

TERVENCIÓN TECNOLÓGICA EN LA VIVIENDA SOCIAL PARA MAXIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICANDO EL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE).

CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA UNIVERSAL, SANTA FE, ARGENTINA.

Sebastián Puig y Gustavo San Juan

Laboratorio de Técnicas y Materiales (LATMAT). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Dirección: RN168 80, Ciudad Universitaria. E-mail: spuig@fadu.unl.edu.ar
Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC-UNLP/CONICET).
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata
Calle 47, N°162. La Plata. E-mail: gustavosanjuan60@hotmail.com

Recibido: 1-11-20; Aceptado: 20-12-20.

RESUMEN.- En Argentina existe la norma IRAM 11900 de etiquetado edilicio, y en Santa Fe, la Ley Provincial 13903/19, la cual establece el etiquetado de las viviendas, para lo cual se ha desarrollado un aplicativo informático para poder simular los diseños constructivos aplicados. El presente trabajo tiene como objetivo, determinar la incidencia, en cuanto a eficiencia energética, a partir de la aplicación de diferentes intervenciones tecnológicas sobre la envolvente edilicia y la incorporación de agua caliente sanitaria (ACS), a través de la aplicación del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). Se trabaja sobre la denominada "Solución habitacional de un dormitorio o Vivienda Universal (VU)", desarrollada por la Dirección Provincial de Vivienda y Urbanismo de la provincia de Santa Fe, construida en la localidad de Cayastá, departamento Garay. Se busca comparar el resultado del IPE, con la situación de diseño "*Ex-ante*" de manera de poder proponer variables de intervención tecnológica que permitan alcanzar un mejor desempeño energético. Como resultado del análisis del caso base, el IPE del prototipo alcanza un valor de 871 kWh/m²año. Al incorporar variantes de mejoras en forma progresiva, se logran mejoras hasta del 83%, lo cual representa un ahorro energético significativo.

Palabras claves: eficiencia energética, vivienda social, índice de prestaciones energéticas-IPE.

TECHNOLOGICAL INTERVENTION IN SOCIAL HOUSING TO MAXIMIZE ENERGY EFFICIENCY, APPLYING THE ENERGY PERFORMANCE INDEX (IPE). CASE STUDY: UNIVERSAL HOUSING, SANTA FE, ARGENTINA.

ABSTRACT.- In Argentina, there is the IRAM 11900 standard for building labeling, and in Santa Fe, the Provincial Law 13903/19, which establishes the labeling of homes, for which a computer application has been developed to simulate the appropriate construction designs. The objective of this work is to determine the influence, in terms of energy efficiency, from the application of different technological interventions on the building envelope and the incorporation of sanitary hot water (A.C.S. in spanish), through the application of the Performance Index Energy (I.P.E. in spanish). It works on the so-called "One-bedroom housing solution or Universal Housing (VU)", developed by the Provincial management of Housing and Urbanism of the province of Santa Fe, built in the town of Cayastá, department of Garay. It seeks to compare the result of the IPE, with the "*Ex-ante*" design situation in order to be able to propose variables of technological intervention that allow achieving a better energy performance. As a result of the base case analysis, the IPE of the prototype reaches a value of 871 kWh/m²year. By incorporating improvement variants progressively, 83% improvements are achieved, which represents significant energy savings.

Keywords: energy efficiency, social housing, energy performance index-IPE.

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina se registra un consumo energético ineficiente y alto en ciertos sectores socio-económicos de la población y de distribución regional asociado a una escasa disponibilidad energética, siendo problemas que se están incrementando. Esta situación se evidencia principalmente, si se analiza el año 2015, en que se declara la emergencia energética (Telam, 2015). En la actualidad, el gobierno nacional busca reducir a

la mitad las compras de gas natural licuado (GNL) que constituye un poco más del 50% de la matriz energética nacional a partir de ciertas estrategias en cuanto a la producción en yacimientos no convencionales en Vaca Muerta (Spaltro, 2017), a la incorporación de criterios de eficiencia energética y energía renovable. Esta situación en sí misma no enfrenta el problema central que actualmente no afecta, es decir, el consumo inequitativo de energía (ciertos sectores medios-bajos y bajos, requieren consumir más

energía), lo cual debiera permitir arribar a tarifas de energía social (Chevez, et al, 2019) y niveles de confort, acorde a las necesidades de los usuarios, consumiendo menos energía para climatización (en este caso, fundamentalmente, la reducción de la demanda de gas natural y electricidad), criterio que se denomina eficiencia energética (EE).

Desde el punto de vista ambiental, social, económico y político, sería conveniente subsidiar mejoras edilicias en relación a la optimización de la eficiencia térmica de las viviendas, antes que continuar subsidiando un consumo energético poco controlado, ya sea para viviendas nuevas o existentes. Esto se debe a que a partir de la incorporación al diseño del criterio de conservación de la energía (disminución de la transferencia de calor entre los medios, interior-externo o viceversa), en función de la disminución de la transmitancia térmica ("K", $W/m^2\text{°C}$) de los componentes de la envolvente (muros, techo, piso, aberturas), se podría reducir la carga térmica de climatización (KWh/año) entre un 30% y 50%. De esta manera se promovería la actividad económica, se mejoraría el confort del usuario, se destinaría ese recurso energético para otros usos, regiones o situaciones y se reduciría el impacto ambiental (Emisiones de GEI, CO_2eq). Desde este punto de vista, existen cada vez más evidencias de que el calentamiento global que nuestro planeta está experimentando, se debe a causas antropogénicas, estimándose que el 60% de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) son consecuencia del uso de combustibles fósiles (IPPC, 2011).

Una disminución de la utilización del gas, tendría un impacto ambiental positivo, además de que implicaría una menor

importación del mismo y colaboraría en los grandes picos de demanda que tiene el sector residencial en el período invernal,

mitigando la necesidad de efectuar cortes en el servicio a las industrias para garantizar la calefacción del sector residencial. Esta acción, no significa disminuir el confort interior, en pos de disminuir el consumo, sino que implica poder implementar políticas públicas en el sector y aplicar las normativas existentes capaces de optimizar las envolventes utilizando diseños constructivos adecuados que puedan mejorar su desempeño energético. (Bourges; Gil, 2014).

El siguiente trabajo se basa en un estudio de caso teniéndose como objetivo general determinar un registro de los aspectos primordiales a reunir por un modelo de vivienda social proyectada por el Estado y determinar la incidencia, en cuanto a eficiencia energética, a partir de la aplicación de diferentes intervenciones tecnológicas sobre la envolvente edilicia y la incorporación de agua caliente sanitaria (ACS). Para ello se adopta la norma IRAM 11900 de etiquetado edilicio y la Ley Provincial de Santa Fe 13903/19, la cual establece el etiquetado de las viviendas, aplicándose el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), con lo cual determinar el desempeño energético de la solución habitacional denominada "Vivienda Universal (VU)", desarrollada por la Dirección Provincial de Vivienda y Urbanismo de la provincia de Santa Fe (DPVU), construida en la localidad de Cayastá, departamento Garay, localizada a $31^\circ 12$ Lat SUR, $60 09$ Long. OESTE. 21 m snm. (Figura 1).



Fig 1. Localización de la localidad de Cayastá. Prov. de Santa Fe.

Fuente: Google Earth

A partir de la aplicación del IPE, determinado por el aplicativo de etiquetado de viviendas, en la situación de diseño "Ex-ante", se proponen diferentes hipótesis de intervención. Para poder cumplir con dicho objetivo se aplican las Normas IRAM (11603, 11605 y 11900v2), los indicadores de valoración de materiales (CALMAT, según INDEC), el aplicativo informático desarrollado por la Secretaría de Estado de Energía de la Provincia de Santa Fe, calculándose el porcentaje de incidencia energético y de costos, de cada medida.

2. METODOLOGIA

El trabajo se basa en el análisis del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) de la norma IRAM 11900/17, a través de la

utilización del aplicativo elaborado por la Secretaría de Energía de estado de la Provincia de Santa Fe que fue cedido a la Secretaría de Energía de la Nación para poder aplicarlo en las provincias que firmaron los correspondientes convenios. El IPE, se define según la Ley Provincial de Santa Fe 13903/19 y el Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (2017), como el valor característico de un inmueble que representa una estimación de la energía primaria que demandaría la normal utilización de dicho inmueble durante un año, por metro cuadrado de superficie útil ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{año}$), para satisfacer las necesidades de calefacción en invierno (Stagnitta R. et al., 2018), refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación. Este indicador es independiente del uso, y

permite cuantificar las prestaciones energéticas de las viviendas para poder compararlas con un criterio unificado.

Se define como energía primaria, a las distintas fuentes de energía en el estado en que se extraen o capturan de la naturaleza, sea en forma directa (energía hidráulica, eólica, solar) o indirecta, es decir derivada de un proceso de extracción o recolección de la misma (petróleo, carbón mineral, uranio, biomasa, entre otros). El verdadero costo energético y ambiental del consumo de energía en los inmuebles viene dado por el valor de energía primaria asociado a dicho consumo (utilización de petróleo y sus derivados para generar energía eléctrica), pues es el valor que directamente refleja la disminución de recursos no renovables. La base del sistema energético argentino y particularmente del sistema santafecino es el petróleo y el gas como recursos energéticos no renovables, es decir, quemamos los derivados de estos recursos para generar energía eléctrica dado que particularmente en el centro-norte de la provincia, el único vector energético disponible es el eléctrico. La energía secundaria es la energía que se obtiene luego de varios procesos de transformación desde la fuente de energía primaria. La energía útil es la forma final de energía que erogan los distintos artefactos de iluminación, calefacción y refrigeración instalados en el inmueble. Estos artefactos convierten energía secundaria (o vectores energéticos: energía eléctrica, gas natural, gas envasado) en energía útil, según ciertos rendimientos específicos.

Además, se estudió el indicador de calidad de materiales de las viviendas (CALMAT, 2001), elaborado por el Instituto de Estadísticas y Censos (INDEC), de la misma manera se verificó la incorporación de las certificaciones de aptitud técnica (CAT) de las viviendas que se ejecutan para el estado provincial y/o nacional. Finalmente se procedió a verificar las condiciones bioclimáticas de implantación de la vivienda en función de la zona bioambiental de la Norma IRAM 11603/96 Rev. 2011 y los costos económicos derivados de la aplicación de diferentes medidas de mejoramiento de la envolvente edilicia.

A continuación, se expone la matriz operativa en cuanto a las seis situaciones analizadas a partir de incorporar a la situación "0" o "Caso Base" (Proyecto original, existente) en forma progresiva, medidas de eficiencia energética (EE) bajo el concepto de conservación de la energía (Ce) de la envolvente edilicia y energías renovables (Agua caliente solar, ACS). Para la adopción de los valores de transmitancia térmica admisible ($K_{MAX ADM}$), para condición de verano e invierno, se adoptan los valores de las Tablas 1, 2 y 3, según norma IRAM 11605. Se adoptan los niveles: "C", "B" y se construye el "B1" [("B" + "A") / 2]. Tabla 1.

Tabla 1: Hipótesis de trabajo

Situación 0	Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación 4	Situación 5	Situación 6
"CASO BASE"	APARAEDA	Apareada + MUROS PERIMETRALES	Apareada + Muros perimetrales + CUBIERTA	Apareada + Muros perimetrales + Cubierta + SOLADOS	Apareada + Muros perimetrales + Cubierta + Solado + DVH	Apareada + Muros perimetrales + Cubierta + Solado + DVH + ACS
Caso 1	Muro "Me1"	Nivel "C"	Nivel "C"	Nivel "C"	Aberturas	Calentador solar de agua
Caso 2	Compartido	Nivel "B"	Nivel "B"	Nivel "B"		
Caso 3		Nivel "B1"	Nivel "B1"	Nivel "B1"		

2.1. Caso de estudio.

El caso de estudio corresponde a la denominada "Solución habitacional de un dormitorio o Vivienda Universal de un dormitorio (V.U.)" desarrollada por la Dirección Provincial de Vivienda y Urbanismo DPVU de la Provincia de Santa Fe, utilizando un sistema constructivo de paneles premoldeados de hormigón (Figuras 2 y 3).

Se localiza en la Zona Bioambiental Cálida (II) de la República Argentina (Norma IRAM 11.603), subzona: Cálida húmeda (IIb), con amplitudes térmicas > a 14°C. La temperatura media anual es de 18,5°C, la Temp.máx med. = 24.8°C, la Temp. Min. Med. = 13.3°C, la Precipitación media anual de 977mm y la Humedad Relativa de 81%, adoptándose la condición climática del sitio de localización de la ciudad de Santa Fé.

En cuanto a su implantación urbana en el lote, la vivienda se encuentra aislada o exenta del resto de las construcciones o sea con la totalidad de su área de muros expuestos al exterior, sin mediar apareamiento con otra unidad de vivienda. Asimismo, posee retiros en cuanto a la línea municipal y a los tres ejes medianeros del lote. Se destaca, que el diseño original no prevé un crecimiento de la vivienda.

Para Esteves (2017) debiera existir una búsqueda de relacionar la obra de arquitectura con el sitio a donde es implantada la misma y para ello, a lo largo del tiempo se han ido desarrollando diversas estrategias para responder a los requerimientos climáticos. Es importante destacar que la V.U., tal como está proyectada no se relaciona con el sitio donde se encuentra implantado, este prototipo podría estar

construido, en Cayastá (centro de la provincia), como en Tostado, norte de la Provincia o en las localidades del sur. Por ende, no considera ningún criterio bioclimático o utilización de las recomendaciones para la zona bioambiental IIB, donde se encuentra localizado.

La Vivienda Universal (V.U.), de 42.31 m² de superficie útil (Figura 4), consta de 1 dormitorio, cocina integrada al

comedor y baño. El lavadero está planteado en el exterior de la vivienda.

El prototipo está materializado por las siguientes soluciones constructivas: muros perimetrales de hormigón premoldeado (Figura 5), cubierta liviana de chapa galvanizada con cielorraso suspendido, carpinterías de chapa con simple vidrio (Figura 6).



Figs. 2 y 3. Vivienda Universal (VU) DPVyU. En la Imagen 1 se observa el caso de estudio, el cual se encuentra totalmente aislado. Plan de construcción de 5 unidades para la localidad de Cayastá, departamento Garay, Provincia de Santa Fe. Año de ejecución 2018. Fuente: Fotos propias del relevamiento

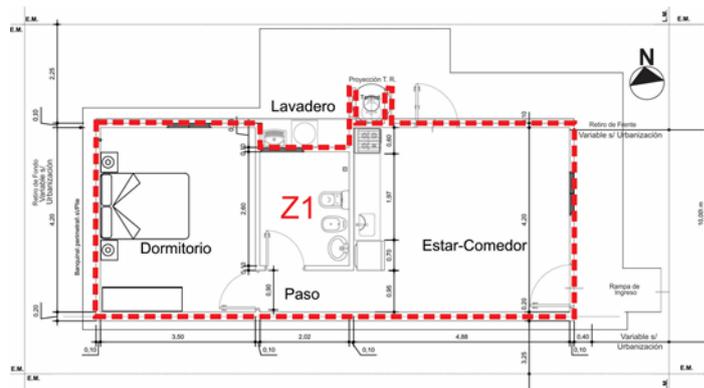


Fig. 4. Planta de la Vivienda Universal –VU– DPVyU. El caso de estudio 1 se encuentra aislado. La línea roja indica la Zona Térmica 1 (Z1) estudiada en el aplicativo. Plan de 19 unidades para el departamento Garay, Prov. de Santa Fe, en la localidad de Cayastá, se ejecutaron 5 unidades. Año: 2018. Fuente: www.santafe.gob.ar

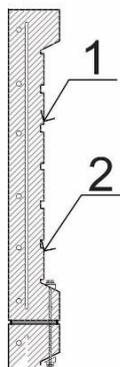


Fig. 5. Muros exteriores: 1. Sistema de placas de hormigón armado de 0,50m x 1,00m x e = 0,10m, unidos por un sistema de tornillos y bulones con junta de dilatación. 2. Terminación exterior pintura tipo látex color claro. Fuente: Elaboración Propia

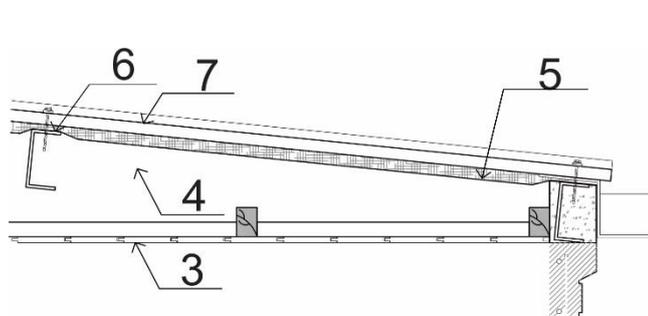


Fig. 6. Cubierta: 3. Machimbre de madera de Pino (1,5 cm). 4. Cámara de aire horizontal (Prom. 10,0 cm). 5. Barrera de Vapor (200 micrones). 6. Fieltro de lana de vidrio (5,0 cm). 7. Chapa Galvanizada (Trapezoidal / Ondulada) (<0,1cm). Fuente: Elaboración Propia

El solado, se conforma a partir de una platea de hormigón armado con una barrera hidráulica (film de 200 micrones). Las aberturas, puertas al exterior y ventanas son resueltas en chapa pintada. Cuando se analiza la documentación oficial en la memoria descriptiva del “Pliego de Especificaciones Técnicas de la DPVU de Santa Fe” establece lo siguiente: ... “El prototipo refiere a una solución habitacional de un dormitorio mediante un “Sistema Constructivo de Paneles Premoldeados de hormigón” con cubierta liviana, que garantice una correcta aislación hidráulica y térmica”... El sistema constructivo a proponer responderá a características de perfectible y de adaptación en etapas posteriores a los requerimientos de habitabilidad estipulados por los

estándares mínimos para viviendas de interés social, no siendo condición necesaria poseer Certificado de Aptitud Técnica (CAT).”...

De la información obtenida a través del estudio del pliego licitatorio, del Certificado de Aptitud Técnica (C.A.T.), del indicador CALMAT, de la IRAM 11603/96, del tipo de suelo y del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), surge la elaboración de la siguiente ficha de análisis (Tabla 2), que sintetiza la situación edilicia (en general), de implantación y de las condiciones de habitabilidad.

Tabla 2. Ficha de Análisis de la situación actual de la V.U. Fuente: Elaboración Propia.

UBICACIÓN / LOCALIZACIÓN:			
Localidad	Cayastá	Departamento	Garay
Provincia	Santa Fe	Región	Litoral
Orientación Actual	Norte en su lado longitudinal		
MODALIDAD DE GESTIÓN Y CONSTRUCCION			
Programa o tipo de operatoria	ACCIÓN DIRECTA		
Denominación del Prototipo	Vivienda Universal de 1 dormitorio –VU–		
M2 de la Unidad	42.31	Costo por Unidad	U\$S 22609 (*)
Costo x m2	U\$S 535	Año de Ejecución	2015 / 17
DATOS TÉCNICOS GENERALES			
Posee Certificado de Aptitud Técnica (C.A.T.)	NO	Índice CALMAT	III
DATOS CLIMATOLÓGICOS Y ZONA BIOAMBIENTAL (según IRAM 11603/96) Y TIPO DE SUELO			
Zona Bioclimática	II	Subzona	IIb
Temp. Máx. Promedio (verano)	26°C	Temp. Mín. Promedio (invierno)	12°C
Húm. Máx. Promedio (verano)	65%	Húm. Máx. Promedio (verano)	55%
Caracterización del Tipo de Suelo	Arenosa / franco arenosa. A profundidad variable, por debajo de 150 cm, franco-arcillo-arenoso, con moteados y concreciones de Hierro y Manganeseo (Fe/Mn) (**)		
MATERIALES DE LAS ENVOLVENTES			
Verticales	Hormigón Armado e = 10,0cm	Material de la Envoltente de la Cubierta	Liviana, Chapa Galvanizada Ondulada
Solado	Hormigón Armado e = 10,0cm	Posee Energía Renovable, Si – NO (¿Cuál?)	NO
Índice de Prestaciones Energéticas. (I.P.E)	871 kWh / m²año (***)		

(*) Costo de unidad al momento de contratar, no está contemplado en este valor la redeterminación de los certificados.

(**) Fuente: <http://visor.geointa.inta.gob.ar/?p=96>

(***) Valores IPE. Según etiqueta elaborada para Santa Fe. A = 48; B = 49-96; C = 97-131; D = 132-203; E = 204-275; F = 276-347; G = 348 en adelante (Las unidades están expresadas en kWh/m²año). Los valores se encuentran en revisión y son resultados de las “pruebas piloto” de Santa Fe, los mismos serán ajustados cuando la Ley 11903 sea reglamentada.

3. DESARROLLO

3.1. Análisis del IPE de la Vivienda Universal (VU).

Situación 0. “Caso Base”.

De los resultados obtenidos, se extrae información que es fundamental para poder analizar el desempeño energético del prototipo. En la figura 7, se observa la desagregación de los 871 kWh/m²año de energía primaria, obtenidos según el IPE, donde el 85.8 % del requerimiento energético es utilizado para calefaccionar la vivienda en invierno. Este porcentaje tan elevado se debe a que se han considerado en el cálculo dos radiadores eléctricos del tipo “caloventor”, sistema poco eficiente para acondicionar espacios. A esta situación, se agrega la deficiente resistencia térmica (R = m² °C/W) de la cubierta y específicamente el resto de las envolventes (muros perimetrales y solado), considerándose como un puente

térmico. El resultado obtenido, acompaña la hipótesis del trabajo realizado por Bourges y Gil (2014) donde demuestran, a través de su investigación denominada “amortización del costo de mejoras en la aislación térmica de las viviendas”, las ventajas de aislar la envolvente de una vivienda.

El caso de estudio posee una orientación solar favorable en cuanto a su implantación, pero no presenta ningún tipo de protección solar necesaria para optimizar su eficiencia en cuanto al consumo de energía para refrigeración, no obstante, y según los valores analizados el consumo de energía sería muy poco para acondicionar la vivienda en el período estival. Asimismo, no presenta un diseño adecuado de sus aberturas, ni la inclusión de sistemas pasivos, para generar aire caliente en el período invernal.

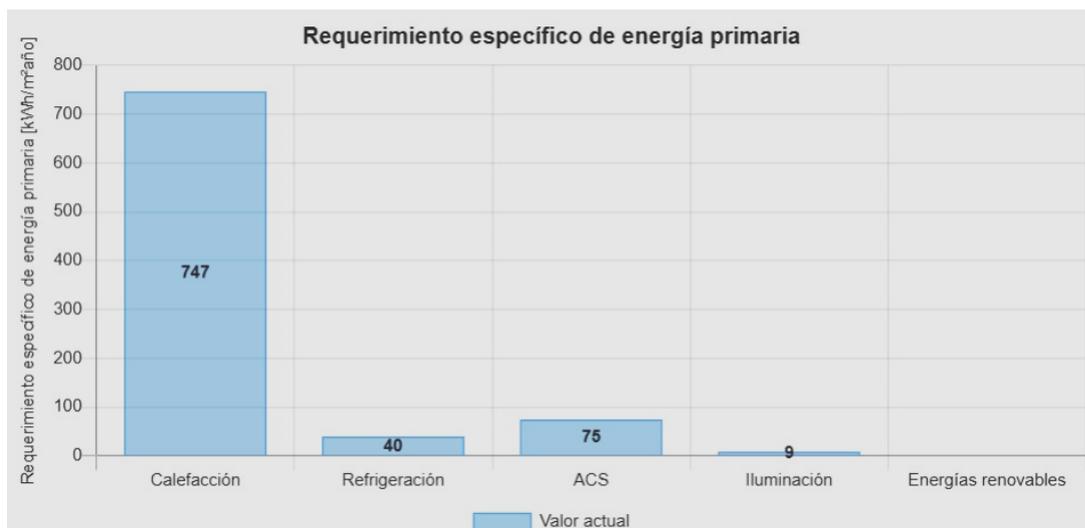


Fig. 7. Gráfico de Requerimiento específico de energía primaria. Fuente: Aplicativo de Etiquetado de viviendas.

Otra de las características que hace que el desempeño energético de la vivienda sea deficiente, es que la misma se encuentra “exenta” con respecto a las construcciones medianeras, es decir que ninguno de sus muros está en contacto con los vecinos, lo cual indica que todas sus envolventes están intercambiando energía con el exterior.

Los valores indicados en la Tabla 3, dan cuenta del consumo de energía en el año, requerido para calefaccionar los ambientes (85.8%), refrigerar (4.5%), agua caliente sanitaria (8.6%), e iluminación (1.1%). Si se realiza la conversión de energía secundaria a primaria, se debe utilizar el factor de conversión de energía neta a primaria (f_P) de acuerdo al vector energético utilizado, en este caso, 3.3 para el vector electricidad.

Tabla 3. Tabla de detalle de requerimiento de energía secundaria y primaria con el factor de corrección del vector electricidad de 3,3. Fuente: Procedimiento de cálculo de IPE.

Vector energético	Total	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación
Electricidad	(kWh / año)	(kWh / año)	(kWh / año)	(kWh / año)	(kWh / año)
Energía útil	11.507	9.579	1.268	538	122
Requerimiento Energía Secundaria	11.165	9.575	507	961	122
Conversión a Energía Primaria (f_P). Factor 3,3	36.844	31.597	1.673	3.171	403
Incidencia	100%	85.8%	4.5%	8.6%	1.1%

Estos resultados, reflejan el problema que tiene la solución habitacional en cuanto a la capacidad de poder conservar calor para acondicionar los espacios habitados. Asimismo, al tener pérdidas térmicas en sus envolventes como está indicado en la Figura 5, la vivienda debe consumir una mayor cantidad de energía eléctrica (vector energético utilizado por el aplicativo para cuantificar el consumo de energía, lo que se debe a que en la localidad de Cayasta no existen redes de gas natural). De esta manera, es que se logra mantener los índices de confort que la norma IRAM 11.900 establece para invierno en 20°C.

En un análisis particularizado de los elementos, se observa en la (Figura 8) que el Muro Exterior 1 (Me1) presenta una

pérdida de energía de 1236.57 KWh para el mes de julio (Figura 9). Este posee las mayores pérdidas de energía de la vivienda, debido a que es el componente de mayor tamaño en comparación al resto de las envolventes verticales, así como posee una baja resistencia térmica (R). Asimismo, se puede apreciar en la Figura 9 el comportamiento del resto de los elementos de la vivienda, con la siguiente incidencia: Muros perimetrales = 78.9% (Muro Exterior 1= 38,6%); Cubierta = 6.9%; Solado = 9,3%; Aberturas= 4.9%. En general, casi todos los elementos poseen elevados valores en cuanto a sus pérdidas térmicas, sobre todo en el mes de julio, el de mayor incidencia en el balance de pérdidas energéticas para el período de calefacción.

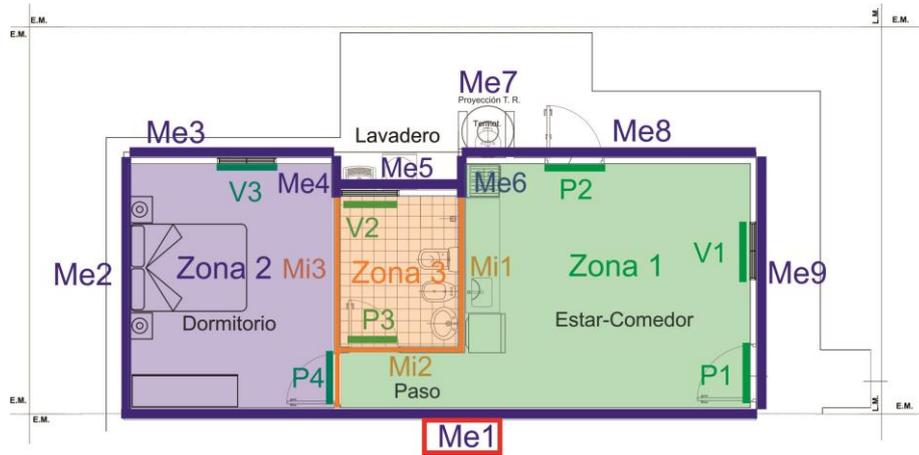


Fig. 8. Vivienda Universal –VU– DPVvU. Codificación de los elementos para carga de información en el aplicativo de etiquetado. Fuente: Elaboración Propia.

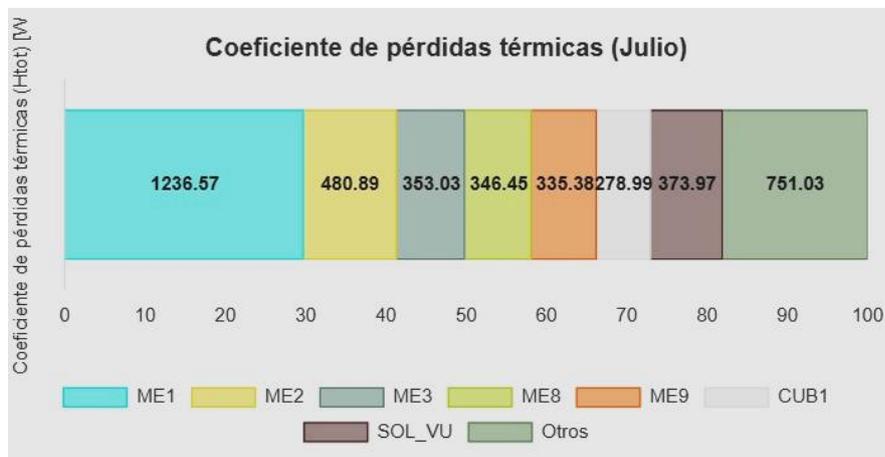


Fig. 9. Vivienda Universal –VU– DPVvU. Pérdidas Térmicas del Muro Exterior 1 –ME1– expresadas en KWh para el mes de Julio. Fuente: Aplicativo de etiquetado de Viviendas.

3.2. Análisis del IPE de la Vivienda Universal (VU).
Simulación de situación “Ex-ante”.

3.2.1. Situación 1. Apareada.

Además de poder determinar el IPE de la vivienda universal en la situación “Base”, otro de los propósitos del trabajo es poder comparar los resultados obtenidos con una solución superadora en el proceso de diseño antes de iniciar y culminar la construcción del prototipo, es decir una situación del tipo “Ex ante”. Asimismo, a través de los resultados obtenidos, poder identificar los puntos críticos y de manera sistemática a través de mejoras en la envolvente, verificar con la misma herramienta, si se puede obtener un impacto significativo en su desempeño energético.

Como se ha mencionado en la ficha de análisis (Tabla 2), el IPE de la V.U., la situación “Base” es de 871 kWh/m²año de energía primaria, lo cual representa un valor muy elevado si consideramos el que se está considerando para una etiqueta “G”.

En una situación de proyecto y considerando que esta vivienda es una “solución habitacional” que colabora con

poder proveer de un cobijo a ciudadanos en condición de vulnerabilidad extrema (particularmente familias que fueron trasladadas debido a que se encontraban localizadas en terrenos afectados por las crecidas del río Paraná), es que como primera situación se considera la “apareada”, compartiendo un muro medianero con otro prototipo. Al incorporar esta variante, con el Muro Exterior 1 (ME1, ver Figura 8) compartido, el IPE de la vivienda es de 541 kWh/m²año, es decir mejora la performance de la vivienda en un 37.9%.

3.2.2. Situación 2. Mejora de la condición térmica de los muros.

Para optimizar la solución constructiva de las envolventes verticales (muros), se plantea la incorporación de aislación térmica consistente en planchas de poliestireno expandido de una densidad de 20 Kg/m³. Como terminación se reviste con placas de cemento curadas en autoclave, mortero interior y pintura látex interior blanco. Se obtiene un incremento de efectividad (Tabla 4) de: Nivel “C”: 55%, Nivel “B”: 60% y Nivel “B1”: 68%, con respecto a la situación de “base”.

Tabla 4. ⁽¹⁾ El IPE se construye seleccionando las capas. En cada caso las capas son iguales. Solo cambia el espesor de la Aislación térmica. Los valores de los K admisibles refieren a la Tabla 1 de la Norma IRAM 11605. Ted para Sauce Viejo - 3°C, IRAM 11603. Fuente: Elaboración Propia

MURO ⁽¹⁾ VALORES TABLA 1 - K _{MAX ADM} Condición Verano - IRAM 11605						
CASO 0	CASO 1	Variables	CASO 2	Variables	CASO 3	Variables
Situación Actual	Nivel C		Nivel B		Nivel B1	
K Calculado (W/m ² .K)	K _{MAX ADM} 1,80	Sistema Const. Complementario s / detalle	K _{MAX ADM} 1,10	Sistema Const. Complementario s / detalle	K _{MAX ADM} 0,77	Sistema Const. Complementario s / detalle
8,75		Aislación e = 2cm		Aislación e = 3cm		Aislación e = 5cm
I.P.E. (kWh/m ² año)		1,41		1,02		0,66
871		I.P.E. (kWh/m ² año)		394		349

3.2.3. Situación 3. Mejora de la condición térmica de la cubierta.

En este caso se reemplaza la aislación que solicita el pliego de 50mm de fieltro de lana de vidrio, por un espesor

progresivo hasta llegar a 150mm del mismo material. Se obtiene un incremento de efectividad (tabla 5) de: Nivel B: 62.7% y Nivel B1: 69%, con respecto a la situación de "base".

Tabla 5. ⁽²⁾ El IPE se construye seleccionando las capas. En cada caso las capas son iguales. Solo cambia el espesor de la Aislación térmica (variable independiente). Los valores de los K admisibles son de la tabla 1 de la norma IRAM 11605. Ted para Sauce Viejo -3°C, IRAM 11603. Fuente: Elaboración Propia

CUBIERTA ⁽²⁾ VALORES TABLA 3 - k adm. - IRAM 11605						
CASO 0	CASO 1	Variables	CASO 2	Variables	CASO 3	Variables
Situación Actual	Nivel C		Nivel B		Nivel B1	
K Calculado	K _{MAX ADM} 0,72	Cumple con el K _{MAX ADM} Nivel "C"	K _{MAX ADM} 0,45	Incremento de Aislación	K _{MAX ADM} 0,31	Incremento de Aislación
0,61		Aislación e = (-)		Aislación e = 10cm		Aislación e = 15cm
I.P.E. (kWh/m ² año)		0,61		0,33		0,23
871		I.P.E. (kWh/m ² año)		394		325

3.2.4. Situación 4. Mejora de la condición térmica del solado.

El pliego de especificaciones técnicas no solicita que los solados dispongan de terminaciones. A esta situación, para mejorar no solo las prestaciones energéticas sino las condiciones del índice CALMAT es que se incorpora a la solución constructiva los siguientes materiales: Revestimiento cerámico de 38 por 38 cm, una carpeta de

nivelación con un espesor de 2 cm, contrapiso de hormigón y aislación térmica perimetral bajo contrapiso del lado interior de la vivienda de 0.50m de ancho, con poliestireno expandido de 2cm de espesor y 25kg/m³ de densidad. Se obtiene un incremento de efectividad (Tabla 6) del: Nivel "C": 57,6%, Nivel "B": 65,9% y Nivel "B1": 72,8%, con respecto a la situación de "Base".

Tabla 6. ⁽⁴⁾ Los K_{MAX ADM} corresponden a valores de la Norma IRAM 11604. Apartado 6.5.3.2 "Aislación Perimetral", pág. 13. La norma considera una capa de material aislante de ancho mínimo de 0.50 m de ancho y una densidad aparente comprendida entre 25Kg/m³, y un R = 0.7 m² °C / W. Fuente: Elaboración Propia.

SOLADOS ⁽⁴⁾ VALORES INDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS						
CASO 0	CASO 1	Variables	CASO 2	Variables	CASO 3	Variables
Situación Actual	Nivel C		Nivel B		Nivel B1	
K Calculado	K _{MAX ADM} 2,00	Incorporación de terminaciones y aislación térmica perimetral	K _{MAX ADM} 1,42	Incorporación de terminaciones y aislación térmica perimetral	K _{MAX ADM} 1,42	Incorporación de terminaciones y aislación térmica perimetral
1,78		Aislación e = 1,2cm		Aislación e = 2cm		Aislación e = 2cm
I.P.E. (kWh/m ² año)		1,04		0,83		0,83
871		I.P.E. (kWh/m ² año)		369		297

3.2.5. Situación 5. Aberturas.

Para el caso de las aberturas de chapa y vidrio simple de 3mm que se establece en el pliego licitatorio, se propone su reemplazo por aberturas de aluminio y DVH. Con la

incorporación de la propuesta se obtiene un incremento de efectividad (Tabla 7) de: Nivel "B": 68.2% y Nivel "B1": 74.3%, con respecto a la situación de "base".

Tabla 7. ⁽⁵⁾ En el Caso 0 y el caso 1 se considera vidrio simple de 3 mm. El estado de Infiltración se considera MALO. ⁽⁶⁾ En los casos 2, 3 y 4 se contempla DVH (4+12+4mm). El estado de Infiltración se considera BUENO. Fuente: Elaboración Propia.

ABERTURAS VIDRIOS VALORES INDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS						
CASO 0	CASO 1	Variables	CASO 2	Variables	CASO 3	Variables
Situación Actual	Nivel C	Se conservan vidrios y postigos de chapa	Nivel B	Abertura y postigo de Aluminio. Se incorpora DVH	Nivel B1	Abertura y postigo de Aluminio. Se incorpora DVH
K Calculado ⁽⁵⁾	K MAX ADM 5,83	K Calculado ⁽⁵⁾	K MAX ADM 2,80	4 + 12 + 4 mm ⁽⁶⁾	K MAX ADM 2,80	4 + 12 + 4 mm ⁽⁶⁾
5,70		5,70		2,70		2,70
I.P.E. (kWh/m2año)		I.P.E. (kWh/m2año)		I.P.E. (kWh/m2año)		I.P.E. (kWh/m2año)
871		369		277		224

3.2.6. Situación 6. Agua caliente sanitaria (ACS).

A continuación, se incorporan dos medidas que están referenciadas a uno de los indicadores que la norma IRAM 11900 evalúa y que el aplicativo de etiquetado de vivienda considera. En primer término, se incorpora el uso de agua caliente sanitaria solar, verificándose que la utilización de termotanques solares se amortiza en el lapso de 4 años una vez realizada la inversión inicial (Puig, et al. ,2018). Por este motivo es que se incorpora un termotanque solar para la generación de ACS, del tipo placa plana con una capacidad

de almacenamiento de 150 litros. La segunda medida es establecer en el pliego de especificaciones técnicas la provisión de un Termotanque eléctrico para ACS (medida necesaria como back-up cuando la radiación solar es pobre o nula en el período invernal), tenga una "C" o superior en su etiqueta. Con estas acciones, se obtiene un incremento de efectividad (Tabla 8) del: Nivel "C": 66,1%, Nivel "B": 76.8% y Nivel "B1": 82.9%, con respecto a la situación de "Base".

Tabla 8. Se considera solo la Energía Solar Térmica ya que es la que la Provincia ha implementado en sus viviendas sociales. Fuente: Elaboración Propia.

ENERGÍAS RENOVABLES ENERGÍA SOLAR TÉRMICA VALORES INDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS						
CASO 0	CASO 1	Variables	CASO 2	Variables	CASO 3	Variables
Situación Actual	Nivel C	Incorporación de Termotanque Solar 150lts	Nivel B	Incorporación de Termotanque Solar 150lts	Nivel B1	Incorporación de Termotanque Solar 150lts
I.P.E. (kWh/m2año)	I.P.E. (kWh/m2año)		I.P.E. (kWh/m2año)		I.P.E. (kWh/m2año)	
871	295		202		149	

4. RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis efectuado con el aplicativo de etiquetado de vivienda arroja que el Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) de la Vivienda Universal que se estudia en la localidad de Cayastá es de 871 kWh/m2año. Si la Ley 13.903 estaría

reglamentada, este caso tendría una etiqueta "G", con un requerimiento de energía útil de 11507 KWh /año (Tabla 3), lo que representa U\$S 728 al año (junio de 2019) con la tarifa social (Tabla 9) que determina la Empresa Provincial de Energía (EPE) de Santa Fe.

Tabla 9. Cuadro Tarifario Vigente junio 2019. Fuente: Empresa Provincial de la Energía (E.P.E). Valores expresados en dólares americanos y pesos argentinos

Primeros 75 KWh	Siguientes 75 KWh	Siguientes 150 KWh	Excedente de 300 KWh
U\$S 0,0186	U\$S 0,0230	U\$S 0,0465	U\$S 0,0728
\$ 1.16	\$ 1.45	\$ 2.89	\$ 4.54

Con las implementaciones relacionadas a las estrategias de mejora de la envolvente edilicia y la incorporación de energía renovable (ACS, Solar Térmica), el aplicativo proyecta un IPE de 149 kWh/m²año de energía primaria para el caso 3 Nivel "B1". Esto representa una mejora en la etiqueta que ahora sería categoría "D", (Ley 13.903, 2019) con un requerimiento de energía útil de 2835 KWh/año, lo que representa una tarifa de U\$S 117 al año. Además de estudiar el IPE, con las mejoras incorporadas el índice CALMAT mejora para ubicarse en la categoría II.

La Tabla 10 compara la transmitancia media de la envolvente versus la inversión necesaria de U\$S 6897 para incorporar las mejoras. Con el IPE de 149 kWh/m²año, estaríamos ahorrando U\$S 612 dólares por año en costos de energía, y se podría recuperar la inversión en 11.3 años.

La figura 10 compara el IPE versus la inversión por metro cuadrado y el rendimiento obtenido de las mejoras, considerando el K_{adm.} Nivel "B1".

Tabla 10. Tabla de Transmitancia Media de los envolventes y cerramientos Versus inversión en el mejorado del IPE en la situación "Ex-ante". Fuente: Aplicativo de Etiquetado de Viviendas y elaboración Propia.

Análisis de costos por INCORPORACION DE MEJORAS					
	Situación Actual	Costo de la Vivienda	Situación "con mejoras"	\$ x mejoras	% de mejora
Envolventes y Cerramientos	W/m ² K		W/m ² K		
Transmitancia media de paredes	5,62	U\$S 22609	0,85	U\$S 2636	↑ 85 %
Transmitancia media de cubierta	0,63		0,25	U\$S 380	↑ 60 %
Transmitancia media de pisos	1,16		0,6	U\$S 2204	↑ 48 %
Transmitancia media de cerramientos	5,83		4,65	U\$S 979	↑ 20 %
ACS Solar Térmica	-		Termotanque solar placa plana de 150 lts	U\$S 699	-
Total		U\$S 22609	VS	U\$S 29506	

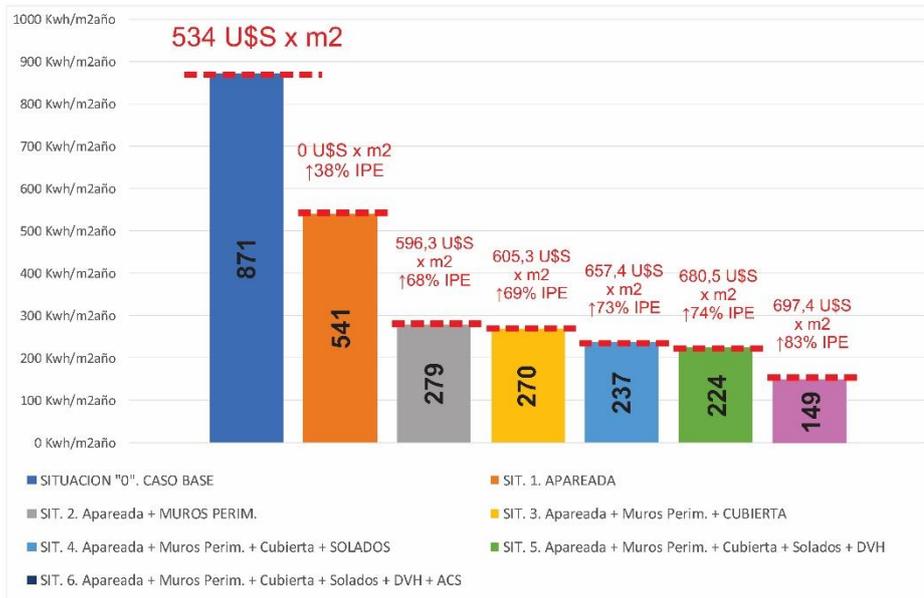


Fig. 10. Mejora de IPE versus Inversión en dólares por m², caso base a Nivel B1. Fuente: Elaboración Propia.

5. CONCLUSIONES

En la tabla 11 se sintetizan las situaciones que se plantearon de mejora de la envolvente edilicia, los valores obtenidos del

IPE y los porcentajes de incidencia en cuanto a reducción de la demanda energética.

Tabla 11: Síntesis del Valor IPE, según Hipótesis de trabajo. Aplicación progresiva: S0, S1, S2, S3, S4, S5 y S6

(*) Nivel B1 = $[(B + A) / 2]$. Norma IRAM 11605

(**) Verifica Nivel "C" con la aislación que el prototipo establece en el pliego de construcción

(***) Verifica Nivel "C" con aberturas y postigos de chapa

Situación 0 "CASO BASE"	Situación 1 APAREADA	Situación 2 Apareada + MUROS PERIMETRALES	Situación 3 Apareada + Muros perimetrales + CUBIERTA	Situación 4 Apareada + Muros perimetrales + Cubierta + SOLADOS	Situación 5 Apareada + Muros perimetrales + Cubierta + Solado + DVH	Situación 6 Apareada + Muros perimetrales + Cubierta + Solado + DVH + ACS				
Caso 1 Nivel "C"	Muro "Me1" Compartido	394 (-55%)	394 (**)	-	369 (-57,6 %)	(-2,6%)	369 (***)	-	295 (-66,1%)	(-8,5%)
Caso 2 Nivel "B"		349 (-60%)	325 (-62,7%)	(-2,7%)	297 (-65,9%)	(-3,2%)	277 (-68,2%)	(-2,3%)	202 (-76,8)	(-8,6%)
Caso 3 Nivel "B1" (*)		279 (-68%)	270 (-69%)	(-1,0%)	237 (-72,8%)	(-3,8%)	224 (-74,3%)	(-1,5%)	149 (-82,9%)	(-8,6%)
IPE = 871	IPE = 541	IPE = 224						IPE 149		
(100 %)	ESTRATEGIA DE DISEÑO (-37,9%)	CONSERVACIÓN DE ENERGÍA (-74,3%)						ENERGIA RENOVABLE (-82,9%)		

En la situación 0, o también denominada "Caso Base", se observa un valor de IPE de 871 kWh/m²año de energía primaria (etiqueta "G"), donde el aplicativo refleja que el 86% del requerimiento energético es utilizado para calefaccionar la VU en el período invernal. Esta situación, refleja la utilización de equipamiento ineficiente (alto consumo energético) para acondicionar el espacio habitado y la deficiente resistencia térmica de la cubierta y el resto de las envolventes, (muros perimetrales y solado), oficiando como un puente térmico.

En el análisis particularizado de los componentes de la VU, el "Me1" (Muro exterior 1), es el elemento que posee mayor pérdida de energía. Se plantea la situación 1 incorporando la estrategia de diseño de "aparear" dos VU, de esta manera se logra un valor de IPE de 541 kWh/m²año lo que implica mejorar la performance de la vivienda en un 37,9%.

En cuanto a la estrategia de conservación de energía, se plantearon tres escenarios basándose en los niveles establecidos por la Norma IRAM 11605 incorporando una situación intermedia denominada B1 que es el promedio de los niveles máximos admisibles de A y B.

A partir de esta propuesta es que se ensaya la Situación 2, implementando aislación térmica en los muros perimetrales de la VU. El nivel "C" refleja un aumento de su eficiencia en el IPE de un 55%, el nivel "B" un 60% y el nivel "B1" un 68%, con respecto a la situación "Base". La reducción del IPE a 279 kWh/m²año permite ahorrar 7825 KWh/año.

En la Situación 3, la aislación térmica que establece el pliego permite verificar la condición para el Nivel "C" admisible de la Norma. Al incrementar la aislación se obtiene una efectividad para el caso del Nivel "B" del 62.7%, es decir un 2.7% más, en referencia a la situación "B" de los muros. En cuanto al Nivel "B1", al incrementar nuevamente la aislación se obtiene un 69% con respecto a la situación "Base".

Para la Situación 4, se observa que aislando el solado se obtiene un incremento de efectividad en el Nivel "C" del 57.6%, para el Nivel "B" del 65.9% y Nivel B1 del 72.8%.

Los incrementos ascienden de un 2.6% a un 3.8% en referencia a la Situación 3. La reducción del IPE a 237 kWh/m²año permite ahorrar 8400 KWh/año, en referencia a la situación "Base".

Los resultados reflejan que para la Situación 5, el Nivel "C" de las aberturas y protecciones establecidas en el pliego licitatorio verifican los valores máximos admisibles. Al ser reemplazadas por aberturas de aluminio y DVH, se obtiene un incremento de efectividad para el Nivel "B", en un 2.3% y para el Nivel "B1", en 1,5%, en relación a la Situación 4.

La estrategia de conservación de la energía comprendida entre la situación 2 a la 5, manifiesta una clara reducción del 74,3% (acumulado) en referencia a la situación "Base", esto representa un IPE de 224 kWh/m²año lo cual permite ahorrar 8515 KWh/año.

Para la estrategia de incorporación de energías renovables en la Situación 6 (Tabla 10) se observa una notable reducción en el IPE en cada nivel, llegando a una efectividad del 82,9% en el Nivel "B1" con un IPE de 149 kWh/m²año. Esta situación se debe a que, para el aplicativo de vivienda, la incorporación de energías renovables tiene un impacto directo en la energía primaria que se consume, debido a que la misma se genera directamente en la vivienda y no tiene que ser proveída por sistema energético estatal.

Los resultados que se han obtenido demuestran la relevancia y la sensibilidad de la invención tecnológica, a partir de la incorporación de un aislamiento correcto de la envolvente de las viviendas universales de un dormitorio (VU), lo cual maximiza la eficiencia energética.

Actualmente la VU, requiere un elevado consumo de energía 11507 KWh / año, lo que representa U\$S 728,27 por año con la tarifa social según la empresa provincial de la energía (EPE), para poder llegar a las condiciones de confort mínimas de habitabilidad de la vivienda.

Si se realizan las implementaciones del modelo de estudio relacionadas a las estrategias de diseño, conservación de la

energía e incorporación de energía renovable (ACS, Solar Térmica), el valor del IPE se ubica en 149 kWh/m²año, es decir una mejora del 83% en su IPE. Esto representa una mejora en la etiqueta con una categoría “D”, con un requerimiento de energía de 2835 KWh / año, lo que representa U\$S 116,60 por año. Además, con las mejoras incorporadas en la aislación térmica y el requerimiento de terminaciones el índice CALMAT se ubica en la categoría II.

Es dable destacar que la inversión de U\$S 163 /m², se puede recuperar en el lapso de 11.3 años a partir del ahorro de energía para acondicionar la vivienda.

Proveer de una vivienda social energéticamente eficiente (VSEE), significa poder dotarla de las condiciones necesarias para poder habitarla dentro de los límites de confort adecuados. En este trabajo se ha demostrado que con una inversión del 23.4% en función de la situación de “Base”, se puede ahorrar energía, mejorar el índice de calidad de materiales y disminuir su impacto ambiental en su período de uso.

Las personas que habitan las VU no disponen de los recursos suficientes para poder afrontar los costos de acondicionamiento térmico de las mismas. Esta situación se debe contemplar a la hora de dotar a una persona o familia de una vivienda que debe ser digna y confortable, lo que merece una reflexión profunda al momento de diseñar y aplicar políticas públicas de vivienda social.

El gobierno de la provincia de Santa Fe, ha tomado como uno de sus ejes de trabajo avanzar en materia energética, ya que en la actualidad es una provincia netamente importadora (casi el 98% de su matriz energética, depende de energías convencionales). En el año 2012, comenzó el largo camino que culminó en el año 2019 con la sanción de la Ley de etiquetado de vivienda, para lo cual ha desarrollado el aplicativo informático y ha capacitado a numerosos profesionales relacionados con el sector de la construcción.

El aplicativo desarrollado por la Secretaría de Estado de la Energía de la provincia de Santa Fe, es una potente herramienta para poder modelizar la situación actual de una vivienda en su sitio de localización. Entre sus muchas virtudes, permite poder realizar un análisis profundo de cada uno de los componentes de la envolvente, para poder simular cómo se desempeñan para las situaciones de invierno y verano. Si disciplinalmente, como diseñadores del hábitat, comenzamos a incorporar esta herramienta en los procesos de diseño, seguramente, estará aportando una plusvalía a nuestro trabajo y al mismo tiempo estará colaborando en disminuir el consumo energético e impacto ambiental que genera el sector residencial.

REFERENCIAS

Bourges, C.; Gil, S. (2014). *Amortización del Costo de Mejoras en la Aislación Térmica de las Viviendas*. Petrotecnia, v. 55, n. 1, p. 72-78. 2014.

Chevez P., San Juan G, Martini I. (2019). Alcances y limitaciones de la “tarifa social” eléctrica en urbanizaciones informales (La Plata, Buenos Aires). *Estudios socio-ambientales. Revista de Geografía N° 26*, 1-26.
<http://revistaest.wix.com/revistaestcig>.

España. Gobierno de Aragón (2016). *Cálculo automático de emisiones totales en relación a los consumos energéticos*

de sus instalaciones. Zaragoza: Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Disponible en:
<https://www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls>

Esteves Miramont, A. (2017). *Arquitectura Bioclimática Sustentable. Teoría y Práctica de la Conservación de la Energía, Sistemas Solares Pasivos y Enfriamiento Natural de Edificios*. FAUD - Universidad de Mendoza e INAHE Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía CCT, CONICET, Mendoza.

Garganta L., San Juan G. (2015). *Análisis territorial del impacto energético y ambiental de viviendas de interés social. Provincia de Buenos Aires (2007-2014)*. Acta de la XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente Vol. 3, pp. 07.19-07.30, Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. Visor GeoINTA. Sistema de geoinformación para consulta y procesamiento de datos georreferenciados de Argentina. Disponible en: <http://visor.geointa.inta.gov.ar/?p=96>

IPCC. International Panel on Climate Change. (2011). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Disponible en: www.ipcc.ch

Ley 13.903 (2019). *Cap. VII. Viviendas Sociales. Art. 16: Viviendas sociales*. “El Estado Provincial implementará estándares mínimos de eficiencia energética en todos los planes de vivienda que sean desarrollados con presupuesto propio. El Poder Ejecutivo fijará dichos estándares mínimos de manera gradual y progresiva comprometiéndose a lograr como mínimo la clase de eficiencia energética C para todas las viviendas que sean ejecutadas a partir del año 2027”.
<https://www.santafe.gov.ar/normativa/getFile.php?id=1381640&item=213203&cod=74019c0f334b604c35007345bc9a904f>

Norma IRAM 11603 (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*.

Norma IRAM N° 11605. *Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica “K”*.

Norma IRAM 11900v2 (2017). *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo*.

National Association of House Builder (NAHB) (2019). *Recuperado de artículo de la Revista ARQ*, del editor adjunto Arq. Martín Bonetto. Disponible en:
https://www.clarin.com/urbano/anos-duran-casas_0_rkRukvacDmx.html

Olmos, F, Mario, S., Gómez, Alicia (2019). *Calidad de los materiales de la vivienda (CALMAT)*. INDEC. Dirección Nacional De Estadísticas Sociales y de Población. Dirección de Estadísticas Poblacionales. Área De Información Derivada. 2003. Disponible en:
https://www.indec.gob.ar/micro_sitios/webcenso/censo2001s2_2/datos/metod_construccion.pdf

Ministerio de Energía y Minería de la Presidencia de la Nación (MINEM); Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe. Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) (2016). *Procedimiento de cálculo del índice de prestaciones energéticas (IPE). Documento de base técnica para prueba piloto rosario 2017. Proyecto*

- de calificación y certificación de inmuebles destinados a vivienda.*
- Spaltro, S. (2017). El Gobierno apuesta a reducir 50% las compras de gas licuado en 2 años. *El Cronista [en línea]*. Buenos Aires. Disponible en: <https://www.cronista.com/economiapolitica/El-Gobierno-apuesta-a-reducir-50-las-compras-de-gas-licuado-en-2-anos-20170918-0028.html>
- Stagnita R., Gastón A., Abalone R. (2018). Modelo analítico para estimar el consumo energético para climatización de viviendas en régimen dinámico. Parte 2: Requerimiento de energía para calefacción de una vivienda para un mes específico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **22**, 01.25-01.36, 2018.
- Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas de Argentina (2019). *Presentación y definición del Índice de Prestaciones Energéticas IPE*. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/energia/ahorro-y-eficiencia-energetica/vivienda/programa-nacional-de-etiquetado-de-viviendas>
- Puig, S., Aguirre, G., Maidana, A., Fontanetto, L. (2018). Sistema de Ahorro Energético basado en colectores solares para dotar de agua caliente sanitaria (ACS) a una vivienda social de 2 dormitorios en la ciudad de Santa fe. *Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura (CRETA X)*. pp. 556–566.
- Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental (SVOA). Resol. 288/90, Instructivo para la tramitación del certificado de aptitud técnica (C.A.T.) de un sistema constructivo. Disponible en: <https://www.economia.gob.ar/download/fonavi/instructivo%20para%20sistema.doc>
- Telam. El gobierno decretó la emergencia energética todo el país diciembre de 2017. *Infobae* [en línea]. Buenos Aires 15 de setiembre 2015. Disponible en: <https://www.infobae.com/2015/12/15/1776772-el-gobierno-decreto-la-emergencia-energetica-todo-el-pais-diciembre-2017/>