del costo de producción por maquinaria más eficiente y eliminando los gastos de traslado y viáticos de los instaladores entre Hermosillo y Mexicali. En un siguiente paso se ajusta la tasa de interés del crédito hasta llegar a un resultado positivo de VPN. Y como último paso se elimina el costo de financiamiento. Por lo tanto, los escenarios quedan de la siguiente manera.

¹⁶ Resultados proyectados ajustados con los factores de corrección para aire acondicionado (89.3%) y calefacción (4.3%).

Escenario A: Perfil de alto consumo, de 16,168 kWh.

Escenario B: Perfil de alto consumo, de 16,168 kWh. Transformación de mercado: sistema ventilación mecánica \$ 81,200.- y proveeduría e instalación de ventanas \$ 95,000.-

Escenario C: Perfil de alto consumo, de 16,168 kWh. Transformación de mercado: sistema ventilación mecánica \$ 81,200.- y proveeduría e instalación de ventanas \$ 95,000.-. Tasa de interés de 8.0 %.

Escenario D: Perfil de alto consumo, de 16,168 kWh. Transformación de mercado: sistema ventilación mecánica \$ 81,200.- y proveeduría e instalación de ventanas \$ 95,000.-. Tasa de interés de 0.0 %.

La tabla 16 reporta los resultados del análisis de viabilidad económica. El VPN sale negativo para el escenario línea base (perfil de consumo 100%) y el escenario A. Para el escenario B, de transformación de mercado, resultado un VPN negativo de \$-64,388.-. Si se baja la tasa de interés a 8.0%, se logra un resultado positivo de VPN, como se muestra en el escenario C. Sin costo de financiamiento, el análisis de flujos anuales del escenario D obtiene un VPN positivo de \$ 101,587.-. Los escenarios no toman en cuenta la subvención de GlZ y consideran que se financia la totalidad de las medidas técnicas.

Tabla 16. Análisis de viabilidad económica, Paso-III, vivienda de 2 niveles, desarrollo Sevilla

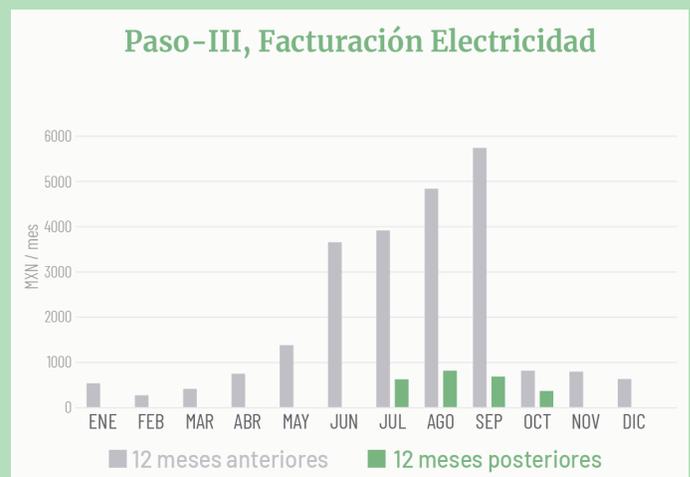
VIABILIDAD ECONÓMICA					
PERFIL DE CONSUMO	100%	ESCENARIO A	ESCENARIO B	ESCENARIO C	ESCENARIO D
TOTAL FINANCIADO	\$ 926,558	\$ 926,558	\$ 666,309	\$ 592,588	\$ 477,847
VALOR PRESENTE NETO	-\$ 321,976	-\$ 270,851	-\$ 64,388	\$ 554	\$ 101,587
RETORNO DE INVERSIÓN	#iVALOR!	#iVALOR!	#iVALOR!	\$ 21.0	\$ 18.6
AGUA – Ahorros anuales	\$ 859	\$ 859	\$ 859	\$ 859	\$ 859
GAS – Ahorros anuales	\$ 3,067	\$ 3,067	\$ 3,067	\$ 3,067	\$ 3,067
ELECTRICIDAD – Ahorros anuales	\$ 23,201	\$ 26,040	\$ 26,040	\$ 26,040	\$ 26,040
AHORRO TOTAL AL AÑO	\$ 27,127	\$ 29,966	\$ 29,966	\$ 29,966	\$ 29,966
L. Base ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	14,927	16,168	16,168	16,168	16,168
Proyecto ELECTRICIDAD - Consumo anual [kWh]	-	-	-	-	-
L. Base ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ 23,201	\$ 26,040	\$ 26,040	\$ 26,040	\$ 26,040
Proyecto ELECTRICIDAD - Facturación anual	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Con base en estos resultados, en el desarrollo Sevilla, el paquete Paso-III está económicamente viable en los 143 hogares del estrato de mayor consumo de 16,168 kWh anuales, considerando una transformación de mercado y que se cuente con una tasa de interés del crédito es de 8.0% o menor, o bien con otro mecanismo de incentivos.

Tabla 17. Estratificación con base en consumos reales de viviendas en el desarrollo Sevilla

2022			
KWH	CONSUMO \$	# HOGARES	% HOGARES
16,168.00	\$24,225.00	143	16%
12,886.00	\$16,578.00	149	16%
10,924.00	\$12,683.00	232	26%
8,112.00	\$8,014.00	324	36%
5,264.00	\$4,243.00	54	6%
2,291.00	\$4,501.00	5	1%

La ilustración 7 reporta el consumo y facturación de electricidad durante 2021 y de agosto 2022 a julio 2023 de la vivienda Paso-III, con base en los datos de los recibos de la CFE SSB. La intervención en la vivienda se realizó entre mayo de 2022 y junio de 2022.

Ilustración 7. Consumo y facturación de electricidad, Paso-III, desarrollo Sevilla

En 2021, la vivienda reportó un consumo anual de 15,279 kWh y una facturación de \$ 23,934. -. Comparando los 12 meses de agosto 2022 a julio 2023 contra el año 2021, se reporta un ahorro de 12,299 kWh, correspondientes a un 80.5% del consumo de energía eléctrica y de \$ 21,174. -, correspondientes a un 88.5% de la facturación. Cabe mencionar que la instalación fotovoltaica tiene un contrato de interconexión con

la CFE SSB, modelo de medición neta de energía (*net metering*)¹⁷, que inició a mediados de agosto de 2022. Mediante este contrato, el cliente consume y genera energía en un mismo contrato de suministro. La energía generada se resta al consumo del cliente y esta generación acreditada tiene una vigencia de 12 meses. Dado lo anterior, la instalación fotovoltaica fue dimensionada para cubrir el consumo de electricidad

¹⁷ https://www.cfe.mx/hogar/nuevocontrato/pages/contratacion_interconexion_hogar.aspx

anual de la vivienda optimizada, por lo que no cubre por completo el consumo de la vivienda en los meses de verano, pero produce más del consumo de energía en los meses fuera de verano. Se observa que, durante 8 meses, de noviembre a junio, la vivienda fue autónoma por la generación de electricidad a través del sistema fotovoltaico.

A parte de los ahorros de energía eléctrica, los habitantes ya experimentaron los cobeneficios de una vivienda aislada con control de hermeticidad y ventilación controlada. Durante la producción de los videos testimoniales el 16 de agosto de 2022 comentaron que percibieron las siguientes mejoras.

Calidad de aire en el interior

La vivienda ya cuenta con una adecuada higiene del aire. El aire está limpio, en particular la madre de familia dejó de padecer síntomas de alergia. Así mismo, la casa ya no se llena de polvo del exterior, lo que implica menor requerimiento de limpieza. Se trata no solo de un beneficio de salud, sino también de ahorro de gasto en sanidad pública, tanto para el estado como para el usuario.

Mejora acústica considerable

En el interior de la vivienda ya no se percibe el ruido ambiental, por ejemplo, de las fiestas frecuentes de los vecinos. Lo anterior, facilita un buen descanso durante el día y en las noches, que a su vez contribuye a disminuir los niveles de estrés y fricciones interpersonales.

Control de la radiación solar

Las ventanas con sistema acristalado, con doble vidrio y vidrio de baja emisividad *Low E*, controlan la ganancia de calor hacia el interior mientras se pasa la luz para tener una buena iluminación natural. No se sobrecalientan las ventanas y las áreas adyacentes, por lo que ya no es necesario colocar papel aluminio en las ventanas o colocar cortinas gruesas que bloquean la entrada de la radiación solar durante el día. La vivienda ya no se percibe oscura durante el día, sino iluminada y con conexiones visuales hacia el exterior.



Los habitantes ya experimentaron los cobeneficios de una vivienda aislada con control de hermeticidad y ventilación controlada.

3.6 Concepto de optimización vivienda Paso-III

Esta sección describe el concepto de optimización de la vivienda Paso-III. La intención era estudiar la viabilidad técnica y financiera de conseguir una casa totalmente reacondicionada bajo los criterios EnerPHit¹⁸ del *Passivhaus Institut*. Los cinco principios de la casa pasiva (hermeticidad, aislamiento térmico, puentes térmicos, ventanas eficientes y ventilación controlada con recuperación de calor) guiaron el concepto de optimización, sin dejar de tener en cuenta las condiciones límite del proyecto. El objetivo de aplicar los cinco principios se enfrentó con importantes barreras en México en relación con dos de los componentes necesarios para cumplir la certificación EnerPHit: ventanas certificadas de triple acristalamiento y unidades de ventilación mecánica con recuperación de calor, que sencillamente no estaban disponibles localmente. Como este proyecto piloto se estaba llevando a cabo durante 2021-2022, también se produjeron retrasos significativos en la producción y el envío de productos internacionales - por no hablar de los importantes costes adicionales - debido a la crisis de Covid-19 y a la guerra de Ucrania.

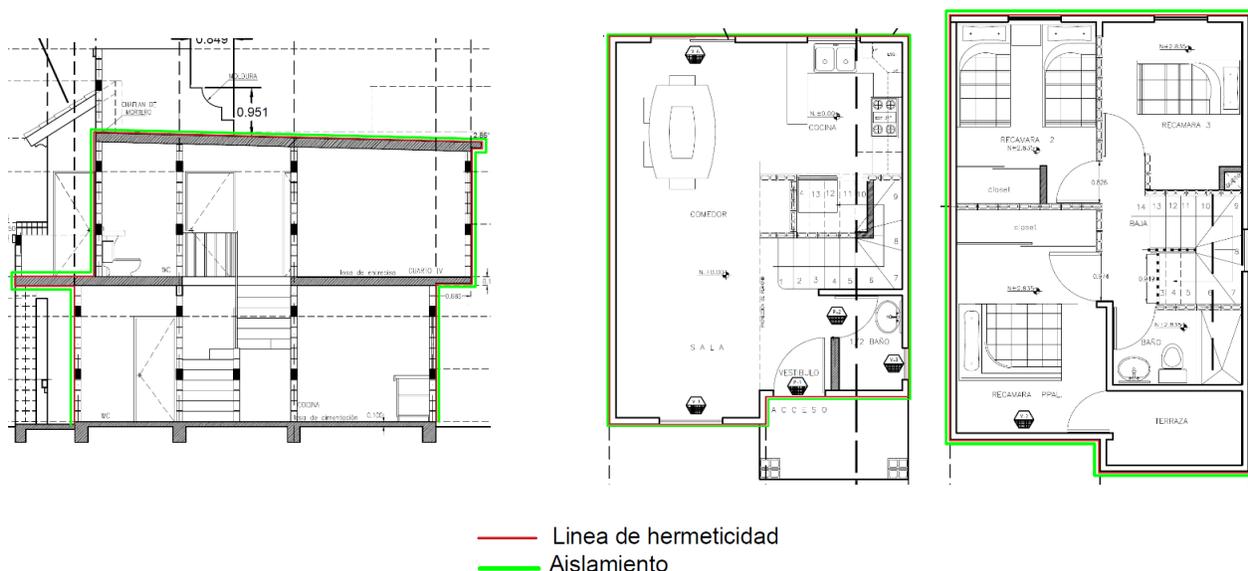
El concepto de optimización, con base en las condiciones marco de la implementación piloto y cotizaciones finales, considera las siguientes soluciones técnicas para los cinco principios de la casa pasiva. Para cada uno de estos principios, se expone su importancia y la solución que se adoptó para la vivienda PASO-III.

Hermeticidad / control de infiltraciones de aire

La hermeticidad en la edificación es un elemento importante para lograr la eficiencia energética. Se refiere a construir con calidad, cuidando las uniones entre elementos para evitar las infiltraciones de aire no deseadas que produzcan corrientes y aumentan tanto la demanda de refrigeración en situaciones de calor, como demanda de calefacción en situaciones de frío. Así mismo, la hermeticidad protege la construcción de las fugas de aire cálido y húmedo que pueden producir humedades intersticiales y daños en la construcción causados por la condensación del vapor de agua. El control de infiltraciones ayuda a ahorrar energía, lograr mayor confort sin sensación de corrientes de aire, evita daños en la construcción y es la base para un buen funcionamiento de un sistema de ventilación y con recuperación de calor.

Para el control de infiltraciones en la vivienda Paso-III se ejecutó una línea de hermeticidad continua alrededor de la envolvente, considerando la ejecución en superficie, el sellado de justas constructivas de marco de ventanas y puertas con los vanos y el sellado de penetraciones de la envolvente. Técnicamente no fue posible incluir la losa de piso, ya que está construida sobre el suelo.

Ilustración 8. Línea de hermeticidad y regla del marcador



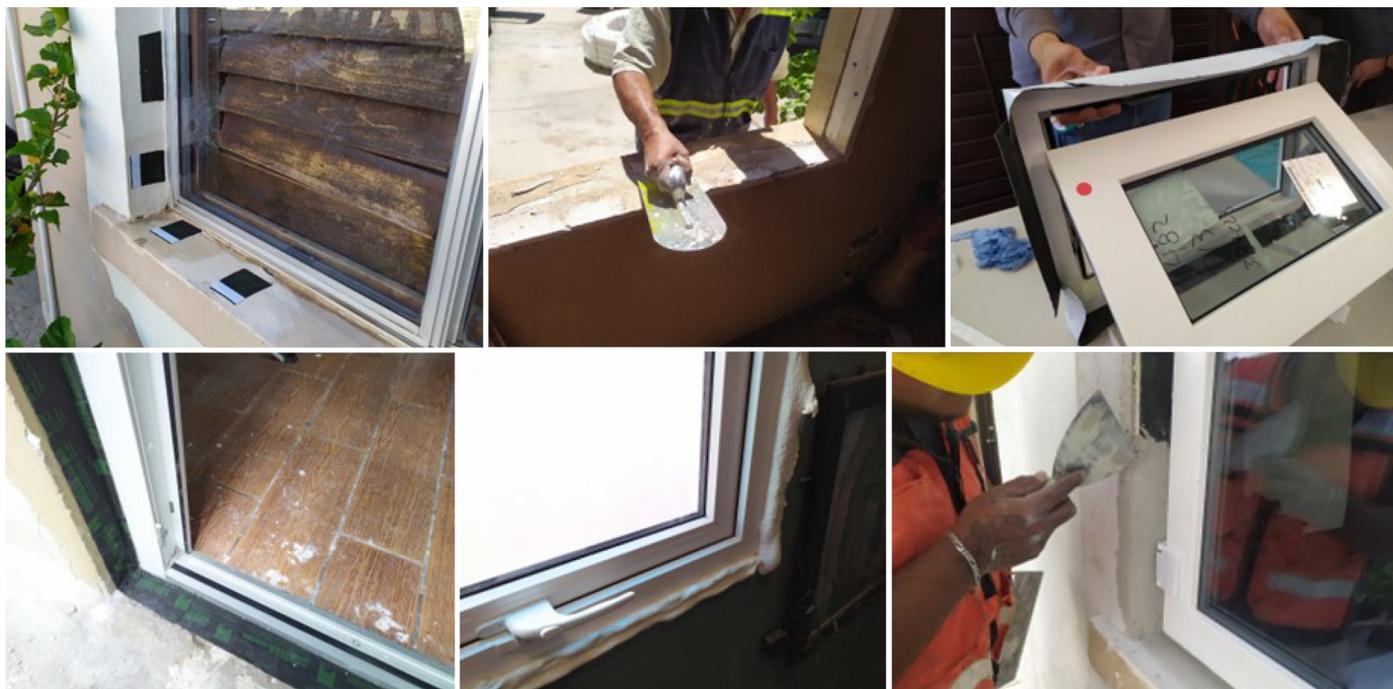
¹⁸ <https://passipedia.org/certification/enerphit>

Para el sellado de las juntas constructivas de marco de ventanas y puertas con los vanos se aplicaron desde el exterior cintas herméticas tipo Contega-Solido-IQ-D (Proclima)¹⁹, con membrana inteligente para uniones herméticas al paso del aire y el sellado contra lluvias torrenciales. Las cintas se tuvieron que importar desde Alemania. La línea de hermeticidad en superficie se realizó mediante medidas que se implementaron de todas formas, pero que brindan la función requerida, por lo que no se interpretan como sobrecoste para la hermeticidad al aire. En muros la capa de hermeticidad fue realizada mediante la aplicación de una capa continua de mortero adhesivo para la fijación del aislamiento tipo SATE²⁰ en el exterior. En el techo la capa de hermeticidad fue realizada por el impermeabilizante en conjunto con el poliuretano esparcido. El sellado de juntas constructivas entre elementos constructivos o bien penetraciones de ductos a través de la línea de hermeticidad, se realizó con una pintura elástica selladora (aplicación con brocha) y un cartucho cola.

La imagen 1 muestra la colocación de las cintas herméticas en ventanas y en la imagen 2 se documenta el sellado de juntas constructivas y penetraciones de ductos. Así mismo, la imagen 3 muestra la aplicación de la capa continua de mortero adhesivo.

Estas medidas de hermeticidad han demostrado ser de bajo coste y, en la prueba piloto, arrojaron excelentes resultados en la prueba de presurización con un valor final n50 de 0.91/h (según norma ISO-EN-9972:2015), cumpliendo incluso con el requisito del estándar EnerPHit que establece un valor límite n50 = 1.0/h (véase capítulo 4.4).

Imagen 1. Control de infiltraciones en juntas marco ventanas y puerta con vano.



¹⁹ Existen otros fabricantes que distribuyen cintas parecidas.

²⁰ SATE: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior

Imagen 2. Control de infiltraciones en penetraciones de la envolvente.

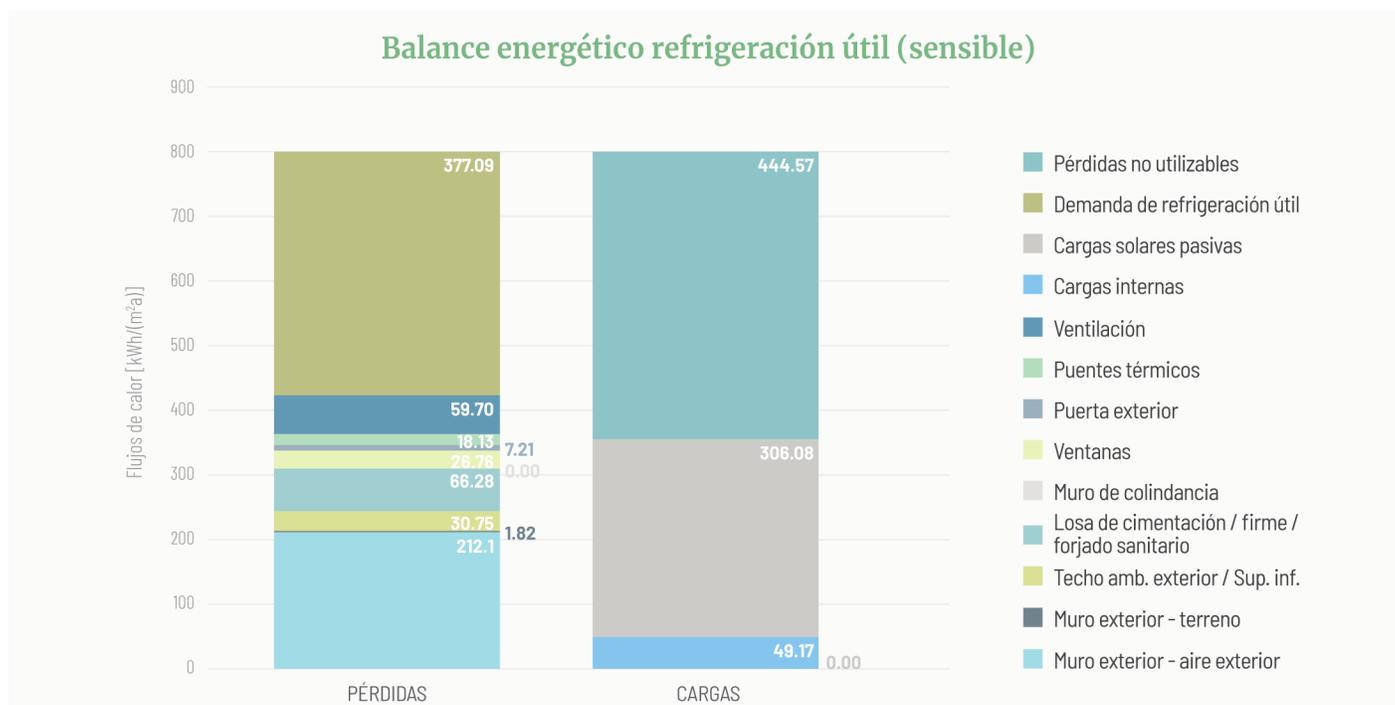


Aislamiento térmico

Uno de los aspectos más importantes del estándar Passivhaus es el aislamiento. En Europa Central se busca que el calor permanezca en el interior. El calor que no sale de la casa no debe ser aportado de forma activa, por lo que un edificio de estándar casa pasiva utiliza sólo el calor de los habitantes, del sol y el calor residual de electrodomésticos. En los climas cálidos de México, el aislamiento y la hermeticidad mantienen el calor fuera de la vivienda, por lo que la demanda de refrigeración se reduce de manera significativa. Un

edificio casa pasiva se rodea de una envolvente con muy buen aislamiento térmico de forma continua alrededor de todo el edificio, incluyendo la losa de piso. La Ilustración 9 muestra el balance de pérdidas y cargas de los flujos de calor de la vivienda de referencia de línea base (antes de la rehabilitación energética) del prototipo de 2 niveles en Sevilla. Las pérdidas por la losa de piso y por los muros exteriores en contacto con el aire exterior representan las dos posiciones mayores de la envolvente del edificio con pérdidas de 66 y 212 kWh/(m²a) respectivamente.

Ilustración 9. Balance energético refrigeración útil, modelo de referencia de línea base.



En cuanto al aislamiento térmico en la vivienda Paso-III, el análisis económico, teniendo en cuenta las tarifas eléctricas actuales, favoreció 2 pulgadas de aislamiento XPS exterior del techo (valor U 0.35 $W/(m^2K)$) frente a 3 pulgadas de aislamiento XPS exterior del techo (valor U 0.25 $W/(m^2K)$). Sin embargo, debido a los objetivos financieros que el FIPATERM tenía que alcanzar y a las

condiciones del *Grant Agreement*, se utilizó el sistema ofrecido por los proveedores acreditados en el Programa ASI, de 1.25 pulgadas de poliuretano (PU) esparcido (valor U 0.51 $W/(m^2K)$) en lugar de la solución XPS modelada. En cuanto al piso, no fue técnicamente posible aislar la losa de piso, ya que ésta se encuentra construida sobre el suelo.

Imagen 3. Colocación de capa continua de mortero adhesivo y continuidad de capa de aislamiento térmico.



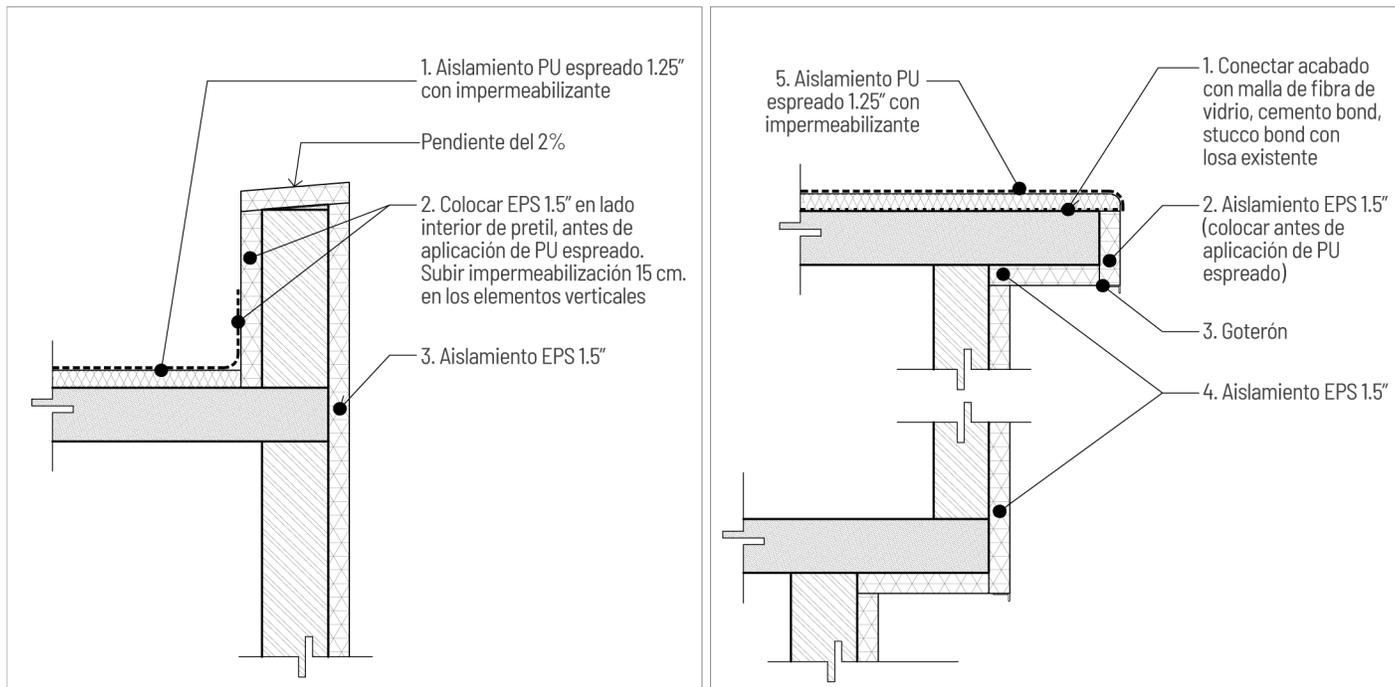
Puentes térmicos

Los puentes térmicos son los puntos más débiles de una edificación donde el calor se transmite más fácilmente debido a un cambio de materiales o espesores. En lugares o zonas de puentes térmicos el calor encuentra un camino fácil desde el interior hacia el exterior, o desde el exterior hacia el interior en situaciones de calor, sin

tener que atravesar el aislamiento térmico. Entre más alto es el nivel de eficiencia energética de una edificación, más importantes se vuelven los efectos de pérdidas o ganancias de calor por puentes térmicos. Por lo anterior, al planear un edificio energéticamente eficiente hay que evitar estos puntos débiles. En la ilustración 10 se muestran los detalles elabora-

dos para la vivienda Paso-III. La ejecución del aislamiento térmico en muro y techo se detalló para garantizar una capa continua de aislamiento térmico en las uniones de losa con los muros para controlar los puentes térmicos existentes.

Ilustración 10. Detalles de continuidad de aislamiento térmico en uniones de losa con muros.



Las termografías en la imagen 4 muestran las diferencias de temperaturas superficiales en la vivienda antes de la rehabilitación, con una diferencia de 7.6°K entre las vigas y el casetón de poliestireno en la losa de techo. Así mismo, hay una diferencia de 19.6°K entre la salida del aire de la unidad *mini-split* y la temperatura superficial del vidrio de la ventana existente. En la imagen 4 se muestran las temperaturas superficiales interiores después de la rehabilitación energética. Durante la visita de obra, la vivienda no tenía equipos de aire acondicionado en uso y había instaladores y otras personas en el interior de la vivienda. Sin embargo, aún

con la elevada temperatura interior, en las termografías en la imagen 5 se puede observar que las diferencias entre las temperaturas superficiales tomadas en ventanas y cara interior del techo no son mayores a 2.7°K .

Imagen 4. Termográficas antes de la rehabilitación energética



Imagen 5. Termografías después de la rehabilitación energética.



Ventanas

Las ventanas son necesarias para lograr una iluminación natural adecuada, nos sirven para la ventilación natural cruzada además de que, en los meses fríos, nos ayudan a tener ganancias solares y así disminuir la demanda de calefacción. Sin embargo, en situaciones de calor, en los que la radiación solar es crítica, nos generan cargas térmicas que tienen una influencia directa en el confort térmico. Una orientación adecuada de las ventanas, tamaños adecuados y una adecuada protección solar deben considerarse en el diseño de edificios, pero en acciones de rehabilitación energética hay opciones limitadas.

En un clima cálido extremoso, el marco y el vidrio deben proporcionar un adecuado control de las ganancias o pérdidas de calor por conducción, ganancias de calor por radiación solar y ganancias o pérdidas de calor por convección. Mediante elementos de sombreado fijos (p.ej. volados) o móviles (p.ej. persianas, de preferencia al exterior de la vivienda), se puede así mismo controlar las ganancias de radiación solar.

Para evitar puentes térmicos en la instalación de las ventanas, es importante colocar la ventana en la capa del aislamiento. El aislamiento térmico del marco ayuda a reducir el puente térmico de la instalación. Como se mencionó anteriormente, en el mercado na-

cional no se encuentran disponibles ventanas de triple acristalamiento o con certificado "Componentes *Passivhaus* Certificado". Para el concepto de optimización, se tomó la decisión de trabajar con productos nacionalmente disponibles y seleccionar carpinterías con buenas prestaciones térmicas y de hermeticidad, que a su vez fueran costeables para este segmento de la vivienda. En cuanto al vidrio, se seleccionó el producto de producción nacional con las mejores prestaciones térmicas y de control de ganancia de calor solar.

La carpintería de marco de PVC de tres cámaras es oscilobatiente, lo que favorece la hermeticidad y tiene un valor U del marco de 1.90 W/m²K. El vidrio es un doble acristalamiento de baja emisividad *Low E* con gas argón con un Valor U de 1.50 W/m²K y un valor CS (control solar) de 0.39. El valor U_{D/W} promedio de las ventanas instaladas es de 2.28 W/m²K, incluyendo el puente térmico del borde de vidrio.

Ventilación

Una ventilación adecuada es un elemento primordial de la salud y el confort de los usuarios. Una calidad de aire aceptable se logra si el aire viciado se reemplaza regularmente por aire fresco. En la herramienta DEEVi se calcula la demanda de aire fresco o demanda de impulsión automáticamente en función de la ocupación establecido y con un caudal mínimo por persona de 30 m³/(h * persona), según la norma DIN 1946 apartado 6 (*Passive House Institute*, 2018).

Una ventilación mecánica con recuperación de calor adecuada para un clima cálido extremo funciona recuperando el calor del aire exterior mediante un intercambiador de calor y transfiriéndolo al aire de expulsión (intercambio aire-aire). Un recuperador de calor altamente eficiente logra entre un 75% y un 90% de recuperación. En paralelo a la renovación del aire interior, el sistema puede encargarse de distribuir en verano el aire fresco en todo el edificio.

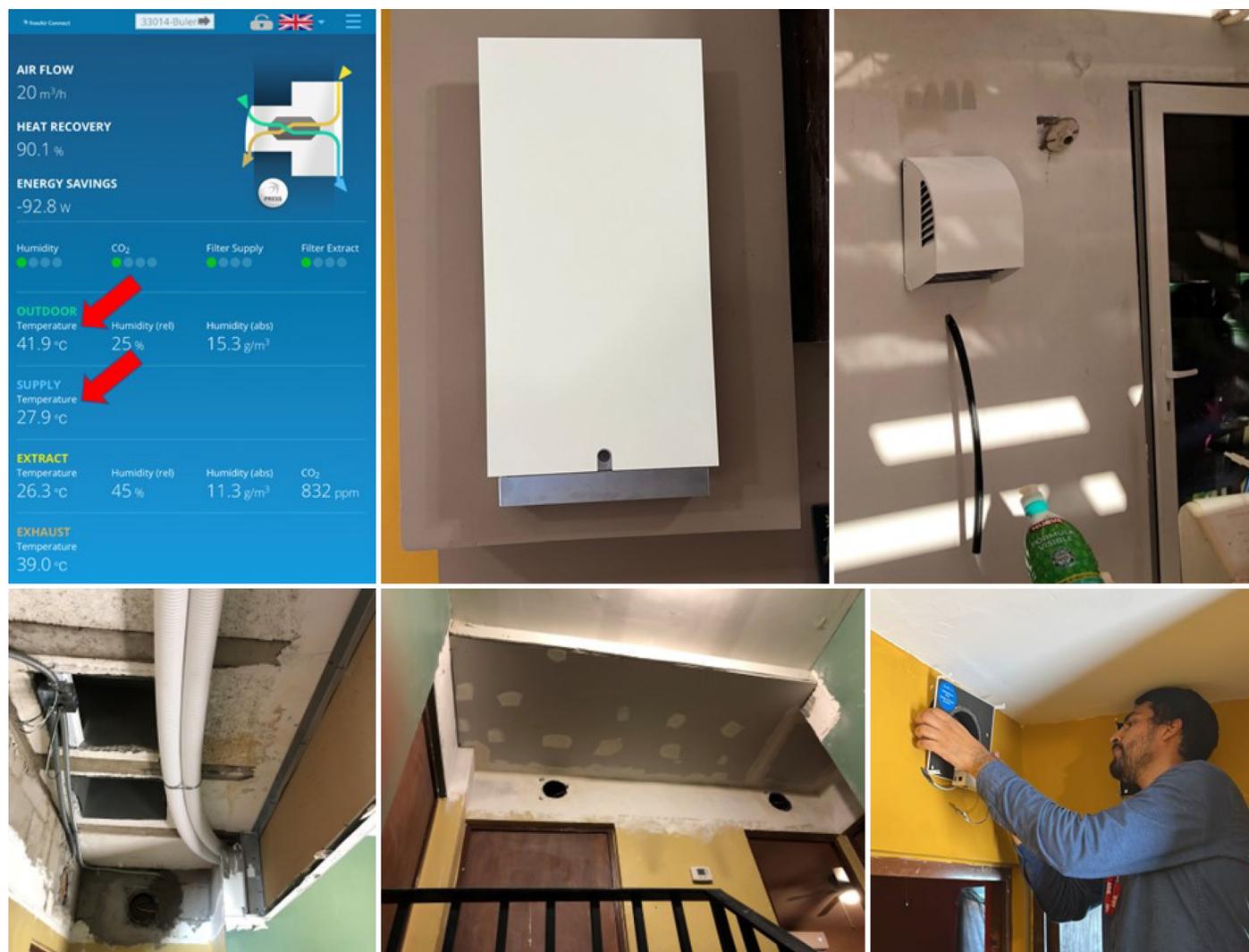
Los sistemas descentralizados de ventilación mecánica con recuperación de calor y de alta eficiencia no se encuentran disponibles en el mercado nacional. Fue posible importar de Alemania una unidad de ventilación descentralizada con recuperación de calor certificada por PHI, lo que fue un elemento clave para poder demostrar la viabilidad técnica de un control adecuado de infiltraciones y del concepto de ventilación mecánica controlada.



En un clima cálido extremo, el marco y el vidrio deben proporcionar un adecuado control de las ganancias o pérdidas de calor por conducción, ganancias de calor por radiación solar y ganancias o pérdidas de calor por convección.

En la vivienda del Paso-III se pudo aprovechar los ductos y falsos plafones de la anterior instalación de un equipo de aire acondicionado centralizado que ha sido reemplazado por unidades *mini-split* más eficientes. Así, no se requeriría crear perforaciones de losa o muro para pasar los ductos y, al mismo tiempo, se redujeron los volúmenes de los falsos plafones existentes, por lo que los espacios en la vivienda se perciben mucho más amplios. El equipo en planta baja filtra el aire, eliminando partículas de tráfico, de industria y de arena desértica, y garantiza un intercambio adecuado para mantener una excelente calidad del aire las 24 horas del día. Lo anterior trae beneficios tangibles sobre la salud de las habitantes. Dado que el sistema está operado por sensores, se obtiene un menor consumo de energía e intervalos más largos de cambio de filtros, como en el caso de sistemas que operan de forma continua e independiente de la ocupación de la vivienda.

Imagen 6. Sistema descentralizado de ventilación mecánica de recuperación de calor.



3.7 Comparación de desempeño y viabilidad económica paquetes Paso-I, Paso-II y Paso-III

En esta sección se presenta un resumen comparativo del desempeño de los paquetes de optimización Paso-I, Paso-II y Paso-III. Así mismo, se presentan los resultados clave de la evaluación ex ante con las herramientas del Sisevive-EcoCasa y del análisis de viabilidad económica, las cuales se comparan con los datos de los consumos reales, obtenidos a través de los recibos de CFE SSB.

El objetivo principal del proyecto era encontrar paquetes masificables, asequibles y que aseguren por lo

menos un 20% de ahorro de energía. Sin embargo, una de las consideraciones acordadas entre el FIPATERM y el DKTi Vivienda para la selección de las medidas técnicas del proyecto piloto era demostrar el potencial de intervención de nivel *deep energy retrofit*. Por ello, se propuso incorporar el concepto del mejoramiento paso a paso para alcanzar el óptimo desempeño energético y lograr el *deep energy retrofit*. Se estudió la viabilidad técnica y financiera de conseguir una casa totalmente reacondicionada que cumpliera la certificación EnerPHit²¹ del *Passivhaus Institut*. La tabla 18 muestra los

²¹ <https://passipedia.org/certification/enerphit>

paquetes implementados para cada paso para la vivienda de 2 niveles en el desarrollo Sevilla. Se reporta la demanda total de energía para refrigeración y calefacción, la demanda de energía primaria no renovable, el ahorro de CO₂e y los valores U para el aislamiento térmico y las ventanas, en comparación con las casas antes de la intervención de rehabilitación (línea de base) y también con los criterios de demanda de energía de EnerPHit y los criterios de los componentes de Ener-

PHit. Cabe mencionar que el estándar EnerPHit toma en cuenta el 100% de las demandas de refrigeración y calefacción, por lo que no se aplicaron los factores de corrección para aire acondicionado y calefacción en los resultados reportados en la tabla 18. Dado lo anterior, las demandas de refrigeración, deshumidificación y la demanda de calefacción son mayores a los que se reportan en el resto del informe.

Tabla 18. Resultados de evaluación con herramienta DEEVi.

	ENER-PHIT	LÍNEA BASE	Paso-I	Paso-II	Paso-III
Dem. refrigeración y deshumidificación [kWh/(m ² a)]	≤ 37 ^{a)}	396	268	123	95
Demanda de calefacción [kWh/(m ² a)]	≤ 15 ^{a)}	138	129	64	53
Demanda energía primaria no renovable [kWh/(m ² a)]	≤ 273 ^{a)}	1,202	759	441	361
Generación energía renovable [kWh/(m ² a)]	N/A	N/A	N/A	60	60
Ahorro de CO ₂ e [kgCO _{2eq} /a]	N/A	N/A	4,832	8,382	9,164
Aislamiento térmico exterior muros, valor U [W/(m ² K)]	0.25 ^{b)}	1.41	1.41	0.77	0.77
Aislamiento térmico exterior techo, valor U [W/(m ² K)]	0.25 ^{b)}	3.44	0.51	0.51	0.51
Ventanas, U _{D/W, instalado} [W/(m ² K)]	1.05 ^{b)}	6.28	6.28	6.28	2.28

a) Correspondiente a los criterios de demanda energética de EnerPHit;

b) Correspondiente a los criterios del componente EnerPHit, zona climática: muy cálida

Se observa que el Paso-III no alcanza los valores límite según los criterios de demanda energética de EnerPHit. Sin embargo, se obtienen mejoras significativas con respecto al modelo de línea base de referencia. La demanda de refrigeración y deshumidificación se redujo en un 76.0%, de 396 kWh/(m²a) de la línea base a 95 kWh/(m²a) en el Paso-III. La demanda de energía primaria no renovable se redujo en un 70.0%, de 1,202 kWh/(m²a) de la línea base a 361 kWh/(m²a) en el Paso-III, con el respectivo ahorro en emisiones de CO₂e.

La tabla 19 resume los resultados clave de las evaluaciones ex ante con las herramientas del Sisevive-EcoCasa de las viviendas Paso-I, Paso-II y Paso-III que se encuentran documentadas en el capítulo 3. Además, los datos están desglosados en energía térmica y eléctrica, para facilitar la comparación con los datos de consumo y facturación que se pudieron levantar con

los recibos CFE SSB. El dato de consumo de energía eléctrica del modelo de línea base facilita la comparación con el consumo de electricidad de la vivienda participante en el año anterior a la rehabilitación energética (2021).

Respecto a la vivienda Paso-III, la tabla 19 únicamente reporta los resultados del análisis de viabilidad económica para el perfil de consumo de 100% bajo las condiciones financieras de implementación del proyecto piloto. Cabe mencionar que el escenario de transformación del mercado que se reporta en la tabla 16 resulta con un VPN positivo bajo la consideración de no tomar en cuenta los costes asociados a la importación del sistema de ventilación mecánica controlada, contar con un coste competitivo para las ventanas y una tasa de interés del 8.0 %.

Tabla 19. Resumen evaluación ex ante y análisis viabilidad económica con costos de implementación.

		Haciendas del Sur	Barcelona/ Sevilla	Sevilla		
		Paso-I	Paso-I	Paso-I	Paso-II	Paso-III
		2 niveles 42.8 m ² SRE	1 nivel 55.9 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE
EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA (CON FACTORES EAA)						
Línea Base Energía y Emisiones						
Energía Térmica	[kWh/año]	3,771	2,627	4,074	4,074	4,074
Energía Eléctrica	[kWh/año]	9,027	13,670	14,938	14,938	14,938
Proyecto Energía y Emisiones						
Energía Térmica	[kWh/año]	3,757	1,943	2,116	-	2,196
Energía Eléctrica	[kWh/año]	3,640	6,298	7,851	5,812	3,757
Energía Eléctrica, c. Generación IFV	[kWh/año]	3,640	6,298	7,851	1,954	-
Emisiones Energía Térmica	[kg/año]	853	441	481	-	499
Emisiones Energía Eléctrica	[kg/año]	1,583	2,740	3,415	2,528	1,634
Emisiones Energía Eléctrica, c. Generación IFV	[kg/año]	1,583	2,740	3,415	850	-
Proyecto Reducción de Energía y Emisiones						
Reducción de Energía Final Total	[kWh/año]	5,402.15	8,056	9,046	17,058	16,816
Reducción de Energía Final Total	[%]	42.21%	49.43%	47.58%	89.72%	88.45%
Reducción de Energía Térmica	[kWh/año]	15	684	1,958	4,074	1,878
Reducción de Energía Térmica	[%]	0.39%	26.06%	48.06%	100.00%	46.10%
Reducción de Energía Eléctrica	[kWh/año]	5,387	7,371	7,088	12,984	14,938
Reducción de Energía Eléctrica	[%]	59.68%	53.92%	47.45%	86.92%	100.00%
Reducción Emisiones de Energía Final Total	[kg/año]	2,347	3,362	3,528	6,573	6,925
Reducción de Emisiones Energía Térmica	[kg/año]	3	155	445	925	427
Reducción de Emisiones Energía Eléctrica	[kg/año]	2,344	3,207	3,083	5,648	6,498
FINANCIAMIENTO						
Monto Total de Inversión Inicial	[MXN]	\$ 42,136	\$ 63,565	\$ 60,857	\$ 245,395	\$ 665,366
Monto Total de Inversión Inicial por m ² de S.R.E.	[MXN/m ²]	\$ 984	\$ 1,138	\$ 944	\$ 3,805	\$ 10,317
EVALUACIÓN SISEVIVE-ECOCASA (CON FACTORES EAA)						
Total Financiado	[MXN]	\$ 60,876	\$ 80,137	\$ 84,859	\$ 343,959	\$ 926,558
Valor Presente Neto	[MXN]	\$ 91,734	\$ 177,503	\$ 254,874	\$ 187,116	-\$ 321,976
Retorno de Inversión	[MXN]	7.1	6.0	1.0	13.9	#IVALOR!
AGUA - Ahorros anuales	[MXN]	\$ 2,744	\$ 1,197	\$ 1,119	\$ 935	\$ 859
GAS - Ahorros anuales	[MXN]	\$ 28	\$ 1,151	\$ 3,294	\$ 6,654	\$ 3,067
ELECTRICIDAD - Ahorros anuales	[MXN]	\$ 6,613	\$ 12,593	\$ 15,635	\$ 21,395	\$ 23,201
Ahorro Total al Año	[MXN]	\$ 9,385	\$ 14,942	\$ 20,048	\$ 28,983	\$ 27,127

Se monitorearon los recibos de CFE SSB de las casas del proyecto piloto durante 12 meses antes de la intervención y durante un periodo de 12 meses posterior a la terminación de la implementación de las medidas técnicas. La tabla 20 reporta el consumo anual para

2021, de un año completo antes de la rehabilitación energética. Así mismo, reporta los datos de consumo y facturación de electricidad para el periodo de agosto 2022 a julio 2023, de 12 meses después de la intervención.

Tabla 20. Resumen monitoreo consumos reales (recibos CFE SSB), antes y después de la rehabilitación

		Haciendas del Sur	Barcelona/ Sevilla	Sevilla		
		Paso-I	Paso-I	Paso-I	Paso-II	Paso-III
		2 niveles 42.8 m ² SRE	1 nivel 55.9 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE
MONITOREO RECIBO CFE						
Consumo enero 2021 a diciembre 2021	[kWh]	6,339	13,601	6,543	19,978	15,279
Facturación enero 2021 a diciembre 2021	[MXN]	\$ 5,228	\$ 20,803	\$ 6,100	\$ 39,022	\$ 23,934
Consumo agosto 2022 a julio 2023	[kWh]	4,088	11,661	3,862	12,122	2,980
Ahorro consumo julio a diciembre	[kWh]	2,251	1,940	2,681	7,856	12,299
Ahorro consumo julio a diciembre	[%]	35.51%	14.26%	40.98%	39.32%	80.50%
Facturación agosto 2022 a julio 2023	[MXN]	\$ 3,538	\$ 17,594	\$ 3,474	\$ 19,945	\$ 2,760
Ahorro facturación	[MXN]	\$ 1,690	\$ 3,209	\$ 2,627	\$ 19,077	\$ 21,174
Ahorro facturación	[%]	32.32%	15.43%	43.06%	48.89%	88.47%
Reducción de emisiones Energía Eléctrica						
Emisiones Energía Eléctrica enero a diciembre 2021	[kgCO ₂ e/a]	2,757	5,916	2,846	8,690	6,646
Emisiones Energía Eléctrica agosto 2022 a julio 2023	[kgCO ₂ e/a]	1,778	5,073	1,680	5,273	1,296
Reducción de Emisiones Energía Eléctrica	[kgCO ₂ e/a]	979	844	1,166	3,417	5,350
Reducción de Emisiones Energía Eléctrica	[%]	35.51%	14.26%	40.98%	39.32%	80.50%

Se monitorearon los recibos de CFE SSB de las casas del proyecto piloto durante 12 meses antes de la intervención y 12 meses posterior a la terminación de la implementación de las medidas técnicas.

En la tabla 21 se comparan los datos de las evaluaciones ex ante contra la información de los consumos reales, levantada a través de los recibos CFE SSB.

Tabla 21. Comparación datos ex ante contra monitoreo Recibos CFE SSB.

	Haciendas del Sur	Barcelona/ Sevilla	Sevilla		
	Paso-I	Paso-I	Paso-I	Paso-II	Paso-III
	2 niveles 42.8 m ² SRE	1 nivel 55.9 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE	2 niveles 64.5 m ² SRE
COMPARACIÓN DATOS EX-ANTE CONTRA INFORMACIÓN RECIBOS CFE					
Estrato de consumo de la vivienda participante					
Ex Ante Energía Eléctrica anual Línea Base [kWh/año]	9,027	13,670	14,938	14,938	14,938
Recibo CFE Consumo 12 meses anteriores [kWh]	6,339	13,601	6,543	19,978	15,279
Porcentaje sobre evaluación Ex Ante [%]	70.22%	99.50%	43.80%	133.74%	102.28%
Comparación ahorro de Energía Eléctrica					
Ex Ante Ahorro de Energía Eléctrica [kWh/año]	5,387	7,371	7,088	12,984	14,938
Recibo CFE Ahorro 12 meses posteriores [kWh]	2,251	1,940	2,681	7,856	12,299
Porcentaje sobre evaluación Ex Ante [%]	41.78%	26.32%	37.83%	60.51%	82.33%
Comparación ahorro Facturación Energía Eléctrica					
Ex Ante Simulación ahorros anuales Electricidad [MXN]	\$ 6,613	\$ 12,593	\$ 15,635	\$ 21,395	\$ 23,201
Recibo CFE Ahorro facturación 12 meses [MXN]	\$ 1,690	\$ 3,209	\$ 2,627	\$ 19,077	\$ 21,174
Porcentaje sobre evaluación Ex Ante [%]	25.55%	25.48%	16.80%	89.17%	91.26%

Las viviendas Paso-I en Haciendas del Sur y Paso-I de 2 niveles en Sevilla corresponden a un estrato de consumo medio y medio bajo. Su consumo en los 12 meses anteriores al mejoramiento energético corresponde a un 70% y 44% del consumo anual del modelo de línea base de referencia (porcentaje sobre evaluación ex ante). Sin embargo, ambas viviendas presentan un ahorro del consumo de energía eléctrica de 42% y 38% de la respectiva estimación ex ante de la reducción de energía eléctrica. Esto demuestra que también en los estratos de menor consumo, las medidas implementadas pueden alcanzar ahorros significativos.

La vivienda Paso-I de 1 nivel en Barcelona / Sevilla coincide en su consumo anual 2021 con la línea base de referencia. El ahorro de energía eléctrica de 1940 kWh representa una cuarta parte de la estimación ex ante de la reducción de energía eléctrica.

El consumo anual 2021 de la vivienda Paso-II supera en un 34% el del modelo de línea base de referencia. El ahorro del consumo de energía eléctrica representa el

61% de la respectiva estimación ex ante de la reducción de energía eléctrica. El ahorro en la facturación eléctrica corresponde a un 89% de la estimación ex ante. Así mismo, como se documenta en la sección 3.4, se eliminó el consumo de gas con un costo anual de \$ 6,730. – para 2021. Por lo anterior, la vivienda Paso-II muestra los resultados económicos proyectados, validando el análisis de viabilidad económica.

El consumo anual 2021 de la vivienda Paso-III coincide con el modelo de línea base de referencia. El ahorro del consumo de energía eléctrica representa el 82% de la respectiva estimación ex ante de la reducción de energía eléctrica.



4

Tecnologías de Innovación para *Deep Retrofit*

Tecnologías de Innovación para *Deep Retrofit*

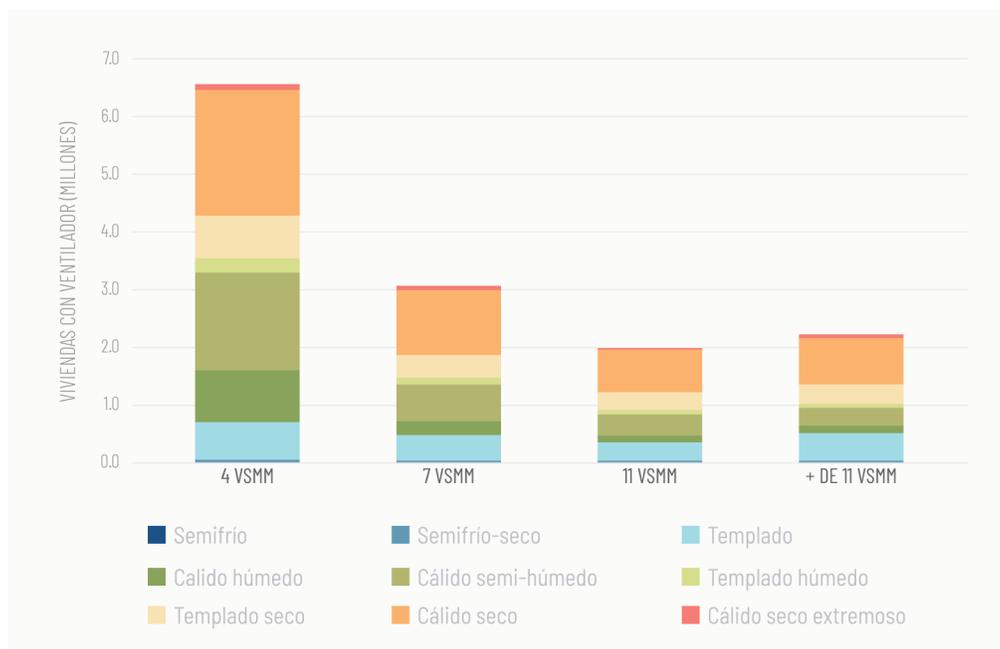
4.1 Ventiladores

En 2016, la CONUEE y GOPA/GIZ publicaron el Estudio de Caracterización del uso de Aire Acondicionado en Vivienda de Interés Social, con el objetivo de contar con un análisis que caracterice la penetración actual de las tecnologías de climatización de aire en las viviendas de interés social, así como la estimación futura de las mismas. Con base en el análisis de datos estadísticos públicos, en particular del Módulo de Condiciones Socioeconómicas de la Encuesta Nacional de Ingresos y Hogares 2012 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se pudo identificar

y cuantificar la importancia que tiene la vivienda de interés social en su contribución a los ventiladores en el país. La ilustración 11 muestra la cantidad de viviendas con presencia de ventiladores en función del grupo de ingreso y su distribución por zona climática.

El conjunto de viviendas con ingresos de hasta 4 VSMM y hasta 7 VSMM aporta casi el 70% de las viviendas con ventilador, mientras si se agregan las viviendas con ingresos de hasta 11 VSMM, representa el 84% de las viviendas.

Ilustración 11. Número de viviendas con presencia de ventiladores por principales grupos de ingresos, 2012.



A continuación, se desarrollan aspectos técnicos importantes para dos opciones de aplicación de ventiladores en una edificación, equipar una vivienda o habitación que no tiene ventilador y sustitución de un equipo, sea al final de su vida útil, o sustituir un equipo inadecuado o ineficiente.

Equipar una habitación o vivienda que no tiene ventilador

Al equipar una vivienda o habitación que no tiene ventilador se aumenta las horas al año cuando este se encuentra en condiciones de confort y, por lo tanto,

se reducen las horas de requerir el uso de aire acondicionado y el consumo de energía eléctrica asociado.

Según el Manual DEEVi 2.0 (*Passive House Institute*, 2018), en cumplimiento con la norma ISO 7730, por el uso de ventiladores, el límite de la temperatura interior en verano aumenta 2.5°C (es decir, de 25°C a 27.5°C) y el límite de humedad absoluta máxima permitida aumenta también en 2 g/kg (es decir, de 12 g/kg a 14 g/kg).

Al equipar el modelo de línea base de referencia de la vivienda de dos niveles en el desarrollo Sevilla con ventiladores, por el efecto del aumento del límite de

temperatura interior en verano, se disminuye la frecuencia de sobrecalentamiento de 48% a 39%. Se reduce de 788 horas al año la necesidad de usar equipos de aire acondicionado, conllevando el ahorro de energía eléctrica. Este efecto se potencializa, cuando se combina con mejoras de la envolvente opaca y transparente de la vivienda.

La ilustración 12 y la ilustración 13 muestran la frecuencia de sobre calentamiento por grado centígrado de la vivienda de dos niveles en Sevilla sin y con ventilador.

Ilustración 12. Frecuencia de sobrecalentamiento, vivienda línea base 2 niveles, Sevilla, SIN ventilador.

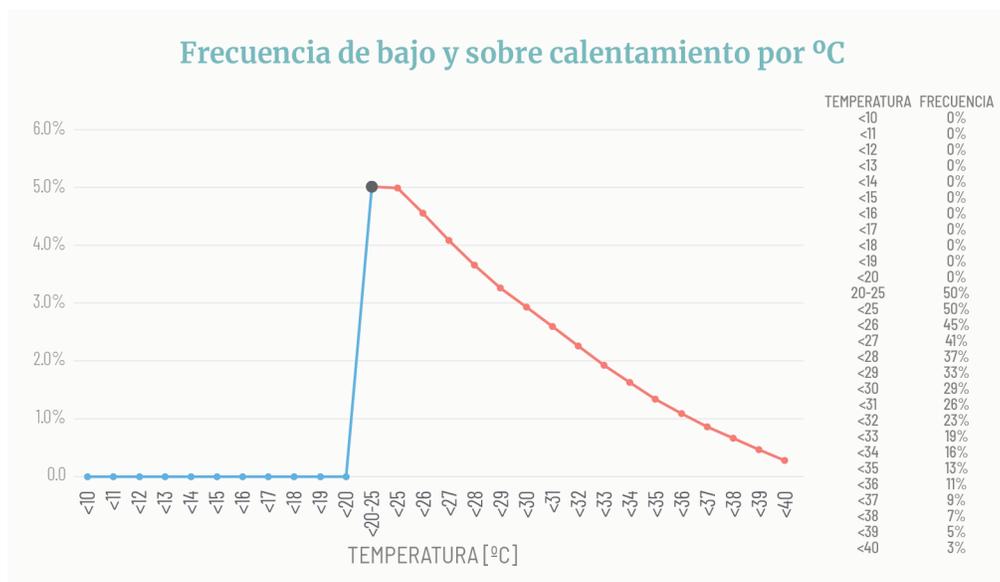
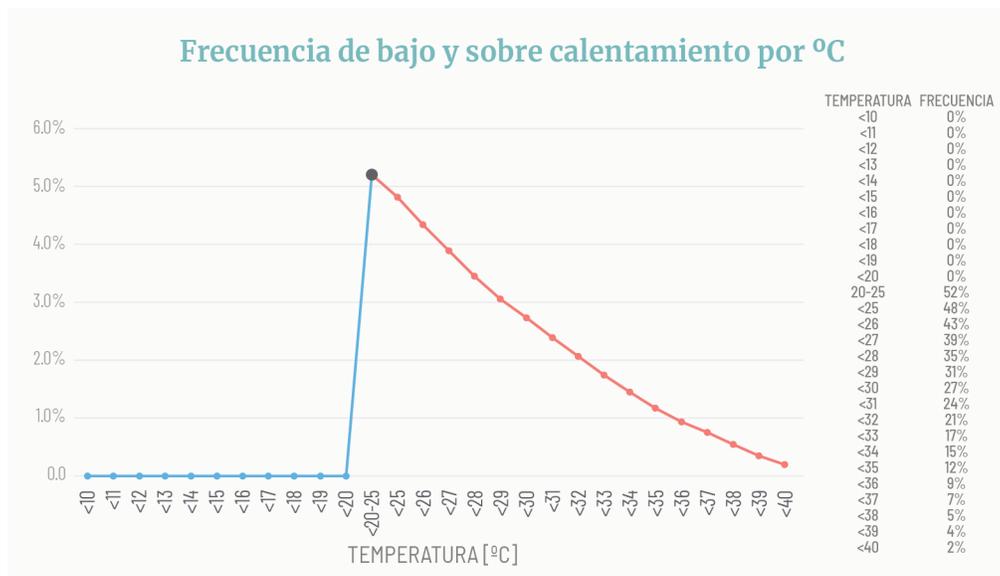


Ilustración 13. Frecuencia de sobrecalentamiento, vivienda línea base 2 niveles, Sevilla, CON ventilador.



Sustitución

Para el caso de sustitución de equipos, es importante equipar la vivienda con equipos eficaces que proveen el caudal de aire deseado con la mejor relación entre el caudal y la potencia consumida por el ventilador.

En mayo de 2021, la SENER publicó en el Diario Oficial de la Federación el PROYECTO de Norma Oficial Mexicana "PROY-NOM-034-ENER/SE-2020, Eficacia energética y requisitos de seguridad de ventiladores. Límites, métodos de prueba y etiquetado." Dicha norma, una vez publicada, a través de la etiqueta de Eficacia Energética, proporcionará la base para poder diferenciar los equipos y modelos en función de su eficacia energética y de su ahorro de energía.

Según el proyecto de la norma, los ventiladores de techo se caracterizan por su mayor eficacia con un valor de eficacia energética mínima de $1.80 \text{ m}^3/(\text{minW})$ en comparación con los ventiladores de pared, pedestal, piso o mesa con una eficacia energética mínima de $0.30 \text{ m}^3/(\text{minW})$ o $0.65 \text{ m}^3/(\text{minW})$, en función del diámetro de las aspas. Por otra parte, los ventiladores de techo son equipos no portátiles, lo que da la certeza de su permanencia en la vivienda. Para su instalación, la vivienda debe contar con las condiciones para garantizar una altura mínima de piso terminado a la parte inferior del aspa del ventilador de al menos 2.14 m o la que corresponde a la altura mínima requerida de acuerdo con la reglamentación local.

Tabla 22. Costos de proveeduría e instalación de ventiladores de techo.

MARCA	MODELO	POTENCIA	COSTO DE PROVEEDURÍA E INSTALACIÓN
Hampton Bay	Littleton, 112044, 4 aspas de 42"	43 W	\$ 1,321.00 (IVA del 16%)
Hugger	AL383LED-BN, 5 aspas de 52"	49 W	\$ 2,118.3 (IVA del 8%)

En la tabla 22 se documentan los costos de los ventiladores de techo financiados en el proyecto piloto. En los anexos 13.1 y 13.2 se pueden consultar las fichas técnicas de ambos modelos.

4.2 Ventanas

Para garantizar el confort del edificio y de su ambiente interior se requiere una buena ventana, que debe cumplir con seis funciones principales:

- + Proveer de vista al exterior.
- + Permitir el uso de la luz natural.
- + Aislamiento térmico: reducir pérdidas de calor en situaciones frías, reducir ganancias de calor en situaciones calurosas.
- + Aprovechar ganancias solares (en situaciones frías) y controlar las ganancias solares (en situaciones de calor).
- + Permitir una ventilación controlable (p.e. ventilación nocturna en verano).
- + Proteger contra el ruido ambiental del exterior.

Un edificio se puede considerar como un sistema térmico, el cual tiene una serie de entradas de calor (ganancias) y de salidas de calor (pérdidas). Cuando la suma de las ganancias y pérdidas es mayor a cero, la temperatura interior aumenta, pero cuando es menor a cero, la temperatura interior disminuye.

Para el caso de las ventanas aplican los siguiente tres mecanismos básicos de transmisión de calor:

- + Ganancias o pérdidas de calor por **conducción** (transmitancia) a través del vidrio y el marco.
- + Ganancias de calor por **radiación** solar, a través de las partes transparentes (vidrios).

- + Ganancias o pérdidas de calor por **convección**, por la ventilación, por ejemplo, cuando ventilamos en la noche en verano, para enfriar la casa, o por medio de fugas.

Las ganancias o pérdidas de calor se pueden controlar a través del Coeficiente Global de Transferencia de Calor (K), conocido como Valor U, del marco y del vidrio, así como a través del control de puentes térmicos en la instalación de la ventana.

Las ganancias de calor por radiación solar se pueden controlar a través de sistemas pasivos o activos de sombreadamiento y a través del Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS) del vidrio, también conocido como valor g. El CGCS es la proporción de la ganancia de calor transmitida que entra a través de un sistema vidriado por la radiación solar incidente.

Las ganancias o pérdidas de calor por convección se pueden controlar a través del marco y del cuidado de los detalles de instalación. Por ejemplo, un marco oscilobatiente cuenta con una mayor hermeticidad que una ventana corrediza.

Para mayor detalle acerca de la relación que guardan las ventanas con la eficiencia energética de un edificio, así como los principios básicos de control solar, se puede consultar el Material Didáctico MD 7: Ventanas y aberturas del CONALEP²², desarrollado por GOPA/GIZ.

La NOM-024-ENER-2012²³ proporciona la base para poder especificar las propiedades del Coeficiente global de transferencia de calor (K) y del CGCS de un vidrio o sistema vidriado. Así mismo, la etiqueta informa la transmitancia visible, que indica la cantidad de luz de día que pasa por la ventana.

Aparte, existe la norma voluntaria NMX-R-060-SCFI-2013²⁴. Dicha norma presenta los siguientes puntos de control o propiedades que se deben tener en consideración en el diseño de los cerramientos: resistencia a la carga de viento; estanqueidad al

Las ganancias o pérdidas de calor por convección se pueden controlar a través del marco y del cuidado de los detalles de instalación. Por ejemplo, un marco oscilobatiente cuenta con una mayor hermeticidad que una ventana corrediza.

agua; permeabilidad al aire; aislamiento acústico; aislamiento térmico; resistencia a la intemperie; resistencia de funcionamiento e integralidad de los cerramientos; otras especificaciones del sistema de herrajes de los cerramientos; acristalamientos; requisitos de uso; instalación en obra.

En la vivienda de interés social, la línea base en cuanto a ventanas consiste en marco de aluminio de 1.5" de sistema corredizo y cristal simple de 3mm. Este tipo de ventana no brinda protección contra ganancias o pérdidas de calor por conducción y ganancias por radiación solar. Además, da lugar a altas infiltraciones, dado que el sistema de ventana corrediza es poco hermético. Los habitantes recurren a medidas auxiliares como colocar cartones, papel aluminio o mantas en las ventanas para protegerse de las ganancias solares, resultando en espacios interiores sin iluminación natural, como se puede apreciar en los videos testimoniales y en la imagen 7.

²² http://portal.ruv.org.mx/wp-content/uploads/2019/08/GIZ_Ventanas_y_aberturas_2013.pdf

²³ NOM-024-ENER-2012, Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba, a través de la etiqueta de Eficiencia Energética.

²⁴ NMX-R-060-SCFI-2013, VENTANAS Y PRODUCTOS ARQUITECTÓNICOS PARA EL CERRAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS - CLASIFICACIONES Y ESPECIFICACIONES.

Imagen 7. Protección solar por medio de medidas auxiliares.

Dado lo anterior, en la vivienda Paso-III, el marco y vidrio seleccionado muestra que se puede proporcionar un adecuado control de las ganancias o pérdidas de calor por conducción, ganancias de calor por radiación solar y ganancias o pérdidas de calor por convección mediante productos disponibles en México.

La carpintería de marco de PVC de tres cámaras instalado en la vivienda Paso-III es oscilobatiente, lo que favorece la hermeticidad. En conjunto con el sellado de las juntas constructivas de marco de ventanas con los vanos con cintas herméticas aplicadas en el exterior, se obtuvieron excelentes resultados en la prueba de hermeticidad. El marco de ventana tiene un valor U del marco de $1.90 \text{ W/m}^2\text{K}$. El vidrio es un doble acristalamiento de baja emisividad Low E con gas argón con un Valor U de $1.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un valor g (CGCS) de 0.34 y un valor CS de 0.39. El valor UD/W promedio de las ventanas instaladas es de $2.28 \text{ W/m}^2\text{K}$.

En la tabla 23 se reportan los costos de proveeduría e instalación de las ventanas. El concepto de manio-bra de instalación de Mexicali incluye los viáticos para el traslado del equipo de instaladores de Hermosillo a Mexicali. Cabe mencionar que los conceptos no incluyen el desmontaje de las ventanas existentes y disposición final de ventanas. Otro contratista ejecutó el desmontaje y disposición final.

Las habitantes recurren a medidas auxiliares como colocar cartones, papel aluminio o mantas en las ventanas para protegerse de las ganancias solares, resultando en espacios interiores sin iluminación natural.

Tabla 23. Costo de proveeduría e instalación de ventanas, vivienda PASO-III.

CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	PRECIO (IVA DE 16%)
Suministro de ventana abatible doble, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 123 cm x 124 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor Ug 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$9,075.89
Suministro de ventana abatible, PVC, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 123 cm x 105 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39 Valor.	pza	1	\$10,470.66
Suministro de puerta abatible, PVC, Blanco modelo 4500 marca REHAU. 164 cm x 206 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 1/4 + Laminado de 3mm y claro de 3mm. Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$26,407.18
Suministro de ventana abatible doble, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 103 cm x 102 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² Incluye IVAK Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$5,342.40
Suministro de ventana abatible, PVC, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 79 cm x 97 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$5,550.19
Suministro de ventana abatible, PVC, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 70 cm x 103 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$6,906.75
Suministro de ventana abatible, PVC, Blanco modelo S1090 marca REHAU. 80 cm x 144 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$7,311.72
Suministro de ventana abatible, PVC, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 62 cm x 62 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$3,653.24
Suministro de ventana abatible, PVC, Blanco modelo S1030 marca REHAU. 62 cm x 40 cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm Valor U g 1.50 W/m ² K Valor g 0.34 CS 0.39.	pza	1	\$3,011.88
Maniobra de instalación en Mexicali.	lote	1	\$38,280.00
TOTAL			\$116,009.89

4.3 Sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor

Higiene del aire al interior de la vivienda

En el sector de la vivienda en México existen condiciones que acentúan los efectos negativos de la baja calidad del aire, como son la mala o poca ventilación. En el diseño técnico del proyecto piloto se propuso incluir un equipo de ventilación controlada con recuperación de calor para el Paso-III. La solución técnica de este paso no solo incorporó a la eficiencia energética en su concepto sino, con base en las tecnologías existentes, agrega la posibilidad de contribuir a mejorar la calidad del aire al interior y de dotar de un monitoreo que permitieran a sus habitantes como a los actores involucrados con el proyecto, tener datos

actualizados y en tiempo real sobre la calidad del aire y así reportar los beneficios a la salud derivados de esta intervención. El sistema garantiza un intercambio de aire adecuado las 24 horas del día en función de la ocupación de la vivienda y asegura la correcta disipación del vapor de agua y de los contaminantes que se pueden generar en el interior del edificio. Además, la máquina instalada incorpora de serie un filtro de aire de impulsión de alta calidad de la clase de filtrado ISO ePM10 (0.3-10 µm), que puede filtrar una gran parte de la contaminación que viene desde el exterior (en Mexicali: arena desértica y partículas de tráfico y de industria). Opcionalmente, se dispone de un filtro de

polvo fino de la clase de filtración más alta, ISO ePM1 (0.3-1.0 µm), que garantiza una protección aún mayor y una pureza del aire muy elevada.

Lo anterior cobra importancia frente a la situación de la calidad del aire en México. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire es uno de los mayores riesgos ambientales que existen para la salud, principalmente por la exposición de las personas a materia particulada²⁵ fina que causa enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cánceres²⁶. La PM_{2.5} es considerada como uno de los seis mayores contaminantes más comunes en la clasificación de la calidad del aire y puede ser producida por una gran variedad de fuentes antropogénicas como es la combustión de motores, la generación de energía, los procesos industriales y la construcción.

Además, de acuerdo a datos de la OCDE, para el año 2050, la contaminación del aire será la principal causa ambiental de mortalidad prematura en el mundo. Esto es de gran importancia pues el costo del país para atender la salud de las personas es cada vez más alto para el gobierno y para las personas pues deben usar más recursos para atender sus problemas de salud y reducen su productividad a causa de lo mismo²⁷. En México, la industria, el transporte y los incendios, son las principales fuentes de contaminación atmosférica, lo que ha aumentado el riesgo a la salud de la población para sus habitantes. Según el "Reporte de la calidad del aire del mundo"²⁸ que analiza los datos históricos y monitoreos de la calidad del aire en México, en el año 2022 la concentración promedio de

materia particulada (PM_{2.5}) fue de 3.9 veces más de lo que recomienda la Guía de valores de la calidad del aire de la OMS, siendo la ciudad más limpia San José del Cabo, Baja California Sur con una puntuación de 2.5 y la más contaminada, Metepec en el Estado de México con una puntuación de 36.1²⁹. Este estudio coloca a México en la posición número 49 de los países más contaminados en el mundo, con una puntuación promedio en el país de 19.5. Esto excede entre cuatro y cinco veces más a la cantidad de materia particulada recomendada por la OMS para asegurar la salud de la población.

Sistema de ventilación mecánica controlada

Fue posible importar de Alemania una unidad de ventilación con recuperación de calor, inteligente y activa controlada por sensores y que cuenta con certificado de "Componentes Passivhaus Certificado",³⁰ atestando una eficiencia de recuperación de calor (efectiva) de 87% y un consumo de energía eléctrica de 0.26 Wh/m³. La ilustración 14 muestra el esquema de funcionamiento y el paso de los flujos de aire de impulsión y de extracción por el intercambiador de calor.

²⁵ O también llamado contaminación por partículas, y se usa para definir a una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. La contaminación por partículas incluye:

PM₁₀: partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores; y

PM_{2.5}: partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2.5 micrómetros y menores. Datos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA

<https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

²⁶ Según los datos del 2022 de la OMS, los efectos combinados de la contaminación del aire ambiente y la del aire doméstico se asocian a 6.7 millones de muertes prematuras cada año. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(out-door\)-air-quality-and-health#:~:text=Mediante%20la%20disminuci%C3%B3n%20de%20los,agudas%2C%20entre%20ellas%20el%20asma.](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(out-door)-air-quality-and-health#:~:text=Mediante%20la%20disminuci%C3%B3n%20de%20los,agudas%2C%20entre%20ellas%20el%20asma.)

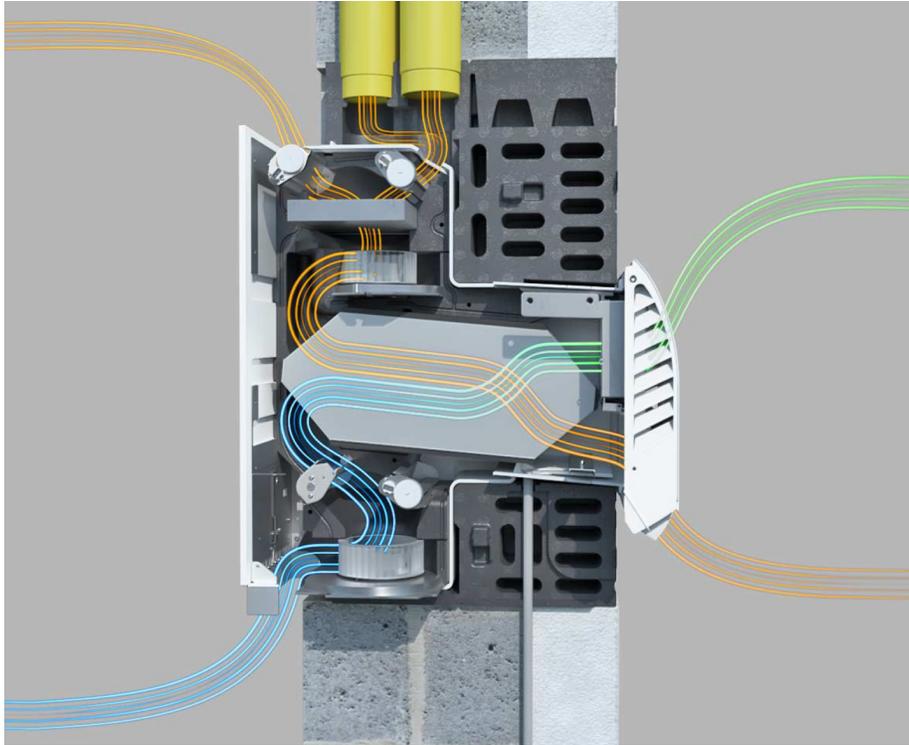
²⁷ De acuerdo con los resultados de un estudio de IQAir, reducir las PM10 y el ozono en un 10% tendría como resultados, ahorros de cerca de 760 millones de dólares anualmente o en términos humanos, sería igual a 33,287 visitas de emergencia menos y disminuiría la muerte de 266 infantes al año. [Mexico Air Quality Index \(AQI\) and Air Pollution Information | IQAir](https://www.iqair.com/mexico-air-quality-index(AQI)and-air-pollution-information)

²⁸ Este reporte revisa la calidad del aire en el mundo y tomando la información de 7,323 ciudades en 131 países donde existen datos de estaciones de monitoreo que son operadas por instituciones, gobierno, ONG, universidades y otros organismos en el mundo. Este reporte de PM_{2.5} incorpora además los datos de la Guía de valores de la calidad del aire de la OMS del año 2021. <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>

²⁹ La Guía de valores de la calidad de aire de la OMS recomienda que la exposición anual a PM_{2.5} esté en un nivel de 5µg/m³ para proteger la salud por efectos adversos de los contaminantes del aire al eliminar o reducir la exposición a contaminantes peligrosos en el aire. P. 74, Tabla 3.1 <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

³⁰ https://database.passivehouse.com/de/components/details/ventilation_decentralised_single/blumartin-gmbh-freeair100-0641vs03

Ilustración 14. Esquema de funcionamiento ventilación mecánica con intercambiador de calor.

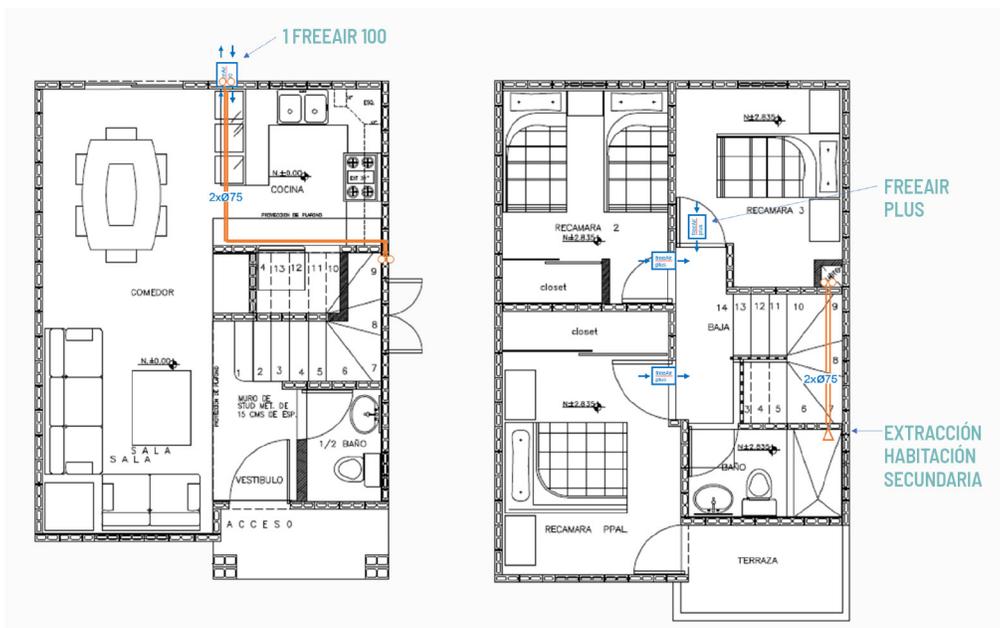


Fuente: <https://blumartin.de/>

El sistema instalado consiste en una unidad de ventilación con recuperación de calor, inteligente y activa controlada por sensores. El equipo está instalado en planta baja entre cocina y estancia sala/comer y se conecta por ductos con el baño en planta alta para extraer aire en el baño y cocina directo por la máquina.

En planta alta, 3 unidades de transmisión inteligente y activa controlada por sensores renuevan el aire en las habitaciones con el aire de inyección desde la máquina en planta baja (véase ilustración 15).

Ilustración 15. Esquema de instalación sistema descentralizado de ventilación mecánica.



La tabla 24 documenta los precios brutos de los fabricantes en Alemania para los sistemas que fueron cotizados para el prototipo de 2 niveles de la vivienda Paso-III en el desarrollo Sevilla. Así mismo, se reporta la eficiencia de los equipos y los costos de instalación según cotizaciones para el proyecto piloto. Si bien, para la implementación del proyecto piloto, se tuvieron que asumir sobrecostos importantes por la importación y flete de un solo sistema, se estima que los precios brutos son una buena referencia de lo que podría ser el costo de un equipo descentralizado dise-

ñado para su instalación en las tipologías de vivienda de interés social y fabricado localmente en México.

Las unidades para los sistemas descentralizados de ventilación mecánica podrían producirse en México mediante la participación de fabricantes locales, que podrían diseñar y producir modelos para el segmento de la vivienda social. Los instaladores locales de aire acondicionado y ventilación mecánica podrían recibir formación para garantizar una instalación adecuada.

Tabla 24. Precios y eficiencia de sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor

FABRICANTE	ZEHNDER, ALEMANIA	BLUMARTIN, ALEMANIA
Sistema / modelo	1 equipo ComfoAir 70 3 equipos ComfoSpot 50 Todos los accesorios necesarios para la instalación del sistema	1 equipo freeAir 100 3 equipos freeAir plus Ductos Todos los accesorios necesarios para la instalación del sistema
Eficiencia de recuperación de calor (efectiva)	ComfoAir 70: 85% ComfoSpot 50: 80%	freeAir 100: 87%
Consumo de energía eléctrica	ComfoAir: 0.24 Wh/m ³ ComfoSpot: 0.30 Wh/m ³	freeAir 100: 0.26 Wh/m ³
Precios brutos y en euros (sin IVA)	€ 3,412.88	€ 3,605.60
Fecha de cotización	6.10.2021	16.03.2022
Costo de instalación	\$8,078.31	\$37,210.05
Fuente	Cotización Sun City, 9 febrero 2022	Costo de implementación proyecto piloto

El equipo *freeAir* puede ser operado desde una APP y se guardan los datos operativos del equipo en un servidor central. La ilustración 16 muestra una gráfica generada a través de la APP del equipo en el cual se puede observar el efecto del intercambiador de calor. La temperatura exterior, al pasar por el intercambiador de calor baja de aproximadamente 14°K y la temperatura de suministro llega con una temperatura ligeramente por encima del rango de confort de 25°C. En la ilustración 17 se puede observar la energía de refrigeración (COE) ahorrado por el sistema y contrastarla con el consumo de energía (PCO) del equipo.

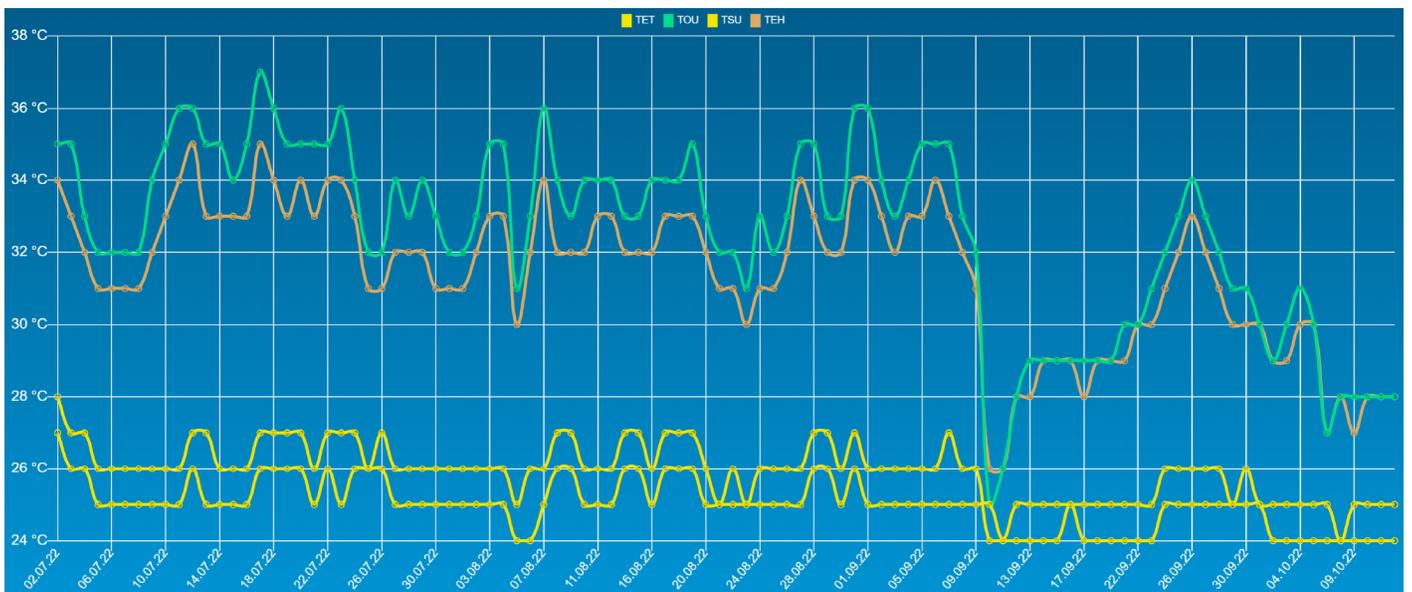
Las unidades para los sistemas descentralizados de ventilación mecánica podrían producirse en México mediante la participación de fabricantes locales.

Ilustración 16. APP freeAir Connect: temperaturas



Legenda : TET [°C]= Temperatura de extracción; TOU [°C]= Temperatura exterior; TSU [°C]= Temperatura de suministro; TEH [°C]= Temperatura de extractor

Ilustración 17. APP freeAir Connect: ahorro y consumo de energía



Legenda: PCO [Wh]= Consumo de energía; COE [Wh]= Energía de refrigeración.

4.4 Control de infiltraciones y ensayos hermeticidad al aire

Parte clave del concepto de optimización de la vivienda Paso-III es el control de infiltraciones.

Para el control de calidad de las medidas de hermeticidad de la envolvente se realizan ensayos de “control de infiltraciones de aire”, conocidos como ensayos “*Blower Door*”. No existen estudios sobre los valores de hermeticidad al aire en las viviendas existentes en México.

En el marco de la implementación del proyecto se realizaron ensayos “*Blower Door*” en cinco viviendas para conocer por una parte los valores de hermeticidad al aire en las viviendas existentes en los desarrollos Barcelona y Sevilla. Por otra parte, se realizaron ensayos “*Blower Door*” en la vivienda Paso-III antes y después de la rehabilitación energética con el fin de llevar a cabo un control de calidad y corroborar que la vivienda efectivamente haya alcanzado los valores de hermeticidad requeridas. Estos trabajos fueron realizados en las semanas 24 y 25 del 2022, con el apoyo del experto internacional Micheel Wassouf.

A continuación, se exponen y discuten los resultados de los ensayos “*Blower Door*” que se llevaron a cabo en Mexicali y las experiencias con la implementación de las medidas de hermeticidad.

4.4.1. Infiltraciones de aire – ensayo *Blower Door*

Las infiltraciones de aire en los edificios se consideran como pérdidas energéticas por ventilación “no deseada”. Cuando se generan saltos térmicos entre el interior del edificio y el aire exterior, las infiltraciones de aire pueden provocar importantes pérdidas energéticas (en función del gradiente térmico). Por lo tanto, en edificios de bajo consumo energético, conviene controlar este concepto, tanto en la obra nueva como en la rehabilitación.

Además, las infiltraciones de aire pueden provocar corrientes de aire y por lo tanto una incomodidad térmica (disconfort térmico). Recordamos que una de las variables para el confort térmico según el modelo Fanger es la velocidad del aire dentro de los edificios.

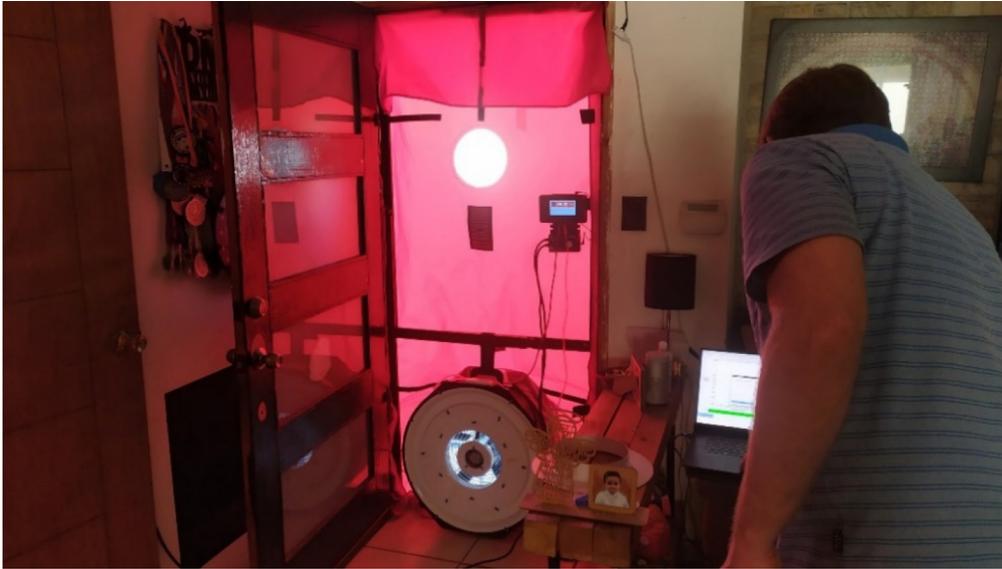
Un edificio con pocas infiltraciones de aire tiene un confort acústico muy alto, sobre todo apreciable en las grandes urbes. Por tanto, el control de las infiltraciones no es solo una cuestión energética, sino de calidad de vida.

En muchas normativas europeas se limitan las infiltraciones de aire. El estándar internacional *Passivhaus*, en su variante “EnerPHit” para la rehabilitación, marca un valor máximo n50 de 1.0 renovaciones por hora. Este estándar ha sido la referencia para la rehabilitación piloto “Paso-III” que se supervisó en Mexicali.

El ensayo *Blower Door* es la metodología normalizada para cuantificar las infiltraciones de aire no deseadas. La norma actual es la ISO-9972. El ensayo mide el caudal de aire en m³/h que sale de la casa (en el caso de despresurización), cuando la diferencia de presión generada por el ventilador, entre el interior y el exterior, esté 50 Pascales, equivalente a un viento con velocidad aproximada de 30 km/h.

“Para el control de calidad de las medidas de hermeticidad de la envolvente se realizan ensayos de “control de infiltraciones de aire”, conocidos como ensayos “*Blower Door*”.

Imagen 8. Ensayo *Blower Door*, realizado por GOPA Infra en Mexicali en junio del 2022



4.4.2. Resultados ensayos infiltración de aire en Mexicali, viviendas Paso-I

No existen estudios sobre los valores de hermeticidad al aire en las viviendas existentes en México. Por eso se decidió realizar cinco ensayos en cinco viviendas tipo Paso-I, tres de ellos en el desarrollo Sevilla y dos en el de Barcelona. Cabe mencionar que la rehabilitación conforme Paso-I no conlleva ninguna medida de mejora de la hermeticidad al aire. Por lo tanto, los resultados de estos cinco ensayos reflejan el comportamiento en cuanto a infiltraciones al aire de la vivienda típica de este tipo de desarrollos. Se trata de viviendas con bloque de concreto, y con losas de hormigón con vigas reticulares, o sea una construcción convencional para muchas construcciones de viviendas en México. Las ventanas son del tipo correderas, con marco de aluminio de 1.5" y cristal simple. Las cocinas no disponen de salida de humos directas al exterior (sin campanas). Los baños disponen de ventanas para ventilar.

En los ensayos se colocó el ventilador por facilidad de montaje en la puerta de entrada. Las infiltraciones reales son algo mayores respecto a los resultados medidos, ya que no se consideran las pérdidas a través de la puerta de entrada.

Se realizaron en dos viviendas ensayos en modo de presurización y despresurización, constatando que la desviación entre ambos es muy baja, del rango de 2%. Por ello, se decidió realizar los demás ensayos solo con el modo de despresurización.

A continuación, se enlistan los resultados de los ensayos (modo despresurización). Se ha realizado el cálculo del volumen neto interior siguiendo el método del *Passivhaus Institut*: Multiplicando la superficie útil de cada habitación con la altura media libre hasta falso techo.

Tabla 25. Resultados ensayos *Blower Door* línea base

	VOLUMEN NETO INT. (M ³)	VALOR N50 (1/H)	VALOR Q50 (M ³ /M ² H)
Barcelona, Aracil 1972	136.4	6.0	3.5
Barcelona, Calvel 1998	136.4	7.5	4.4
Sevilla, Arjona 3645	204.0	4.2	3.6
Sevilla, Barqueta 3599	204.0	3.9	3.3
Sevilla, Robres 341	204.0	5.2	4.4
Resultados medios		5.4	3.8

Los resultados reflejan valores con altas infiltraciones, con un resultado n50 promedio de 5.4/h. La oscilación entre el peor resultado (7.5/h) y el resultado más bajo (3.9/h) es del factor 1.9. Eso se debe a la diferencia entre el tamaño de las viviendas de 1 nivel en Barcelona respecto a las viviendas de 2 niveles en Sevilla. Cabe mencionar que el valor n50 es relacionado con la compacidad del edificio. Edificios más grandes tienden a tener valores n50 más bajos, por la relación más favorable entre los m² de la envolvente térmica (=posibles infiltraciones) y el volumen neto interior del edificio. Por eso, cuando se comparan diferentes edificios con diferentes valores de compacidad, es conveniente analizar el valor q50, que refleja la cantidad de infiltraciones en m³/h por cada m² de la envolvente térmica. En nuestro caso, se ve como los valores medidos "q50" son más cercanos entre sí: entre 3.3 y 4.4 m³/m²h, con un valor promedio de 3.8 m³/m²h.

Tanto el valor n50 como q50 no son tan altos como se estimaba para viviendas existentes en México. Ensayos en viviendas existentes realizados por Micheel Wassouf en España están en rangos muy similares.

Desde luego, la realización de cinco ensayos no es suficiente para conseguir un valor medio fiable en la vivienda existente de México. Haría falta un análisis más intensivo con diferentes tipologías y tipos de construcción. No obstante, los valores q50 medidos reflejan una confianza alta para poder extrapolarlo a

la tipología de las demás viviendas en los desarrollos Barcelona y Sevilla en Mexicali.

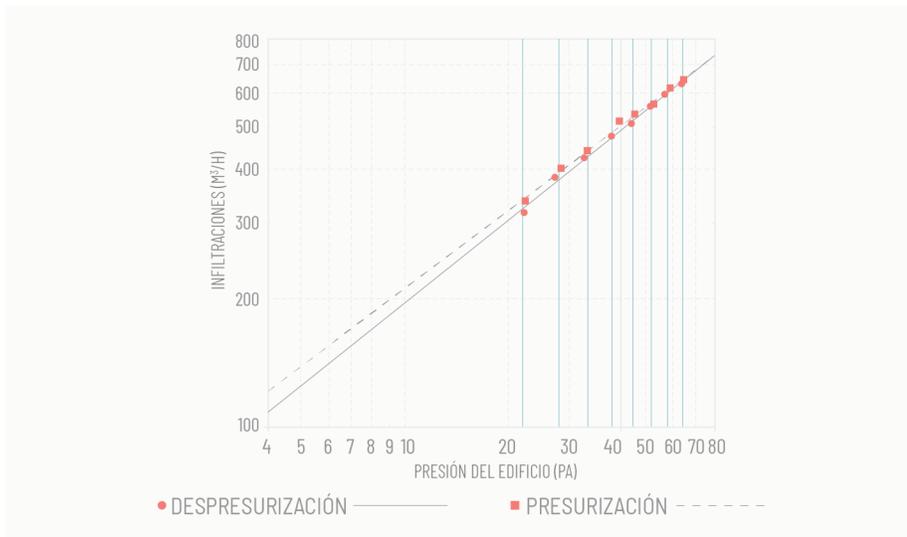
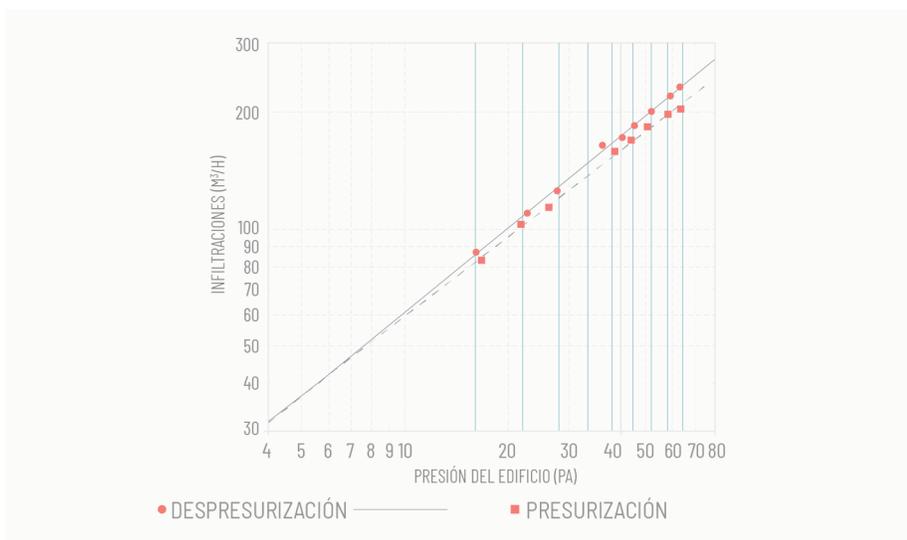
4.4.3. Resultados ensayos infiltración de aire en Mexicali, vivienda Paso-III

Además de los ensayos para la línea base, se realizaron en la vivienda del Paso-III un ensayo antes de la reforma y después de la reforma. En esta vivienda se llevaron a cabo trabajos específicos para reducir las infiltraciones de aire. Se cambiaron las ventanas correderas de aluminio contra ventanas oscilobatientes de PVC, de tres cámaras, sellando las juntas constructivas con cintas herméticas. Además, se ejecutó una línea de hermeticidad en paredes (mortero adhesivo) y cubierta (pintura impermeabilizante sobre nuevo aislamiento), y se trataron todas las penetraciones constructivas con sellantes especiales. Para asegurar una muy buena calidad del aire interior, se instaló una máquina de ventilación controlada con recuperación de calor. Se optó por una solución descentralizada, instalada en la pared del patio en planta baja. Las juntas constructivas entre la máquina y la pared fueron selladas con cintas especiales. La línea de hermeticidad no se pudo aplicar en la losa de planta baja, por dificultades operativas (alturas libres, usuario viviendo en el edificio etc.).

A continuación, se listan los valores medidos en la vivienda Paso-III, reflejando el promedio entre despresurización y presurización de cada ensayo.

Tabla 26. Resultados ensayos *Blower Door* línea base

	VOLUMEN NETO INT. (M ³)	VALOR N50 (1/H)	VALOR Q50 (M ³ /M ² H)
Antes reforma	204.0	2.71	2.29
Post reforma	204.4	0.91	0.77

Ilustración 18. Medición *Blower Door* Paso-III ANTES de la rehabilitación energética**Ilustración 19.** Medición *Blower Door* Paso-III DESPUÉS de la rehabilitación energética

La vivienda Paso-III se caracteriza por una envolvente inicial claramente más hermética respecto a las cinco viviendas analizadas (línea base). El valor q_{50} de esta vivienda se midió con un resultado de $2.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Respecto al valor medio de referencia de $3.8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, es una mejora del 40%. Esta discrepancia se puede explicar por la presencia de dos factores diferenciadores.

- + Se encontraron varias paredes de la vivienda Paso-III macizadas con concreto (bloques de concreto). Según comentó el usuario, estas adecuaciones fueron realizados para reforzar la vivienda después de haber presentado daños por sismo. El concreto es hermético al paso de aire.
- + Se trata de un usuario muy consciente en términos de ahorro de energía, que lleva un mayor trabajo de mantenimiento. Por ejemplo, estaban las ventanas bien selladas por el usuario con gomas específicas. Así mismo, la imagen 9 muestra que los pretilas (que forman parte de la línea de hermeticidad) contaban con una capa continua de revoque exterior en el lado superior y no con el block de concreto expuesto, como en el caso de otras viviendas en los desarrollos.

Imagen 9. Comparación pretilas Paso-III (izquierda) y solución convencional

Aun así, los trabajos realizados en la vivienda Paso-III, relativos a la hermeticidad al aire, han conseguido reducir las infiltraciones de aire en un 66%, de un valor inicial (ya relativamente bajo) $n_{50}=2.71/h$ a un valor final de $0.91/h$. El resultado conseguido refleja un control muy bueno de las infiltraciones de aire, y cumple incluso con el requisito del estándar EnerPhit (Casa Pasiva para la rehabilitación - valor límite $n_{50} = 1.0/h$), el más exigente a nivel internacional.

4.4.4. Discusión resultados control de infiltraciones

El control de la hermeticidad al paso de aire es una estrategia de construcción que no puede analizarse de modo separado de otras estrategias de eficiencia energética, complementarias: la ventilación controlada, la instalación de ventanas eficientes y la aplicación correcta de aislamientos térmicos. No obstante, se listan a continuación las mejoras energéticas y se exponen las ventajas cualitativas de esta estrategia, según la experiencia conseguida con la rehabilitación de la vivienda Paso-III en el desarrollo Sevilla, Mexicali.

Mejora energética

Se analizó mediante la herramienta PHPP el ahorro energético conseguido a través de los trabajos de hermeticidad al aire realizados en la vivienda Paso-III.

Según el PHPP, la demanda de calefacción del edificio en su estado inicial se eleva a $143 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, y la demanda de refrigeración (incluyendo posible deshumidificación) a $248 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, suponiendo una temperatura constante en "invierno" de 20°C y 25°C en verano y un valor de hermeticidad al aire de $n_{50}=5.4/h$ (valor medio de los ensayos "modelo base").

La optimización del edificio, equivalente al Paso II, baja la demanda de calefacción a $113 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, y la demanda de refrigeración a $171 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Las medidas técnicas del Paso-II incluyen la aplicación de aislamiento térmico en techo y en muros, aplicación de pintura reflectante en muros e impermeabilizante de color blanco en techo, así como la sustitución de los equipos de aire acondicionado por equipos eficientes de tecnología *inverter*.

De manera adicional a las medidas del Paso-II, reducir las infiltraciones de aire a un valor $n_{50} = 0.91/h$, en conjunto con la instalación de ventanas eficientes y de un sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de energía, baja la demanda de calefacción a $103 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, y la demanda de refrigeración a $139 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Con respecto al Paso-II, el conjunto de las estrategias de eficiencia energética del Paso-III, de control de las infiltraciones, ventanas eficientes y ventilación controlada logra una reducción importante de la demanda de refrigeración de 18% y de 9% de la demanda de calefacción.

El resultado conseguido refleja un control muy bueno de las infiltraciones de aire y cumple incluso con el requisito del estándar EnerPhit, el más exigente a nivel internacional.

Tabla 27. Mejora energética por control de infiltraciones

	VALOR N5 (1/H)	EFICIENCIA AIRE ACONDICIONADO (REE)	DEMANDA DE CALEFACCIÓN (KWH/M ² A)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (KWH/M ² A)	CONSUMO DE CALEFACCIÓN (KWH/M ² A)	CONSUMO DE REFRIGERACIÓN (KWH/M ² A)
Estado inicial	5.4	2.0	143.3	247.9	71.7	124.0
Paso-II	5.4	3.5	113.2	170.6	32.3	48.7
Paso-III	0.9	3.5	102.8	139.3	29.4	39.8

Mejoras de confort

Se ha de analizar la estrategia de control de infiltraciones en conjunto con un sistema de ventilación controlada. Solo de este modo se puede asegurar la correcta disipación del vapor de agua y de los contaminantes que se pueden generar en el interior del edificio. En el caso del Paso-III, se ha instalado una máquina de ventilación certificada por el *Passivhaus Institut*, incorpora de serie un filtro de aire de impulsión de alta calidad de la clase de filtrado ISO ePM10 (0.3-10 µm), que puede filtrar una gran parte de la contaminación que viene desde el exterior (en Mexicali: arena desértica y partículas de tráfico y de industria). Opcionalmente, se dispone de un filtro de polvo fino de la clase de filtración más alta, ISO ePM1 (0.3-1.0 µm), que garantiza una protección aún mayor y una pureza del aire muy elevada.

Además, la ventilación expulsa hacia el exterior los componentes orgánicos volátiles y la humedad que se genera de modo continuo en el interior. En tiempos de post pandemia, y con los hábitos de los usuarios con estancias prolongadas dentro de la vivienda, la calidad del aire juega un papel crucial para la salud de las personas.

Ilustración 20. Captura de pantalla, APP de la ventilación controlada, día de calor típico en junio en Mexicali



La ilustración 20 muestra el ahorro en energía debido al sistema de ventilación controlada instalado. Dicho sistema debe ir junto con una envolvente hermética (máximo valor recomendado $n_{50} = 1.0/h$). En caso contrario, la ventilación controlada perdería gran parte de su eficiencia, ya que infiltraciones mayores en la piel del edificio actúan como bypass no deseado de la ventilación controlada. En la imagen se reporta una diferencia entre la temperatura exterior de 41.9°C respecto a la temperatura filtrada refrigerada de modo pasivo (a través del recuperador de calor), que entra con 27.9°C hacia el interior. Para mantener una temperatura constante de 25.0°C en verano, en vez de tener que enfriar una diferencia de 16.9°K, sólo se debe enfriar el aire fresco de un 2.9°K, debido a la

alta eficiencia de la máquina certificada por el *Passivhaus Institut* con un rendimiento del 87%. La máquina reporta un ahorro de energía de 92.8 W, correspondiente al contenido energético del aire intercambiado por la diferencia de temperatura.

Análisis económico

La reducción de infiltraciones de aire en la vivienda Paso-III ha consistido en cuatro actuaciones principales, cuyos costes se analizan a continuación.

- + Encintado de las nuevas ventanas, mediante cintas herméticas tipo Contega-Solido-IQ-D (Proclima)³¹, y encintado de la nueva máquina de ventilación. Se gastaron 4 rollos de 30m cada una. El coste de metro-lineal varía entre 40-60 pesos/ml (2-3 EUR/ml)³².

³¹ Existen otros fabricantes que distribuyen cintas parecidas.

³² Costos aproximados en julio 2022.

Estimamos 4 horas-persona para la instalación de dichas cintas en la obra del Paso-III, lo que equivale a aproximadamente 2 minutos por metro lineal.

- + Aplicación de mortero cola / adhesivo para fijación del aislamiento tipo SATE³³ en el exterior. Se aplicó el mortero de modo continuo, en toda la superficie de las placas de EPS. Se trata de una solución que “si o si” estaba prevista para la correcta ejecución del SATE. No se interpreta como sobrecoste para la hermeticidad al aire.
- + Aplicación de una pintura impermeabilizante por encima del esparado de PU de la cubierta. Se trata de una solución que “si o si” estaba prevista para la correcta ejecución del SATE. No se interpreta como sobrecoste para la hermeticidad al aire.
- + Revisión y sellado de juntas constructivas entre elementos constructivos o bien penetraciones de ductos a través de la línea de hermeticidad. Se aplicó con una pintura elástica selladora, de aplicación con brocha. Para la vivienda se gastó un bote de 5 litros. Además, se gastó un cartucho cola para el sellado de instalaciones eléctricas nuevas para la máquina de ventilación. El tiempo estimado para estos sellados se estima entre 3 y 4 horas.

4.4.5. Conclusiones “hermeticidad al aire”

La experiencia piloto de la vivienda Paso-III en Mexicali demostró que se pueden reducir de modo notable las infiltraciones de aire en una rehabilitación energética, incluso con albañiles e instaladores sin conocimientos previos en esta tecnología. El resultado conseguido y comprobado con el ensayo de *Blower Door* ha sido excelente, llegando a cumplir con el criterio exigente del estándar internacional *Passivhaus*. Una parte importante de este logro se debe también a las ventanas con muy bajas infiltraciones de aire, que se instalaron en el Paso-III. El mercado de construcción en México ha ido madurando en los últimos años en este ámbito, ofreciendo productos “*Made in Mexico*”, compatibles con los estándares internacionales de eficiencia energética.

Además de la adecuada formación del sector de la construcción en México respecto a esta tecnología, el reto principal en el control de las infiltraciones de aire consiste al día de hoy en la dificultad de suministro de las cintas de hermeticidad, que se fabrican en su gran mayoría en Europa. No obstante, existen fabricantes con representantes en México, que podrían facilitar la adquisición de dichos materiales.

La comprobación de la hermeticidad mediante ensayo *Blower Door* requiere la difusión de este tipo de ensayos en México. Hoy en día hay muy pocos equipos disponibles en el país. La difusión de este tipo de ensayos requiere el apoyo por parte de colegios profesionales y de entidades públicas. El ensayo tiene actualmente un coste considerable, por la escasez de equipos y expertos disponibles en México. En un mercado con mayor demanda, este sobrecoste será casi nulo³⁴.

La hermeticidad al paso de aire es una estrategia con importantes ventajas para mejorar la calidad de vida dentro de las viviendas, sobre todo en climas fríos o cálidos, o bien en zonas urbanas con una contaminación acústica y contaminación del aire importante. Según la experiencia del Paso-III, no se trata de una tecnología costosa (comparado con otros conceptos de la rehabilitación energética). Recordamos que es una tecnología que debe ir junto con una estrategia de ventilación controlada. Los importantes beneficios indirectos sobre la salud y el confort de los usuarios requieren un monitoreo en este tipo de viviendas, preferiblemente con viviendas de referencia (línea base).

³³ SATE: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior.

³⁴ A modo de ejemplo: En España existen cada vez más constructoras que adquieren el equipo de *Blower Door* y lo consideran como tecnología básica para el propio control de calidad en sus obras.

4.5 Vivienda Cero Gas

Otra de las consideraciones acordadas entre el FIPATERM y el DKTI Vivienda para la selección de las medidas técnicas, aparte del criterio de costo-eficiencia, era implementar nuevos conceptos innovadores como viviendas 'cero gas', en combinación con un sistema fotovoltaico. El paquete 'cero gas' fue ofertado a los participantes de las viviendas Paso-II y Paso-III y el propietario de la vivienda Paso-II seleccionó esta opción. Dado lo anterior se pudo implementar un paquete 'cero gas' con una estufa de inducción magnética, un calentador de agua eléctrico y un sistema fotovoltaico para sustituir los consumidores de gas. De tal forma se pudo generar información acerca de las medidas técnicas y de su implementación. Además, se probó el concepto de que el Fipaterm pueda financiar la transición de los hogares a energía eléctrica y 100% limpia.

Como se documenta en la tabla 19, la vivienda de línea base de referencia de 2 niveles en Sevilla proyecta un consumo de Energía Final Térmica de 4,074 kWh/año, lo que equivale a 925 kgCO₂e/año. Para abastecer 4,074 kWh/año de Energía Final Térmica, se requieren de 296 kg de gas LP, que implica un costo de \$ 6,646 al año, conforme al precio al público de gas LP reportado por los distribuidores³⁵ para Baja California en 2021. Para el año 2021, antes de la rehabilitación energética, el propietario de la vivienda Paso-II indicó un consumo de 300 kg de gas LP.

La tabla 28 resume los costos de implementación de las tecnologías del paquete 'cero gas'. La instalación fotovoltaica de la vivienda Paso-II, de capacidad de 2,25 kW tiene un costo de de \$65,826. -. La sustitución del calentador de gas y de la estufa de gas, ocasionó un costo de \$ 24,194. - para la instalación del calentador eléctrico, incluyendo la generación del circuito eléctrico, así como una estufa de inducción con su mueble base modular de cocina. Mediante la sustitución de las tecnologías consumidores de gas, se ahorra \$6,646. - al año para la compra de gas LP. La sustitución del gas LP por energía eléctrica, generada a través de la instalación fotovoltaica, ahorra 925 kgCO₂e/año. De manera adicional, con un costo de implementación de \$ 17,875. - se puede instalar un calentador solar de agua para reducir la demanda de agua caliente sanitaria. Lo anterior ayuda a poder abastecer la demanda de energía eléctrica con una instalación fotovoltaica de menor capacidad y costo de implementación. Para tal fin, se requiere realizar un análisis que toma en cuenta la localidad y particularidades del proyecto, para poder dimensionar la capacidad de la instalación fotovoltaica.

Tabla 28. Costos de implementación tecnologías paquete 'cero gas'

TECNOLOGÍAS PAQUETE 'CERO GAS'		
RUBRO	MEDIDA TÉCNICA DE EE/ER	
Sistema Fovoltáico, 2.25kW		\$ 65,826.00
SISTEMA FOTOVOLTAICO	Sistema fotovoltaico con 5 paneles de 450 W con Inversor central	\$65,826.00
Tecnologías que sustituyen los dispositivos consumidores de energía térmica		\$ 24,194.11
CALENTADOR DE AGUA	Calentador eléctrico, tanque de 50 litros y potencia de 3kW	\$5,881.02
CALENTADOR DE AGUA	Circuito eléctrico e instalación de equipo de calentador eléctrico	\$3,231.07
ELECTRODOMÉSTICOS	Estufa de inducción magnética de 4 quemadores	\$10,291.11
ELECTRODOMÉSTICOS	Mueble base modular de cocina para colocar estufa de inducción	\$4,790.91
Calentador solar de agua		\$ 17,875.08
CALENTADOR SOLAR	Calentador solar plano, superficie de captación 2.50 m ² , termotanque 150 litros	\$17,875.08

³⁵ <https://www.gob.mx/cre/documentos/precios-al-publico-de-gas-lp-reportados-por-los-distribuidores>







5

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados del proyecto piloto demuestran la viabilidad técnica y económica, bajo distintas condiciones, para replicar las medidas y los beneficios en la salud y la mejora de calidad de vida de los participantes, sentando referente de la escalabilidad de su implementación para reducir de forma tangible la pobreza energética, el consumo de energía y las emisiones de CO₂e.

Es factible lograr una mejora significativa de la economía familiar y la calidad de vida, desde el Paso-I mediante el concepto de financiamientos consecutivos, y mejorar las viviendas paulatinamente con un mecanismo financiero acorde a la situación financiera de las familias.

A continuación, en la sección 5.1 se presentan los resultados y conclusiones respecto al potencial de ahorro, viabilidad técnica y económica, así como a la relevancia climática de las medidas técnicas seleccionadas. La sección 5.2 documenta las recomendaciones para programas de fomento estatales y para acceder el potencial de EE/ER en la vivienda de interés social existente

5.1 Resultados y conclusiones potencial de ahorro, viabilidad técnica y económica

Los resultados del proyecto piloto demuestran la aptitud de las soluciones técnicas seleccionadas para los tres distintos paquetes de optimización en dos tipologías y tres prototipos de vivienda en clima cálido seco de Hermosillo y Mexicali.

Viabilidad técnica de soluciones técnicas seleccionadas y potenciales de ahorro

Los paquetes de optimización, definidos en el diseño técnico y con base en los costos de implementación del proyecto piloto, cuentan con importantes ahorros potenciales, como demuestra la evaluación ex ante con las herramientas del Sisevive-EcoCasa.

- + Se pudo reducir tangiblemente de hasta 42% (Paso-I, Haciendas del Sur) y hasta 88% (Paso-III) el consumo de energía eléctrica y térmica;

Los análisis realizados con PHPP³⁶ para estudiar la viabilidad técnica y financiera de conseguir una casa totalmente reacondicionada conforme los criterios del estándar EnerPHit³⁷ del *Passivhaus Institut*, demuestran mejoras importantes sobre las demandas de refrigeración y de calefacción, aún sin alcanzar los valores límite del estándar EnerPHit.

³⁶ El estándar EnerPHit toma en cuenta el 100% de las demandas de refrigeración y calefacción, por lo que no se aplicaron los factores de corrección para aire acondicionado y calefacción en los resultados. Dado lo anterior, las demandas de refrigeración y deshumidificación y la demanda de calefacción son mayores a los que se reportan en el resto del informe.

³⁷ <https://passipedia.org/certification/enerphit>

- + Paso-II: Con respecto al Paso-I, se reduce la demanda de refrigeración en un 31 % (248 kWh/m²*año a 171 kWh/m²*año) y la demanda de calefacción en un 21% (de 143 kWh/m²*año a 113 kWh/m²*año).
- + Paso-III: Con respecto al Paso-I, se reduce la demanda de refrigeración en un 44 % (248 kWh/m²*año a 139 kWh/m²*año) y la demanda de calefacción en un 28% (de 143 kWh/m²*año a 103 kWh/m²*año).
- + Paso-III: Con respecto al Paso-II, el conjunto de las estrategias de eficiencia energética del Paso-III, de control de las infiltraciones, ventanas eficientes y ventilación controlada logra una reducción importante de la demanda de refrigeración de 18% (171 kWh/m²*año a 139 kWh/m²*año) y de 9% (113 kWh/m²*año a 103 kWh/m²*año) de la demanda de calefacción.

La implementación de las medidas técnicas en la vivienda Paso-III demostró la viabilidad técnica de las tecnologías de innovación para su aplicación en la vivienda existente de interés social en México.

- + Paso-III: Se logró una mejora notable de la hermeticidad de la envolvente. A pesar de un equipo de albañiles e instaladores sin conocimientos previos

(requiere asistencia de un formador o formación previa) en estas tecnologías, se logró cumplir con el criterio exigente del estándar internacional *Passivhaus*.

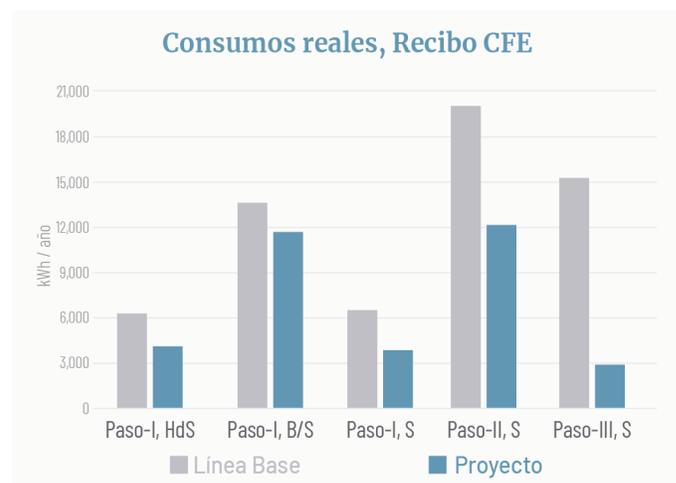
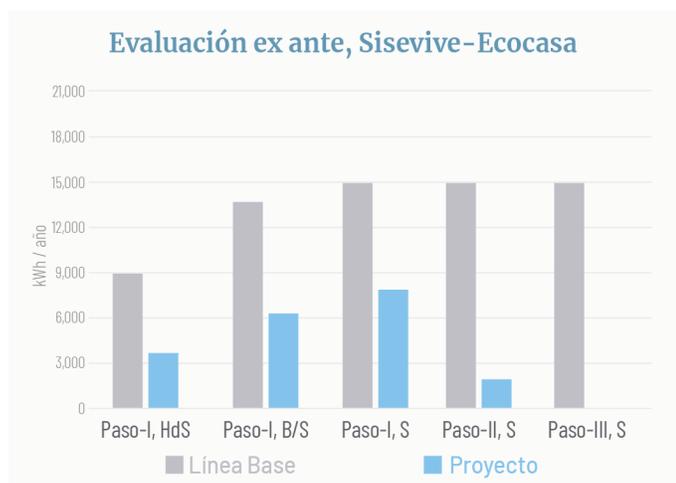
- + La hermeticidad al paso de aire es una estrategia con importantes ventajas para mejorar la calidad de vida dentro de las viviendas, sobre todo en climas fríos o cálidos, o bien en zonas urbanas con una contaminación acústica y contaminación del aire importante. Según la experiencia del Paso-III, no se trata de una tecnología costosa, comparado con otros conceptos de la rehabilitación energética.

Ahorros de consumo y facturación de electricidad según recibos CFE SSB

Se pudo monitorear el consumo de energía eléctrica mediante los recibos de CFE SSB en un periodo de 12 meses antes y después de haber concluido la implementación de las medidas técnicas en las viviendas. Con base en la comparación del consumo anual 2021, antes de la rehabilitación energética, contra los 12 meses de agosto 2022 a julio 2023, posterior a la rehabilitación energética, se reportan los siguientes ahorros obtenidos (tabla 29).

- + Los datos de consumo real demostraron una re-

Tabla 29. Evaluación de demanda de Energía Eléctrica anual y consumos reales



ducción importante del consumo de energía eléctrica desde el primer recibo. Las viviendas Paso-I en Haciendas del Sur y Paso-I de 2 niveles en Sevilla presentan un ahorro de energía eléctrica de 2,251 kWh y 2,681 kWh, a pesar de pertenecer a estratos de consumo medio y medio bajo y que correspon-

den a un 70% y 44% del consumo anual del modelo de línea base de referencia. **Esto demuestra que también en los estratos de menor consumo, las medidas implementadas pueden alcanzar ahorros significativos.**

- + La vivienda Paso-II reporta un ahorro del consumo de energía eléctrica de 7,856 kWh, correspondiente a 61% de la estimación de reducción de energía eléctrica del modelo de línea base de referencia. Se eliminó el consumo de gas de 300 kg de gas LP anual para 2021, según las indicaciones del propietario.
- + La vivienda Paso-III reporta un ahorro de energía eléctrica de 12,299 kWh para el periodo de agosto 2022 a julio 2023, correspondiente a un 82% de la estimación de reducción de energía eléctrica del modelo de línea base de referencia.

Viabilidad económica / Rentabilidad

Con base en el monitoreo de los recibos CFE SSB y los escenarios de viabilidad económica documentados en el capítulo 3, se concluye lo siguiente.

- + Las viviendas Paso-I en Haciendas del Sur y Paso-I de la vivienda de 2 niveles en Sevilla, a pesar de pertenecer a estratos de consumo medio (perfil de consumo 70%) y medio bajo (perfil de consumo 44%), alcanzan un ahorro de energía eléctrica 36% y 41%. El análisis de viabilidad económica reporta un VPN positivo, para el escenario de línea base (perfil de consumo 100%), y para perfiles de consumo de 90% a 50%.
- + El paquete Paso-I para la vivienda de 2 niveles es económicamente viable en los cuatro estratos de mayor consumo y que van de 16,168 a 8,112 kWh anuales e incluyen 848 de los 907 hogares en el desarrollo Sevilla.
- + El paquete Paso-I, hoy en día, está rentable por sí mismo, igual si se cuenta con un perfil de consumo de 50%. Sin embargo, se requiere adecuar los paquetes, para respetar la capacidad de endeudamiento de los usuarios.
- + El consumo anual 2021 de la vivienda Paso-II supera en un 34% el del modelo de línea base de referencia. El ahorro del consumo de energía eléctrica representa el 61% de la respectiva estimación ex ante de la Reducción de Energía Eléctrica. El ahorro en la facturación eléctrica corresponde a un 89% de la estimación ex ante. Así mismo, como se documenta en la sección 3.4, se eliminó el consumo de gas con un costo anual de \$ 6,730. - para 2021. Por lo anterior, la vivienda Paso-II muestra los resultados económicos proyectados, validando el análisis de viabilidad económica. El análisis de viabilidad económica reporta un VPN positivo, para el escenario de línea base (perfil de consumo 100%), y para perfiles de consumo de 90% hasta el 70%, sin considerar la subvención de GIZ y considerando que se financian todas las medidas técnicas durante 60 meses y con una tasa de interés del 13%.
- + El paquete Paso-II es económicamente viable en los tres estratos de mayor consumo documentados en la tabla 14 y que van de 16,168 a 10,924 kWh anuales e incluyen 524 de los 907 hogares en el desarrollo Sevilla.
- + El paquete Paso-II hoy en día es rentable por sí mismo, igual si se cuenta con un perfil de consumo de 70%. Sin embargo, se requiere adecuar los paquetes, para respetar la capacidad de endeudamiento de los usuarios.
- + La vivienda Paso-III, reporta un ahorro del consumo de energía eléctrica de 82% de la respectiva estimación ex ante de la Reducción de Energía Eléctrica. Los ahorros sobre la facturación de energía eléctrica corresponden a un 91% de la estimación ex ante de la evaluación económica del perfil de consumo del 100%.

Estos resultados demuestran que se logró una importante reducción real de emisiones de CO₂ mediante la implementación de los paquetes de optimización propuestos en el marco del proyecto piloto.

- + Bajo un escenario de transformación de mercado,³⁸ el paquete Paso-III es económicamente viable en el estrato de mayor consumo de 16,168 kWh anuales en 143 de los 907 hogares, si la tasa de interés del crédito es de 8.0% o menor, o bien se cuente con otro mecanismo de incentivos.
- + La implementación de proyectos de eficiencia energética logra ahorros de consumo y facturación de energía eléctrica importantes y combate de forma tangible la pobreza energética desde el Paso-I y en distintos segmentos de ingreso familiar de la población con sus distintos perfiles de consumo de energía eléctrica.

Relevancia climática

Para la estimación de las emisiones de CO₂e, se tomó como referencia el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2022³⁹, publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Las evaluaciones ex ante arrojan una Mitigación de Emisiones de Energía Final Total de 2,347 kgCO₂e/año para la vivienda Paso-I en Haciendas del Sur hasta 6,925 kgCO₂e/año para la vivienda Paso-III.

El monitoreo a través de los recibos CFE SSB demostró los siguientes ahorros de emisiones de CO₂e para el periodo de agosto 2022 a julio 2023, en comparación con el consumo anual 2021.

- + Paso-I, Haciendas del SUR: Ahorro de emisiones de 979 kgCO₂e (equivalente a un 42% de los 2,344 kgCO₂e/año de la estimación ex ante de reducción de emisiones de energía eléctrica).
- + Paso-I, vivienda de 2 niveles, Sevilla: Ahorro de emisiones de 1,166 kgCO₂e (equivalente a un 38% de los 3,083 kgCO₂e/año de la estimación ex ante de reducción de emisiones de energía eléctrica).
- + Paso-II, Sevilla: Ahorro de emisiones de 3,417 kgCO₂e (equivalente a un 60% de los 5,648 kgCO₂e/año de la estimación ex ante de reducción de emisiones de energía eléctrica).
- + Paso-III, Sevilla: Ahorro de emisiones de 5,350 kgCO₂e (equivalente a un 82% de los 6,498 kgCO₂e/año de la estimación ex ante de reducción de emisiones de energía eléctrica).

Estos resultados demuestran que se logró una importante reducción real de emisiones de CO₂e mediante la implementación de los paquetes de optimización propuestos en el marco del proyecto piloto. La reducción real es muy congruente con los resultados de las evaluaciones ex ante.

El FIPATERM y la CFE SSB podrán reportar estas emisiones evitadas, tanto para contabilizar esta contribución para efectos de reporte de emisiones de México, como para solicitar financiamiento climático internacional. Mediante las herramientas del Sisevive-EcoCasa, se cuenta con una metodología reconocida para la cuantificación ex ante de la mitigación de emisiones. Esto se complementa con la particular ventaja de FIPATERM y CFE SSB, de tener acceso directo a la información de los recibos CFE SSB, lo que facilita implementar un monitoreo simple ex post de la reducción real de emisiones a través de la factura eléctrica.

Co-beneficios del deep retrofit

Aparte de los ahorros de energía eléctrica, los habitantes de la vivienda Paso-III ya experimentaron los co-beneficios de una vivienda aislada con control de hermeticidad y ventilación controlada.

- + Calidad de aire en el interior. La vivienda ya cuenta con una adecuada higiene del aire. El filtrado del aire de impulsión cobra especial importancia, dada la calidad del aire en México (en el año 2022 la concentración promedio de materia particulada (PM_{2.5}) fue de 3.9 veces más de lo que recomienda la Guía de valores de la calidad del aire de la OMS).
- + Considerable mejora acústica. En el interior de la vivienda ya no se percibe más el ruido ambiental. Lo anterior, facilita un buen descanso durante el día y en las noches, que a su vez contribuye a disminuir los niveles de estrés y fricciones interpersonales.

³⁸ Escenario de transformación de mercado: Sin tomar en cuenta los costes asociados a la importación del sistema de ventilación mecánica controlada, contar con un coste competitivo para las ventanas y una tasa de interés del 8.0 %.

³⁹ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/807500/aviso_fesen_2022.pdf

- + Control de la radicación solar. Las ventanas con sistema acristalado con doble vidrio y vidrio de baja emisividad Low E, controlan la ganancia de calor hacia el interior mientras se pasa la luz para tener una buena iluminación natural. No se sobrecalientan las ventanas y las áreas adyacentes.

Mejoras de procesos

- + El Programa de Ahorro Sistemático Integral incorporó la opción del otorgamiento de créditos con dos o más ecotecnologías (empaquetamiento), bajo

el enfoque del desempeño global de la vivienda a los clientes del programa.

- + Los proveedores mejoraron continuamente a lo largo del proyecto sus conocimientos con respecto a la EE y ER a través de su participación en actividades de capacitación como fue el curso Passivhaus Basics y la creación de una Red de Aprendizaje de Aire Acondicionado y otra de Aislamiento térmico.

5.2 Recomendaciones para acceder el potencial de EE/ER en la vivienda existente

Financiamiento

- + El esquema de financiamiento debe ser acorde a la capacidad de endeudamiento de los posibles clientes. La capacidad de endeudamiento depende del segmento socioeconómico y de la totalidad de créditos vigentes, p. ej. es común que un potencial cliente cuenta con un crédito hipotecario vigente y debe cumplir con los respectivos pagos. Además, un posible cliente deberá acreditar ser un buen pagador de los servicios de CFE SSB.
- + Se recomienda ofrecer un mecanismo de préstamos consecutivos para contar con cuotas mensuales asequibles, conforme a la capacidad de endeudamiento.
- + En función de la capacidad de endeudamiento se debe diseñar la oferta financiera y adecuar los paquetes de optimización y, de tal forma, implementar paulatinamente las distintas tecnologías hasta alcanzar el nivel óptimo de eficiencia, conforme al WHA y su plan maestro.
- + Los paquetes de optimización deben ser flexibles y deben poder ser adaptados en función de la situación individual de la vivienda y del potencial cliente. Así mismo, se recomienda destinar un monto exclusivo para la compra de accesorios que deban ser sustituidos por el mal estado previo de las instalaciones de los equipos a sustituir, como lo son tuberías, cableados, conectores, entre otros.
- + Es necesario diseñar soluciones al financiamiento a largo plazo con tasas de interés más bajas con la finalidad de lograr un Valor Presente Neto positivo

para niveles de eficiencia energética superiores como son el Paso-II y el Paso-III, teniendo así niveles diferenciados de tasa de incentivos, conforme al nivel de EE que se alcanza.

- + El WHA y su integración a los programas de EE/ER para vivienda existente mediante la evaluación con las herramientas del Sisevive-EcoCasa, permite acoplarse a los fondos de financiamiento climático. La metodología de las herramientas del Sisevive-EcoCasa es reconocida y ha sido utilizada en México para el cálculo ex ante de emisiones de CO₂e en el marco de programas públicas de vivienda y en el marco de programas para vivienda nueva financiados con fondos climáticos internacionales. Así mismo, el programa EcoCasa de SHF, el cual utiliza las herramientas del Sisevive-EcoCasa para evaluar y certificar proyectos de vivienda sustentable, recibió en 2020 una certificación del CBI que hace posible la emisión de Bonos Verdes.
- + Los fondos climáticos internacionales podrían combinarse con incentivos estatales y tipos de interés más bajos para disponer de soluciones asequibles para el parque de viviendas existentes en México, sin dejar a nadie atrás.

Transformación de mercado

- + Se recomienda utilizar y difundir las experiencias de este proyecto piloto con los proveedores, con el fin de incorporar nuevas tecnologías a los programas de financiamiento con un costo competitivo. Una barrera encontrada durante la implementación del proyecto piloto, en particular durante la adquisición

de las medidas técnicas, fue que los proveedores incluyeron márgenes muy altos en sus cotizaciones para cubrirse de cualquier eventualidad, ya que no estaban familiarizados con las tecnologías de innovación. Con el apoyo técnico fue posible encontrar soluciones a los problemas presentados.

- + Buscar alianzas entre proveedores y los programas de financiamiento para contar con volúmenes de acciones de financiamiento que permitan bajar los costos de tecnologías de innovación. Por ejemplo, en el caso de las ventanas eficientes, adquirir maquinaria para una producción más eficaz bajaría los costos de producción. Contar con proveedores y equipos instaladores en la localidad, omitiría los costos de viáticos y hospedaje. Esto sentaría las bases para una masificación de las medidas.
- + Es posible reducir en el futuro los costos de proveeduría e instalación mediante el desarrollo local, la adecuación del diseño de las tecnologías para las tipologías de la vivienda en México, así como la capacitación del personal técnico. Fomentar la adecuación y transferencia de tecnología, mediante alianzas con universidades y la iniciativa privada, con el objetivo de desarrollar un producto nacional de sistemas descentralizados de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor. La iniciativa privada en México de producción de electrodomésticos cuenta con la expertise requerida para ello.
- + Introducir las tecnologías de innovación 'desde arriba', en el segmento de mercado que presente las condiciones más favorables de perfil de consumo de electricidad y de poder adquisitivo. En un segundo paso, una vez que se haya logrado bajar los costos de proveeduría e instalación, abarcar los otros segmentos del mercado.
- + Reforzar el trabajo con los proveedores mediante la capacitación y difusión de los resultados del proyecto piloto, para ampliar su abanico de productos y que se cuente con disponibilidad local de tecnología eficiente. Fomentar la alianza entre proveedores y la figura de un proveedor integral, para tener la menor cantidad de proveedores posibles en la implementación de los paquetes de medidas técnicas, así como para optimizar los procesos de formalización de contratos y de supervisión.
- + La implementación de proyectos de eficiencia

energética, y la introducción de nuevas tecnologías a una mayor escala en el mercado, son potenciales fuentes para la creación de empleo para las distintas regiones del país. Lo anterior, aunado a su potencial de combatir de forma tangible la pobreza energética desde el Paso-I, y en distintos segmentos de ingreso familiar de la población y de contribuir a la mitigación de emisiones de CO₂e.

Barreras para la implementación del proyecto piloto a nivel social

Por la naturaleza del financiamiento del proyecto piloto, hubo condicionantes o barreras que debieron resolverse para alcanzar los objetivos planteados, principalmente relacionadas con la adquisición de créditos tradicionales otorgados por el FIPATERM y el subsidio otorgado por la GIZ.

- + El personal de FIPATERM se enfrentó a la resistencia por parte de los líderes vecinales para tener acceso a los desarrollos y así presentar a los habitantes el proyecto piloto y promocionar los alcances del proyecto y explicar los requisitos y condiciones para participar. Fue necesaria la intervención del personal de CFE SSB para que FIPATERM pudiera acercarse a la población objetivo y obtener suficientes clientes potenciales para evaluarlos y participar en el proyecto piloto.

Por la naturaleza del financiamiento del proyecto piloto, hubo condicionantes o barreras que debieron resolverse para alcanzar los objetivos planteados.

A pesar del clima extremo y las soluciones que la población en general utiliza para resguardarse de este, existe aún un desconocimiento sobre la eficiencia energética en el hogar, sobre las distintas soluciones tecnológicas, su uso y mantenimiento.

- + Otra barrera que debió ser vencida fue convencer a la población objetivo de que la propuesta ofrecida por el proyecto piloto brindaría la mejor relación costo-beneficio con respecto a las ecotecnologías adquiridas, con base en el resultado del análisis de la vivienda y sus consumos energéticos. Una situación común es que los clientes potenciales, por desconocimiento o percepción, consideran que sus necesidades prioritarias son otras.
- + A pesar de que los paquetes de medidas tecnológicas propuestas para los tres niveles de eficiencia energética fueron financiados en conjunto entre FIPATERM y la GIZ, fue muy importante realizar diversas actividades de convencimiento entre la población para reducir la desconfianza entre los beneficiarios de la veracidad del proyecto y acerca de las tecnologías adicionales recibidas con la adquisición de un crédito tradicional del FIPATERM.
- + Informar a la población de que las medidas propuestas en el proyecto piloto no tendrían repercusiones en cuestiones estructurales en su vivienda, permitió disminuir la desconfianza de los usuarios en participar en el piloto y permitir que su casa fuera intervenida.
- + A pesar del clima extremo y las soluciones que la población en general utiliza para resguardarse de este, existe aún un desconocimiento sobre la eficiencia energética en el hogar, sobre las distintas

soluciones tecnológicas, su uso y mantenimiento. Fue importante sensibilizar a la población de la solución técnica en paquete o bajo el WHA, su impacto en el consumo energético de la vivienda y sus beneficios en términos de confort. Sin embargo, después de la implementación de los paquetes y derivado de los impactos positivos del piloto en la vida diaria de las personas, en el ahorro económico y en el aumento del confort interior, los participantes mencionaron reiteradamente su interés de adquirir un siguiente paquete de ecotecnologías siguiendo el esquema “paso a paso” propuesto en el diseño del proyecto.

- + Es importante que haya una campaña continua entre la población objetivo sobre los beneficios de la eficiencia energética en el hogar para así interesarlos en participar en programas futuros.

Recomendaciones generales

Los hallazgos del proyecto piloto son de gran relevancia para la creación y/o actualización de programas de fomento a la vivienda sustentable en el país. México tiene el gran potencial de elaborar políticas públicas que permitan que su población reduzca su pobreza energética y mejore sus condiciones de confort en sus viviendas. Para lograr esto es necesario entre otros puntos, lo siguiente:

- + Ampliar la cobertura geográfica, para poner la oferta de financiamiento para EE/ER en la vivienda existente a disposición de un mayor número de hogares y zonas climáticas del país. Al ampliar la cobertura geográfica, el FIPATERM deberá buscar principalmente las zonas de mayor necesidad que le permita que su operación sea sustentable y forme un aporte a su fondo revolvente. Las herramientas del Sisevive-EcoCasa facilitan analizar los potenciales de optimización y generar paquetes de optimización en función de todas las zonas climáticas y tarifas CFE SSB de los municipios en el país.
- + Continuar las actividades de desarrollo de capacidades iniciados en el marco del proyecto piloto, como son las redes de aprendizaje dirigidos a los proveedores. La capacitación al personal y proveedores de FIPATERM fue clave para lograr los objetivos del proyecto, ya que adaptaron su estrategia de acercamiento con la población para lograr las ventas con el WHA.

- + Asegurar el mantenimiento y adecuado funcionamiento de las tecnologías en el tiempo a través de la capacitación al usuario. La capacitación sobre el funcionamiento y requerimientos de mantenimiento y limpieza de las tecnologías suministradas e instaladas fue ampliamente aceptada y valorada por los beneficiarios del proyecto piloto. Además, la información amigable y por escrito, permitió sensibilizar a la población sobre el uso eficiente de la energía. De igual forma, valoraron la importancia del conocimiento y la aplicación de lo anterior para garantizar el buen funcionamiento de las tecnologías durante su vida útil.
- + Redireccionar el apoyo gubernamental que se evita por la implementación de los paquetes de optimización para crear un incentivo, como por ejemplo tasas de interés más bajas o contragarantías, que fomenten masificar la cantidad de acciones, así como para introducir tecnologías de innovación al mercado.
- + Aprovechar el WHA como elemento diferenciador en la promoción y difusión de los programas nuevos y/o existentes de medidas de ahorro en la vivienda, a través de la transparencia para el usuario en cuanto a la eficiencia de la vivienda.
- + Acercar a la población ofertas de financiamiento asequibles, por niveles de desempeño, que le permitan alcanzar la relación óptima entre inversión y ahorro.

5.3 Conclusión desde la perspectiva internacional: Elementos detonadores para implementar la EE/ER en la vivienda social de México

La experiencia realizada en los 30 proyectos piloto del Programa ASI en Mexicali y Hermosillo demuestra la viabilidad técnica y económica de la rehabilitación energética en la vivienda social de México. El análisis expuesto en este documento reporta ahorros de entre un 42 y un 88% respecto a la línea base. El VPN de los ahorros alcanzados contra los gastos de la operación resulta positivo (más ahorro respecto a gasto) incluso en estratos de familias con perfiles de consumo bajo (hasta un 50% respecto al 100% de la línea base). El paquete más exigente en términos de eficiencia energética (Paso-III) resulta económicamente viable en el estrato de mayor consumo, en 143 de los 907 hogares analizados, si la tasa de interés del crédito fuera del 8% o menor, o bien se cuente con otro mecanismo de incentivos. La realización del Paso-III en Mexicali ha demostrado que es posible rehabilitar la vivienda social en México conforme los estándares europeos más exigentes.

La aplicación de las tecnologías realizadas no solo es un beneficio importante, tanto económico como de salud, para los usuarios finales, sino un paso relevante para la descarbonización del sector, y un impulso para la creación de nuevos puestos de trabajo y de oportunidades creativas a nivel regional, nacional e incluso internacional.

A continuación, se listan los elementos principales detonadores para la aplicación a gran escala de las tecnologías expuestas.

- + **Intensificación de campañas de concienciación:** Un reto principal para aplicar la rehabilitación energética en la vivienda social es la creación de una demanda de mercado. Este reto ha de ser asumido por parte de las instituciones públicas y profesionales. Un ejemplo de iniciativa pública interesante es la plataforma “France-Renov” (france-renov.gouv.fr), un proyecto de la Agencia Francesa Nacional del Hábitat (ANAH), que ha creado una red de asistencia para el consumidor final, interesado en rehabilitar su vivienda. Más de 550 agencias locales con más de 2500 asesores homologados ofrecen una red de asesoramiento para la familia interesada en rehabilitar su vivienda, además de información útil para el consumidor final sobre el ahorro energético.

La campaña de promoción “Mi casa se suma al cambio” (véase capítulo 2), que formaba parte del proyecto piloto, es un buen ejemplo de campaña de concienciación, imprescindible para llevar a buen puerto la rehabilitación energética.

- + **Impulsar los IDGs (Índice de Desempeño Global de la vivienda):** En línea con el párrafo anterior, se recomienda intensificar el uso de los IDGs como herramienta de concienciación del usuario final. Cabe

destacar que el uso de los IDGs ha sido obligatorio desde los años 10 de este siglo, en muchos países en Europa. Un caso interesante de como impulsar la rehabilitación energética ha sido la recién ratificada ley francesa “*loi climat et résilience*”, que prohíbe a partir de 2025 el alquiler de viviendas con clasificación energética “F”, a partir del 2028 con letra “E”, y a partir del 2034 con letra “D”. Los objetivos de esta ley son la protección del inquilino respecto a facturas energéticas muy elevadas, programar un itinerario claro y transparente de rehabilitación energética para los propietarios, y reducir las emisiones CO₂e.

+ **Impulsar diferentes intensidades de rehabilitación energética:** Se ha demostrado la eficacia de creación de diferentes intensidades de rehabilitación en varios países europeos. Un ejemplo de gran éxito viene del banco KfW (Banco Alemán de Desarrollo), que lleva desde hace más de veinte años financiando la rehabilitación energética de viviendas. Este banco ofrece a día de hoy líneas de subvención para ahorros de entre un 30 y 60% respecto a la línea base. En 2023, se creó un nuevo estándar, llamado QNG (Sello de calidad para edificios sustentables), que incluye varios aspectos de la construcción sustentable, teniendo en cuenta el ahorro de consumo energético, de agua, reciclabilidad, accesibilidad etc. Esta mezcla de intensidades de rehabilitación ofrece a todos los estratos sociales diferentes productos a alcanzar. Los sellos más exigentes serán de menor aplicación, pero no obstante servirán de catalizador para la introducción de nuevas tecnologías y estándares de confort y salud en la sociedad mexicana.

El proyecto piloto con el Programa ASI, con tres niveles de ahorro energético, es un ejemplo de referencia para su aplicación a gran escala en México.

+ **Creación de líneas de subvención:** La experiencia europea demuestra que la rehabilitación energética ha de ir acompañada con líneas de subvención por parte de las administraciones públicas. En caso contrario, no alcanzará el ritmo necesario para la descarbonización del sector, objetivo a conseguir para mitades de este siglo. Un ejemplo de gran éxito ha sido la línea italiana de subvenciones “superbonus”, que ofrecía hasta un 110% de subvención del coste de obras de rehabilitación (100% del coste de obra más un 10% para la financiación por parte de los bancos). A pesar de haber sido una línea de subvenciones con problemas administrativos, el superbonus ha creado 900,000 puestos de trabajo (Italia tiene 59 millones de habitantes) y una estimación de ahorro de 1.4 millones de toneladas de CO₂e (en los años de vigor del 2020-22).





6

Fuentes Consultadas

Fuentes consultadas

- + CAPSUS, GOPA/GIZ, *Reporte Técnico del desarrollo de la actualización de la herramienta SAAVI, Versión 2.0*, 2016
- + CONAVI, SEMARNAT, GOPA/PHI/GIZ, *NAMA Apoyada para la Vivienda Existente en México – Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros*, Ciudad de México, 2014
- + CONUEE, *Análisis del impacto de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética en el ingreso-gasto del sector residencial de México a partir de datos de INEGI (1990-2016)*. Ciudad de México: Cuadernos de la CONUEE, 2018
- + DOF: 03/09/2015; *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero*
- + IPCC, *Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, 2006
- + Passive House Institute, GOPA/GIZ, *Manual de usuario DEEVi, Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda – Versión 2*. Comité de Mantenimiento y Actualización del Sisevive-EcoCasa, 2018
- + Reygadas Robles Fermín, et. al. *Índices GEI para el Uso del Agua en la Vivienda en México*, BID, 2013
- + Secretaria de Hacienda y Crédito Público, 2012. *Parámetros de Estimación de Vida Útil. Guía de Vida Útil Estimada y Porcentajes de Depreciación*, DOF 15-08-2012, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Ciudad de México
- + CONUEE, GOPA/GIZ, *Estudio de Caracterización del uso de Aire Acondicionado en Vivienda de Interés Social*, 2016





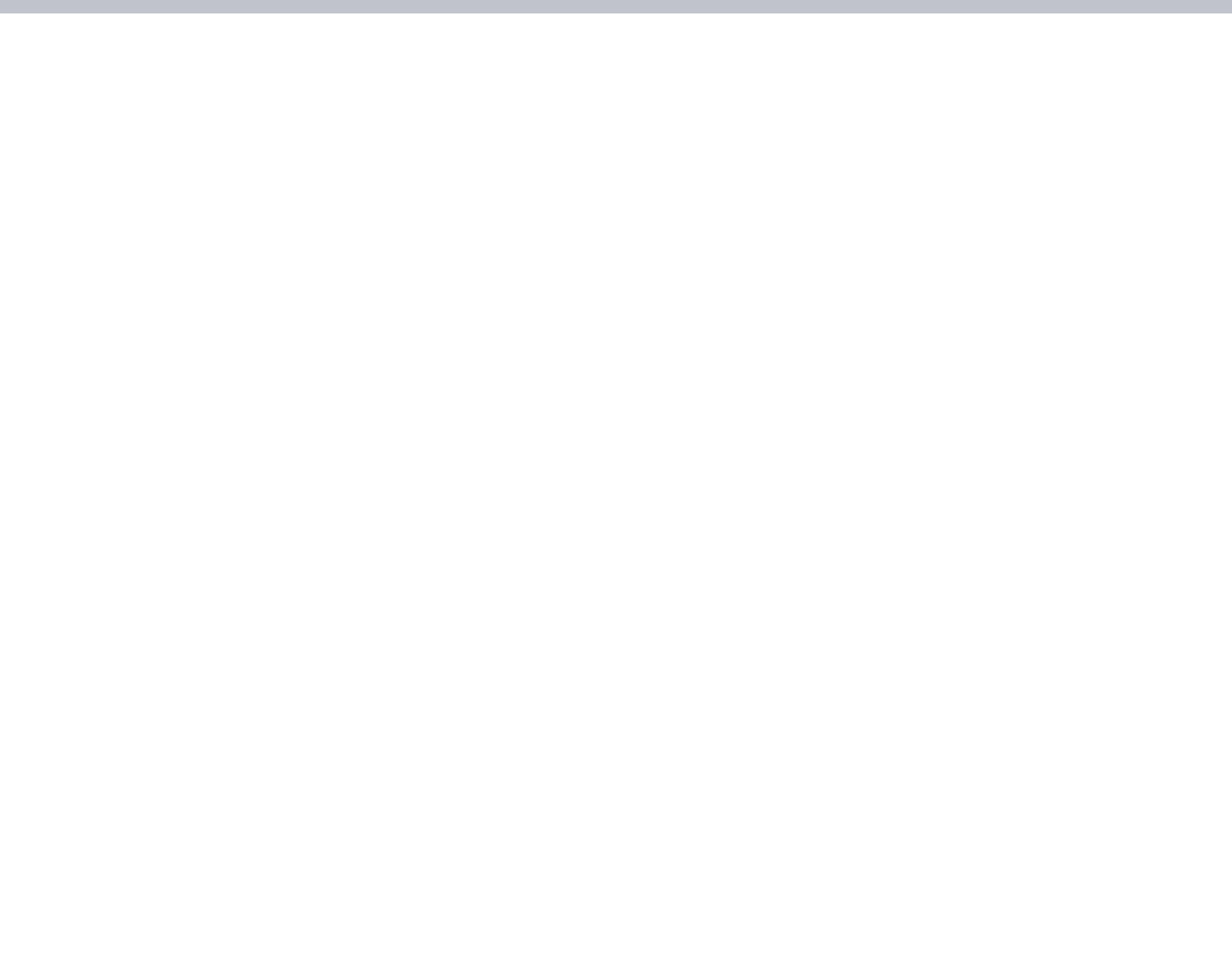
Anexos

7. Anexo 1. Especificaciones medidas técnicas por vivienda

DESARROLLO	HACIENDAS DEL SUR HERMOSILLO	BARCELONA MEXICALI	BARCELONA MEXICALI	BARCELONA MEXICALI	SEVILLA MEXICALI	SEVILLA MEXICALI
NIVEL DE EFICIENCIA	PASO I	PASO I	PASO I	PASO I	PASO II	PASO III
Dirección	Paquete tipo	Aracil # 1972	Calvell # 1998	Arjona # 3645	Macarena # 3522	Bulería # 10
Tipología	Adosada, 2 niveles	Aislada, 1 nivel	Aislada, 1 nivel	Aislada, 2 niveles	Aislada, 2 niveles	Aislada, 2 niveles
S.R.E.	42.81	55.87	55.87	64.49	64.49	64.49
Medidas técnicas financiadas a través del piloto						
Dispositivos ahorradores de agua	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 6.0 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min
Electrodomésticos	Refrigerador 1.15 kWh/día 14 pies cúbicos		Lavadora automática, capacidad de 16 litros, 139 kWh/ año y 43 l/ciclo		Estufa de inducción de cuatro quemadores 0.18 kWh/uso	
Iluminación	10 LEDs, 10 W, 740 lm		9 LEDs, 10 W, 740 lm	4 LEDs, 10 W, 740 lm	10 LEDs, 10 W, 740 lm	10 LEDs, 10 W, 740 lm
Techo	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.701 W / m²K); pintura elastomérica blanca	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.701 W / m²K) pintura elastomérica blanca	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.701 W / m²K) pintura elastomérica blanca	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K) pintura elastomérica blanca	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K) pintura elastomérica blanca	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K) pintura elastomérica blanca
Muro					EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) Pintura reflectiva, absortividad 15%	EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) Pintura reflectiva, absortividad 15%
Ventana	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Doble vidrio LowE, argón (Valor U: 1.50 W / m²K; Valor g: 0.34) Marco de PVC (Valor U: 1.93 W/m²K)
Ventilación	1 Ventilador de techo, 43 W	3 Ventiladores de techo, 43 W	3 Ventiladores de techo, 43 W	3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores techo, 43 W VMC c. recuperación de calor, eficiencia 87%
Refrigeración	1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 6.91	1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33		1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33	1 Aire acondicionado, 2 ton, inverter, REE 5.56	1 Aire acondicionado, 2 ton, inverter, REE 5.33; 2 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33
Agua caliente sanitario		Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros; Calentador eléctrico, 50 litros, 3 kW	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros
Intalación fotovoltaica					Sistema fotovoltaico interconectado, de 2.0 kW	Sistema fotovoltaico interconectado, de 2.0 kW
Hermeticidad	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Cintas para hermeticidad en ventanas y puertas; sellado de penetraciones de la envolvente;
Resultado prueba de hermeticidad						Valor n50 (1/h) 0.91
Resultados y costos por vivienda						
Reducción de Energía Final Total	40.77%	49.95%	36.38%	47.58%	89.72%	82.99%
Reducción de emisiones kg/(m²a)	66.23	63.90	45.77	57.23	106.56	109.37
Reducción de emisiones %	52.94%	52.06%	37.29%	47.52%	88.48%	90.81%
Calificación IDG (puntos)	48	41	51	40	71	75
Calificación IDG (banda)	D	D	D	D	B	B
Costo total de implementación	\$42,761	\$61,873	\$57,471	\$60,857	\$244,646	\$663,810
Financiamiento Fipaterm	\$16,263	\$36,682	\$31,056	\$30,828	\$92,882	\$114,891
Financiamiento GA	\$26,498	\$25,191	\$26,414	\$30,028	\$151,764	\$548,919

DESARROLLO							
SEVILLA MEXICALI							
NIVEL DE EFICIENCIA	PASO I	PASO I	PASO I	PASO I	PASO I	PASO I	PASO I
Dirección	Torre de Oro # 3533	Barqueta # 3599	Robres # 341	Marques # 3681	Torre de Plata # 3693	Arjona # 3522	Barqueta # 3628
Tipología	Aislada, 2 niveles	Aislada, 2 niveles	Aislada, 2 niveles	Aislada, 1 nivel	Aislada, 2 niveles	Aislada, 2 niveles	Aislada, 1 nivel
S.R.E.	64.49	64.49	64.49	55.87	64.49	64.49	55.87
Medidas técnicas financiadas a través del piloto							
Dispositivos ahorradores de agua	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 4.5 l/min Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 5.7 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 6.0 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 6.0 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 6.0 l/min Regadera: 1.9 l/min	Llave baño 6.0 l/min Llave cocina 6.0 l/min Regadera: 1.9 l/min
Electrodomésticos		Refrigerador 1.07 kWh/día 16 pies cúbicos				Refrigerador 1.07 kWh/día 16 pies cúbicos	
Iluminación	10 LEDs, 10 W, 740 lm						
Techo	PU esparado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca	PU esparado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca	PU esparado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca	PU esparado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca		PU esparado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca	
Muro	EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) [39.2 m² financiados]				EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) [113.0 m² financiados]	EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) [25.0 m² financiados]	EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) [16.3 m² financiados]
Ventana	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)
Ventilación	3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores de techo, 43 W	3 Ventiladores de techo, 43 W	3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores de techo, 49 W
Refrigeración		1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33	1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33	1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33			1 Aire acondicionado, 2 ton, inverter, REE 6.12
Agua caliente sanitar	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros
Hermeticidad	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal	Sellado de puerta principal
Resultados y costos por vivienda							
Reduccion de Energía Final Total	33.05%	49.87%	49.31%	49.43%	43.24%	36.67%	53.09%
Reducción de emisiones kg/(m²a)	37.61	60.33	59.57	63.21	51.38	42.50	68.10
Reducción de emisiones %	31.23%	50.09%	49.46%	51.50%	42.66%	35.29%	55.48%
Calificación IDG (puntos)	42	42	42	41	51	40	43
Calificación IDG (banda)	D	D	D	D	D	D	D
Costo total de implementación	\$56,605	\$73,733	\$63,491	\$63,565	\$0	66,412	\$58,124
Financiamiento Fipaterm	\$27,928	\$43,067	\$31,173	\$37,749	\$39,204	\$36,084	\$32,956
Financiamiento GA	\$28,677	\$30,666	\$32,318	\$25,816	-\$39,204	\$30,327	\$25,168

DESARROLLO								
SEVILLA MEXICALI								
NIVEL DE EFICIENCIA	PASO I							
Dirección	Benizar # 3533	Arjona # 3519	Giralda # 53	Arjona # 3584	Millol # 3518	Loarre # 3677	Villasis # 201	Benizar # 3615
Tipología	Aislada, 2 niveles	Aislada, 1 nivel	Aislada, 2 niveles					
S.R.E.	64.49	64.49	64.49	64.49	64.49	64.49	55.87	64.49
Medidas técnicas financiadas a través del piloto								
Electrodomésticos						Lavadora automática, capacidad de 16 litros, 139 kWh/ año y 43 l/ciclo		
Techo	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)	PU espreado 11/4" (Valor U: 0.504 W / m²K pintura elastomérica blanca)
Muro				EPS 1.5" (Valor U: 0.773 W/m²K) [115.0 m² financiados]				
Ventana	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)	Película reflectiva, en ventanas fachada principal (Valor g 0.34)
Ventilación					3 Ventiladores de techo, 49 W	3 Ventiladores de techo, 49 W		3 Ventiladores de techo, 49 W
Refrigeración		1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33			1 Aire acondicionado, 1 ton, inverter, REE 5.33			1 Aire acondicionado, 2 ton, inverter, REE 4.77
Agua caliente sanitar	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros	Calentador solar plano, sup. captación 2.50 m², termotanque de 150 litros
Intalación fotovoltaica	Sistema fotovoltaico interconectado, de 1.5 kW	Sistema fotovoltaico interconectado, de 2.0 kW	Sistema fotovoltaico interconectado, de 2.0 kW				Sistema fotovoltaico interconectado, de 2.0 kW	
Hermeticidad	Sellado de puerta principal							
Resultados y costos por vivienda								
Reduccion de Energia Final Total	42.83%	68.26%	49.18%	48.74%	47.82%	31.30%	63.86%	45.49%
Reducción de emisiones kg/(m²a)	50.83	85.16	59.48	58.89	57.57	35.26	82.55	54.41
Reducción de emisiones %	42.20%	70.71%	49.39%	48.89%	47.80%	29.27%	67.25%	45.17%
Calificación IDG (puntos)	15	18	6	29	12	21	35	12
Calificación IDG (banda)	F	F	F	E	F	E	E	F
Costo total de implementación	\$89,585	\$130,925	\$99,292	\$72,364	\$53,309	\$48,702	\$107,793	\$46,787
Finaciamiento Fipaterm	\$56,793	\$100,227	\$67,448	\$39,104	\$30,039	\$25,733	\$67,630	\$22,659
Finaciamiento GA	\$32,792	\$30,698	\$31,844	\$33,261	\$23,270	\$22,970	\$40,163	\$24,128



8. Anexo 2. Fichas técnicas Introducción

Este catálogo de fichas técnicas de ecotecnologías integra la documentación técnica en torno a las medidas de eficiencia energética y ecotecnologías financiadas en el proyecto piloto con el Programa ASI. La información se basa en las fichas técnicas de ecotecnologías y los certificados que acrediten las características de eficiencia energética bajo la normatividad nacional vigente de los materiales y ecotecnologías.

1. Las fichas se organizan en 8 categorías:
2. Envoltente opaca
3. Envoltente acristalada
4. Sistemas mecánicos
5. Agua caliente sanitaria
6. Electricidad
7. Instalación fotovoltaica
8. Control de infiltraciones
9. Dispositivos ahorradores de agua

Cada Ficha Técnica respeta la misma estructura, secciones y contenido de información.

- A. **Título.** En el que se indican el tipo de ecotecnología y su nombre comercial.
- B. **Descripción.** Apartado en el que se detallan las características de eficiencia energética del producto, se incluye una descripción general, imagen, información general del proveedor e información general sobre la instalación de la medida.
- C. **Normatividad / Especificaciones.** Se nombran las normativas en materia de eficiencia energética a las que está sujeta cada ecotecnología.
- D. **Aspectos importantes.** Se detallan los aspectos relevantes en materia de eficiencia energética que contempla la normatividad a la que están sujetas las ecotecnologías.
- E. **Recomendaciones generales y de instalación.** Se señalan aspectos importantes a considerar para la adecuada implementación de los materiales o ecotecnologías. Partiendo desde el almacenamiento, considerando la planeación y terminado en detalles específicos sobre la instalación y mantenimiento de la ecotecnología.

- F. **Elementos por validar en visita de obra.** Indica en qué aspectos debe prestar atención el asesor al realizar la visita de obra y se divide en dos partes:
 - a) **Revisión documental.** Documentos cuya presencia es importante constatar en obra, así como su concordancia con lo especificado en el proyecto.
 - b) **Revisión física.** Aspectos de la obra que se deben contrastar contra especificaciones y normativa presentada al momento de la visita.
- G. **Indicaciones para visita de obra.** Señala el momento del cronograma de obra en que debe realizarse la visita para la supervisión de la implementación de la ecotecnología, en qué aspectos centrar la atención y qué evidencia recopilar en la misma.
- H. **Aspectos complementarios para la instalación de Medidas de Eficiencia Energética.** Abunda en información de apoyo para la correcta planeación, implementación y mantenimiento de la ecotecnología. Esta sección puede o no estar presente, dependiendo del nivel de detalle requerido.
- I. **Referencias.** Es el espacio en el que se indican las referencias bibliográficas empleadas en la elaboración de cada Ficha Técnica de Ecotecnologías.

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
A. TIPO DE ECOTECNOLOGÍA - NOMBRE COMERCIAL	
B. DESCRIPCIÓN	
Descripción del producto, con información del fabricante.	
Fabricante:	Nombre del fabricante
Marca/modelo:	Marca/Modelo del producto
Característica de EE1:	00.00 unidad
Característica de EE2:	00.00 unidad
Característica de EEn:	00.00 unidad
Aplicación:	Lugar de aplicación
Instalado en:	Lugar de instalación
IMAGEN ILUSTRATIVA DEL PRODUCTO	
C. NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	D. ASPECTOS IMPORTANTES
Clave de normativa. Nombre de la normativa	Principales aspectos de eficiencia energética tratados por la normativa
E. RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + Recomendaciones de almacenamiento. Pueden basarse en: Fichas técnicas de producto, recomendaciones del fabricante, instructivos, manuales, bibliografía seleccionada.	
Planeación: + Recomendaciones para la planeación de instalación y/o colocación de la Medida de Eficiencia Energética (MEE) pueden basarse en: Fichas técnicas de producto, recomendaciones del fabricante, instructivos, manuales, bibliografía seleccionada.	
Instalación: + Recomendaciones para la planeación de instalación y/o colocación de la Medida de Eficiencia Energética (MEE) pueden basarse en: Fichas técnicas de producto, recomendaciones del fabricante, bibliografía seleccionada.	
F. ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
A) REVISIÓN DOCUMENTAL	B) REVISIÓN FÍSICA
Clave de documento Recomendaciones para la revisión de la documentación en obra: constatación de cumplimiento con normatividad y características de eficiencia energética declaradas.	Recomendaciones para la revisión del cumplimiento con lo indicado por la normatividad en obra: constatación de que la solución constructiva corresponda con marca y especificaciones indicadas en certificados o dictámenes de idoneidad técnica.
G. INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Momento del cronograma de supervisión de obra en que se revisa la instalación/aplicación de la ecotecnología.	
Verificar: Recomendaciones de aspectos indispensables a verificar se ejecuten o hayan ejecutado correctamente en obra para garantizar el buen funcionamiento de la MEE.	
Acciones: Recomendación de las acciones a realizar en obra para documentar adecuadamente la visita de obra y contar con la evidencia indispensable para respaldar la supervisión de la instalación de las MEE.	
H. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
+ Otras recomendaciones para la correcta implementación en obra de las medidas de eficiencia energética, pueden provenir de instrucciones de colocación, indicaciones del fabricante, manuales, experiencia probada en obra y fuentes bibliográficas. Esta sección puede o no incluirse en la ficha, dependiendo de las particularidades de instalación de cada una de las MEE.	
Referencias: 1. Información base para sustento de la Ficha Técnica de Ecotecnologías. Referencias normativas, documentales y bibliográficas. Nombre. (año). Título. Tipo de documento.	

9. Anexo 3. Fichas técnicas Envoltente Opaca

9.1 Cubiertas - Aislamientos | Poliuretano esreado (PUR) aplicado en techo | Eiffel

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
RECUBRIMIENTO DE POLIURETANO ESPREADO (PUR) APLICADO EN TECHO - EIFFEL	
DESCRIPCIÓN	
<p>Aislante térmico de espuma de poliuretano rígida. Consiste en un plástico aplicado en aerosol para formar una barrera de aislamiento. Se puede aplicar en muros, techos, alrededor de esquinas, y en todas las superficies de la envoltente.</p>	
Fabricante:	Eiffel
Marca/modelo:	Poliuretano Esreado
Densidad:	37.63 kg/m ³
Conductividad Térmica:	0.0225 W/m · K
Espesores:	38 mm
Aplicación:	Exterior
Instalado en:	Techo
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
<p>NOM-018-ENER-2011. Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba.</p>	<p>Establece los métodos de prueba para evaluar la conductividad o resistencia térmica, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua, la absorción de humedad y absorción de agua para materiales homogéneos con propiedades de aislantes térmicos.</p>
<p>NMX-C-460-ONNCE-2009. Industria de la construcción- Aislamiento térmico-valor "R" para las envoltentes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana-especificaciones y verificación.</p>	<p>Establece las especificaciones de resistencia térmica total (Valor "R"), de acuerdo a la zona térmica del estado en que se ubique.</p>
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
<p>Almacenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Consérvese protegido de la luz y la humedad. + Evite exponer la espuma de poliuretano a calor extremo o llamas abiertas debido al riesgo de ignición. <p>Planeación:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Aplicar la espuma por un instalador capacitado para prevenir malas instalaciones, accidentes y sobreexposición a los químicos. + Utilizar el equipo necesario para su instalación (ocular, guantes y vestimenta), aun cuando la espuma de poliuretano que se forma por la reacción de los químicos se considera esencialmente inerte y no peligrosa cuando se instala y cura adecuadamente. + Planear cualquier penetración a la envoltente (tubería, cableado) debe ser planeada de manera que no se dejen huecos posteriores a la instalación. <p>Instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Eliminar rugosidades, asperezas, rebabas y material sobrante de la superficie que recibirá el aislamiento; misma que debe ser uniforme, estar nivelada, limpia, libre de residuos y polvo. + Se recomienda una envoltente térmica continua. Si no se va a aislar toda la envoltente, se debe planear el aislamiento que se instalará ahora, de manera que, al instalar aislamiento en el futuro, no se generen puentes térmicos. + Se debe verificar durante el proceso de edificación que el aislamiento se instale según lo planeado, evitando cualquier interrupción o disminución de la capa de aislamiento. + Los aislamientos térmicos de EPS, XPS, Poliisocianurato, Poliuretanos y similares, según sus fichas técnicas, no deben quedar expuestos a la luz solar y/o a la humedad debido a que puede degradarse la superficie del producto, además de no tener resistencia a la compresión, por lo que se requiere que estén protegidos con una capa o entortado de mortero pobre, reforzados con malla, a efectos de asegurar la vida útil del producto de al menos 20 años. 	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
<p>NOM-018-ENER-2011 Presentar certificado vigente emitido por organismo certificador. Referencia NOM-018-ENER-2011. Constatar cumplimiento de conductividad térmica declarada, marca, especificaciones, espesor y vigencia del certificado.</p>	<p>Constatar que la solución constructiva corresponda con marca y especificaciones indicadas en el certificado, especial atención a medición de espesor.</p>
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
<p>Momento de revisión: Preparaciones / colocación en losa; previo a repellados o colocación de cualquier acabado.</p>	
<p>Verificar: Existencia y correspondencia del material especificado, vigencia del certificado. Medición de espesor. Instalación correcta.</p>	
<p>Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado en condiciones adecuadas. Documentación fotográfica de elemento instalado. Verificación y documentación de espesor y homogeneidad de la capa de aislamiento. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación.</p>	
<p>Referencias: 1. Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y la edificación. (2017). Certificado No. SHL-017-003/17. <i>Espuma de poliuretano rígida. Aspersión 230-32</i>. Recuperado de https://www.onnccce.org.mx/es/certificados/certificados-emitidos.</p>	

9.2 Muros – Aislamientos | Placa de EPS aplicada en muro | Fanosa

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
PLACA DE XPS APLICADA EN MURO – FANOSA	
DESCRIPCIÓN	
<p>Aislante térmico a base de espuma rígida de poliestireno extruido (XPS) en presentación de placa. Superficie lisa y estructura de celdas cerradas.</p>	
Fabricante:	FANOSA
Marca/modelo:	Placa Aislante FANOSA
Densidad aparente:	16 kg/m ³
Conductividad Térmica:	0.037 W/m • K
Espesores:	19, 25, 38, 50, 76 mm
Dimensiones:	1.22m x 1.22m / 1.22m x 2.44m
Aplicación:	Exterior
Instalado en:	Muro
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	
NOM-018-ENER-2011. Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba.	Establece los métodos de prueba para evaluar la conductividad o resistencia térmica , densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua, la absorción de humedad y absorción de agua para materiales homogéneos con propiedades de aislantes térmicos.
NMX-C-460-ONNCE-2009. Industria de la construcción- Aislamiento térmico-valor "R" para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana-especificaciones y verificación.	Establece las especificaciones de resistencia térmica total (Valor "R"), de acuerdo a la zona térmica del estado en que se ubique.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
<p>Almacenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Consérvase protegido de la intemperie, la luz, la humedad y los roedores. Mantener elevado del nivel de terreno en una superficie plana, respetando estiba máxima indicada por el fabricante. <p>Planeación:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Evitar desperdicio de material y separaciones innecesarias analizando el despiece en planos (AutoCAD) y empleando, en caso de ser necesario, placas de 0.61x1.22m + Planear cualquier penetración a la envolvente (tuberías, cableado) de manera que no se dejen huecos posteriores a la instalación. Pueden hacerse cortes en L (en caso de domos o pasillos) para minimizar juntas y posibles agrietamientos a futuro. En el caso de muros de block, es recomendable aplicar una o dos manos de sellador acrílico, para evitar que el muro absorba la humedad del adhesivo y pierda propiedades al momento de pegar las placas. + Antes de colocar la primera hilada de placas en el muro, preparar una tira de malla de fibra de vidrio de unos 20cm, pegándola con adhesivo unos 10cm a lo largo del nivel horizontal inferior del muro, dejando los restantes 10cm de la malla hacia el frente; una vez que se hayan colocado las placas al muro, esta cinta se doblará y pegará por el frente inferior de las placas, para evitar la humedad por capilaridad entre el muro y las placas. <p>Corte:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Realizar sobre las placas con navaja (cutter, exacto) o con herramienta eléctrica de navaja caliente, siempre usando una escuadra o regla para guiar el corte. <p>Instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Eliminar rugosidades, asperezas, rebabas y material sobrante de la superficie que recibirá el aislamiento; misma que debe ser uniforme, estar nivelada, limpia, libre de residuos y polvo. + Prevenir huecos en las juntas entre paneles o elementos aislantes. En casos de separaciones mayores a 5mm es necesario rellenar el espacio con espuma aislante o el mismo material del panel o elemento aislante. Cualquier penetración a la envolvente (tuberías, cableado) debe de ser planeada de manera que no se dejen huecos posteriores a la instalación. + Se recomienda una envolvente térmica continua. Si no se va a aislar toda la envolvente, se debe planear el aislamiento que se instalará ahora, de manera que, al instalar aislamiento en el futuro, no se generen puentes térmicos. + Se debe verificar durante el proceso de edificación que el aislamiento se instale según lo planeado, evitando cualquier interrupción o disminución de la capa de aislamiento. 	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NOM-018-ENER-2011 Presentar certificado vigente emitido por organismo certificador. Referencia NOM-018-ENER-2011. Constatar cumplimiento de conductividad térmica declarada, marca, especificaciones, espesor y vigencia del certificado.	Constatar que la solución constructiva corresponda con marca y especificaciones indicadas en el certificado, especial atención a medición de espesor.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
<p>Momento de revisión: Preparaciones / colocación de primeras piezas, previo a repellados o colocación de cualquier acabado.</p> <p>Verificar: Existencia y correspondencia del material especificado, vigencia del certificado. Almacenamiento correcto del material. Medición de espesor. Instalación correcta.</p>	



Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado en condiciones adecuadas. Documentación fotográfica de elemento instalado / producto existente en bodega. Verificación y documentación de espesor y homogeneidad de la capa de aislamiento. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*

- + Desplantar las placas de abajo hacia arriba, a partir del nivel superior de la losa de cimentación, mediante una regla o perfil colocado a ese nivel.
- + Pegar sucesivamente colocando las placas a tope (a hueso) ajustadamente entre sí, presionando firmemente hacia el muro y nivelando con las placas adyacentes, y de manera que las juntas queden escalonadas (en tresbolillo) para mayor estabilidad del sistema, retirando el exceso de aditivo que salga por las orillas. Continuar la colocación de las placas hasta el nivel de los muros que marca el proyecto.
- + Cuando se aislen 2 muros en esquina exterior o interior, colocar las placas de forma entrelazada o escalonada, para darle mayor rigidez al sistema.
- + Una vez cubierta toda la superficie de los muros a aislar con las placas, dejar secar el adhesivo de 2 a 3 horas, antes de aplicar la malla de refuerzo.
- + Lijar levemente el área de las juntas entre las placas, para obtener una superficie más plana, evitar las marcas de las mismas y economizar adhesivo.
- + Reforzar las esquinas exteriores e interiores de muros y los biseles de los vanos de puertas y ventanas a todo lo largo, y las esquinas de los vanos de puertas y ventanas en forma diagonal, con franjas de malla de 10 a 15cm y adhesivo, para evitar que el acabado se agriete en esas áreas.
- + Una vez colocados los refuerzos de malla, instalar una capa de malla de fibra de vidrio de refuerzo en toda la superficie de las placas, de abajo hacia arriba. Para esto:
 - Se aplica una capa delgada de Basecoat de 2 o 3mm de espesor con una llana plana sobre la superficie de una franja horizontal de las placas, del ancho del rollo de la malla (comercialmente de 0.90 a 1.00m) y se extiende la malla a lo largo de esta franja, alisando con la llana para embeber la malla en el adhesivo y obtener una superficie nivelada.
 - Las franjas de malla se aplican de abajo hacia arriba, haciendo un traslape de al menos 5 cm entre estas, hasta cubrir la totalidad del muro aislado. La aplicación de la malla de fibra de vidrio sirve para dar rigidez al sistema de aislamiento, a la vez que forma un sustrato duro y adecuado para aplicar cualquier acabado exterior.
 - En los casos en que las placas se instalen hasta el nivel del pretil, envolver la parte superior de éste, prolongando la malla hasta unos 10 cm hacia el interior del pretil, pegando con el mismo adhesivo, con lo que se obtiene un sistema impermeable.

Referencias:

1. Fanosa. (2019). Ficha técnica. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.fanosa.com/productos-placaaislante.html>
2. Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y la edificación, S.C.. Certificado No. CRM-017-002/21.FANOSA, S. A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO. Recuperado de <https://onncce.org.mx/index.php/es/certificados/certificados-emitidos?view=item&id=59>.

9.3 Recubrimientos | Pintura de alta reflectancia | Comex

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
IMPERMEABILIZANTE ACABADO REFLECTIVO - COMEX	
DESCRIPCIÓN	
Impermeabilizante acrílico con alto contenido de fibras con acabado reflectivo.	
Fabricante:	COMEX
Marca/modelo:	COMEX/TOP WALL
Densidad:	1280 kg/m ³
Conductividad Térmica:	0.119 W/m·K
Reflectancia solar:	88.1 %
Aplicación:	Exterior
Instalado en:	Muro
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NMX-U-125-SCFI-2016. Revestimientos para techo con alto índice de reflectancia solar-especificaciones y métodos de ensayo.	Establece las especificaciones y métodos de ensayo que deben cumplir los revestimientos para techos de edificaciones, para ser denominados "Revestimientos con alto Índice de Reflectancia Solar". Aplica a los productos opacos líquidos de colocación en sitio y a los productos prefabricados de fabricación nacional o de importación, para uso o comercialización dentro de la República Mexicana.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + En su envase original cerrado bajo techo a una temperatura ambiente entre 5° y 35°C.	
Preparaciones especiales: + La superficie deberá estar libre de polvos, aceites, grasas, óxido, humedad, hongos, y cualquier otro contaminante que afecte la adherencia.	
Instalación: + Diluya en proporción de 4 partes de agua y una de Top Wall de Comex en volumen y aplique sobre superficie como sellador a razón de 4 a 5 m ² por litro de dilución. + Aplique Top Wall de Comex sin diluir por medio de brocha, rodillo o equipo de aspersión "Air less". + Una vez seca la primer capa de Top Wall de Comex sin diluir aplicar la segunda.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NMX-U-125-SCFI-2016 Presentar certificado vigente emitido por organismo certificador. Referencia NMX-U-125-SCFI-2016. Constatar cumplimiento de reflectancia solar declarada, marca, especificaciones y vigencia de certificado.	Constatar que la solución constructiva corresponda con marca y especificaciones indicadas en el certificado.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Supervisión de acabados / cobertura de las primeras superficies.	
Verificar: Existencia y correspondencia del material especificado, vigencia del certificado. Almacenamiento correcto del material. Instalación correcta.	
Acciones: Verificación y documentación fotográfica de espesor y proceso de rellenado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la colocación.	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
+ En caso de fisuras por fallas mecánicas, se recomienda resanar con sellador de poliuretano o Top Tapa Goteras.	
Referencias: 1. Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y la edificación. (ONNCEE 2017). 00G-035-003/20 Empresa AGA, S. A. de C.V. 2. Top Wall/Comex. (2019). Hoja técnica. [Archivo PDF]. Recuperado de https://www.comex.com.mx/getattachment/f4dad02c-20f4-41c2-84a6-9b241ddb5789/.aspx/	

10. Anexo 4. Fichas técnicas Envoltente Acristalada

10.1 Ventanas (acristalamiento sin marco) | Película reflectiva en ventana | Suntek

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
PELÍCULA REFLECTIVA EN VENTANA – SUNTEK SDS 20	
DESCRIPCIÓN	
Descripción del producto, con información del fabricante.	
Fabricante:	Commonwealth Laminating and Coating, Inc (CLC)
Marca/modelo:	Suntek / SDS 20
Energía solar rechazada total:	79%
Coefficiente de ganancia solar:	0.21
Rayos UV rechazados:	99%
Transmitancia solar total:	12%
Reflectancia solar total:	55%
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Ventanas
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NOM-024-ENER-2012. Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones.	La norma se aplica a vidrios y sistemas vidriados homogéneos transparentes y translúcidos para usarlos en edificaciones, y a los métodos de prueba para verificarlos, para asegurar el comportamiento térmico de la envoltente de los edificios.
NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética en edificaciones; envoltente de edificios para uso habitacional.	En su envoltente limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional para racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + Resguardar del polvo y la humedad. No conservar al aire libre.	
Planeación: + Se recomienda ser instalado por una persona profesional de instalación.	
Instalación: + Limpie las ventanas, incluso los bordes del marco de la ventana. + Instale cuando la ventana esté seca. Inicie su instalación por el área más grande, del centro hacia los extremos de la ventana. + En caso de quedar algún adhesivo en la ventana, usar un removedor del adhesivo general para aflojarlo.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
Clave de documento Revisar que incluya la guía o instrucciones de instalación por parte de la compañía.	Verificar que el material no tenga defectos de fábrica. Que durante su transporte y almacenamiento esté protegido del clima. No contar con daños por colisión, vandalismo, etc.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Supervisar que la superficie donde se instalará la película, que esté libre de polvo e insectos. No instalar en caso de tener defectos de fábrica conocidos o visibles (arañazos, rasguños, astillas en la superficie teñida).	
Verificar: Que no se usen elementos abrasivos para su limpieza e instalación.	
Acciones: Verificación y documentación fotográfica de película, condición y guía de instalación. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la colocación.	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
+ El uso de persianas o cortinas puede causar estrés adicional al material.	
Referencias: 1. https://suntekfilms.com/na/en/architectural-window-film/solar/	

10.2 Ventanas (acristalamiento sin marco) | Película reflectiva en ventana | Suntek

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

VENTANA DOBLE ACRISTALAMIENTO – EVO DUO MAX + REHAU EXELIS

DESCRIPCIÓN

Ventana con perfiles de PVC blanco, línea S1300 de REHAU. 70cm x 103cm. Vidrio Evo Dúo Max de 6mm + espaciador de 3/8 gas argón + claro de 3mm.

No incluye mosquitero.

El marco de PVC con diseño multicámara presenta alta resistencia a la radiación solar, eficiencia energética, instalación rápida y confort termoacústico. El vidrio de control solar ofrece una alta resistencia a las temperaturas.

SISTEMA VIDRIADO

Fabricante:	Saint-Gobain México
Marca:	Cool-Lite
Color:	Claro
Espesor de vidrio:	6mm claro + 12mm aire + / 3mm Cool-Lite
Coefficiente global de transferencia de calor / Valor U:	1.50 W/m ² · K
Valor g:	0.34
Coefficiente de sombreado:	0.39
Aplicación:	Capa de control solar al interior de la edificación
Instalado en:	Marco de PVC

MARCO DE VENTANA

Fabricante:	REHAU México
Marca:	Rehau Exelis S1030
Color:	Blanco
Espesor del perfil:	68,58 mm
Coefficiente global de transferencia de calor / Valor U:	1.89 W/m ² · K
Instalado en:	Vanos de muros



NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES

DIT/382.5/22. Dictamen técnico de Idoneidad Técnica (DIT) por el ONNCCE para el sistema Ventana Fija Rehau Exelis S1300 vidrio doble.

DIT/424.3/18. Dictamen técnico de Idoneidad Técnica (DIT) por el ONNCCE para el vidrio EVO DUO de 3 mm (Low-E) con espaciador de 12 mm y un vidrio claro de 3 mm.

UNE-EN.673:2011. Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica (valor U). Método de cálculo.

ASPECTOS IMPORTANTES

Este dictamen es aplicable para la determinación de sus propiedades de: fuerza de apertura, flujo de aire, penetración de agua, resistencia estructural, fuerza de entrada.

La NOM-024-ENER-2012 será aplicable una vez que se cuente con la infraestructura necesaria para evaluar su conformidad.

De no contar con un certificado vigente de la NOM-024-ENER-2012 emitido por organismo certificador, para fines de constatar las siguientes características se acepta cálculo de proveedor validado bajo la instrucción 11923R-11-33705 de TÜV Rheinland de acuerdo con las normas UNE-EN.410:2011. y UNE-EN.673:2011.

- Coeficiente global de transferencia de calor/ Valor U: 2.04 W/m²·K
- Coeficiente de ganancia de calor solar/ Valor g: 0.55
- Coeficiente de Sombreado/ CS: 0.63

RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Almacenamiento:

- + Almacén limpio y plano y evitar la exposición directa a la luz del sol, al agua de lluvia y a sustancias corrosivas.
- + No se deben colocar las ventanas directamente en el piso, debe haber un espaciado libre por lo menos de 50mm y apoyarse en la parte inferior con un ángulo vertical no menor a 70°.
- + Cubrirse con una lona para proteger del polvo, polvo de cemento y evitar que partículas menores se adhieran a las superficies de las ventanas.

Colocación:**Marcos de ventana**

- + Verificar que todas las piezas del marco correspondan a perfiles modelo S1300
- + Hacer una presentación del marco sin los cristales en el vano correspondiente, usando cuñas o calzos.
- + Utilizar tornillos de fijación especiales para instalación en PVC, conforme especificación técnica del fabricante.
- + Colocar todas las piezas de estanqueidad y felpas según especificación. Colocando primero la ventana y posteriormente cintas y sellos (en su caso)
- + Cuidar que los puntos de desagüe de las ventanas no sean obstruidos.

Vidrio

- + El vidrio de control solar debe instalarse al interior de la cámara y hacia el interior de la habitación. El vidrio de control solar no debe ser decapado.

Mantenimiento:

- + Limpiar vidrio y marcos con un paño suave y húmedo, sin usar productos químicos y/o abrasivos. Verificar periódicamente el estado de felpas, rieles y sellos.
- + Los accesorios deberán revisarse para garantizar que se mueven y operan libremente y todas las partes móviles de los mismos deberán ser tratadas con una gota de aceite o grasa.
- + Los sellos deben revisarse y cualquier sello dañado deberá ser reemplazado.

ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA

REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
Factura de producto Cálculo de valores U, g y CS	Verificar que el espesor del vidrio corresponde a la especificación del proyecto y que se instale en las ventanas indicadas. Cerciorarse de que la hoja de vidrio de control solar está de cara al interior de la edificación. Cerciorarse de que todos los empaques de los marcos de PVC son colocados de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Así mismo, verificar que todas las partes del marco corresponden al perfil especificado.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Instalación de ventanas.

Verificar: Existencia y vigencia del Dictamen de Idoneidad Técnica. Instalación del vidrio con la placa metálica mirando al interior de la edificación. Instalación del marco de ventana bien ajustado al vano de modo que se aseguren nulas o mínimas filtraciones de aire. Almacenamiento correcto de las piezas no instaladas. Que los productos sean instalados de acuerdo con lo especificado por el fabricante. Que se encuentre incluida la garantía por escrito.

Acciones: Documentación fotográfica del DIT. Documentación fotográfica de vidrio instalado. Documentación de deficiencias en la instalación, en su caso.

Referencias:

1. Saint Gobain Glass de México. <https://mx.saint-gobain-glass.com/es-MX/sgg-evo>
2. Rehau México. (2022). Ficha Técnica SISTEMA EXELIS 1300 Ventana abatible <https://www.rehau.com/downloads/657588/ficha-tecnica-del-sistemaexelis-1030.pdf>
3. Rehau México. (2022) DIT Sistema EXEELIS S1300 Perfiles para ventana de PVC <https://www.rehau.com/downloads/667212/dit-1030-exelis.pdf>
4. Rehau México (2022) Guía de instalación Rehau, Sistema EXELIS 1030 <https://www.rehau.com/downloads/855128/guia-de-instalacion-exelis-1030.pdf>

11. Anexo 5. Fichas técnicas Sistemas Mecánicos

11.1 Aparatos de refrigeración y calefacción | Minisplit, inverter | Gree 2 toneladas

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
MINISPLIT TECNOLOGÍA INVERTER – GREE 2 TONELADAS	
DESCRIPCIÓN	
Aire Acondicionado Minisplit de 2 tonelada (frío). 220v.	
Marca:	GREE
Tipo:	Minisplit, tecnología inverter
Modelo:	GWC24QE-D3DNB4E
Capacidad de Enfriamiento:	6 533.4 W (22,295.12 BTU/hr)
Potencia Eléctrica:	2 107.2 W
Volumen de aire:	N/D
Relación de Eficiencia Energética (REE):	5.57 (Wt/We) 19 (BTU/hW)
Funcionamiento cíclico:	N/D
Aplicación:	Interior
Se instala en:	Empotrado en muro
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NOM-026-ENER-2015. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.	Establece la Relación de Eficiencia Energética (REE) mínima que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo dividido, (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin conductos de aire (minisplit) que utilizan condensadores enfriados por aire. Además del método de prueba que debe aplicarse para verificar dicho cumplimiento y los requisitos de etiquetado al público.
NOM-003-SCFI-2014. Productos eléctricos - Especificaciones de seguridad.	Establece las características y especificaciones de seguridad que deben cumplir los productos eléctricos, que se importen o comercialicen, en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos (protección contra contacto directo, contacto indirecto, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones).
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + Consérvese en ambiente limpio y seco. Cuidar estiba máxima indicada en el empaque. Proteger contra vandalismos.	
Preparaciones especiales: + Verificar que la instalación se prevea para que el aislamiento en muros esté preparado para recibir el equipo y que su fijación no implique daños al aparato o al material aislante. + Conexiones para las tuberías del refrigerante.	
Instalación: + Instalar al interior, empotrado en muro o con base, bien nivelado, accesible a la alimentación eléctrica. + Procurar una instalación limpia. Cuidando el aislamiento en todo momento.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NOM-026-ENER-2015 Presentar certificado vigente de la NOM-026-ENER-2015 emitido por organismo certificador. Constatar cumplimiento de REE, potencia eléctrica y capacidad de enfriamiento declaradas, marca, modelo, especificaciones y vigencia del certificado.	Constatar la existencia de preparaciones para la instalación del equipo de aire acondicionado según especificación de proyecto. Constatar la existencia física del equipo de Aire Acondicionado instalado. Constatar que el producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra etiqueta de eficiencia energética, empaques, facturas, garantías o sellos) y evidencia de los certificados de las NOMs presentada por el desarrollador.
NOM-003-SCFI-2000 Presentar certificado vigente de la NOM-003-SCFI-2014 emitido por organismo certificador.	Constatar existencia del número de equipos instalados según especificación del proyecto.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.	
Verificar: Que el equipo en obra y la cantidad de equipos coincide con la especificación del proyecto. Que el equipo se encuentra instalado correctamente: conexiones de tubería y eléctricas habilitadas, base y neoprenos para la condensadora. Se presentará como documentación: Etiquetado de eficiencia energética, garantía del equipo, certificado vigente, instructivo de funcionamiento. Control remoto (en su caso).	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aislamiento derivado de la instalación del equipo.	
Referencias: 1. Asociación de Normalización y Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. ANC2201C00000254. Dragon Trade Imports de Mexico, S.A. de C.V.	

11.2 Aparatos de refrigeración y calefacción | Minisplit, inverter | Gree 2 toneladas

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
MINISPLIT, TECNOLOGÍA INVERTER – GREE 2 TONELADAS	
DESCRIPCIÓN	
Aire Acondicionado Minisplit de 1 tonelada (frío/calor). 220v.	
Marca:	GREE
Tipo:	Minisplit, tecnología inverter
Modelo:	GWC12QC-D3DNB4E
Capacidad de Enfriamiento:	3 480.6 W (11,877.49 BTU/hr)
Potencia Eléctrica:	1045.5 W
Volumen de aire:	N/D
Relación de Eficiencia Energética (REE):	5.33 (Wt/We) 18 (BTU/hW)
Funcionamiento cíclico:	N/D
Aplicación:	Interior
Se instala en:	Empotrado en muro
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NOM-026-ENER-2015. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.	Establece la Relación de Eficiencia Energética (REE) mínima que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo dividido, (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin conductos de aire (minisplit) que utilizan condensadores enfriados por aire. Además del método de prueba que debe aplicarse para verificar dicho cumplimiento y los requisitos de etiquetado al público.
NOM-003-SCFI-2014. Productos eléctricos - Especificaciones de seguridad.	Establece las características y especificaciones de seguridad que deben cumplir los productos eléctricos, que se importen o comercialicen, en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos (protección contra contacto directo, contacto indirecto, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones).
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento:	
+ Consérvese en ambiente limpio y seco. Cuidar estiba máxima indicada en el empaque. Proteger contra vandalismos.	
Preparaciones especiales:	
+ Instalación eléctrica a 230V~ con cargas balanceadas.	
+ Verificar que la instalación se prevea para que el aislamiento en muros esté preparado para recibir el equipo y que su fijación no implique daños al aparato o al material aislante.	
+ Conexiones para las tuberías del refrigerante.	
Instalación:	
+ Instalar al interior, empotrado en muro o con base, bien nivelado, accesible a la alimentación eléctrica.	
+ Procurar una instalación limpia. Cuidando el aislamiento en todo momento.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NOM-026-ENER-2015 Presentar certificado vigente de la NOM-026-ENER-2015 emitido por organismo certificador. Constatar cumplimiento de REE, potencia eléctrica y capacidad de enfriamiento declaradas, marca, modelo, especificaciones y vigencia del certificado.	Constatar la existencia de preparaciones para la instalación del equipo de aire acondicionado según especificación de proyecto. Constatar la existencia física del equipo de Aire Acondicionado instalado. Constatar que el producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra etiqueta de eficiencia energética, empaques, facturas, garantías o sellos) y evidencia de los certificados de las NOMs presentada por el desarrollador.
NOM-003-SCFI-2000 Presentar certificado vigente de la NOM-003-SCFI-2014 emitido por organismo certificador.	Constatar existencia del número de equipos instalados según especificación del proyecto.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.	
Verificar: Que el equipo en obra y la cantidad de equipos coincide con la especificación del proyecto. Que el equipo se encuentra instalado correctamente: conexiones de tubería y eléctricas habilitadas, base y neoprenos para la condensadora. Se presentará como documentación: Etiquetado de eficiencia energética, garantía del equipo, certificado vigente, instructivo de funcionamiento. Control remoto (en su caso).	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aislamiento derivado de la instalación del equipo.	
Referencias:	
1. Asociación de Normalización y Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. ANC2201C00000254. Dragon Trade Imports de Mexico, S.A. de C.V.	



11.3 Ventilación mecánica controlada | Unidad de ventilación | BluMartin freeAir 100

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA, UNIDAD DE VENTILACIÓN – BLUMARTIN FREEAIR 100

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.

Fabricante:	BluMartin
Marca/modelo:	BluMartin / freeAir 100
Corriente de aire:	8 hasta 100m ³ /h
Uso de la energía:	Standby- 1W; 20m ³ /h-4W; 50m ³ /h-9W; 100m ³ /h-38W
Recuperación de calor:	94% (a 50% de humedad relativa)
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Empotrado en muro



NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES

Certificación *Passive House Institute (PHI)*.
Como componente de casa pasiva.

UNE- EN 134141-8:2015. Ventilación de edificios.

ASPECTOS IMPORTANTES

Establece los requisitos para la ventilación de un espacio habitable.

Acerca de los ensayos de las prestaciones de componentes /equipos para la ventilación en viviendas. Parte 8: ensayos de prestaciones de unidades de impulsión y extracción mecánica sin conductos (incluyendo recuperación de calor) para sistemas de ventilación mecánica destinados a espacios individuales.

RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Almacenamiento:

- + El equipo debe permanecer en su empaque original hasta su uso y protegerse de la humedad.

Planeación:

- + Revisar el manual previo a la instalación.
- + Contar con personal calificado para su instalación.
- + Verificar la instalación eléctrica previo a la instalación.

Instalación:

- + Seguir las indicaciones del manual para poder hacer válida la garantía (en caso necesario).
- + Nunca abrir el dispositivo si el aparato está enchufado.
- + Revisar que no se utilice para fines de ventilación con aire que contenga componentes inflamables, explosivos o corrosivos o aire que contenga algún componente peligroso o dañino.

ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA

REVISIÓN DOCUMENTAL

Manual de instalación
Revisar el manual de instalación que debe incluirse con el equipo empacado.

REVISIÓN FÍSICA

Revisar que el equipo esté en perfectas condiciones técnicas y sin modificaciones antes de instalar.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Puede ser en paralelo a la instalación de las ventanas. Última fase de construcción o rehabilitación.

Verificar: Verificar el paquete se encuentre completo.

El personal que se encargue de la instalación debe tener conocimiento sobre el funcionamiento del equipo.

Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación, piezas colocadas, detalles, deficiencias o vicios en la instalación. Cotejar el plano ejecutivo in sitio con elementos instalados. Conservar el empaque durante la instalación y prueba por si es necesario hacer uso de la garantía. Revisar la correcta instalación de software en dispositivos del usuario final. Documentación de contar con garantía y manual de operación.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*

- + Siga las instrucciones del manual para poner en operación al equipo.
- + Después de la instalación correcta pruebe el funcionamiento del turbo.
- + Utilice el software de conexión para verificar las funciones del dispositivo y posibles actualizaciones.
- + Si se requiere usar la garantía, el equipo debe enviarse con un empaque adecuado.

Referencias:

1. www.bluMartin.de/service/downloads
2. <https://blumartin.de/einbau-wohnraumluftung-freeair-100/>

11.4 Ventilación mecánica controlada | Unidad de transmisión | BluMartin freeAir plus

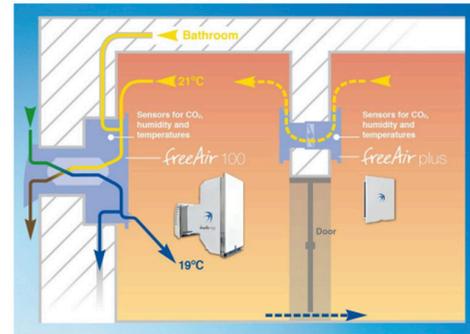
FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA, UNIDAD DE VENTILACIÓN – BLUMARTIN FREEAIR PLUS

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.

Fabricante:	BluMartin
Marca/modelo:	BluMartin / freeAir 100
Consumo total de energía:	En espera – 0.5 W; 30m ³ /h –0.9 W; 50 m ³ /h- 1.4 W; 70m ³ /h- 2.5 W
Rango del flujo de aire:	30 a 70m ³ /h
Control de CO ₂ (COV):	automático
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Empotrado en muro



NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES

Certificación *Passive House Institute (PHI)*.
Como componente de casa pasiva.

UNE- EN 134141-8:2015. Ventilación de edificios.

ASPECTOS IMPORTANTES

Establece los requisitos para la ventilación de un espacio habitable.

Acerca de los ensayos de las prestaciones de componentes /equipos para la ventilación en viviendas. Parte 8: ensayos de prestaciones de unidades de impulsión y extracción mecánica sin conductos (incluyendo recuperación de calor) para sistemas de ventilación mecánica destinados a espacios individuales.

RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Almacenamiento:

+ El equipo debe permanecer en su empaque original hasta su uso y protegerse de la humedad.

Planeación:

- + Revisar el manual previo a la instalación.
- + Contar con personal calificado para su instalación.
- + Verificar la instalación eléctrica previo a la instalación.

Instalación:

- + Seguir las indicaciones del manual para poder hacer válida la garantía (en caso necesario).
- + Nunca abrir el dispositivo si el aparato está enchufado.
- + Revisar que no se utilice para fines de ventilación con aire que contenga componentes inflamables, explosivos o corrosivos o aire que contenga algún componente peligroso o dañino.

ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA

REVISIÓN DOCUMENTAL

Manual de instalación
Revisar el manual de instalación que debe incluirse con el equipo empacado.

REVISIÓN FÍSICA

Revisar que el equipo esté en perfectas condiciones técnicas y sin modificaciones antes de instalar.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Puede ser en paralelo a la instalación de las ventanas. Última fase de construcción o rehabilitación.

Verificar: Verificar el paquete se encuentre completo.

El personal que se encargue de la instalación debe tener conocimiento sobre el funcionamiento del equipo.

Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de elemento instalado.

Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación, piezas colocadas, detalles, deficiencias o vicios en la instalación. Cotejar el plano ejecutivo en sitio con elementos instalados. Conservar el empaque durante la instalación y prueba por si es necesario hacer uso de la garantía. Revisar la correcta instalación de software en dispositivos del usuario final. Documentación de contar con garantía y manual de operación.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*

- + Siga las instrucciones del manual para poner en operación al equipo.
- + Después de la instalación correcta pruebe el funcionamiento del turbo.
- + Utilice el software de conexión para verificar las funciones del dispositivo y posibles actualizaciones.
- + Si se requiere usar la garantía, el equipo debe enviarse con un empaque adecuado.

Referencias:

1. www.bluMartin.de/service/downloads
2. <https://blumartin.de/wohnraumluftung-freeair-dezentral-mit-waermerueckgewinnung/>

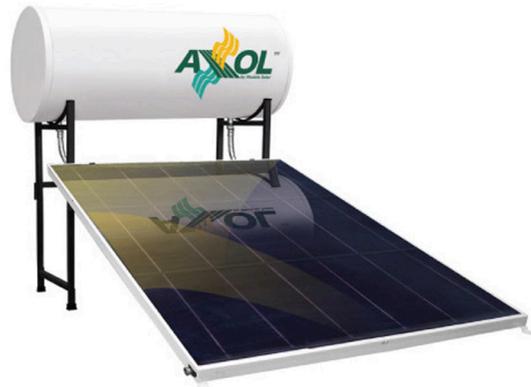
12. Anexo 6. Fichas técnicas Agua Caliente Sanitaria

12.1 Calentadores de agua eléctricos | Calentador de agua eléctrico | Rheem

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
CALENTADOR DE AGUA ELÉCTRICO – RHEEM	
DESCRIPCIÓN	
Calentador de depósito eléctrico.	
Fabricante:	RHEEM
Marca/modelo:	Rheem / 89VP15
Carga Térmica:	3.8 kW
Eficiencia Térmica:	75%
Presión máxima de trabajo:	6.42 kg/cm ²
Voltaje:	220 VCA
Aplicación:	Exterior o Interior
Se instala en:	Interior cuarto de lavado, sobre base para separarlo de suelo
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NOM-003-ENER-2011. Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.	Establece los niveles mínimos de eficiencia térmica que deben cumplir los calentadores de agua para uso doméstico y comercial y el método de prueba que debe aplicarse para verificarlos. Además de los requisitos mínimos para información al público sobre los valores de eficiencia térmica de estos aparatos.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + Consérvese en ambiente limpio y seco, protegido de la intemperie, cuidando la estiba máxima declarada por el fabricante.	
Preparaciones especiales: + Completar el ramaleo de instalación hidráulica y eléctrico, en caso de instalar la base en muros con aislamiento, tener previstas las perforaciones necesarias para no interrumpir o dañar la capa aislante + Verificar que el calentador corresponda al voltaje a utilizar (según placa de identificación al costado) + Verificar la instalación eléctrica de la vivienda sea capaz de soportar la carga a conectar.	
Instalación: + Deberá ser realizada por personal especializado y con aprobación del organismo competente. + Debe estar conectado a un circuito derivado independiente, entrada de agua fría y la salida de agua caliente conectada a ramal de distribución interna. + Asegurarse de instalar un interruptor termo magnético exclusivo para el circuito derivado. + Verificar que no hay fugas de agua.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NOM-003-ENER-2011 Presentar certificado vigente de la NOM-003-ENER-2011 emitido por organismo certificador. Constatar eficiencia térmica especificada en proyecto.	Constatar la existencia de preparaciones para la instalación del calentador y ubicación del equipo, corroborando longitud de tubería según especificación de proyecto. Constatar existencia de equipo instalado. Comprobar que el producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos).
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Primera vista: Preparaciones / instalación del primer equipo. Visita posterior: Instalación / existencia de equipos.	
Verificar: Constatar la existencia física del calentador. Cumplimiento de las NOM con factura, caja, garantía, documento, etiqueta o sello. Verificar sistema de distribución de agua caliente, que soporte temperaturas superiores a 80°C, verificar accesorios y conexiones. Verificar estado de fuga en conexiones y accesorios (conexiones a regaderas, grifos, etc.) Verificación de tubería, accesorios y material para cementar conexiones. Cotejar cantidades con proyecto ejecutivo.	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación, piezas colocadas, detalles, deficiencias o vicios en la instalación. Cotejar el plano ejecutivo en sitio con elementos instalados.	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
+ En caso de que el calentador esté instalado en zonas susceptibles de congelamiento por bajas temperaturas, se recomienda evacuar el agua del calentador cuando no se encuentre en uso.	
Referencias: 1. Rheem. (2021). <i>Ficha técnica. Calentador de depósito eléctrico. Modelo 89VP15</i> . Recuperado de https://rheem.wpengine.com/wpcontent/uploads/2021/12/Ficha-Calentador-de-Depo%20%95%A0usito-El%20%95%A0uctrico.pdf	

12.2 Calentadores solares | Calentador solar de agua de colector plano | Axol 150 litros MS 2.5

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
CALENTADOR SOLAR DE AGUA DE COLECTOR PLANO – AXOL 150 LITROS MS 2.5	
DESCRIPCIÓN	
<p>CSistema de calentamiento de agua mediante la radiación solar, que reduce el uso de sistemas de calentamiento dependientes de combustibles fósiles. Este modelo puede operar con tinaco, hidroneumático.</p>	
Fabricante:	Módulo Solar S.A. de C.V.
Marca/modelo:	Axol 150 litros MS 2.5
Superficie de captación:	1.70 m ²
Volumen del tanque:	150 L
Desviación Norte:	180°
Inclinación Horizontal:	19°
Presión Máxima:	6 kg/cm ²
Aplicación:	Exterior
Se instala en:	Azotea
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
DTESTV. Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en Vivienda.	Especificación aplicable a los sistemas de calentamiento de agua, cuya fuente de energía sea la radiación solar y como respaldo un calentador de agua, cuya fuente de energía sea el gas LP o el gas natural, la energía eléctrica o cualquier otra fuente de energía.
ESTÁNDARES DE COMPETENCIA LABORAL	
EC0473. Instalación del sistema de calentamiento solar de agua de circulación forzada con termotanque. EC0325. Instalación de sistemas de calentadores solares de agua termosifónicos en vivienda sustentable.	El calentador debe ser instalado por personal acreditado por el CONOCER en los estándares EC0473 o EC0325.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> + Se desaconseja totalmente anclarlo directamente a la losa, para prevenir perforaciones de la capa de impermeabilización. + Los calentadores solares del tipo Plano deberán de instalarse con válvula anticongelante. + En climas cálido, cálido seco extremoso y semifrío, se recomienda se utilice un calentador de gas como respaldo. + Accesorios de acuerdo con las temperaturas de operación del sistema, clima de la región donde se realiza la instalación, distancias entre elementos del sistema y presión de diseño. + Prever que el diámetro y material de las entradas y salidas de agua caliente sean compatibles con los del sistema de calentador solar de agua. + Asegurar que las entradas y salidas de la tubería están libres de desgaste, golpes, deformaciones y estrangulaciones. + Planificar que la ubicación del sistema esté libre de sombras, instalaciones, objetos de riesgo. + Asegurar que la desviación con respecto al sur y la inclinación con respecto a la horizontal no tengan una desviación mayor a 3° conforme a lo especificado. 	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
DTESTV Corroborar existencia de Dictamen Técnico de Energía Solar Térmica en la Vivienda vigente.	Constatar la existencia y cantidad de preparaciones para la instalación del CSA según especificación del proyecto. Constatar existencia de equipo instalado. Corroborar que el producto en obra corresponda al producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos).
Especificaciones de instalación	Constatar que se cumple con las especificaciones de instalación (orientación e inclinación) especificadas en esta ficha técnica (véase apartado <i>Descripción</i>). Constatar que la superficie de captación del colector solar corresponde a la especificada en esta ficha técnica (véase apartado <i>Descripción</i>).
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
<p>Momento de revisión: Primera vista: Preparaciones / instalación del primer equipo. Visita posterior: Instalación / existencia de equipos.</p> <p>Verificar: Conexiones de entrada y salida a la red hidráulica de la vivienda, así como la correcta conexión al calentador de respaldo. Piezas colocadas sin fisuras, abolladuras, roturas u otro vicio que impida su buen funcionamiento. En su caso, verificar la existencia y correcta colocación de válvulas. Orientación con respecto al norte y ángulo de inclinación acorde a latitud, con desviación no mayor a 3°. La superficie sobre la que se coloque el colector y tanque debe estar bien nivelada y en su caso, compensada. Verificar que no reciba sombras. Verificar sistema de distribución de agua caliente, que soporte temperaturas superiores a 80°C, verificar accesorios y conexiones. Verificar estado de fuga en conexiones y accesorios (conexiones a regaderas, grifos, etc.) Cotejar cantidades con proyecto ejecutivo. El equipo (estructura metálica) debe contar con tierra física instalada.</p> <p>Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Cotejar el plano ejecutivo in sitio con elementos instalados.</p>	



Referencias:

1. Módulo Solar. (2018). Axol HVA. Catálogo Módulo Solar. Recuperado de <http://www.modulosolar.com.mx/Catalogos/03AxolHVA.jpg>
 2. Torres Reyes, Ernestina. (30 septiembre 2014). *Guía de instalación de sistemas de calentamiento solar de agua para vivienda unifamiliar* [archivo PDF]. Ciudad de México. Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ GmbH. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/229693/Guia_CalentadoresSolares_03.pdf
 3. Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, SC. (11 junio 2015). *Dictamen Técnico de Energía solar Térmica en vivienda al Producto MODELO HVA-150* [Archivo PDF]. Recuperado de: <http://www.modulosolar.com.mx/Certificaciones.php>
 4. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S.C. (2011) *Ficha técnica. Calentador Solar con Colector Solar Plano AXOL 2011 HVA 150*
-

13. Anexo 7. Fichas técnicas Electricidad

13.1 Iluminación y electrodomésticos | Ventilador de techo de bajo consumo | Littleton 43W

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
VENTILADOR DE TECHO DE BAJO CONSUMO – LITTLETON 43W	
DESCRIPCIÓN	
<p>Ventilador de Techo, color blanco brillante, 3 velocidades, empotrado en losa, con motor silencioso e iluminación integrada.</p>	
Fabricante:	Sienhua Group
Marca:	Hampton Bay
Modelo:	Littleton, 112044
Potencia ventilador:	43 W
Dimensiones:	42"
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Techo
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
<p>NOM-003-SCFI-2014. Productos eléctricos-Especificaciones de seguridad.</p>	<p>Establece establece las características y especificaciones de seguridad que deben cumplir los productos eléctricos, que se importen o comercialicen, en el territorio mexicano con el propósito de prevenir peligro a los consumidores y para la conservación de sus bienes, en términos de ausencia de riesgo de daño inaceptable, conforme a los principios siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Protección contra los peligros provenientes del propio producto eléctrico; b) Protección contra los peligros causados por efecto de influencias exteriores sobre el producto eléctrico; c) Funcionamiento seguro; d) Información de uso y conservación de los productos eléctricos, marcado y etiquetado.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> + Marcar en techo los soportes de la instalación. + Verificar que exista la conexión a tierra. Conectar las dos clavijas (machos con hembras) y conectar los dos conductores principales en el bloque terminal. + Instalar escudete superior en la placa de instalación, colgar el ventilador en dos de los tornillos y pasar arandelas a través de los orificios en forma de llave. Ajuste todos los tornillos y verifique la colocación del escudete. + Conectar los soportes de las aspas e instalar las aspas del ventilador al motor. + Colocar luminaria y enroscar la pantalla con tornillos de oreja. 	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
<p>Certificado Vigente. Ventilador de techo doméstico. Referencia NOM-003-SCFI-2014. Corroborar existencia de certificado vigente.</p>	<p>Constatar la existencia y cantidad de preparaciones para la instalación del ventilador según especificación del proyecto. Constatar existencia de ventiladores. Corroborar que producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos). Revisar que la altura mínima de piso terminado a parte inferior del aspa del ventilador es de al menos 2.14 m o que corresponde a la altura mínima requerida de acuerdo con la reglamentación local.</p>
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
<p>Momento de revisión: Instalación.</p>	
<p>Verificar: Correcta instalación de los equipos.</p>	
<p>Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación.</p>	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
<ul style="list-style-type: none"> + Utilizar lámpara fluorescente de $\geq 14W$ o LED de 8W. 	
<p>Referencias: 1. R</p>	

13.2 Iluminación y electrodomésticos | Ventilador de techo de bajo consumo | Hugger 49W

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
VENTILADOR DE TECHO DE BAJO CONSUMO – HUGGER 49 W	
DESCRIPCIÓN	
<p>Ventilador de Techo, color blanco brillante, 3 velocidades, empotrado en losa, con motor silencioso e iluminación integrada.</p>	
Fabricante:	Sienhua Group
Marca:	Hugger
Modelo:	AL383LED-BN
Potencia ventilador:	49 W
Dimensiones:	52"
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Techo
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
<p>NOM-003-SCFI-2014. Productos eléctricos-Especificaciones de seguridad.</p>	<p>Establece establece las características y especificaciones de seguridad que deben cumplir los productos eléctricos, que se importen o comercialicen, en el territorio mexicano con el propósito de prevenir peligro a los consumidores y para la conservación de sus bienes, en términos de ausencia de riesgo de daño inaceptable, conforme a los principios siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Protección contra los peligros provenientes del propio producto eléctrico; b) Protección contra los peligros causados por efecto de influencias exteriores sobre el producto eléctrico; c) Funcionamiento seguro; d) Información de uso y conservación de los productos eléctricos, marcado y etiquetado.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> + Marcar en techo los soportes de la instalación. + Verificar que exista la conexión a tierra. Conectar las dos clavijas (machos con hembras) y conectar los dos conductores principales en el bloque terminal. + Instalar escudete superior en la placa de instalación, colgar el ventilador en dos de los tornillos y pasar arandelas a través de los orificios en forma de llave. Ajuste todos los tornillos y verifique la colocación del escudete. + Conectar los soportes de las aspas e instalar las aspas del ventilador al motor. + Colocar luminaria y enroscar la pantalla con tornillos de oreja. 	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
<p>Certificado Vigente. Ventilador de techo doméstico. Referencia NOM-003-SCFI-2014. Corroborar existencia de certificado vigente.</p>	<p>Constatar la existencia y cantidad de preparaciones para la instalación del ventilador según especificación del proyecto. Constatar existencia de ventiladores. Corroborar que producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos). Revisar que la altura mínima de piso terminado a parte inferior del aspa del ventilador es de al menos 2.14 m o que corresponde a la altura mínima requerida de acuerdo con la reglamentación local.</p>
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
<p>Momento de revisión: Instalación.</p>	
<p>Verificar: Correcta instalación de los equipos.</p>	
<p>Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación.</p>	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
<ul style="list-style-type: none"> + Utilizar lámpara fluorescente de $\geq 14W$ o LED de 8W. 	
<p>Referencias: 1. R</p>	

13.3 Iluminación y electrodomésticos | Lámparas LED | Americanlite

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
LÁMPARAS LED - AMERICANLITE, LEDA6010-MX	
DESCRIPCIÓN	
Descripción del producto, con información del fabricante.	
Fabricante:	
Marca:	Americanlite / LEDA6010-MX
Modelo:	AL383LED-BN
Potencia:	10 W
Flujo luminoso:	740 LM
Eficiencia Luminosa:	74 lm/W
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Techo
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NOM-030-ENER-2016. Eficiencia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.	Establece las especificaciones y métodos de prueba que propician el uso eficiente de energía en las lámparas de led integradas para iluminación general, es aplicable a todas las lámparas de led integradas omnidireccionales y direccionales, que se destinan para iluminación general.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> + Uso interior únicamente. + No usar en lugares húmedos. + Apagar la luminaria antes de cambiar la lámpara. + No usar con reguladores/atenuadores. 	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NOM-030-ENER-2016. Eficiencia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba. Comprobar existencia de certificado vigente.	Constatar la existencia y cantidad de preparaciones para la instalación de la lámpara según especificación del proyecto. Constatar existencia de luminarias. Corroborar que producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos).
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Instalación de equipo.	
Verificar: Correcta instalación de los equipos.	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación.	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
+ Realizar disposición final de lámparas retiradas.	
Referencias: 1. Asociación de Normalización y Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. ANC2001A00008312. Comercial Encanto, S.A. de C.V.	

13.4 Iluminación y electrodomésticos | Lavadora 16 kg carga superior | Whirlpool

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

LAVADORA 16 KG CARGA SUPERIOR – WHIRLPOOL

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.



Fabricante:	Whirlpool
Marca/modelo:	Whirlpool / 8MWTW1643MJQ
Capacidad:	96.83 litros
Consumo Energía:	220 kWh/año
FCA:	0.518 L*ciclo/L
Aplicación:	Exterior
Instalado en:	Piso

NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES

NOM-005-ENER-2016. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

NMX-AA-158-SCFI-2011. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

ASPECTOS IMPORTANTES

Establecer el valor mínimo de factor de energía (FE) para lavadoras de ropa de tipo automático y el consumo de energía total anual máximo que deben cumplir las lavadoras de ropa de tipo manual y semiautomático. Establece, además, los métodos de prueba con que debe verificarse dicho cumplimiento, el etiquetado y el procedimiento para la evaluación de la conformidad.

Establece los requisitos que deben cumplir las lavadoras de ropa electrodoméstica para obtener el sello "Grado Ecológico", que demuestren un ahorro y uso eficiente del agua con base en su eficiencia energética y eficiencia de lavado según el uso del aparato.

RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Almacenamiento:

+ Consérvese en ambiente limpio y seco. Cuidar estiba máxima indicada en el empaque. Proteger contra vandalismos.

Preparaciones especiales:

+ Instalación eléctrica a 110V~ con cargas balanceadas.

+ Verificar que la instalación se prevé para que el suelo esté preparado para recibir el equipo y su nivelación no implique daños al aparato o al funcionamiento.

+ Conexiones para las tuberías de carga y descarga.

Instalación:

+ Instalar sobre suelo o con base, bien nivelado, accesible a la alimentación eléctrica.

+ Procurar una instalación limpia.

ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA

REVISIÓN DOCUMENTAL

NOM-005-ENER-2016. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Corroborar existencia de certificado vigente.

NMX-AA-158-SCFI-2011. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Corroborar existencia de certificado vigente.

REVISIÓN FÍSICA

Constatar la existencia de preparaciones para la instalación del equipo de Lavadora según especificación de proyecto.

Constatar la existencia física del equipo de Lavadora instalado.

Constatar que el producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra etiqueta de eficiencia energética, empaques, facturas, garantías o sellos) y evidencia de los certificados de las NOMs presentada por el desarrollador.

Constatar existencia del número de equipos instalados según especificación del proyecto.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.

Verificar: Que el equipo en obra y la cantidad de equipos coincide con la especificación del proyecto. Que el equipo se encuentra instalado correctamente: conexiones de tubería y eléctricas habilitadas. Se presentará como documentación: Etiquetado de eficiencia energética, garantía del equipo, certificado vigente, instructivo de funcionamiento.

Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aspecto derivado de la instalación del equipo.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*

+ Corroborar la correcta disposición final del equipo retirado.

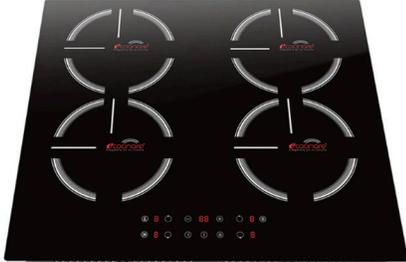
Referencias:

- Asociación de Normalización y Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. ANC2201A00007052. Whirlpool México, S. de R.L. de C.V.
- Asociación de Normalización y Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. ANC2201C00007406. Whirlpool México, S. de R.L. de C.V.

13.5 Iluminación y electrodomésticos | Refrigerador con congelador, 17 pies | Whirlpool

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS															
REFRIGERADOR CON CONGELADOR, 17 PIES – WHIRLPOOL															
DESCRIPCIÓN															
Descripción del producto, con información del fabricante.															
<table border="1"> <tr> <td>Fabricante:</td> <td>Whirlpool</td> </tr> <tr> <td>Marca/modelo:</td> <td>Whirlpool / WT1726A</td> </tr> <tr> <td>Capacidad:</td> <td>470 L</td> </tr> <tr> <td>Consumo de energía:</td> <td>381 kWh/año</td> </tr> <tr> <td>Ahorro energía:</td> <td>3 %</td> </tr> <tr> <td>Aplicación:</td> <td>Interior</td> </tr> <tr> <td>Instalado en:</td> <td>Cocina</td> </tr> </table>	Fabricante:	Whirlpool	Marca/modelo:	Whirlpool / WT1726A	Capacidad:	470 L	Consumo de energía:	381 kWh/año	Ahorro energía:	3 %	Aplicación:	Interior	Instalado en:	Cocina	
Fabricante:	Whirlpool														
Marca/modelo:	Whirlpool / WT1726A														
Capacidad:	470 L														
Consumo de energía:	381 kWh/año														
Ahorro energía:	3 %														
Aplicación:	Interior														
Instalado en:	Cocina														
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES														
NOM-015-ENER-2018. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.	Establece la actualización de los límites máximos de consumo de energía para refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores de uso doméstico, por los avances tecnológicos y las condiciones del mercado nacional e internacional.														
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN															
<p>Almacenamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Consérvese en ambiente limpio y seco. Cuidar estiba máxima indicada en el empaque. Proteger contra vandalismos. <p>Preparaciones especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Instalación eléctrica a 110V~ con cargas balanceadas. + Verificar que la instalación se prevé para que el suelo esté preparado para recibir el equipo y su nivelación no implique daños al aparato o al funcionamiento. + Conexiones para las tuberías de carga y descarga. <p>Instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> + Instalar sobre suelo o con base, bien nivelado, accesible a la alimentación eléctrica. + Procurar una instalación limpia. 															
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA															
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA														
NOM-015-ENER-2018. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.	<p>Constatar la existencia de preparaciones para la instalación del equipo refrigerador según especificación de proyecto.</p> <p>Constatar la existencia física del equipo de refrigerador instalado.</p> <p>Constatar que el producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra etiqueta de eficiencia energética, empaques, facturas, garantías o sellos) y evidencia de los certificados de las NOMs presentada por el desarrollador.</p> <p>Constatar existencia del número de equipos instalados según especificación del proyecto.</p>														
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA															
<p>Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.</p> <p>Verificar: Que el equipo en obra y la cantidad de equipos coincide con la especificación del proyecto. Que el equipo se encuentra instalado correctamente: conexiones eléctricas habilitadas. Se presentará como documentación: Etiquetado de eficiencia energética, garantía del equipo, certificado vigente, instructivo de funcionamiento.</p> <p>Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aspecto derivado de la instalación del equipo.</p>															
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*															
<ul style="list-style-type: none"> + Corroborar la correcta disposición final del equipo retirado. 															
<p>Referencias:</p> <p>1. Asociación de Normalización y Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. ANC2201C00005254. Whirlpool México, S. de R.L. de C.V.</p>															

13.6 Iluminación y electrodomésticos | Estufa de inducción magnética | Ecocinare

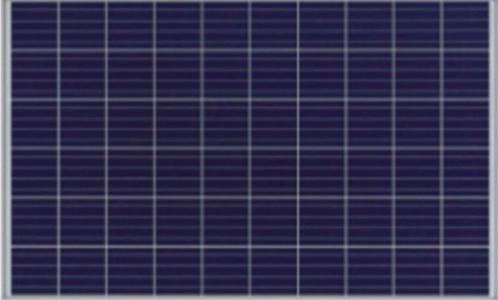
FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
ESTUFA DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA – ECOCINARE, COOK-04	
DESCRIPCIÓN	
Descripción del producto, con información del fabricante.	
Fabricante:	Ecocinare
Marca/modelo:	Ecocinare / Cook-04
Numero de Quemadores:	4
Potencia:	1000 W
Voltaje:	120 VCA
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Cocina
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + Consérvese en ambiente limpio y seco. Evite a toda costa la estiba de este empaque. Proteger contra golpes y/o caídas.	
Planeación: + Evaluar circuito eléctrico existente sea apto para instalar la parrilla de inducción, si no tiene circuito independiente, considerarlo, capaz de alimentar el equipo, contando con interruptor exclusivo, y una conexión correcta de puesta a tierra.	
Instalación: + Seleccione el mueble donde se instalará la parrilla basándose en las medidas indicadas en el manual de instalación y uso de la parrilla "Ecocinare COOK-04", Asegúrese de que la placa de cocción de inducción este bien ventilada y que la entrada y la salida de aire no estén bloqueadas.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
Manual de uso/ Manual de instalación. Instrucciones de instalación, uso y mantenimiento de la parrilla de inducción magnética.	Constatar la existencia de preparaciones para la instalación del equipo parrilla de inducción magnética según especificación de proyecto. Constatar la existencia física del equipo de parrilla de inducción magnética instalado instalada. Constatar que el producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra etiqueta de eficiencia energética, empaques, facturas, garantías o sellos). Constatar existencia del número de equipos instalados según especificación del proyecto.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.	
Verificar: Que el equipo en obra y la cantidad de equipos coincide con la especificación del proyecto. Que el equipo se encuentra instalado correctamente: conexiones eléctricas habilitadas. Se presentará como documentación: garantía del equipo, instructivo de funcionamiento y mantenimiento.	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones / producto almacenado. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aspecto derivado de la instalación del equipo.	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
+ No guarde objetos en las superficies de cocción. + Si la superficie esta agrietada, no prenda o apague el aparato para evitar la posibilidad de descarga eléctrica, las superficies de vitroceramica o material similar que protegen las partes activas.	
Referencias: 1.	

14. Anexo 8. Fichas técnicas Instalación Fotovoltaica

14.1 Instalación fotovoltaica | Inversor 2,000 W | Goodwe

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
INVERSOR CENTRAL – GOODWE GW2000-XS	
DESCRIPCIÓN	
Descripción del producto, con información del fabricante.	
	
Fabricante:	GOODWE
Marca/modelo:	Goodwe/GW2000-XS
Potencia máx.:	2,000 W
Tensión entrada máx.:	500 VCD
Eficiencia máx.:	97.5 %
Aplicación:	Exterior
Instalado en:	Patio posterior
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
Licencia FIDE No. 163-18/A0308. Licencia para el uso del Sello Fide.	Establece los Parámetros Técnicos, así como los métodos de prueba que deben cumplir los modelos de Inversores.
ESTÁNDARES DE COMPETENCIA LABORAL	
EC0586.01. Instalación de Sistemas Fotovoltaicos en Residencia, Comercio e Industria.	La instalación de paneles fotovoltaicos, inversores y reguladores de voltaje, debe ser llevada a cabo por un técnico especializado, preferentemente certificado en el EC0586.01.
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
Licencia FIDE No. 163-18/A0308. Licencia para el uso del Sello Fide.	<p>Constatar la existencia y cantidad de preparaciones para la instalación del Inversor según especificación del proyecto.</p> <p>Constatar existencia de Inversor.</p> <p>Corroborar que producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos).</p> <p>Constatar que se cumple con las especificaciones de instalación (canalización, conductores y puesta a tierra) especificadas en esta ficha técnica (véase apartado Descripción).</p>
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Primera visita: preparaciones. Visita posterior: Instalación y al momento de entregar la obra.	
<p>Verificar: Primera visita: Correcta instalación de módulos fotovoltaicos, canalización y conductores a conectar en el inversor.</p> <p>Visita posterior: Revisión Voltajes de entrada, salida y tiempos de sincronización.</p> <p>Verificar que lo que está en proyecto ejecutivo esté instalado y entregado.</p> <p>Verificar características de conductores eléctricos de corriente directa (cable con protección solar) y alterna</p> <p>Verificar que los conductores de corriente directa y corriente alterna estén protegidos por tubería</p> <p>Verificar haya fijación de tuberías de los cables conductores eléctricos.</p>	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier deficiencia o vicio en la instalación.	
<p>Referencias:</p> <ol style="list-style-type: none"> Goodwe, Serie XS 0,7-3kW 1MPPT Monofásico. Ficha técnica. [Archivo PDF]. Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica, Licencia para el uso del sello FIDE No. 163-18/A0308. [Archivo PDF]. Goodwe, Serie XS 0,7-3kW, Manual del usuario de la serie XS para la instalación. [Archivo PDF]. Recuperado de: https://es.goodwe.com/Ftp/Downloads/User%20Manual/GW_XS_User%20Manual-ES.pdf 	

14.2 Instalación fotovoltaica | Panel fotovoltaico 450 Wp | Risen

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
PANEL FOTOVOLTAICO 450WP – RISEN RSM144-7-450M	
DESCRIPCIÓN	
Un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento y transformación de la energía solar en electricidad.	
Fabricante:	RISEN ENERGY CO.
Marca/modelo:	Risen / RSM144-7-450M
Tipo de celda:	Silicio monocristalino
Dimensión de celda:	13,778 mm ²
Dimensión del módulo:	2,108 x 1,048 x 35 mm
Potencia máxima:	450 Wp
Intensidad máxima:	11.40 A
Orientación:	+/-32° Sur
Inclinación horizontal:	Equivalente a la latitud de la localidad
Aplicación:	Exterior
Se instala en:	Techo sin proyecciones de sombras
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
Registro de empresa FIDE No. R0520. Modulo con Sello Fide.	Establece los Parámetros Técnicos, así como los métodos de prueba que deben cumplir los modelos de Módulos Fotovoltaicos.
NOM-003-SCFI-2000. Productos eléctricos-Especificaciones de seguridad.	Establece las especificaciones de seguridad que deben cumplir los aparatos y productos eléctricos, con el propósito de prevenir y eliminar peligro de daño corporal de los usuarios y para la conservación de sus bienes.
ESTÁNDARES DE COMPETENCIA LABORAL	
EC0586.01. Instalación de Sistemas Fotovoltaicos en Residencia, Comercio e Industria.	La instalación de paneles fotovoltaicos, inversores y reguladores de voltaje, debe ser llevada a cabo por un técnico especializado, preferentemente certificado en el EC0586.01.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: + Según especificación del proveedor. Preparaciones especiales: + Orientar el panel correctamente +/-32° S, con ángulo de inclinación equivalente a la latitud de la localidad. + La captación no debe ser obstruida por sombreados de la edificación, vegetación, colindancias o sombreados temporales. Debe contar con un área de circulación suficiente para maniobrar la instalación, limpieza y tareas de mantenimiento.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
Registro de empresa FIDE No. R0520. Modulo con Sello Fide.	Constatar la existencia y cantidad de preparaciones para la instalación del PVF según especificación del proyecto. Constatar existencia de paneles. Corroborar que producto en obra corresponde a producto especificado (revisión contra empaques, facturas, garantías, etiquetas, sellos). Constatar que se cumple con las especificaciones de instalación (orientación e inclinación) especificadas en esta ficha técnica (véase apartado Descripción).
Presentar Dictamen Técnico de Cumplimiento ANCE-ESP-04, y Certificado de conformidad del producto NOM-003-SCFI-2000.	Corroborar existencia del equipo instalado/ Certificado de cumplimiento de NOM-003-SCFI-2000.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Primera visita: preparaciones. Visita posterior: Instalación y al momento de entregar la obra.	
Verificar: Primera visita: Correcta orientación (+/- 32° al sur) con ángulo de inclinación equivalente a la latitud de la localidad (hasta +15° para optimizar eficiencia en verano, hasta -15° para optimizar eficiencia en invierno). Verificar que no reciba sombras. Visita posterior: Revisión de la totalidad de equipos instalados. Verificar que lo que está en proyecto ejecutivo esté instalado y entregado. Verificar características de conductores eléctricos de corriente directa (cable con protección solar) y alterna. Verificar que los conductores de corriente directa y corriente alterna estén protegidos por tubería El equipo (paneles, estructura y caja de conexiones metálica) debe contar con tierra física instalada.	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier deficiencia o vicio en la instalación.	
Referencias: 1. Risen RSM144-7-435-455M Solar panel. Ficha técnica. [Archivo PDF]. 2. Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica, Registro de empresa RISEN R0520. [Archivo PDF].	

15. Anexo 9. Fichas técnicas Control de infiltraciones

15.1 Control de infiltraciones | Sellado de puerta | Frost King

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

SELLADO DE PUERTA – FROST KING

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.



Fabricante:	FROST KING
Marca/modelo:	Frost King / R534hmx
Material:	Espuma
Dimensión:	9.5mm X 7.94mm X 3.05m
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Marco de puerta principal

RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Planeación:

- + Verificar la superficie a instalar se encuentre limpia y sin grasa.
- + Instalación adecuada con temperaturas entre los 5-32°C.

Instalación:

- + Desenvuelva aproximadamente 30 cm. Para comenzar.
- + Presione firmemente el burlete contra el marco de la puerta.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Al entregar.

Verificar: Se encuentre continuo y sin daños aparentes, con el pegamento bien aplicado y firme.

Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier deficiencia o vicio en la instalación.

Referencias:

1. Frost King ficha técnica. Espuma de goma, Burlete autoadhesivo. (PDF).

15.2 Control de infiltraciones | Guardapolvos | Frost King

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

GUARDAPOLVOS – FROST KING

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.

Fabricante:	FROST KING
Marca/modelo:	Frost King / A79/36hmx
Material:	Goma
Dimensión:	5.08 X 91.5 CM
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Puerta principal



RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Planeación:

- + Verificar la superficie a instalar se encuentre limpia y sin grasa.

Instalación:

- + Utilizar herramienta indicada en empaque.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Al entregar.

Verificar: Se encuentre continuo y sin daños aparentes, sujeto con tornillo.

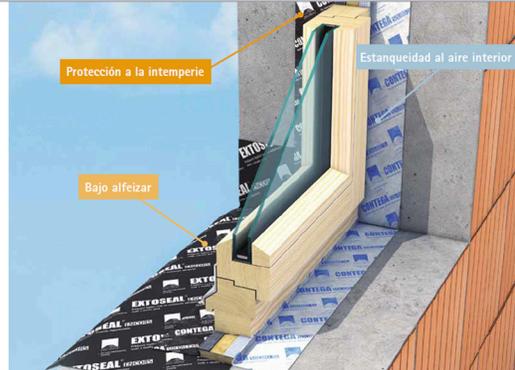
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier deficiencia o vicio en la instalación.

Referencias:

1. Frost King ficha técnica. Guardapolvo color plata, Plata Vinilo. (PDF).

15.3 Control de infiltraciones | Cinta de sellado hermético de uniones con ventanas | ProClima

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
CINTA DE SELLADO HERMÉTICO DE UNIONES CON VENTNAS – PROCLIMA, CONTEGA IQ	
DESCRIPCIÓN	
Cinta inteligente de uniones con ventanas para el uso en exteriores e interiores.	
Fabricante:	Pro clima
Marca/modelo:	ProClima / CONTEGA IQ
Valor S_d :	0.25 – 10m variable según humedad ambiental
Valor g, humedad variable:	1.25-50MN-s/g
Resistencia a temperaturas:	A largo plazo desde -40°C hasta +90°C
Aplicación:	Interior- exterior
Instalado en:	Ventanas
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
DIN EN ISO 12572. Desempeño higrotérmico de productos y materiales para la construcción.	Determinación de las propiedades de transmisión del vapor de agua.
DIN 4108-7 Aislamiento térmico y ahorro energético en edificios.	Estanqueidad de los edificios: requisitos, recomendaciones y ejemplos para la planeación y su desempeño.
Componente certificado por Passivhaus.	
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Almacenamiento: <ul style="list-style-type: none"> + Fresco y seco, con una humedad relativa del 50% + Temperatura recomendada para su almacenamiento 21°C + Evitar contacto con la piel y los ojos. Planeación: <ul style="list-style-type: none"> + Antes de pegar la cinta, los soportes deben limpiarse de polvo con una escoba o trapo. + No deben encontrarse materiales repelentes (p.e. grasa o silicona) en los soportes. + Los soportes deben estar portantes y secos. + El ancho de la cinta a aplicar no debe exceder los 60mm o el 50% del área de sofito. + Usar la espátula sugerida por proveedor para su instalación. Instalación: <ul style="list-style-type: none"> + Antes de la colocación de la ventana pegar CONTEGA IQ lateralmente con el lado no impreso hacia la mocheta y presionar fuerte. + Para que se pueda pegar bien la ventana en las esquinas de las mochetas, han de formarse los pliegues de las esquinas de las cintas. + Para obtener una unión a prueba de aire y viento, han de unirse el comienzo y el final de la CONTEGA IQ con un trozo de cinta DUPLEX en los extremos. + Colocar la ventana en la mocheta, seguido quitar el separador de la cinta CONTEGA IQ y pegar la cinta en todo el perímetro contra la mocheta. 	
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Esta cinta se aplica una vez instalados los marcos de ventanas en muros.	
Verificar: Hacer una pequeña prueba de instalación al inicio para revisar que funcione.	
Acciones: Revisar que tanto la cinta como el aislamiento estén colocados en su totalidad. Revisar la condición de los pliegues de dilatación. Tomar fotografías del estado de la cinta instalada. Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier deficiencia o vicio en la instalación.	
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*	
<ul style="list-style-type: none"> + Las uniones por adhesión no deben solicitarse a tracción. + Las cintas han de presionarse fuerte sobre el soporte a la hora de su colocación. + Las uniones seguras estancas al aire contra viento y lluvia solo pueden conseguirse con una colocación sin arrugas y pliegues y de forma continua. + Humedad excesiva en el lugar ha de evitarse, airear bien los lugares de colocación, incluso utilizar un deshumidificador. + En soportes no portantes ni firmes hay que aplicar una imprimación con TESCON PRIMER RP. + Comprobar la adhesión estanca en las esquinas. + El pliegue de dilatación se activa automáticamente si algún elemento constructivo se mueve y evita fugas por rotura por tensión del material. 	
Referencias:	
1. Catálogo de productos Pro clima: Fensterbox: sistemas de hermetización para profesionales.	
2. www.proclima.com	



16. Anexo 10. Fichas técnicas Dispositivos Ahorradores de Agua

16.1 Dispositivos Ahorradores de Agua | Regadera de baño | Rugo

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS	
REGADERA DE GRADO ECOLÓGICO - RUGO SH680M	
DESCRIPCIÓN	
Descripción del producto, con información del fabricante.	
Fabricante:	RUGO
Marca/modelo:	Rugo / Napoles 44-N
Caudal de descarga promedio a baja presión:	3.2 l/min
Caudal de descarga promedio a media presión:	3.7 l/min
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Regadera de baño completo
	
NORMATIVIDAD / ESPECIFICACIONES	ASPECTOS IMPORTANTES
NOM-008-CONAGUA-1998. Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal - Especificaciones y Métodos de Prueba.	Establece las especificaciones y métodos de prueba que deben cumplir las regaderas usadas en el aseo corporal para asegurar el ahorro de agua.
RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN	
Planeación: + Revisión previa a la instalación hidráulica de la vivienda, para informar el estado actual.	
Instalación: + Cerrar la toma principal de agua. + Utilizar cinta teflón para un sellado correcto y fijar con precaución para no provocar daño en tubería existente.	
ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA	
REVISIÓN DOCUMENTAL	REVISIÓN FÍSICA
NOM-008-CONAGUA-1998. Presentar certificado vigente de la NOM-008-CONAGUA-1998 emitido por organismo certificador.	Inspeccionar el buen funcionamiento, sin presentar fugas. Integridad del material, sin golpes o daños que compliquen su buen funcionamiento.
INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA	
Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.	
Verificar: Que el dispositivo en obra y la cantidad de dispositivos coincide con la especificación del proyecto. Que el dispositivo se encuentra instalado correctamente: conexiones hidráulicas habilitadas y sin fugas. Se presentará como documentación: garantía del equipo.	
Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aspecto derivado de la instalación del dispositivo.	
Referencias: 1. Consejo Mexicano de Certificación A. C. (2022). Certificado de Conformidad de Producto No. CMC2200001364. Válvulas y Accesorios Apolo S.A. de C.V.	

16.2 Dispositivos Ahorradores de Agua | Llaves mezcladoras de cocina | Moen

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

LLAVE MEZCLADORA DE COCINA – MOEN, GRACE

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.



Fabricante:	Moen Incorporated
Marca/modelo:	Moen / Grace-87376
Caudal de descarga máxima:	5.7 l/min
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Tarja de zinc en cocina

RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Planeación:

+ Revisión previa a la instalación hidráulica de la vivienda, para informar el estado actual.

Instalación:

+ Cerrar la toma principal de agua.

+ Utilizar cinta teflón para un sellado correcto y fijar con precaución para no provocar daño en tubería existente.

ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA

REVISIÓN FÍSICA

Inspeccionar el buen funcionamiento, sin presentar fugas.

Integridad del material, sin golpes o daños que compliquen su buen funcionamiento.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.

Verificar: Que el dispositivo en obra y la cantidad de dispositivos coincide con la especificación del proyecto. Que el dispositivo se encuentra instalado correctamente: conexiones hidráulicas habilitadas y sin fugas. Se presentará como documentación: garantía del equipo.

Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aspecto derivado de la instalación del dispositivo.

Referencias:

1. Moen ficha técnica. Mono mando de arco alto GRACE, Cromo. (PDF).

2. Moen guía de instalación (PDF): <https://en.moen.com.mx/shared/docs/instruction-sheets/ins10561.pdf>

16.3 Dispositivos Ahorradores de Agua | Llaves mezcladoras de lavado | Flowell

FICHA TÉCNICA ECOTECNOLOGÍAS

LLAVE MEZCLADORA DE LAVABO – FLOWELL_PATY

DESCRIPCIÓN

Descripción del producto, con información del fabricante.

Fabricante:	Flowell
Marca/modelo:	Flowell / Paty AB6112M
Caudal de descarga máxima:	6 l/min
Aplicación:	Interior
Instalado en:	Lavamanos en baño



RECOMENDACIONES GENERALES Y DE INSTALACIÓN

Planeación:

+ Revisión previa a la instalación hidráulica de la vivienda, para informar el estado actual.

Instalación:

- + Cerrar la toma principal de agua.
- + Utilizar cinta teflón para un sellado correcto y fijar con precaución para no provocar daño en tubería existente.

ELEMENTOS POR VALIDAR EN VISITA DE OBRA

REVISIÓN FÍSICA

Inspeccionar el buen funcionamiento, sin presentar fugas.
Integridad del material, sin golpes o daños que compliquen su buen funcionamiento.

INDICACIONES PARA VISITA DE OBRA

Momento de revisión: Visita de obra (instalación) y entrega de obra.

Verificar: Que el dispositivo en obra y la cantidad de dispositivos coincide con la especificación del proyecto. Que el dispositivo se encuentra instalado correctamente: conexiones hidráulicas habilitadas y sin fugas. Se presentará como documentación: garantía del equipo.

Acciones: Documentación fotográfica de preparaciones. Documentación fotográfica de pasos para elemento instalado. Documentación fotográfica de evidencia documental. Documentación, registro y reporte de cualquier vicio en la instalación. Reportar inmediatamente cualquier daño al aspecto derivado de la instalación del dispositivo.

Referencias:

1. Flowell ficha técnica. Mezcladora duomando para lavabo Paty, Cromo. (PDF).





Análisis sobre el potencial de ahorro, viabilidad técnica y económica de medidas técnicas, proyecto piloto con el Programa Ahorro Sistemático Integral (ASI) del Fideicomiso No. 728 FIPATERM

Datos de contacto:

Programa de Ahorro Sistemático Integral
Fideicomiso 728 FIPATERM
Blvd. López Mateos y calle del hospital 950-3
Col. Centro Cívico,
Mexicali, C.P. 21000 Baja California

Eficiencia Energética y Energías Renovables en la
Vivienda Existente de Interés Social (DKTI Vivienda)
Agustín González de Cossío 821
Colonia del Valle
Del. Benito Juárez, C.P. 03100, CDMX