
IMPLEMENTACIÓN DE EFICIENCIA ENERGETICA, ENERGIA RENOVABLE Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN VIVIENDA SOCIAL

ESPAÑOL, Ariel Omar

espanolariel@gmail.com

Maestría Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo, Facultad de
Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

Resumen

Los desafíos ambientales y energéticos sumados al déficit habitacional de Argentina, impactando en la salud, seguridad y calidad de vida de poblaciones vulnerables, exige desarrollar políticas habitacionales ligadas al concepto de sustentabilidad, con especial foco en la elaboración e implementación de normativas que incorporen Eficiencia Energética (EE), Energía Renovable (ER) y Diseño Bioclimático (DB) en proyectos de vivienda de interés social financiados por el Estado.

En este escenario, el trabajo expone avances realizados en el período comprendido entre principios de 2018 y finales de 2019, en la gestión e implementación del Programa 'Eficiencia Energética y Energía Renovable en la Vivienda Social Argentina' (AR-G1002), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM-GEF), con la participación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) como Agencia de Implementación del Proyecto y entonces co-ejecutado por la Secretaría de Vivienda de la Nación, y la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

El Programa, iniciado en 2011, propone la elaboración estándares mínimos de habitabilidad para la construcción de nuevos proyectos de viviendas de interés social, basado en los resultados del monitoreo de los consumos

energéticos y condiciones de habitabilidad, de prototipos de vivienda social (viviendas piloto) que incorporan EE, ER y DB construidos durante el Proyecto.

Atento a los avances en la ejecución del Programa, se destaca que la fecha, (i) fueron diseñados 128 viviendas piloto con medidas de EE, ER y DB, (ii) se produjeron estudios que permitieron estimar los consumos energéticos de los prototipos diseñados, y (iii) se desarrolló un Plan de Monitoreo y Evaluación a nivel nacional, con el propósito de realizar, el monitoreo de los consumos energéticos y condiciones de habitabilidad, durante el año posterior la construcción de los mismos.

Al mismo tiempo, y basado en las lecciones aprendidas durante la implementación del Programa, se actualizaron los Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social incorporando medidas de EE, ER y DB en programas financiados con fondos del Estado, de modo que los resultados parciales obtenidos ya brindan efectivo soporte a la revisión y actualización de la normativa vigente, atendiendo el impacto social, económico y ambiental en el marco de la sustentabilidad del hábitat edificado.

Palabras clave

Eficiencia Energética, Energía Renovable, Diseño Bioclimático, Vivienda Social, Monitoreo de consumos.

Introducción

El Programa plantea el diseño y construcción de 128 viviendas piloto con EE, ER y DB, en diferentes Zonas Bioambientales de Argentina, y el monitoreo de sus condiciones ambientales y consumo energético durante un año.

Los resultados del monitoreo serán comparados con un conjunto de referencia de 640 viviendas, construidas con la normativa anterior, a fin de analizar costos y beneficios de incorporar medidas de EE, ER y DB en programas de vivienda social, y desarrollar nuevos estándares de habitabilidad para cada Zona Bioambiental de Argentina. El Programa incluye: (i) actividades de difusión y

capacitación para agentes públicos responsables de promover e implementar los nuevos estándares, (ii) el desarrollo de tecnología vinculada a la EE y ER a escala local y regional, y (iii) acciones orientadas al fortalecimiento del mercado y la capacidad constructiva local y regional para incorporar la nueva normativa.

Objetivos del Programa

El **objetivo principal**, es lograr la reducción de emisiones gases de efecto invernadero (GEI) en Argentina como resultado de reducir el uso de energía en nuevos proyectos de vivienda social, a través de la incorporación de estándares de EE, ER y DB.

El **objetivo específico** es elaborar estándares mínimos de habitabilidad incorporando medidas de EE, ER y DB para la construcción de vivienda social, en base a los resultados de los nuevos prototipos construidos y monitoreados durante el Proyecto.

Los **objetivos intermedios** son:

- Determinar la reducción en emisiones GEI lograda debido a la incorporación de medidas de EE, ER y DB;
- cuantificar los ahorros de electricidad y gas logrados con a la incorporación de dichas medidas;
- desarrollar estándares mínimos de habitabilidad con medidas de EE, ER y DB;
- implementar un protocolo de monitoreo para la medición del desempeño energético de las viviendas piloto;
- capacitar a los equipos técnicos locales y los agentes públicos en los lineamientos constructivos con medidas de EE, ER y DB;
- fortalecer el mercado y la capacidad constructiva local y regional;
- y divulgar y difundir a la comunidad y a actores específicos, instituciones y profesionales, los resultados obtenidos en el marco del Programa a fin de promover su atención y adopción.

En ese marco, los **resultados esperados** del Programa son:

- lograr una **reducción de 2652 toneladas de CO2** emitidas durante 3 años considerando el momento de finalización de la construcción de los prototipos piloto;
- alcanzar a **reducir un mínimo de 32 %** del uso de energía en nuevos planes de vivienda social financiados por el Estado, por medio de la incorporación de medidas de EE, ER y DB acordes a las Zonas Bioambientales de Argentina.

Beneficios y Beneficiarios

Es esperable que los principales beneficios del Programa provengan de la mejora del desempeño energético de la vivienda de interés social y del cambio de comportamiento de sus habitantes: (i) inicialmente en las 128 viviendas piloto construidas en el marco de este Programa; y luego, (ii) en la nueva vivienda social a construir con recursos del Estado, a partir de la incorporación de lineamientos de EE, ER y DB en los estándares mínimos de habitabilidad.

En ese contexto, se estima un ahorro de 42.5 millones de toneladas de CO₂, producto de una reducción del consumo de energía del orden del 32% respecto del escenario base, que considera consumos por vivienda de 3,51MWh/año de energía eléctrica y 13,42 GJ/m² de gas natural (ROP¹).

Componentes del Programa

El Programa plantea 5 componentes que se detallan a continuación:

Componente 1: Prototipos de vivienda social bajos en carbono

Este Componente propone el diseño y construcción de las 128 viviendas piloto con estándares de EE, ER y DB en ocho localidades representativas de las Zonas Bioambientales en Argentina. La construcción de los prototipos permitirá el monitoreo del desempeño y la evaluación de medidas y tecnologías de EE y ER en la vivienda social.

El componente incluye la capacitación de técnicos locales, para el diseño de los prototipos que incorporan estos estándares, y para la supervisión y el seguimiento de la etapa de construcción de los mismos.

A partir de una línea de base conformada por unidades de vivienda social construidas según las prácticas habituales de diseño y construcción, denominadas viviendas de referencia, el Programa establece 4 categorías de prototipos que incorporan en forma incremental estrategias de EE, ER y DB, según Categorías 1 a 4.

Asimismo, define 8 localidades representativas de la Zonificación Bioambiental del país, en las que se implantarán 16 viviendas piloto (4 por categoría y localidad) completando una manzana, a partir de la disponibilidad de lotes en cada provincia (Figura 1).

¹ Reglamento Operativo del Programa.

Figura 1: Localización Proyecto GEF AR-G 1002 Salta



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las características de las categorías de las viviendas piloto y de los conjuntos de referencia.

Viviendas de Referencia: Para la evaluación y comparación de resultados del monitoreo, se definió como muestra un total de 640 viviendas de referencia o de control, que no contemplan estrategias de EE, ER y DB en su diseño, requiriendo un conjunto de 80 viviendas en cada localidad seleccionada (Figura 2).

Figura 2: Viviendas de Referencia. Rawson, Chubut



Fuente: Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano del Chubut.

Categorías 1 y 2: Poseen el mismo diseño de la vivienda de referencia, pero incorporando mejoras tecnológicas y edilicias, incluyendo una mejor aislación en paredes y techos, a través de puentes térmicos y por el tipo de sistema constructivo que se utiliza para satisfacer el nivel de confort B de la Norma IRAM 11.605. Las viviendas de las Categorías 1 y 2 son iguales en términos de diseño, superficie y sistema constructivo.

En principio, la diferencia entre estos prototipos implicaba que, las viviendas de Categoría 1 debían permanecer habitadas durante el año de monitoreo y quedaban deshabitadas las viviendas de Categoría 2. No obstante, atento a la situación de déficit habitacional del país, se consideró inadecuado contar con viviendas terminadas sin ocupar.

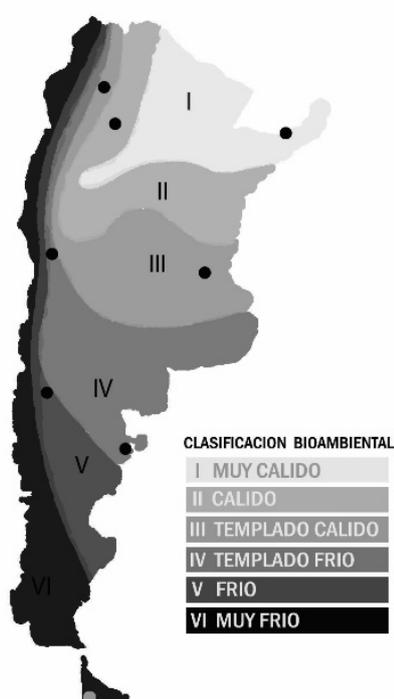
Categoría 3: Aplica un nuevo diseño en comparación con las viviendas de referencia, basado en pautas y estrategias de diseño bioambiental, sumado a la integración de ER a partir de la incorporación de sistema solar para el calentamiento de agua de tipo pasivo.

Categoría 4: Basada en la Categoría 3, en esta categoría se incluyen medidas y tecnologías necesarias para proveer soluciones con la incorporación de ER de tipo activo.

La construcción de las viviendas piloto, se realizará en las Provincias de Formosa, Tucumán, Salta, Buenos Aires, Mendoza, Chubut, Neuquén y Tierra del Fuego, demostrativas de las condiciones climáticas del país desde el clima 'muy cálido y húmedo' hasta el clima 'muy frío' (Figura 3). Las localidades

fueron seleccionadas de acuerdo a la representatividad a nivel nacional y sus características climáticas (Tabla 1).

Figura 3: Clasificación Bioambiental. Norma IRAM 11.603 - 2012



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Provincias y localidades participantes. Zona Bioambiental. Norma IRAM 11.603 - 2012

PROVINCIA	LOCALIDAD	ZONA
FORMOSA	Formosa	Ib
TUCUMAN	Tafí Viejo	IIb
SALTA	Salta	IIIa
BUENOS AIRES	San Nicolás	IIIa
MENDOZA	Junin	IVa
CHUBUT	Rawson	IVc
NEUQUEN	Zapala	V
TIERRA DEL FUEGO	Ushuaia	VI

Fuente: Elaboración propia

Componente 2: Monitoreo y evaluación de los prototipos de vivienda social

En el marco de los requerimientos del componente, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), desarrolló un Plan de Monitoreo y Evaluación a nivel nacional, con el propósito de realizar el monitoreo durante un año e inspecciones en distintas etapas de la construcción y uso de las viviendas. El monitoreo incluye: (i) mediciones del clima en cada una las localizaciones del

Proyecto; (ii) mediciones de las condiciones higrotérmicas y otros parámetros del interior de las viviendas, (iii) consumos de gas, electricidad y agua en cada uno de las 128 viviendas piloto con EE, ER y DB y de las 640 viviendas de control. Adicionalmente, en las últimas se realizarán estudios de diagnóstico del uso de la energía (electricidad, gas y agua) y relevamiento de variables socioeconómicas a través de encuestas de hogares. La evaluación de los datos recolectados durante el monitoreo servirá para establecer los lineamientos técnicos desarrollados en el Componente 3.

Componente 3: Elaboración y adopción de estándares de EE, ER y DB

Este componente incluye la elaboración de los estándares mínimos de habitabilidad con medidas de EE, ER y DB para la construcción de viviendas de interés social financiadas por el Estado. Estos se definirán para las distintas Zonas Bioambientales de Argentina y estarán basados en los resultados del monitoreo y evaluación de las viviendas piloto en cada una de las localidades. Los estándares se definirán según un análisis de costo-beneficio considerando los costos adicionales de incorporar medidas de EE para las Categorías 1 y 2, DB y sistemas pasivos para la Categoría 3 y sistemas activos de ER para la Categoría 4. Asimismo, se considerarán los beneficios derivados de la reducción de emisiones GEI. Este Componente contempla también la difusión y entrenamiento de agentes públicos y empleados responsables de la promoción e implementación de los nuevos estándares para la vivienda social a nivel nacional, provincial y municipal.

Componente 4: Fortalecimiento del mercado local de EE y ER

A partir de la implementación de este componente el Programa propone fortalecer el mercado para el desarrollo de tecnología local/regional de EE y ER, a través de la incorporación de especificaciones técnicas de los estándares definidos para una nueva normativa. En este sentido, se desarrollarán estudios de diagnóstico de la situación del mercado incluyendo la identificación de las necesidades de fortalecimiento de la capacidad, áreas de vacancia en la investigación, como así también de los contenidos para la formación técnica y profesional vinculados a la EE y ER en la construcción.

Asimismo, el componente prevé la elaboración de programas de capacitación a nivel local y regional, orientados a actores del sector privado (constructores, desarrolladores, miembros de la cámara de construcción, profesionales relacionados, proveedores de energía, etc.) y del sector público (provincias y municipios), a partir de las lecciones aprendidas sobre los prototipos evaluados, incluyendo las mejores prácticas para la integración de EE y ER en la construcción de viviendas.

Componente 5: Difusión de resultados

Este componente tiene como objetivo, divulgar los resultados y lecciones aprendidas durante la implementación del Programa, y difundir las tecnologías al público general y específico, y a actores relevantes, con: (i) una plataforma WEB, (ii) una campaña nacional de difusión sobre la construcción con EE y ER en el sector residencial, (iii) material promocional confeccionado para diferentes públicos (general y específico) y (iv) talleres de difusión y capacitación, en asociación con las autoridades ambientales locales y otros actores locales. Basados en los resultados del Componente 2 y teniendo en cuenta factores socio-económicos el componente prevé el diseño de los programas de capacitación para satisfacer las necesidades e influir sobre los patrones de comportamiento de los usuarios finales.

Avances en la implementación

Desde la elegibilidad del Programa, a principios de 2018, se capacitó a técnicos de las provincias, en el diseño de viviendas con EE, ER y DB. En este contexto, se organizaron:

- (i) Tres talleres en los que se trabajó colaborativamente en el diseño de las viviendas piloto, entre los equipos de proyecto de las provincias, expertos nacionales e internacionales y los equipos de los organismos colaboradores del Programa.
- (ii) El Foro de Vivienda Sustentable, fomentando el intercambio de experiencias y buenas prácticas tanto en Argentina como en Latinoamérica.
- (iii) Viajes para asistir a las provincias en la elaboración de:
 - Documentos para licitación a partir de modelos con formatos específicos según las políticas de adquisiciones del BID;
 - Fichas Ambientales de Evaluación (FAE) y
 - Planes de Gestión Ambiental (PGA) orientados a las obligaciones de los contratistas en la etapa de construcción de las obras.

La capacitación y acompañamiento a las provincias conformó una 'caja de herramientas', dejando capacidad instalada, en principio para entender y atender los desafíos del Programa y, en segunda instancia, potenciando a los equipos técnicos con conocimientos de EE, ER y DB para el diseño de futuros proyectos de vivienda social.

Como resultado del trabajo desarrollado durante las capacitaciones, se logró el diseño de las 128 viviendas piloto. (Figura 4).

Figura 4: Resultado del diseño de las viviendas prototipo con EE, ER y DB



Fuente: Elaboración propia

Metodología para evaluación de los proyectos

Durante la etapa de diseño de las 128 viviendas piloto con medidas de EE, ER y DB, se desarrollaron herramientas de evaluación que permitieron estimar variables tales como la transmitancia térmica, las pérdidas volumétricas de calor, el aporte de energías renovables y la demanda energética, tanto de los prototipos diseñados, como de las viviendas de referencia, con el fin de evaluar

el comportamiento energético - ambiental de las propuestas, para verificar el cumplimiento de los objetivos del Programa.

Herramientas desarrolladas

- Planilla 'e-11604-K.xls' (J.M. Evans, 2018).

Esta planilla facilita el cálculo de 'K', Transmitancia térmica, según el método de la Norma IRAM 11601, con datos de las características térmicas de la misma Norma, y verifica el cumplimiento de la Norma IRAM 11.605. Adicionalmente, la planilla electrónica indica el peso del elemento y su espesor; también verifica el impacto ambiental según las emisiones GEI y la demanda de energía para su fabricación.

- Planilla 'e-11605-G.xls' (J.M. Evans, 2018).

Esta planilla facilita el cálculo de 'G', Coeficiente Volumétrico de Perdida de calor, según el método de la Norma IRAM 11.604, y verifica el cumplimiento del valor máximo admisible según el volumen calefaccionado. También evalúa la demanda de energía convencional, gas y electricidad, según el valor de 'G', el volumen, la eficiencia de la instalación de calefacción, la demanda de energía para calentamiento de agua y cocción, y el uso de electricidad.

- Planilla 'e-temp.xls' (J.M. Evans, 2018).

Esta planilla permite realizar la evaluación de sobrecalentamiento, con una simulación de la temperatura horaria en locales de la vivienda. Las variables incluyen las dimensiones del local y la ventana, las características térmicas de los componentes constructivos, la orientación de la ventana, la tasa de ventilación, las ganancias internas debido a personas según número de horas de ocupación y nivel de actividad, iluminación artificial y uso de artefactos y electrodomésticos.

- Planilla 'e-colectores-GEF.xls' (J.M. Evans, 2018).

Esta planilla permite la evaluación del aporte energético de los colectores solares mediante el Programa 'f-chart', con datos de temperatura, radiación solar, tecnología de la instalación y su integración en la vivienda.

- Planilla 'e-FV.xls' (J.M. Evans, 2018).

Esta planilla de cálculo permite evaluar el aporte energético de los sistemas fotovoltaicos con datos de temperatura, radiación solar, tecnología de la instalación y su integración en la vivienda.

Resultados obtenidos por la aplicación de las planillas de evaluación

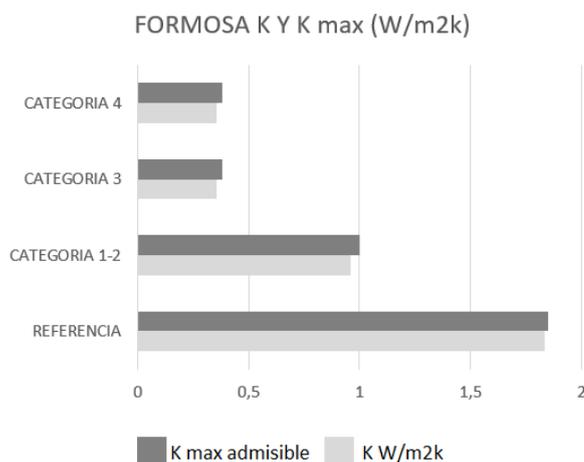
A continuación, a modo de ejemplo, se presentan algunos resultados de la evaluación del comportamiento térmico de las Viviendas de Referencia y de los proyectos de las viviendas de las Categorías 1-2, 3 y 4. Las tablas elaboradas a tal fin muestran los resultados de estimaciones en relación con diferentes variables.

Transmitancia térmica

La transmitancia térmica fue calculada y verificada con la planilla 'e-11605.xls' (J.M. Evans, 2018), para los muros y techo de las Viviendas de Referencia y de las viviendas de Categoría 1-2, 3 y 4 para las ocho localidades del Proyecto.

Se presenta de manera comparativa la transmitancia térmica de muros y valor máximo admisible según la categoría de vivienda para Formosa (Gráfico 1); y se exponen valores de transmitancia térmica de muros y techos, el cumplimiento del Nivel de la Norma IRAM 11605 y la tecnología constructiva adoptada para el mismo proyecto (Tabla 2). Los valores corresponden a la estación de invierno, la más crítica para la estimación de la demanda de energía. La transmitancia térmica en invierno depende de la temperatura mínima de diseño, establecida en la Norma IRAM 11603.

Gráfico 1: Formosa, transmitancia térmica de muros y valor máximo admisible según la categoría de vivienda



Fuente: Elaboración propia en base a Evans - de Schiller 2018
En Formosa, los valores de K en invierno son los máximos en cada categoría, con una temperatura mínima de diseño de 0,9° C.

Tabla 2: Formosa, transmitancia térmica de muros y techos según la categoría de vivienda (invierno)

CATEGORIA	ELEMENTO	IRAM 11.605	K W/m ² K	K max	TECNOLOGIA
Referencia	Muro	Nivel C	1,834	1,850	Ladrillo maciso
	Techo	Nivel B	0,679	0,830	Chapa con lana de vidrio
Categoría 1 - 2	Muro	Nivel B	0,959	1,000	Ladrillo cerámico hueco
	Techo	Nivel A -B	0,433	0,580	Chapa con lana de vidrio
Categoría 3	Muro	Nivel A	0,355	0,380	Ladrillo con EPS interior
	Techo	Nivel A	0,322	0,580	Poliuretano entre chapas
Categoría 4	Muro	Nivel A	0,355	0,380	Ladrillo con EPS interior
	Techo	Nivel A	0,322	0,580	Poliuretano entre chapas

Fuente: Elaboración propia en base a Evans - de Schiller 2018

Pérdidas volumétricas de calor 'G' de las distintas categorías de vivienda según la Norma IRAM 11604.

A continuación, se presentan valores de 'G', coeficiente volumétrico de pérdida de calor, la demanda de energía convencional para calefacción, cocción, agua caliente, y electricidad calculados y verificados con la planilla 'e-11605-G.xls' (J.M. Evans, 2018) para la vivienda de referencia de Tucumán (Tabla 3).

El Coeficiente 'G' indica la pérdida de calor en Watts por metro cubico del interior de la vivienda cuando se verifica una diferencia de temperatura de un grado entre el interior y el exterior.

Tabla 3: Tucumán, valores de 'G', coeficiente volumétrico de pérdida de calor, y demanda de energía convencional para diferentes usos

CATEGORIA	MEDIANERA	ORIENT frente	PERDIDAS G W/m ³ K	DEMANDA DE ENERGIA SEGUN USO					TOTAL
				Calor	Calefac	Coción	ACS	Elec	
Referencia (apareada)	1	Norte	1,65	1471	1961	576	1255	1953	5745
Referencia (apareada)	1	Este	1,65	1867	2489	576	1255	1953	6273
Referencia (apareada)	1	Sur	1,65	1665	2207	576	1255	1953	5991
Referencia (apareada)	1	Oeste	1,65	1795	2393	576	1255	1953	6177
VALOR PROMEDIO			1,65	1700	2263	576	1255	1953	6047

Fuente: Elaboración propia en base a Evans - de Schiller 2018
Energía Renovable (ER)

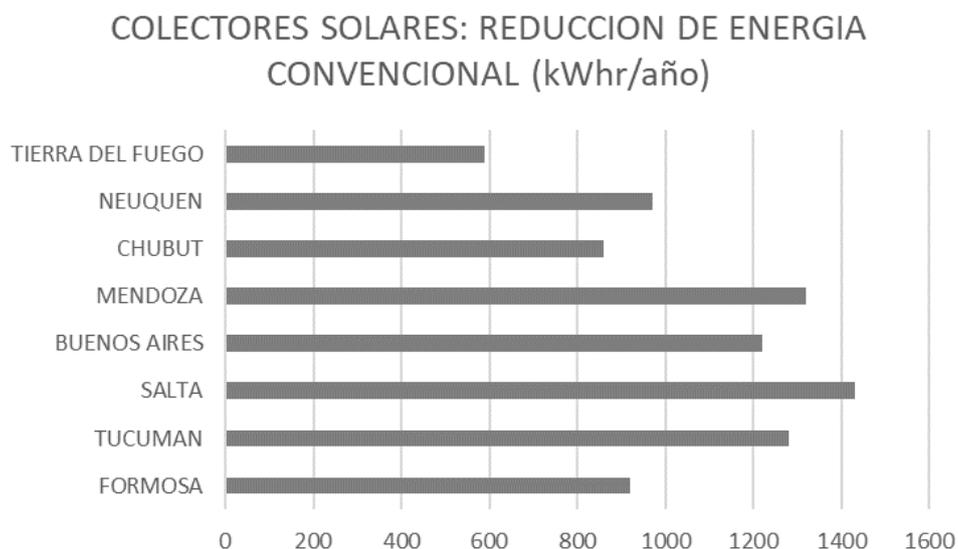
La incorporación de ER en las Categorías 3 y 4, demandó la estimación del aporte de energía solar útil producida por colectores solares y módulos fotovoltaicos, con la respectiva reducción de la demanda de energía convencional generada por estas instalaciones.

Colectores solares para agua caliente

A partir de los cálculos elaborados por la planilla 'e-colectores-GEF.xls' (J.M. Evans, 2018), se logró estimar de la reducción de energía convencional en kWh/año, por la incorporación de colectores solares para agua caliente en los proyectos de viviendas Categoría 3 y 4. A continuación, se exponen de forma comparativa, valores esperables de reducción de las ocho localidades (Gráfico 2).

Los valores corresponden a las instalaciones proyectadas por los equipos técnicos de las provincias, en sus respectivas localidades. Estos pueden mostrar leves diferencias según el tamaño del colector y del tanque de almacenamiento, así como la eficiencia del sistema auxiliar de calentamiento de agua con energía convencional.

Gráfico 2: Reducción de la energía convencional en kWh/año proveniente de la instalación de colectores solares para agua caliente

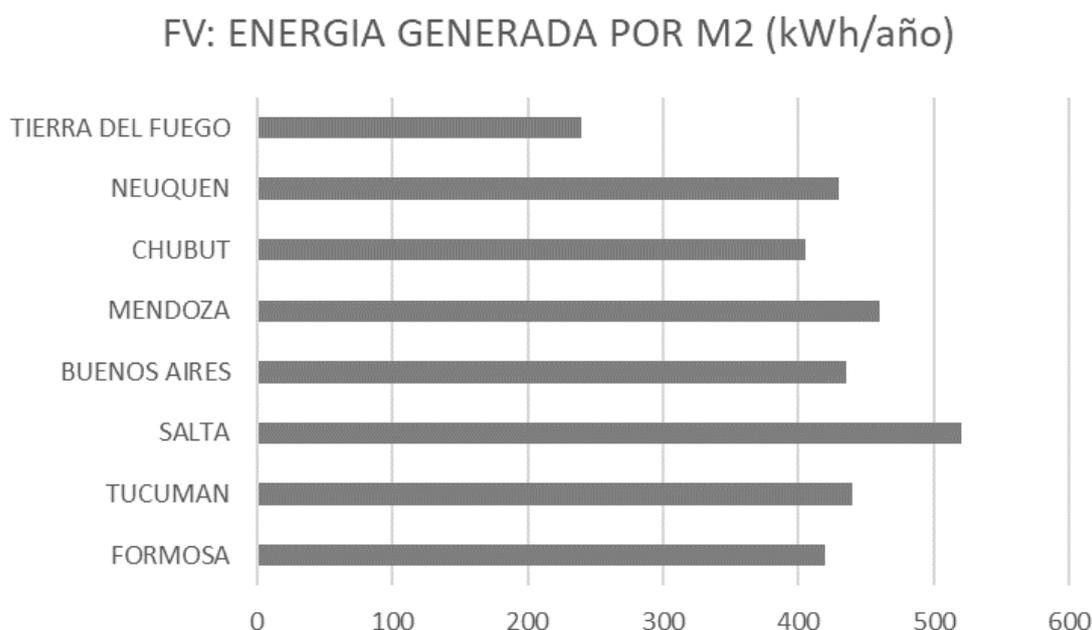


Fuente: Elaboración propia en base a Evans - de Schiller 2018

Módulos fotovoltaicos

Las Viviendas de Categoría 4 presentan sistemas fotovoltaicos (FVs) incorporados en su diseño con variantes de tipo, tecnología, marca, número de módulos y superficies según cada caso. Con la planilla 'e-FV.xls' (J.M. Evans, 2018), se logró estimar el aporte energético por metro cuadrado de los FVs. A continuación, se exponen de forma comparativa los valores calculados para las ocho localidades (Gráfico 3).

Gráfico 3: Energía generada en kWh/año y por m2 de módulo FV



Fuente: Elaboración propia en base a Evans - de Schiller 2018

Los valores corresponden a las instalaciones proyectadas por los equipos técnicos de las provincias, en sus respectivas localidades, con leves diferencias en la eficiencia entre módulos mono-cristalinos y poli-cristalinos. Los resultados obtenidos, también depende de posibles variaciones en la integración de los módulos en las viviendas, según orientación e inclinación.

Desarrollo del Plan de Monitoreo y Evaluación de viviendas construidas

Para la medición y verificación del comportamiento energético de las 128 viviendas piloto, que incorporan de manera incremental medidas de EE, ER y DB, el INTI desarrolló un Plan de Monitoreo y Evaluación, en el que se detallan las especificaciones técnicas de las instalaciones y equipos de medición a incorporar en cada prototipo, y la metodología para la obtención de datos de los consumos energéticos de estas viviendas y los conjuntos de referencia o grupo de control.

Determinación de las muestras

Para cada conjunto de 16 viviendas piloto, se establecieron las cuatro categorías, asegurando en cada una, cuatro orientaciones diferentes. Para la evaluación y comparación de resultados del monitoreo, se definió un total de 640 viviendas de referencia o de control, que no contemplan estrategias de EE, ER y DB en su diseño, requiriendo un conjunto de 80 viviendas en cada localidad seleccionada. El número de 80 viviendas fue fijado para obtener una muestra estadística adecuada que permita medir la demanda promedio de energía convencional a nivel país. Para el cálculo del tamaño de la muestra, se consideraron las recomendaciones mínimas de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), definidas en la guía “*Standard for sampling and surveys for CDM project activities and programme of activities*” (CMNUCC, 2011).

De las 80 viviendas de referencia por localidad, surge la línea de base, o referencia cuantitativa para la comparación del desempeño energético, en este caso, durante un período de un año. La definición de esta línea de base, permitirá también el cálculo de los ahorros energéticos, tomada como referencia previa y posterior a la incorporación de medidas de EE, ER y DB.

Asimismo, para que los datos obtenidos durante la etapa de monitoreo puedan ser contrastables, fueron seleccionados conjuntos de viviendas de referencia, que cumplen con los siguientes requisitos:

- Las viviendas del conjunto de referencia se ubican en las mismas localidades que las viviendas piloto; en un entorno es similar, según desarrollo edilicio, vegetación, exposición al sol y al viento, etc.;
- cumplen con superficie cubierta similar entre ellas y respecto de las viviendas piloto, con variaciones admisibles de $\pm 10\%$;
- se corresponden con las viviendas piloto en cuanto su tipología (unifamiliar en lote propio; con perímetro libre, semi-libre o entre medianeras);
- presentan entre sí, un nivel de desempeño energético similar, vinculado al grado de aislación térmica en muros en contacto con el exterior, cubiertas y carpinterías;

- al inicio de la etapa de monitoreo, las viviendas habrán sido construidas o remodeladas tres años antes y habitadas como mínimo durante un año.

Monitoreo

El monitoreo estará basado en *International Performance Measurement and Verification Protocol* (IPMVP) para la validación de los datos recabados, y mejorar la trazabilidad de los resultados. Este protocolo proporciona una descripción general de las mejores técnicas actuales disponibles para verificar resultados de proyectos de eficiencia energética, eficiencia del agua y energía renovable no convencional.

Para la obtención de la información tanto de las viviendas piloto como de las viviendas de referencia, se realizarán dos tipos de monitoreo:

a) Monitoreo Simple (80 viviendas x 8 localidades = 640 viviendas de referencia).

Este monitoreo, es un método sencillo, de referencia permanente y de bajo costo, que se limita estrictamente al control de facturación de servicios, que tiene como objetivo medir y monitorear: i) consumo general de energía eléctrica, ii) consumo general de gas y iii) consumo general de agua, y establecer una línea de base de comparación. Para esto, se registrarán las mediciones a través de:

- Medidor eléctrico: registra el consumo total acumulado de energía en kilowatts por hora (kWh) y potencia en kilowatts –kW.
- Medidor de agua: registra el consumo total acumulado de agua, en volumen (m³). Normalmente es propiedad de la compañía suministradora de agua.
- Medidor de gas: registra el consumo acumulado de gas, en volumen (m³). Se ubica en el punto de entrada de suministro de la bombona o cilindro de gas. Al no ser común contar con un medidor de gas propio de la vivienda, el contador tendrá que ser privado o de la compañía suministradora de gas.

A continuación, se indican los parámetros a evaluar, así como la frecuencia y metodología posible para la obtención de datos a través del monitoreo simple (Tabla 4).

Tabla 4: Detalle de los parámetros del monitoreo simple

ITEM	UNIDAD	FRECUENCIA	DIRECTA	INDIRECTA
CONSUMO ELECTRICO	kWh	Anual	x	Simulación / encuesta
CONSUMO DE GAS	m ³		x	Simulación / encuesta
CONSUMO DE AGUA	m ³		x	Simulación / encuesta
OCUPACION PROMEDIO	personas		x	Encuesta
SUPERFICIE DE LA VIVIENDA	m ²	Unica vez	x	Encuesta
CALENTADOR DE AGUA	Potencia / Datos de etiqueta / Rendimiento		x	Encuesta
CALENTADOR SOLAR			x	Encuesta
REFRIGERADOR			x	Encuesta
ELECTRODOMESTICOS DE MAYOR CONSUMO			x	Encuesta
ILUMINACION			x	Encuesta
PERCEPCION DE AHORRO		\$ARG / USD	Anual	x

Fuente: Elaboración propia a partir de INTI 2018

El acceso a los datos se concretará a partir de acuerdos con las empresas prestatarias de servicios que brindarán los valores de consumo de las viviendas de referencia durante el año de monitoreo, o bien a través de un modelo de encuesta que deberá ser complementada en función del registro de facturas, que este en posesión del ocupante de la vivienda. De manera complementaria se realizarán encuestas que tengan por objetivo relevar las condiciones de confort del hábitat de las viviendas de referencia según la percepción de sus habitantes.

b) Monitoreo Detallado (16 Viviendas x 8 localidades = 128 Viviendas Piloto).

A través de este monitoreo se recopilará un rango más amplio de indicadores tanto de consumo eléctrico, como de sensación térmica. Para esto, se instalarán equipos de medición dentro de las 128 viviendas (paquetes tecnológicos) y de manera complementaria se realizarán encuestas de condiciones de confort según la percepción de los usuarios de las mismas.

El monitoreo detallado profundiza en la frecuencia de la medida (Horaria durante 365 días = 8760 puntos por variable) y amplía el número de variables a reportar (consumos desagregados).

Las categorías estarán agrupadas de a 4, y de tal manera, que los registros del monitoreo permiten determinar escalones crecientes de ahorro energético, una vez que se incorporan medidas de EE, ER y DB en cada una de ellas.

La medición, el registro, la transferencia y el procesamiento de datos provenientes del monitoreo, permitirá calcular distintos indicadores asociados al resultado de la incorporación de medidas de EE, ER y DB aplicables en la vivienda social.

A cada subconjunto de 4 viviendas distintamente orientadas, le corresponderá un nivel de consumo promedio de acuerdo a sus características. Ese consumo podrá tener distintas expresiones, tales como:

- kWh/viv-año, kWh/m²-año ó kWh/hab-año.....de energía eléctrica
- m³/viv-año, m³/m²-año ó m³/hab-añode gas natural por red
- m³/viv-año, m³ /m²-año ó m³/hab-añode gas envasado
- kWh/viv-año, kWh/m²-año ó kWh/hab-añode electricidad y gas equivalente

y consecuentemente sus equivalencias en tCO₂/viv-año, tCO₂/m²-año ó tCO₂/hab-año al nivel de emisión de gases de efecto invernadero.

Simultáneamente con el alcance de este objetivo, se evaluarán las condiciones de confort higrotérmico en que se encuentran los ocupantes en el interior de sus viviendas, ya que los consumos en calefacción y refrigeración están vinculados con las condiciones mencionadas.

Las mediciones además permitirán desglosar los consumos energéticos anuales en cada vivienda monitoreada, fundamentalmente los debidos a gas y electricidad, de acuerdo a: calefacción / refrigeración, cocción de alimentos, agua caliente sanitaria, iluminación y electrodomésticos.

Conclusiones

A partir de lecciones aprendidas durante su ejecución del Programa, se trabajó sobre la actualización de los Estándares Mínimos de Calidad para la Vivienda de Interés Social², incorporando medidas de eficiencia energética (EE), instalaciones de energías renovables (ER) integradas adecuadamente en el diseño y construcción de las viviendas, y estrategias de diseño biomambiental (DB) implementadas en las diferentes escalas (urbana, edilicia y constructiva), adelantando así parte del objetivo específico del Programa:

² Resolución 50/2019 – Secretaría de Vivienda

Elaborar estándares mínimos de habitabilidad incorporando medidas de EE, ER y DB para la construcción de la vivienda social basada en los resultados de los prototipos de vivienda social con EE, ER y DB construidos y monitoreados durante el proyecto. Estos estándares serán incorporados en los nuevos proyectos de vivienda social financiados por fondos federales (ROP).

No obstante, los resultados cuantitativos obtenidos a partir del año de monitoreo del consumo energético y las condiciones higró-termicas de las viviendas piloto que se construirán durante el Proyecto, brindarán un insumo valioso que permitirá realizar una nueva revisión y actualización de la normativa vigente.

Reconocimientos

En el marco del trabajo realizado en el Programa GEF AR-G 1002, motivo del presente artículo, cabe reconocimientos especiales a:

- la Dra. Arq. Silvia de Schiller, Consultora Región Norte, y el Arq. Julian Evans, Consultor Región Centro y Sur; por sus valiosos aportes al Proyecto y el asesoramiento para el diseño de las viviendas piloto;
- al Dr. Arq. John Martin Evans, por el desarrollo de las herramientas específicas para la evaluación del Proyecto, que permitieron estimar el comportamiento energético - ambiental de las viviendas piloto y de referencia;
- al equipo del INTI, a cargo del Arq. Tomás Bernacchia, por el asesoramiento técnico y desarrollo del Plan de Monitoreo y Evaluación presentado en este trabajo.

Bibliografía

Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Reglamento Operativo de Programa AR-G1002*. Buenos Aires, Argentina.

Español, A. (2019). Gestión e Implementación de Medidas de Eficiencia Energética, Diseño Bioambiental y Energía Renovable en Vivienda Social. *Sustentabilidad, Eficiencia y Renovables en Vivienda Social*. Vol. 1: 29-45. Buenos Aires: Ediciones CIHE, Secretaría de Investigaciones, FADU-UBA, ISBN 978-987-86-5397-6.

Evans, J. M. y de Schiller, S. (1988). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Buenos Aires: EUDEBA Ediciones Previas, 1ra. Edición.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2018). *Monitoreo y Evaluación Programa AR-G1002*. Buenos Aires, Argentina.

MIOPyV. (2019). *Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social*. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Secretaría de Vivienda, Argentina.

Norma IRAM 11.603. (2012). *Aislamiento térmico de edificios*. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11900. (2017). *Etiquetado de Eficiencia Energética de vivienda*. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11549. *Aislamiento térmico de edificios*. Vocabulario. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11604. *Aislamiento térmico de edificios*. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico 'G' de pérdidas de calor. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11605. *Valores máximos admisibles de transmitancia térmica 'K'* (como máximo los valores correspondientes a Nivel B). Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma UNE EN ISO 10077-1. *Cálculo de transmitancia térmica del sistema ventana por método simplificado*.

SGAyDS. (2018). *Informe final Proyecto GEF, Entregable 7*: de Schiller, S., Región Norte, y Evans, J. M, Regiones Centro y Sur. Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.