

Three energy rehabilitation scenarios: Generation of the Energy Performance Index. Case study Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Morris Jonathan, Ing.¹, Figueira Analía, Ing.^{2,1}, García Mauricio, Ing¹, Bertoglio Car a, Ing¹, Laffitto Cristina, Dra.¹

¹ Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina, jmorris2985@gmail.com, mauriciojuliangarcia@gmail.com, car.bertoglio@gmail.com, cristinalaffitto@yahoo.com.ar,

² Universidad de Flores, Argentina, anifigueira@gmail.com

Abstract– In this work, 3 energy rehabilitation scenarios were proposed for an apartment house belonging to a building in the Autonomous City of Buenos Aires, located in the Montserrat neighbourhood. The different Scenarios were calculated with the Application of the Secretariat of Energy of the Nation, calculating for each of them the Energy Performance Index (IPE), the first proposed scenario consisted of modifications in the heating, cooling, lighting and change equipment of the glassware and protections in the openings. The second scenario consisted of modifications on the walls, varying the total thermal transmittance of the construction solutions used with the addition of thermal insulators. Finally, in the third scenario, the integration of both modifications with the recalculation of the heating and cooling equipment is proposed. As a result, it generates a greater impact on energy efficiency with improvements established in the first scenario.

Keywords: *Energy Efficiency, Labelling of buildings, Energy Performance Index.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.453>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Three energy rehabilitation scenarios: Generation of the Energy Performance Index. Case study Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Tres escenarios de rehabilitación energética: Generación del Índice de Prestación Energética. Caso de estudio Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Morris Jonathan, Ing.¹, Figueira Analía, Ing.^{2,1}, García Mauricio, Ing¹, Bertoglio Carla, Ing¹, Laffitto Cristina, Dra.¹

¹ Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina, jmorris2985@gmail.com, mauriciojuliangarcia@gmail.com, car.bertoglio@gmail.com, cristinalaffitto@yahoo.com.ar,

² Universidad de Flores, Argentina, anifigueira@gmail.com

Abstract– In this work, 3 energy rehabilitation scenarios were proposed for an apartment house belonging to a building in the Autonomous City of Buenos Aires, located in the Monserrat neighbourhood. The different Scenarios were calculated with the Application of the Secretariat of Energy of the Nation, calculating for each of them the Energy Performance Index (IPE), the first proposed scenario consisted of modifications in the heating, cooling, lighting and change equipment of the glassware and protections in the openings. The second scenario consisted of modifications on the walls, varying the total thermal transmittance of the construction solutions used with the addition of thermal insulators. Finally, in the third scenario, the integration of both modifications with the recalculation of the heating and cooling equipment is proposed. As a result, it generates a greater impact on energy efficiency with improvements established in the first scenario.

Keywords: Energy Efficiency, Labelling of buildings, Energy Performance Index.

Resumen: En el presente trabajo se plantearon 3 escenarios de rehabilitación energética para una vivienda departamento perteneciente a un edificio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ubicado en el barrio de Monserrat. Se calcularon los diferentes Escenarios con el Aplicativo de la Secretaría de energía de la Nación, calculando para cada uno de ellos el Índice de prestaciones energética (IPE), el primer escenario propuesto consistió en modificaciones en los equipos de calefacción, refrigeración, iluminación y cambio de la cristalería y protecciones en las aberturas. El segundo escenario consistió en modificaciones sobre los muros, variando la transmitancia térmica total de las soluciones constructivas utilizadas con el agregado de aislantes térmicos. Finalmente, en el tercer escenario se propone la integración de ambas modificaciones con el recálculo de los equipos de calefacción y refrigeración. Como resultados genera un impacto mayor en la eficiencia energética con mejoras establecidas en el primer escenario.

Palabras claves: Eficiencia Energética, Etiquetado de edificios, Índices de Prestación Energética

I. INTRODUCCIÓN

El 80% de la población humana reside en zonas urbanas, por ende, el 75% de la energía demandada mundialmente se consume en los sectores urbanos. Considerándose a las ciudades las responsables de un gran porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [1]. Por lo tanto, es muy importante promover el ahorro energético que es capaz de producir grandes reducciones de consumo de energía y establecer una cultura colectiva en la toma de conciencia del agotamiento de los recursos energéticos no renovables [2]. En pos a este argumento, es que se tiene en cuenta el sector residencial para la reducción del consumo energético. La rehabilitación energética de los edificios o departamentos presentan beneficios en cuanto a ahorro energético, mejora de confort interior y reducción de emisiones de GEI. [3]

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), Argentina, la demanda energética residencial supera ampliamente el promedio del consumo eléctrico del país por habitante. Siendo este último de 0,9 MWh/hab en un año y el de la Ciudad de Buenos Aires de 1,6 MWh/hab en un año, casi el doble. [4] Más aún, y a pesar del consumo desmedido, CABA posee las tarifas más bajas que el resto del país.

Por lo tanto, debería ser crucial, tanto para CABA como para cualquier ciudad en el mundo, priorizar la reducción de consumo de energía y así, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Una herramienta poderosa para comenzar con este análisis es la obtención de los Índices de Prestación energética (IPE) que clasifican y certifican inmuebles en el mercado. Proporciona un valor característico que representa una estimación de la energía que demanda la normal utilización del inmueble durante un año por metro cuadrado (kWh/m² año). [5] El índice IPE contabiliza el flujo de energía entre el inmueble y el exterior. Esta herramienta junto con la Norma IRAM 11603[6], aconsejan rehabilitaciones

energéticas coherentes a la situación geográfica y climática del edificio o departamento analizado. Provocando finalmente una reducción del consumo energético.

Este análisis es la segunda etapa del proyecto de investigación desarrollado desde el Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial (I4) de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ). [7] En la primera parte, se generó un estudio preliminar de dos viviendas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que a su vez, forma parte de la primera prueba piloto del etiquetado de eficiencia energética en inmuebles destinados a vivienda de esta ciudad. De mano del Ministerio de energía y desarrollo de la nación, se desea emular pruebas pilotos que ya se han realizado en varias provincias argentinas. En la actual presentación, se analiza en mayor profundidad las rehabilitaciones energéticas que puedan integrarse al edificio caso de estudio ubicado en la calle Sarmiento 1652 PB F de CABA. Para ello, se generan tres escenarios simulando mejoras y luego se compara cada simulación para la obtención de los resultados y las conclusiones.

II OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo general de esta investigación es determinar el comportamiento del IPE de acuerdo a los escenarios de rehabilitación energética en función a los estudios energéticos y al grado de mejora para la vivienda de estudio.

Objetivo específico:

- Desarrollar tres escenarios de rehabilitación energética para la vivienda en estudio, el primero con las siguientes características: modificaciones en los equipos de calefacción y refrigeración, aumento del grado de eficiencia en luminarias y reemplazo de la cristalería y protecciones. Segundo escenario con modificaciones en las soluciones constructivas agregando aislación térmica adecuada en el interior del recinto. Por último, un tercer escenario el cual es integrador, incluye las modificaciones de los dos primeros escenarios en las aberturas, los muros, el sistema de ACS, la iluminación y recálculo de los equipos de refrigeración y calefacción.
- Comparar los resultados del IPE y definir para el caso en estudio que resulta más beneficioso, si realizar modificaciones de bajo impacto como cambio de equipos, iluminación y aberturas o el agregado de aislantes térmicos en la parte interior de los muros.
- Calcular el alcance de mejora máxima del IPE con el tercer escenario, el cual integra ambas modificaciones.

III MARCO TEÓRICO

En el marco del cumplimiento de los 17 Objetivos de desarrollo sostenible las naciones centran esfuerzos y recursos para su cumplimiento al año 2030. [8]. En Argentina se están implementando programas dedicados a la gestión de la energía, como la reciente resolución aprobada RESOL-2021-130-APN, donde se prioriza dictar los actos necesarios para la ejecución del programa nacional de uso racional y eficiente de la energía (PRONUREE)

Algunos hitos que anteceden a esta norma son: en el 2007 comenzó a difundirse el programa de Etiquetado de Eficiencia Energética que brinda información sobre el consumo energético de electrodomésticos, generando la obligatoriedad del etiquetado estándar mínimos de eficiencia energética para distintos artefactos. También se implementó el programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía, con medidas de uso racional y eficiencia energética para los edificios de la Administración Pública Nacional. En el año 2017 se genera un plan de alumbrado público eficiente que cambia las luminarias por artefactos más eficientes. A continuación, ese mismo año, se puede acceder al Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas, de donde se extrajo el software para la realización del análisis que se expone a posteriori. Mediante este software se produjo el etiquetado para visualizar las prestaciones energéticas de las viviendas.

IV RELEVAMIENTO DE LA VIVIENDA EN ESTUDIO

A. Características y ubicación.

La vivienda cuenta con 5 divisiones las cuales, excluyendo el patio por encontrarse en el exterior, componen 4 zonas térmica bajo análisis. En la tabla 1, se indican las áreas, altura, las terminaciones de las paredes, el suelo y la potencia de iluminación en cada habitación. [8]

En la Figura 1, se indica la distribución en planta, junto con la identificación de cada muro.

Tabla 1
Espacios de la zona térmica - Caso 1- Fuente: Morris et al, 2020 [9]

Nombre	Área [m ²]	Altura [m]	Terminación paredes	Terminación de los pisos	Potencia de iluminación [W]
Ambiente Único	40.770	2.63	Pintura blanca	Alfombra oscura marrón	200
Baño	2.430	2.63	Azulejo Blanco brillante	Cerámico oscuro marrón	30
Cocina	3.000	2.63	Azulejo Blanco brillante	Cerámico oscuro marrón	60
Pasillo	2.550	2.63	Pintura blanca	Alfombra oscura marrón	40
Patio	No incluido en la zona térmica bajo estudio por estar en el exterior				

Fuente: Morris et al, 2020 [9]

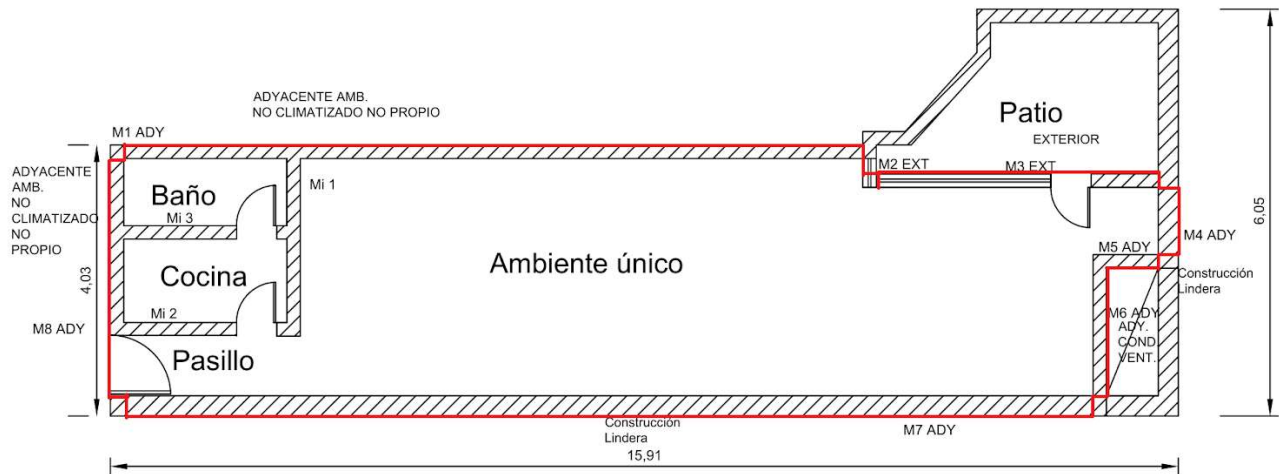


Fig. 1. Distribución de los espacios Caso 1

B. Soluciones constructivas de la Envolvente

El relevamiento de la envolvente se realizó mediante observación, en la Tabla II se describen los muros de la envolvente, la cual posee 2 tipos de muros, 2 soluciones constructivas para la solera y una sola para la cubierta (Morris, et al.,2020) [9]

1) Capas de las Soluciones constructivas muros:

M (21,0 cm) | Ri 1,5 | LCH 18x18x25/33 | Ri 1,5
 Revoque interior completo (1,5 cm)
 Ladrillos cerámicos huecos (18x18x25/33)
 Revoque interior completo (1,5 cm)

M (23,0 cm) | Ri 2,0 | LCH 18x18x33 | Re 3,0
 Revoque interior completo (2,0 cm)
 Ladrillos cerámicos huecos (18x18x33)
 Revoque exterior completo (con hidrófugo) (3,0 cm)

2) Capas de la Solución constructiva cubierta:

Es (20,0 cm) | Yi 2 | HA 10 | HP 5 | CN 2 | CER 1
 Enlucido de yeso interior (2,0cm)
 Hormigón Armado (Losas) (10,0 cm)
 Contrapiso de hormigón pobre (5,0 cm)
 Carpeta de nivelación sobre contrapiso (2,0 cm)
 Revestimientos cerámicos en general (1,0cm)

3) Capas de las Soluciones constructivas soleras ambiente único y pasillo:

Ei (21,3 cm) | PVC 0,3 | CN 2 | HP 5 | HA 12 | Yi 2
 Revestimientos plásticos en general (PVC) (0,3 cm)
 Carpeta de nivelación sobre contrapiso (2,0 cm)
 Contrapiso de hormigón pobre (5,0 cm)
 Hormigón Armado (Losas) (12,0cm)
 Enlucido de yeso interior (1000) (2,0 cm)

4) Capas de las Soluciones constructivas soleras ambiente baño y cocina:

Ei (20,0 cm) | CER 1 | CN 2 | HP 5 | HA 10 | Yi 2
 Revestimientos cerámicos en general (1,0cm)
 Carpeta de nivelación sobre contrapiso (2,0 cm)
 Contrapiso de hormigón pobre (5,0 cm)
 Hormigón Armado (Tabiques / Paneles) (10,0 cm)
 Enlucido de yeso interior (1000) (2,0 cm)

C. Aberturas

Las aberturas con las que cuenta la vivienda se encuentran descritas en la tabla II

Tabla II

Descripción de las Aberturas - Caso 1.- Fuente: Morris et al, 2020 [9]

Identificador	Área de vano [m ²]	Área de material transparente [m ²]	Material opaco	Material transparente	Tipo de accionamiento
M2 V1	0.650	0.520	Madera maciza	Coloreado en su masa (3 mm)	Fija
M3 V1	2.400	1.920	Madera maciza	Coloreado en su masa (3 mm)	Corrediza
M3 P1	2.000	1.800	Chapa	Coloreado en su masa (6 mm)	Batiente
M8 P1	2.000	0.000	Madera maciza	---	Batiente

D. Equipo de Calefacción y Refrigeración

Las instalaciones disponibles en la vivienda son de calefacción y de refrigeración, la vivienda cuenta con un Sistema de Calefacción de losa radiante que utiliza una caldera de gas natural. La proporción que corresponde al caso en estudio es 3740 Kcal. La misma no cuenta con identificación de consumo energético. Para la refrigeración se posee instalado

un aire acondicionado en el Ambiente Único, con una capacidad de 5.3KW. El equipo no posee etiqueta de eficiencia energética, por lo tanto, para los cálculos se debe considerar que es categoría G. (Morris, et al.,2020) [9]

E. Índice de Prestación Energética Estado Actual

Se obtuvo que el IPE de la vivienda en las condiciones actuales es igual a 487 kWh /m² año (ver tabla III). El mayor consumo de energía se produce para la calefacción.

Tabla III
Cálculo IPE Vivienda en estudio
Fuente: Morris, et al.,2020 [9]

	Requerimiento específico de energía [kWh / m ² año]		
	Útil	Neta	Primaria
Calefacción	138	223	366
Refrigeración	14	7	22
Producción ACS	13	24	79
Iluminación	-	6	20
Requerimiento específico global de energía	487		
Contribución específica de energías renovables	0		
Índice de Prestaciones Energéticas	487		

En el informe de resultados de la prueba piloto realizada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la Secretaría de Energía propuso un criterio para la construcción de la escala de una etiqueta para la prueba piloto CABA.(Figura 2). Con este Criterio la vivienda es encuentra en una categoría de letra G.

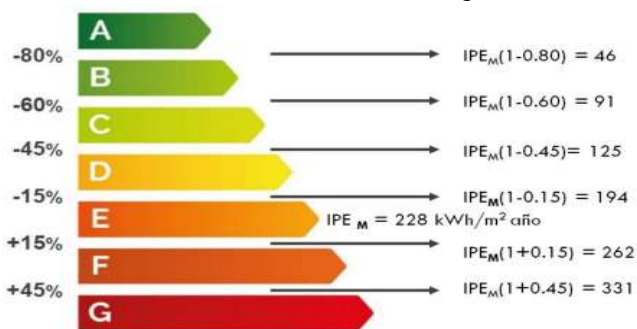


Fig. 2 Criterio de la Secretaría de Energía para la construcción de la escala de una etiqueta para la prueba piloto CABA. [IPEM] = kWh/m² año

Fuente: Prueba piloto de etiquetado energético de viviendas – ciudad autónoma de Buenos Aires [10]

V PLANTEO DE ESCENARIO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICOS

A. Primer Escenario de Rehabilitación: Instalaciones, Iluminación y Aberturas.

En el primer escenario se priorizan las modificaciones que se pueden realizar con reformas menores en la infraestructura, consisten en reemplazar por equipos más eficientes de calefacción, refrigeración e incorporar un equipo para ACS que actualmente no se dispone, también lámparas de mayor eficiencia con sistemas de apagado automático y mejoras en

las aberturas como cambio de cristales y el adiconamiento de una protección exterior.

A.1. Requerimiento específico de energía primaria para calefacción en invierno.

Al seleccionar un sistema de calefacción eficiente optamos por aire acondicionado tipo Split debido a que la vivienda no posee conexión a gas natural y este equipo posee el mayor valor de rendimiento medio ponderado de la instalación de calefacción $\eta_c = 3.60$ (ver tabla IV).

Tabla IV
Rendimientos medios η_c de distintos equipos de calefacción
Fuente: Procedimiento de cálculo del índice de prestaciones energéticas (IPE)- [11]

TIPO DE CALEFACTOR	η_c
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,60
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,50
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,40
Radiador eléctrico	1,00

Se realizó el análisis de requerimientos específicos de energía para diferentes modelos de eficiencia Clase A (Ver tabla III), con el objetivo de seleccionar el modelo que demande menor energía primaria, se seleccionó la capacidad óptima cercana a 5500 Kcal/h. (ver tabla V).

Tabla V
Análisis de requerimientos específicos de energía en calefacción para diferentes tamaños de aires acondicionado tipo dividido. Fuente: Elaboración Propia.

Requerimiento específico de energía [kWh / m ² año]			
Capacidad [kcal/h]	Útil	Neta	Primaria
5000	135	40	133
5500	135	38	124
6000	135	38	124

A.2. Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración en verano.

Para la selección del equipo de refrigeración a instalar se verificó cual posee mayor Rendimiento medio (η_r) obteniendo como resultado que se puede utilizar un Aire Acondicionado Tipo Split Frío -Calor clase A, con un rendimiento igual a 3.2 (ver tabla VI).

Tabla VI
Rendimientos medios η_r de distintos equipos de refrigeración Fuente: Procedimiento de cálculo del índice de prestaciones energéticas (IPE)- [11]

TIPO DE EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	η_r
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,20
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,10
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,00

Los valores de energía primaria requerida para refrigeración en verano son menores, que la requerida para la calefacción en

invierno. Por ello se selecciona en función del requerimiento de Calefacción, donde un equipo de 5500 kcal/h posee un requerimiento de energía primaria igual a 124 kWh/m² año, mientras que en refrigeración en Verano es de 5 kWh/m² año (ver tabla VII).

Tabla VII

Análisis de requerimientos específicos de energía en refrigeración para diferentes tamaños de Aires acondicionado tipo dividido. Fuente: Elaboración Propia.[11].

Requerimiento específico de energía [kWh / m ² año]			
Capacidad [kfh]	Útil	Neta	Primaria
5000	5	2	5
5500	5	2	5
6000	5	2	5

A.3. Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Actualmente la vivienda no cuenta con un dispositivo de agua caliente sanitaria, por lo cual, seleccionar un equipo de producción de ACS se determina según el área útil del inmueble climatizada (Au). De manera que, al sumar las Au de las habitaciones obtenemos que el resultado es 48.75 m², optando entonces, por un equipo de 90l (Ver tabla VIII) los cuales cuentan con un consumo energético de 1500 W [14]

Tabla VIII

Selección de termostato eléctrico para el caso en estudio Fuente: Procedimiento de cálculo del índice de prestaciones energéticas (IPE)- [11]

Au (Climatizada) [m ²]	V [l]
30	54
40	72
50	90
60	103

A.4. Requerimiento específico de energía primaria para iluminación

El requerimiento específico de energía primaria para iluminación, se calcula en función de la potencia de todas las lámparas, siempre que esta sea mayor que la mínima necesaria para garantizar un nivel medio de confort visual, de los factores de iluminancia constante, ocupación y de disponibilidad de luz natural. Pero también del tiempo de encendido en horario diurno y nocturno por lo que es muy favorable incorporar un sistema de control, para este caso se utiliza uno de encendido manual / apagado automático, ya que le corresponde el menor valor de factor de ajuste según el tipo de sistema de control, dentro del aplicativo. [1]

El cambio en dispositivos de iluminación se realizará reemplazando los actuales tubos de Led por Plafones de LED (Ver tabla IX), pero manteniendo los valores mínimos de servicios de iluminación recomendados en el ANEXO IV del Decreto N° 351/79. [12]

Tabla IX

Selección de dispositivos de iluminación por cada ambiente. Fuente: Basado en calculo Ledbox.es [15]

Nombre	Valor mínimo de servicio de iluminación [lx]	Potencia Actual de Tubos Fluorescentes [W]	Cantidad y Potencia de lámparas LED. [W]	Lux media conseguida [lx]
Ambiente Único	100	200	2x36	138,27
Baño	100	30	1 x 9	450
Cocina	200	60	1 x 18	680
Pasillo	100	40	2 x 9	825

Con estos nuevos valores de potencia por habitación obtenemos del aplicativo que el Requerimiento específico de energía Primaria es 9 kWh /m² año.[5].

A.5. Aberturas

La vivienda cuenta con cuatro aberturas, pero las que dan al exterior por donde se produce el mayor intercambio de energía son 3, correspondientes a los muros M2 y M3. Para la cristalería se optó reemplazar el cristal de 3 mm de las ventanas y el de 6 mm de la puerta por un cristal; DVH Reflectivo incoloro/color ext, Low-e int (6+12+6 mm), el cual posee un K 1.7 W/m²K y con una protección externa un K 1.3 W/m²K, para este caso la protección es de postigo de madera en todas las aberturas del exterior.

Con estos cambios se logra disminuir la transmitancia media Km de las aberturas de 5.34 W/m²K a 1.54 W/m²K. [5]

A.6. Índice de Prestaciones Energéticas, Escenario N°1 de Rehabilitación Energética.

Concluyendo con las modificaciones propuestas en el primer escenario, se realiza el cálculo del IPE en el aplicativo, obteniendo como resultado que es igual a 191 kWh /m² año, (Ver tabla X). Comparándolo con el punto de partida donde sin las modificaciones era de 487 kWh /m² año, con este nuevo IPE en la categoría de vivienda propuesto por la secretaria de energía para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Ver Fig. 2). Se obtiene que la vivienda se encuentra en una categoría D. [10].

Tabla X

Cálculo IPE primer escenario de rehabilitación energética [5]

	Requerimiento específico de energía [kWh / m ² año]		
	Útil	Neta	Primaria
Calefacción	135	38	124
Refrigeración	5	2	5
Producción ACS	13	16	53
Iluminación	-	3	9
Requerimiento específico global de energía			191
Contribución específica de energías renovables			0
Índice de Prestaciones Energéticas			191

B. Segundo Escenario de Rehabilitación: Instalaciones Iluminación e Aberturas.

En el segundo escenario se prioriza las modificaciones que tiene que ver con las envolventes del departamento del caso de estudio, se pueden optar por cambios en el aislamiento térmico de los muros, soleras y cubiertas. Son cambios que llevan un procedimiento más invasivo del espacio y con una posible reducción del mismo. Se plantea la rehabilitación teniendo en consideración un equilibrio entre la inversión que se necesita para el cambio, la situación climática y geográfica de la vivienda, el confort necesario para habitar y el consumo energético.

B.1. Muro.

La vivienda cuenta con 2 tipos de muros desarrollados en el punto IV B, los muros adyacentes de 21 cm que son muros adyacentes junto con los muros linderos al exterior de 23cm que también forman parte de la envolvente. Ninguno de los muros tiene aislación, por lo cual la propuesta es agregar aislación para reducir la transmitancia térmica. De modo que, se agregan 1,2 cm de una placa de yeso de alta densidad (densidad: 1200 kg/m³, Conductividad Térmica: 0,510 W/mK y 5 cm de fieltro de lana de vidrio (densidad: 13 kg/m³, Conductividad Térmica: 0,040W/mK). [5]

De esta manera, se consigue reducir la transmitancia térmica de los muros adyacentes de 1,99 W/m²K a 0,56 W/m² K, aunque aumentando su espesor de 21 cm a 27,2 cm. Por otro lado, el valor de la transmitancia térmica de los muros exteriores se reduce de 1,92 W/m² K a 0,56 W/m² K y de 23 a 29,2 cm. En la figura 3 se puede observar el esquema de los ladrillos sumado al aislante y la placa de yeso.

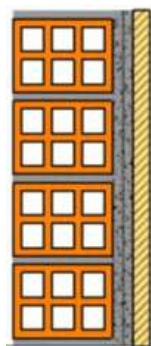


Fig. 3 - Esquema representativo del ladrillo Cerámico hueco, Aislante y placa de yeso - Fuente: Empresa ekoteknia.[13]

B.2. Cubierta

En el caso de las cubiertas sufren la misma modificación que los muros, se diferencia en los centímetros de cantidad de Fieltro de lana de vidrio es de 1,8 cm, obteniendo una Transmitancia térmica superadora de 1,20 W/m² K [5].

B.3 Solera

En el caso de las Soleras se modificó en el ambiente único y en el pasillo 1 capa de piso flotante de 0,8cm [5]

B.4. Índice de Prestaciones Energéticas, Escenario N°2 de Rehabilitación Energética

En la tabla XI se puede observar los resultados extraídos del aplicativo para el segundo escenario, obteniendo in IPE igual a 331, según la recomendación de la secretaria de energía de la nación el escenario se encontraría justo en el límite entre la letra F y G.

Tabla XI
Cálculo IPE segundo escenario de Rehabilitación energética Vivienda en estudio Fuente Elaboración Propia

	Requerimiento específico de energía [kWh /m ² año]		
	Útil	Neta	Primaria
Calefacción	91	171	214
Refrigeración	10	5	16
Producción ACS	13	24	79
Iluminación	-	7	22
Requerimiento específico global de energía			331
Contribución específica de energías renovables			0
Índice de Prestaciones Energéticas			331

C. Tercer Escenario de Rehabilitación: Instalaciones Iluminación y Aberturas Modificaciones Edilicias.

El tercer Escenario de rehabilitación energética consiste en implementar las modificaciones edilicias del segundo escenario y la modificación en aberturas del primer escenario, en base a estas modificaciones recalculer el equipo de Calefacción-Refrigeración con el nuevo K de Transmitancia media (K_m) de las aberturas y de los muros. Las características de iluminación y el equipo de producción de ACS no se modifican, por depender de variables que no se modificaron como el área de la vivienda y el color de los revestimientos.

C.1. Requerimiento específico de energía primaria para Calefacción en invierno

Se analiza qué modelo de Aire acondicionados se puede implementar para obtener el menor requerimiento específico de energía, (Ver tabla XII) se concluye que con un Aire Acondicionado de 3500 kcal/h se obtiene el requerimiento menor de 76 kWh /m² año.

Tabla XII
Análisis de requerimientos específicos de energía en calefacción para diferentes tamaños de Aires acondicionado tipo dividido. Fuente Elaboración Propia

Requerimiento específico de energía [kWh /m ² año]			
Capacidad [kcal/h]	Útil	Neta	Primaria
	82	37	123
3000	82	28	94
3500	82	23	76
4000	82	23	76

C.2. Requerimiento específico de energía primaria para Refrigeración en verano.

Al igual que el primer escenario el requerimiento específico de energía para calefacción en invierno es mayor que el de Refrigeración en verano, por ellos se prioriza el modelo de Aire acondicionado para la capacidad de Calefacción (Ver A.2.), con el aplicativo se calcula el requerimiento específico de energía para el aire acondicionado tipo Split de 3500 Kcal Refrigeración en verano es igual a 6 kWh /m² año.

C.4. Índice de Prestaciones Energéticas, tercer escenario de Rehabilitación Energética

En el cálculo del IPE del tercer caso obtenemos un resultado que disminuyó a 145 kWh /m² año. (Ver tabla XIII)

Tabla XIII
Cálculo IPE Tercer escenario de Rehabilitación energética Vivienda en estudio Fuente Elaboración Propia

	Requerimiento específico de energía [kWh / m ² año]		
	Útil	Neta	Primaria
Calefacción	82	23	76
Refrigeración	6	2	6
Producción ACS	13	16	53
Iluminación	-	7	9
Requerimiento específico global de energía			145
Contribución específica de energías renovables			0
Índice de Prestaciones Energéticas			145

Según el criterio propuesto por la Secretaría de la Nación para la Ciudad de Buenos Aires, con el tercer escenario la vivienda está categorizada con la letra D.

VI RESULTADOS

De los resultados obtenidos podemos indicar que las principales diferencias, las podemos observar en el requerimiento de energía secundaria, los intercambios térmicos globales de los escenarios y el requerimiento de energía primaria que nos permite disminuir el IPE en todos los casos

A. Detalle de requerimiento de energía secundaria

Con respecto al requerimiento de energía secundaria, podemos observar la disminución de energía empleada para los diferentes usos y como se evidencia para cada escenario las reducciones obtenidas. En el escenario actual y en el segundo los requerimientos de calefacción en invierno provienen del consumo de gas de la caldera central del edificio y estimado en proporción al área del departamento. (Ver Tabla XIV)

Tabla XIV
Resultados de requerimientos específicos de energía secundaria para todos los escenarios.

Detalle de requerimiento de energía secundaria - [kWh/año]					
	Total	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación
Actual	12.674	10.889	321	1.167	297
1° Escenario	2.827	1.830	72	787	138
2° Escenario	10.071	8.342	232	1.167	330
3° Escenario	2.137	1.116	95	787	139

B. Coeficiente global de intercambio térmico

El coeficiente de intercambio térmico global para esta vivienda está compuesta por la Transmitancia de la Envolvente (Q_{tr}) y la energía térmica intercambiada por la ventilación, aireación e infiltraciones (Q_v), esta última al mantener constante las dimensiones de la abertura se mantiene a través de los escenarios, pero la transmisión de la envolvente se modifica en el segundo y en el tercer escenario por el agregado en las soluciones constructivas de aislantes. Ver Tabla XV [1]

Tabla XV
Coeficiente global de intercambio térmico, para la situación actual y los diferentes escenarios Fuente Elaboración Propia

Coeficiente global de intercambio térmico [W/K]								
	Actual		1° Escenario		2° Escenario		3° Escenario	
	Q _{tr}	Q _v	Q _{tr}	Q _v	Q _{tr}	Q _v	Q _{tr}	Q _v
Invierno	351	13	332	13	229	13	208	13
Verano	351	94	332	83	229	83	208	83

B. Requerimiento específico de energía primaria

El requerimiento específico de energía primaria es fundamental para el cálculo ya que es el que define el IPE, total de la vivienda, se observó la disminución de los diferentes consumos, al incorporar equipos de mayor eficiencia, Ver tabla XVI

Tabla XVI
Comparación de Requerimiento específico de energía Primaria. Fuente: Elaboración Propia

Requerimiento específico de energía Primaria [kWh /m ² año]					
	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	IPE
Actual	366	22	79	20	487
1° Escenario	124	5	53	9	191
2° Escenario	214	16	79	22	331
3° Escenario	76	6	53	9	145

VII CONCLUSIONES

Se demostró comparando el primer escenario con el segundo, que para la vivienda en estudio es conveniente realizar modificaciones en las instalaciones (refrigeración, calefacción y ACS), iluminación y aberturas, las intervenciones que corresponden al primer escenario se pueden considerar como refacciones menores y con estas modificaciones obtiene una reducción de la energía secundaria en el orden del 77,69%. Con las intervenciones del segundo escenario que involucran modificaciones en las soluciones constructivas, la reducción de la energía secundaria en el orden del 20,54%.

Con respecto a los requerimientos de energía secundaria se observó que la mayor cuota de consumo se encuentra en la calefacción, por lo que se puede considerar a este como el uso significativo de la vivienda. La incorporación de un aire acondicionado tipo Split produjo una reducción drástica en el consumo de energía secundaria para calefacción del 83.2%. (Ver Fig 4)

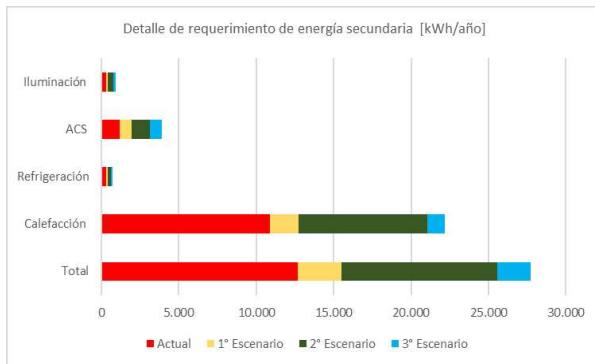


Fig. 4 - Detalle de requerimiento de energía secundaria Fuente de Elaboración Propia

Al analizar el coeficiente global de intercambio térmico nos permite concluir que, en el segundo escenario con el agregado de los aislantes térmicos en los muros, soleras y cubierta, se reduce el intercambio térmico global a 122 W/K, es una mejora del 34,75%. (Ver Fig 5)

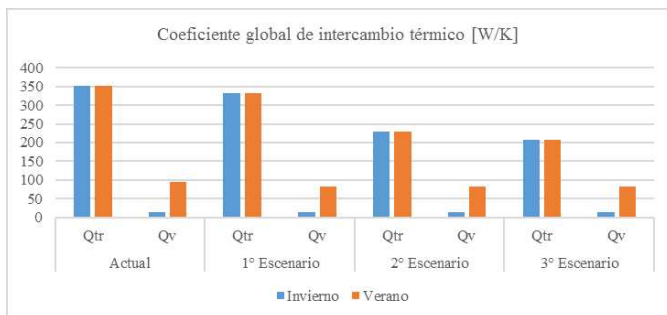


Fig. 5 - Detalle de requerimiento de energía secundaria Fuente de Elaboración Propia

Al comparar el IPE de los escenarios 1 y 2 de rehabilitación energética, validamos la anterior afirmación que es más beneficioso realizar las modificaciones del primer escenario propuesto. (Ver Fig 6)

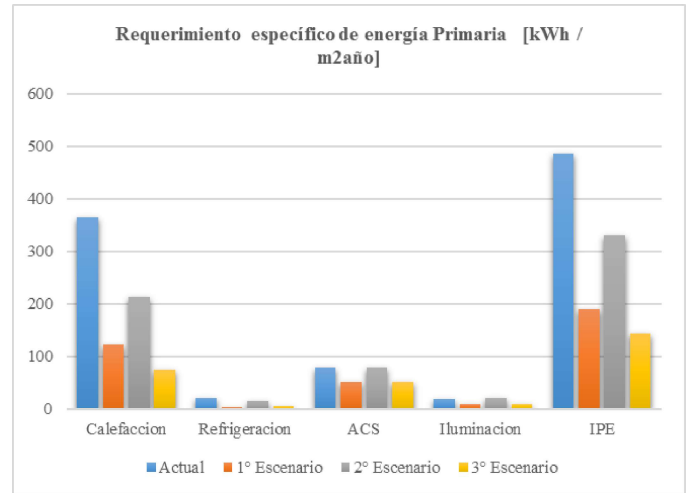


Fig. 6 - Requerimiento específico de energía primaria Fuente de Elaboración Propia

Al analizar el tercer escenario en el cual se incorporaron las modificaciones de los primeros dos, obtenemos el valor cercano al óptimo que se puede lograr en esta vivienda, sin la incorporación de energías renovables, el cual es IPE igual a 145 kWh/m² año, en la Fig. 7 podemos observar cómo se categorizó cada escenario de rehabilitación energética.

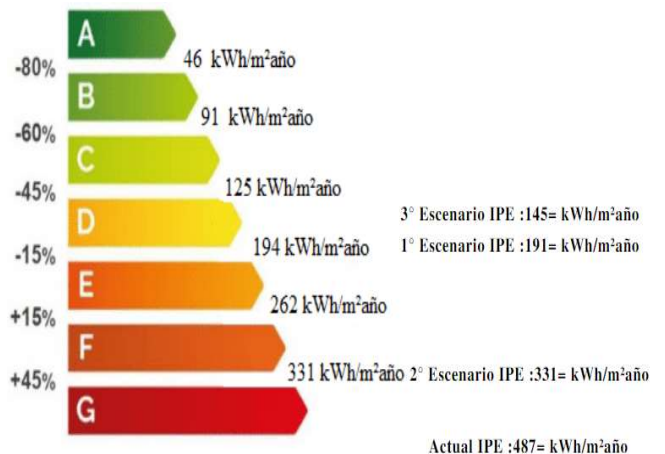


Fig. 7 - Categorización IPE de los escenarios Fuente Basado Criterio de la secretaria de Energía de la Nación para CABA[5]

REFERENCES

- [1] Gómez, N; Higuera, E; Ferrer y Arroyo, M; (2017) Herramientas de evaluación del potencial energético y optimización solar en el planeamiento de las áreas urbanas. Trienal de Investigación FAU UCV 2017, Caracas. ISBN: 978-980-00-2879-7. Dirección URL: http://trienal.fau.ucv.ve/2017/publicacion/articulos/AS/extenso/TIFAU2017_Extenso_AS-03_NGomez.pdf [consulta: Abril 2018]
- [2] Kozak, D.; Romanello, L (2012), Sustentabilidad en Arquitectura - Criterios y normativas para la promoción de sustentabilidad urbana en la CABA, Buenos Aires, Ediciones CPAU.
- [3] Batler, J; Barea, G; Ganem, C (2020) Mejoras en el desempeño energético de edificios en verano mediante la integración de envolventes ventiladas en fachadas Nortes y Cubiertas. El caso de Mendoza, Argentina.
- [4] Aumento de tarifas residenciales del servicio de energía eléctrica. Análisis del posible impacto en escenarios alternativos. Informe de Resultados 736 - Julio 2014 - Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. [En línea]. Dirección URL: https://www.estadisticaciudad.gob.ar/evc/wpcontent/uploads/2015/04/ir-2014_736.pdf [consulta: Junio 2020]
- [5] Software Etiquetado de Viviendas - Secretaria de Energia de la Nacion Argentina: <https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/> (consulta: marzo 2021)
- [6] NORMA IRAM 11603, Acondicionamiento Térmico de Edificios - Clasificaciones Bioambientales de la República Argentina.
- [7] Secretaría de Gobierno de Energía Informe - Antecedentes e implementación Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas URL: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019-11_ev2019_informe_tecnico.pdf. [consulta: marzo 2021]
- [8] Ley de reducción y optimización del consumo de energía en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires Ley 3246, Sanción 05/11/2009
- [9] Morris, J; Figueira, A; Garcia, M; Laffitto, C. Cálculo del índice de prestación energética: Comparativa de dos casos de estudio en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020, LACCEI 2020.
- [10] Prueba Piloto de Etiquetado Energético de Viviendas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/prueba_piloto_de_etiquetado_energetico_de_viviendas.pdf. [consulta: febrero 2021]
- [11] Procedimiento de cálculo del índice de prestaciones energéticas versión 0. https://www.minem.gob.ar/servicios/archivos/7581/AS_15071385911.pdf Fecha de consulta 2021/02/28
- [12] Reglamenta la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Decreto N° 351/79. ANEXO IV iluminación.
- [13] Ekotecnia Rehabilitación de edificio <http://www.ekoteknia.com/wp-content/uploads/2013/12/detalles01.jpg> (Fecha de consulta: febrero 2021)
- [14] Consumo básico de electrodomésticos Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) <https://www.argentina.gob.ar/enre/uso-eficiente-y-seguro/consumo-basico-electrodomesticos>. Fecha de consulta 2021/02/28
- [15] Cálculo de luminarias necesarias <https://www.ledbox.es/calculo-luminarias/>. (Fecha de consulta 2021/02/28)