

ENERGÍAS
ALTERNATIVAS
PARA UN
**DESARROLLO
SOSTENIBLE**

CONSTRUCCIÓN
SUSTENTABLE



ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA UN **DESARROLLO SOSTENIBLE**

Área de Pensamiento Estratégico
Diciembre 2016

CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

Cámara Argentina de la Construcción

AUTORES

Dr. Arq. Jorge Czajkowski

Dr. Salvador Gil

Dr. Damián Strier

DISEÑO GRÁFICO Y ARMADO

Bottino, Pamela

Galilea, Juan Manuel

Czajkowski, Jorge

Construcción sustentable : eficiencia energética en la construcción : oportunidades para incrementar el confort del hábitat, ahorrar energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero / Jorge Czajkowski ; Salvador Gil ; Damián Strier. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : FODECO, 2017.

62 p. ; 30 x 21 cm. - (Energías alternativas para un desarrollo sostenible)

ISBN 978-987-4401-09-0

1. Abastecimiento de Energía. 2. Energia Renovable. 3. Arquitectura Sustentable . I. Gil, Salvador II. Strier, Damián III. Título CDD 333.7962

Esta edición se terminó de imprimir en Gráfica TCM,
Murguiondo 2160 – Ciudad de Buenos Aires, Argentina,
En el mes de Noviembre de 2017

1era. edición – Noviembre 2017 / 150 ejemplares

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico , químico, óptico, de grabación o de fotocopia sin previo permiso escrito del editor.

ISBN 978-987-4401-09-0



CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

Eficiencia Energética en la Construcción:
oportunidades para incrementar el confort del hábitat, ahorrar
energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero

CONTENIDOS



1/

PG 07 - RESUMEN EJECUTIVO

PG 08 - INTRODUCCIÓN

2/

PG 13 - CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES DE GEI

PG 15 - CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL Y DE SERVICIOS

PG 15 -2.1/ VIVIENDAS RESIDENCIALES

PG 18 -2.2/ EDIFICIOS DE SERVICIOS

3/

PG 21 - CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

PG 21 -3.1/ MEJORAMIENTO EN LA AISLACIÓN DE CASAS Y EDIFICIOS

PG 21 -3.2/ CONCEPTOS Y ANTECEDENTES SOBRE CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

PG 23 -3.3/ SOBRE LOS MODOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL PAÍS

PG 24 -3.4/ EVALUACIÓN TIPOS EDILICIOS Y SUS ESCENARIOS TECNOLÓGICOS

PG 25 -3.5/ CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA A SIMULAR

PG 26 -3.6/ CASO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

PG 27 -3.6/ CASO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR PRIVADA

PG 28 -3.6/ CASO DE TORRE DE VIVIENDASDEPARTAMENTO.

4/

PG 33 - ANÁLISIS ECONÓMICO

5/

PG 37 - SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA

6/

PG 39 - OTROS AHORROS DE ENERGÍA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA

7/

PG 41 - CONCLUSIÓN

8/

PG 43 - BIBLIOGRAFÍA

PG 47 - ANEXO I

PG 53 - ANEXO II

PG 59 - ANEXO III



RESUMEN EJECUTIVO



7

En este trabajo se analiza el rol del sector de la construcción en la ecuación energética global y nacional y sus impactos ambientales, en particular las emisiones de gases de efecto invernadero. Se estudian los consumos de energía más relevantes en el sector residencial como así también en el de servicios, que incluye tanto sector comercial como el de entes oficiales. De esta forma, se busca identificar las oportunidades para lograr construcciones más sustentables en Argentina, que a la par de reducir sus consumos energéticos brinden confort y favorezcan la inclusión. También nos proponemos explorar las oportunidades que se abren en la construcción de viviendas sociales.

En particular se realiza una evaluación económica para determinar los tiempos de amortización de los mayores costos iniciales que implican las construcciones con mejoras a la aislación térmica de sus envolventes. También se discuten los modos más eficientes de obtener agua caliente sanitaria, que representa el segundo gran consumo de las viviendas en Argentina. Con los costos actuales de la energía, las mejoras en eficiencia se amortizan en menos de 15 años.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la construcción de viviendas y edificios ha sufrido cambios para adaptarse a las necesidades sociales. A principio del siglo XX, el desarrollo de estructuras de acero y cemento armado, combinado con una fuerte demanda de espacio en las grandes ciudades, impulsado por el desarrollo industrial y la creciente urbanización, condujeron a que las construcciones crecieran en altura. De este modo, se minimizaba el uso del suelo, un recurso escaso en las grandes urbes. Así, el siglo XX aportó una nueva dimensión, la altura en la construcción buscando minimizar su huella de terreno.

Con el despunte del nuevo milenio, un nuevo desafío está en ciernes. Se trata de la creciente preocupación en el mundo por el calentamiento global que está experimentando la Tierra. Hay evidencias cada vez más claras que este efecto es consecuencia, en buena medida, del uso de combustibles fósiles. Así, es probable, que aun disponiendo de enormes cantidades de recursos fósiles, debamos minimizar su uso por razones ambientales. La transición hacia fuentes renovables de energía y hacia el aprovechamiento racional de la misma, no debe ser pensada como respuesta a escenarios de escasez de hidrocarburos (de los cuales no hay evidencia), sino como un paso evolutivo de la humanidad, cada vez más urgente por la necesidad de lograr un futuro más sustentable. Después de todo, la Edad de Piedra no terminó por la carencia de piedras en el mundo.

El sector de la construcción es uno de los más demandantes de energía, y los edificios y viviendas explican una fracción relevante del consumo total y de las emisiones de gases de efecto invernadero. De este modo, el siglo XXI, nos insta al desarrollo de una nueva dimensión en la construcción, el de la sostenibilidad, entre cuyos objetivos está reducir la huella de carbono de los edificios preservando y aun mejorando sus condiciones de confort y procurando una mayor accesibilidad para que un espectro más amplio de sectores sociales tenga acceso a estos beneficios.

Impacto ambiental de los edificios en E.E.U.U.

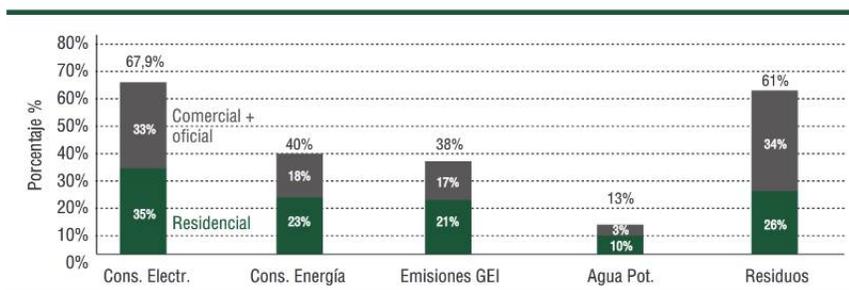


Figura N/1: Impacto ambiental de los edificios en EE.UU. en 2004. Fuente EPA

Un desarrollo sostenible es el que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras a satisfacer las suyas. Involucra aspectos económicos, sociales y medioambientales. El objetivo de la eficiencia energética es usar los mínimos recursos energéticos posibles, para lograr un nivel de confort deseado. Esta elección tiene sentido tanto económico como ambiental. Al usar menos combustibles para hacer las mismas actividades, se disminuye el costo de las facturas de los usuarios y reduce la necesidad de ampliar la infraestructura energética. Al mismo tiempo se mitigan las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global y se preservan los recursos energéticos. En particular, los edificios, tanto residenciales como de servicios (es decir comerciales y públicos), generan no sólo emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI), sino que tienen importantes impactos ambientales como lo sugiere la figura 1. Si bien estos datos corresponden estrictamente a EE.UU, el impacto de los edificios en otros lugares es similar. Por ejemplo, el Instituto Europeo de Performance de Edificios (BPIE) estima que el 40% de la energía total consumida y el 36% de las emisiones de CO2 de Europa provienen de los edificios.

El paradigma de sostenibilidad consiste en minimizar la huella de carbono que producimos en todas nuestras actividades. Es decir racionalizar y eficientizar nuestros consumos de energía, como así también minimizar el uso de recursos fósiles de modo de mitigar las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Los gobiernos de muchos países están cada vez más conscientes de la urgente necesidad de hacer un uso más racional y eficiente de los recursos energéticos del mundo. El uso racional y eficiente de la energía (UREE) junto a las energías renovables³ (ER) son consideradas como las herramientas más adecuadas, económicas y más fáciles de implementar para mejorar la seguridad energética y reducir las emisiones de GEI. En ese sentido, varias agencias intergubernamentales, como la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), proponen la adopción de medidas de UREE y promoción de las ER. En realidad, estas dos alternativas, deben verse como dos caras de una misma moneda, ya que se complementan y potencian mutuamente. Al disminuir nuestros consumos, las inversiones en ER se reducen y por lo tanto su implementación se facilita y potencia.

Un hecho notable es que, tanto en Argentina como en el mundo, cerca del 40% de la energía se consume en edificios (de viviendas y servicios) en forma directa para su funcionamiento, como lo ilustra la Figura 2. Por otra parte, el consumo de energía de los edificios a lo largo de su ciclo de

³. Se denominan Energías Renovables a aquellas fuentes de energía prácticamente inagotables o que son capaces de regenerarse naturalmente. Entre ellas se encuentran: la energía solar, la eólica, la geotérmica, la hidroeléctrica de pequeño porte (hasta 50 MW), la mareomotriz, la biomasa y los biocombustibles, etc. En este informe, en consonancia con el espíritu de la Ley 27191/2015, excluirémos a las energías renovables tradicionales como la hidráulica de gran porte y la leña, que precisan de una consideración diferente.

vida útil, es decir desde la fabricación de los materiales, el diseño, el acarreo de materiales y la construcción, implica que parte de la energía usada en la industria como en el transporte, también están asociadas a los edificios, como lo ilustra la Figura 3. Si se tiene en cuenta estos efectos, vemos que la industria de la construcción agrega al consumo de energía relacionada con los edificios, una contribución adicional del 10% al 15%.

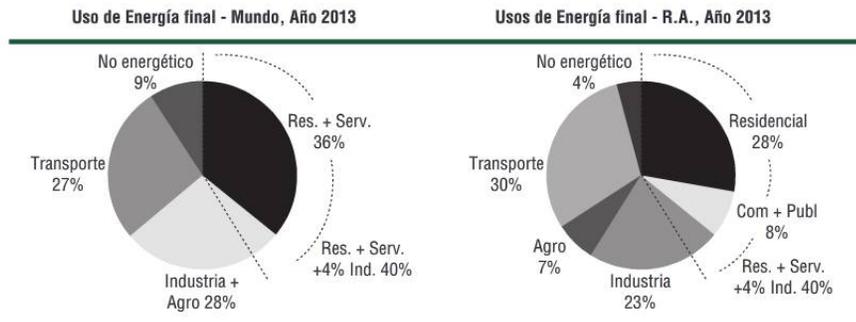


Figura N/2: El gráfico de la izquierda refleja el consumo de energía por sectores para el año 2012 a nivel mundial y el de la derecha para la Argentina. El sector residencial y de servicio (comercial y oficial) consume 34% para el primer caso y el 33% en el segundo. Sin embargo, se estima que del orden del 5% del consumo industrial se hace en sus edificios, de modo que en ambos casos el consumo total en edificios es del orden del 40%.

Así la energía total usada en edificios (destinados a vivienda, comerciales, entes oficiales y aquellos destinados a la producción industrial) y producción de materiales para la construcción, es del orden del 50% del total. Por lo tanto el sector de la construcción juega un rol muy importante en la sostenibilidad energética y las emisiones de GEI.

Ciclo de vida de los edificios

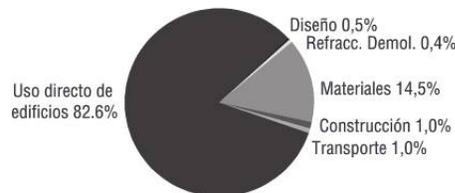


Figura N/3: Este gráfico muestra el consumo de energía de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, es decir desde la fabricación de los materiales, el diseño, el acarreo de materiales y la construcción. Este estudio en particular fue realizado para edificios de Gran Bretaña en el año 2010.

Por lo tanto, así como a comienzos del siglo XX la industria de la construcción incursionó en la dimensión de la altura, para reducir su huella territorial, hoy el desafío de la industria consiste en explorar y liderar la incursión en la nueva dimensión de la sostenibilidad.

Actualmente, alrededor de 18% de la población mundial, todavía no tiene acceso a la electricidad, y se estima que cerca del 40% de la población mundial aún usa leña o carbón para cocinar, es decir fuentes de difícil acceso, que generan deforestación, son muy costosas y contaminantes para los habitantes de esas viviendas. En un intento de buscar respuesta a estos desafíos globales, las Naciones Unidas y el Banco Mundial lanzaron la iniciativa “Energía sostenible para todos” (Sustainable Energy for all o SE4all). Esta iniciativa es un intento de lograr el acceso universal a la energía, mejorar la eficiencia energética y aumentar el uso de energías renovables en el mundo.

En este trabajo se describen los principales factores que influyen en la construcción y el consumo de energía de los edificios, como alternativas para reducir estos consumos y usar nuevas energías no contaminantes.



1/ CONSUMO DE ENERGÍA Y EMISIONES DE GEI

Argentina –como lo ilustra la Figura 4– depende fuertemente de los combustibles fósiles para su aprovisionamiento energético. El petróleo y el gas contabilizan casi el 90% de la energía consumida, siendo el gas natural la componente más importante de la matriz energética, ya que aporta más de la mitad de toda la energía primaria. Análogamente, el mundo, también depende en un 87% de los combustibles fósiles, pero con una participación mayor del carbón mineral, que en Argentina es mínima, inferior al 0,3%.

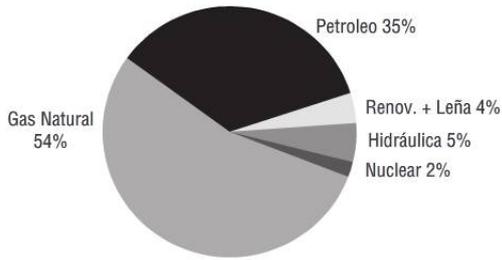
Tanto el país como el mundo necesitan imperiosamente moverse a vías de desarrollo más sostenibles, si queremos reducir las causas del incremento del efecto de invernadero. Se estima que una marca clave lo constituye el límite de 450 partes por millón en volumen (ppm) de CO2 equivalente en la atmósfera. En Escenario 450 del IPCC se indican las medidas necesarias para limitar la concentración de CO2 en la atmósfera a 450 ppm, y conseguir que la temperatura global no aumente más allá de 2°C de los niveles preindustriales hacia fines del siglo XXI. En las circunstancias presentes, de no realizarse cambios en nuestras pautas de consumo, según las tendencias actuales, a este valor se llegaría antes de 2040, como lo ilustra la Figura 5. Por lo tanto, el tiempo disponible para lograr un mundo más sostenible es exiguo.

La Agencia Internacional de Energía en el World Energy Outlook (2011) señala que “cuatro quintas partes de las emisiones totales de CO2 procedentes de la energía permitidas por el Escenario 450 para 2035 ya están “comprometidas” por el stock de capital existente (centrales eléctricas, edificios, fábricas, etc.). Si no se aplican nuevas medidas severas a

partir de 2018, la infraestructura energética existente para esa fecha generará ya todas las emisiones de CO2 permitidas por el Escenario 450 hasta 2035, por lo que no quedará lugar para nuevas centrales eléctricas, fábricas u otras infraestructuras, a menos que sean de emisión nula de carbono, lo que resultaría extremadamente costoso.

Por otro lado, diferir la actuación inmediata constituye un error en términos económicos: por cada dólar no invertido en el sector eléctrico antes de 2020, será preciso gastar más de 4 dólares más después de 2020 a fin de compensar el aumento de las emisiones. Se estima que para lograr los objetivos del Escenario 450, que no es el óptimo, sería necesario destinar cada año el 1,4% del PBI mundial. Todo este coste, sin embargo, se vería compensado parcialmente por los beneficios que producirá en la economía, la mejora en salud y seguridad en el suministro de energía.

Matriz Primaria - RA Año = 2013



Matriz Energética Mundial Año = 2013

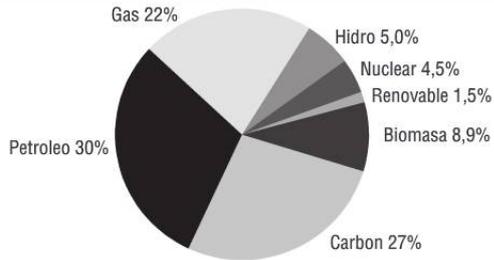


Figura N/4: Matriz energética de Argentina (izquierda) y del mundo (derecha) para el año 2013. Fuente International Energy Agency (IEA) y Ministerio de Energía y Minería de la Nación. En el caso argentino, la biomasa representa el 4%, de las cuales 1,8% son las nuevas renovables y 2,2% de leña, bagazo, etc.

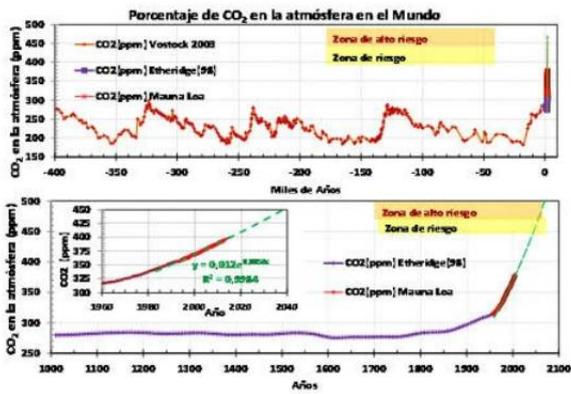


Figura N/5: Porcentaje de CO2 equivalente en la atmósfera terrestre. Arriba, datos obtenidos en Vostock (2003) correspondientes a los pasados 400 mil años. Los datos más recientes son de la Estación Mauna Loa. En el panel inferior se presentan los datos correspondientes a los últimos mil años y una extrapolación, en el modelo BAU a los próximos 100 años (líneas de trazos). Se observa que a menos que se tomen medidas efectivas y prontas, hacia el año 2040 alcanzaríamos los 450 ppm.

2/ CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL Y DE SERVICIOS

La experiencia internacional indica que una de las formas más rápidas y económicas para reducir el consumo de energía es racionalizar y eficientizar el consumo, cosa que para la Argentina es posible. En esta sección se analiza el consumo de energía en Argentina, focalizadas principalmente en los consumos residencial, comercial y entes oficiales. Para ello, analizaremos en consumo residencial en el país, primero en forma separada el consumo de gas, luego el eléctrico y finalmente en forma combinada, para identificar las mayores fuentes de consumo en este sector.

2.1/ VIVIENDAS RESIDENCIALES

2.1.1. CONSUMO DE GAS NATURAL

Las componentes del consumo de gas natural para uso residencial (R), comercial (C) y público o entes oficiales (EO) en Argentina, son de carácter ininterrumpible y tienen características similares. Estas componentes del consumo son fuertemente termo-dependientes. La suma de los consumos R+C+EO constituyen aproximadamente el 30% del total del consumo de gas en Argentina.

En la Figura 6 se muestra la variación del consumo específico

medio, esto es el consumo por usuario y por día, en función de la temperatura para los usuarios residenciales (R) y los usuarios comerciales y de entes oficiales (Com+EO). Presenta los datos correspondientes a todo el país. Puede interpretarse de la siguiente manera: a altas temperaturas el uso del gas residencial se reduce a cocción y calentamiento de agua, que a altas temperaturas ($T > 20^{\circ}\text{C}$) tiende a un valor aproximadamente constante. Este consumo, asociado a la cocción y calentamiento de agua lo denominamos consumo base y viene descripto por la línea de puntos verde de la Figura 6. A medida que la temperatura desciende por debajo de unos 18°C , comienzan a encenderse paulatinamente los calefactores. Cuando todos los calefactores de una vivienda están encendidos, el consumo alcanza un valor de saturación, para $T < 5^{\circ}\text{C}$. Si se extrapola el consumo base ($T > 20^{\circ}\text{C}$) a bajas temperaturas, puede separarse en consumo base de calefacción a todas las temperaturas, como se ilustra en la Figura 7.

Asimismo, si se grafica el consumo medio total para todos los usuarios R+C+EO, para todos los meses de un año, es posible separar el consumo asociado a calefacción del consumo base. En la Figura 8 se muestra la variación del consumo R en todo el país a lo largo del año 2014. En este gráfico se separa la componente de gas usado en el consumo base y los asociados a calefacción, en invierno. Se observa que para el conjunto residencial+ comercial + oficial (R+C+EO) de gas, el porcentaje destinado a la calefacción, varía entre 55% y 62%, dependiendo de la rigurosidad del invierno. En el caso de la componente R sola, la fracción de gas destinado a calefacción varía entre el 52% y el 60%, dependiendo de la rigurosidad del invierno.

Por su parte, el consumo base puede separarse analizando los

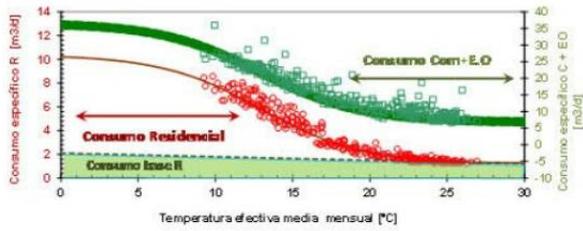


Figura N/6: Variación de los consumos específicos R (residencial, círculos rojos) referidos al eje vertical izquierdo y consumo específicos comerciales y de entes oficiales (cuadrados verdes) referidos el eje vertical derecho. Las líneas continuas, indican los consumos predichos por medio de un modelo teórico de consumo en función de la temperatura. Los consumos específicos que se grafican son los promedios diarios mensuales como función de la temperatura media mensual. La línea de puntos verdes, es una extrapolación a bajas temperaturas del consumo base, es decir el destinado a cocción y calentamiento de agua en el sector residencial. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS.

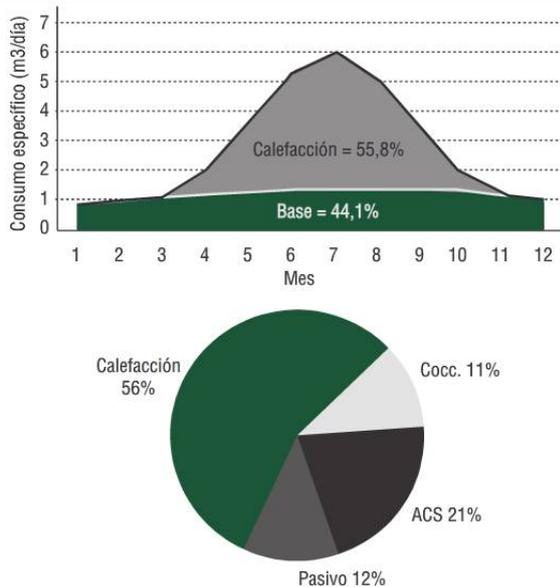


Figura N/7: Consumos específicos diarios promedio R para los años 2011 al 2016. Los consumos de los meses de verano permiten caracterizar los consumos base. Si se atribuyen los consumos adicionales en los meses más fríos al uso de calefacción, se puede ver que el consumo de calefacción de edificios varía entre el 52% y 60% del total del consumo R, dependiendo de la rigurosidad del invierno de cada año. Los datos corresponden a todo el país, no se incluye el consumo de GLP. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS.

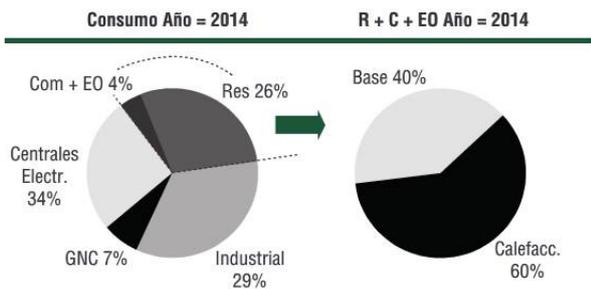


Figura N/8: Distribución del consumo de gas para el sector R+C+EO. Año 2014. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS.

consumos en edificios con servicios centrales (calefacción y agua caliente). En estos casos los consumos de las viviendas individuales de estos edificios, es consumo de cocción, como se ilustra en la Figura 9. Por otra parte el consumo en verano de estos edificios es sólo consumo de agua caliente. Prorrateando este consumo entre los distintos departamentos de los edificios, se obtiene el consumo de agua caliente.

En el caso de agua caliente, el consumo medio nacional es inferior al indicado en la Figura 9, en parte porque los departamentos con servicios centrales en CABA albergan sectores sociales de ingresos medios y altos, que en general tienen un consumo mayor de agua, además en CABA el consumo de agua es mucho mayor que en el resto del país. De las figuras 6 y 7 se infiere que el consumo medio de ACS en el país es de 1,15 m³/día (equivalente a 12,4 kWh/día y consistente con un volumen de ACS de 200 litros/día) y un consumo medio de 0,31 m³/día (equivalente a 3,4 kWh/día) para la cocción. Con estos datos, los consumos residenciales de gas se muestran en la Figura 10.

2.1.2 CONSUMO DE ELECTRICIDAD

El consumo eléctrico en el sector residencial es más complejo de analizar que el de gas. En parte por la gran cantidad y variedad de artefactos de uso doméstico. Para su análisis nos basaremos en datos estadísticos globales y mediciones individuales más exhaustivas realizadas en una muestra de 30 viviendas de CABA y GBA.

De los valores de los consumos a nivel nacional proporcionados por los Balances Energéticos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación y los datos de estadísticas económicas del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, se elaboró la Figura 11.

Para analizar la distribución de consumos eléctricos, se realizó un estudio exhaustivo de unas 30 viviendas, pertenecientes a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y personal de ENARGAS que participaron voluntariamente en este estudio. Para ello, a cada voluntario se lo dotaba de un equipo de medición de potencia y consumo eléctrico. Se solicitaba que en cada casa se realizara una medición de la potencia de consumo de cada artefacto eléctrico disponible y se estimara el tiempo de uso de cada uno de ellos. Luego con estos datos, se ajustaban los tiempos de uso de modo que el consumo anual resultante fuese consistente con el medido por la factura de electricidad de la distribuidora para esa vivienda.

En algunos artefactos, como heladera, se medía el consumo diario a lo largo de todo un día, de este modo se tenía en cuenta el hecho que típicamente las heladeras consumen energía en forma intermitente, con ciclos de funcionamiento y parada del compresor. En el caso de lavarropas, se medía el consumo de todo un ciclo de lavado típico y se estimaban el número de veces que por semana se realizaba esta operación. En el caso de lámparas, se dividían en dos grupos, aquellas de uso frecuente y la ocasionales, para cada grupo se estimaban sus

tiempos medio de uso. Con este procedimiento fue posible realizar un gráfico de distribución del consumo eléctrico. En la Figura 12 se muestra el resultado para el conjunto de la muestra analizada.

Como se ve en la Figura 12, el consumo medio de la muestra fue de 2709 kWh/año, que es comparable con los consumos medios de CABA y Buenos Aires detallados en la Figura 11, lo cual sugiere que la muestra utilizada es representativa del comportamiento promedio de esta región del país. Como se observa en la Figura 12, el consumo más importante en las viviendas de esta zona es el de las heladeras, representado un 38% del consumo total eléctrico. En segundo lugar, aparece el aire acondicionado con 20% y en tercer lugar la iluminación con 11% del total.

Dado que este ensayo se realizó en el primer cuatrimestre de 2016, justo antes del incremento de tarifas, cuando las lámparas fluorescentes compactas (LFC) prevalecían junto a las incandescentes halógenas, si se produjera un reemplazo masivo de lámparas a LED, es previsible que este porcentaje de electricidad dedicado a la iluminación se reduzca a la mitad. Asimismo, las Figuras 11 y 12 nos sugieren la magnitud de los ahorros de energía eléctrica que podría lograrse por un cambio masivo de lámparas a tecnología LED. Dado que las lámparas LED actuales (superiores a 100 Lúmenes/Watt) son casi el 60% más eficientes que las LFC y casi 5 veces más eficientes que las incandescentes halógenas, el recambio podría significar un 50% de ahorro en iluminación. Es decir, el ahorro podría rondar en el 5% del consumo total residencial.

Teniendo en cuenta que, según los datos de CAMMESA, la generación anual de electricidad es de 138 TWh, como el sector residencial consume cerca del 35% del total (Figura 1), un ahorro del 5% en el consumo residencial equivaldría a unos 2,4 TWh/año (6,62 GWh/día). Utilizando datos del año 2015, este valor equivale a ahorrar un 46% de la energía aportada por la represa Salto Grande (5,2 TWh), o la energía generada por 3 centrales térmicas de la envergadura de Vuelta de Obligado, o al 62% de la energía nuclear generada por Atucha II (3,9 TWh). Asimismo, es aproximadamente equivalente al 50% de la energía demandada por regiones enteras de nuestro país, como Patagonia o Comahue, o al 30% de la región de Cuyo, o del Noroeste.

Este ejemplo de la iluminación, nos permite cuantificar el valor de la energía ahorrada en U\$S/MWh, la misma unidad que se suele utilizar para medir el costo de la energía generada, y verificar el verdadero alcance de la frase "la energía más barata es aquella que no se consume". En Argentina hay 4 lámparas por habitantes, es decir poseemos unos 160 millones de lámparas en el sector residencial. A un costo medio de 0,5 U\$S/lámpara, un recambio de lámparas tendría un costo de unos 80 millones de U\$S, y generaría un ahorro de energía del orden de 2,4 TWh/año. Teniendo en cuenta que su vida útil es del orden de 10 años, el ahorro energético sería de 24 TWh. Por consiguiente, el costo de generar este ahorro es de 3,3 U\$S/MWh², es decir, unas 24 veces menos que el costo actual medio de la generación eléctrica (unos 80 U\$S/MWh). Esto es válido aún sin considerar los costos de transporte y distribución de la energía, y sin incluir el costo de los numerosos recambios

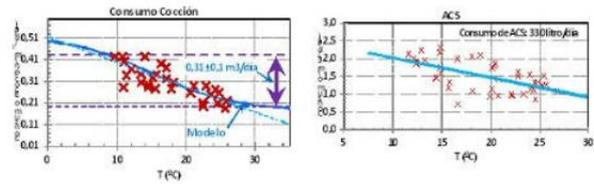


Figura N/9: Consumo de gas para cocción (izquierda) y agua caliente sanitaria (ACS, derecha) para edificios de CABA con servicios centrales. En consumo de gas es consistente con un uso diario de hornallas 80 min y de 15 de horno. Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por Metrogas.

Consumo diario de gas Nat. = 2,7 m3/día Consumo Base = 1,4 m3/día

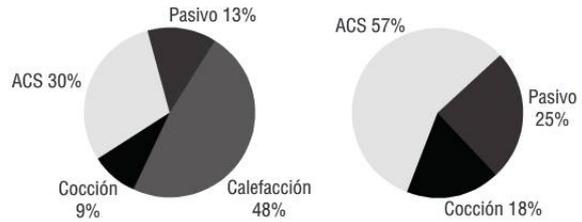
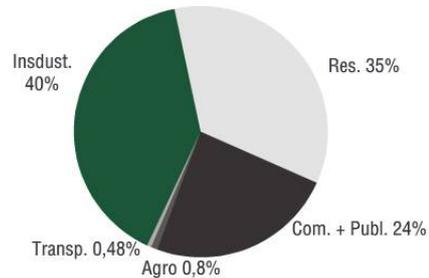


Figura N/10: Consumo de gas residencial medio para la zona centro y norte del país. A la izquierda la distribución total del consumo residencial. A la derecha la distribución del consumo de base, es decir el de verano. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS.

Consumo Eléctrico- RA 2014



Consumo residencial eléctrico Argentina

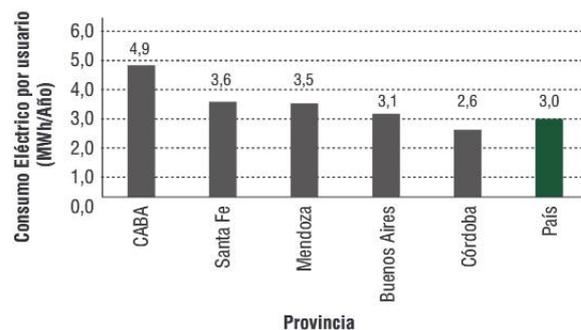


Figura N/11: Arriba la distribución del consumo eléctrico entre los distintos sectores de consumo. Abajo se muestran los consumos eléctricos residenciales promedio para las principales ciudades de Argentina. Fuente: Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires, «Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013,» Marzo 2014.

². 80 MU\$S/24 TWh = 3,3 U\$S/MWh

Consumo Eléctrico Medio = 2709 kWh/año

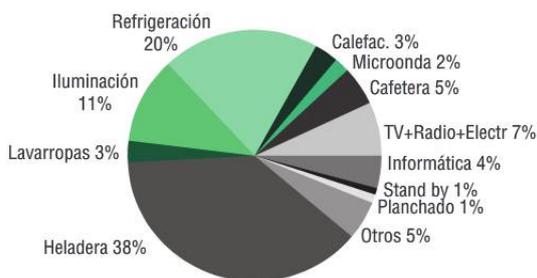


Figura N/12: Consumo eléctrico residencial realizado en una muestra de 30 casas de voluntarios de la UNSAM de nivel socioeconómico medio en la región de CABA y GBA. Fuente elaboración propia.

Consumo anual= 1552 m3/año

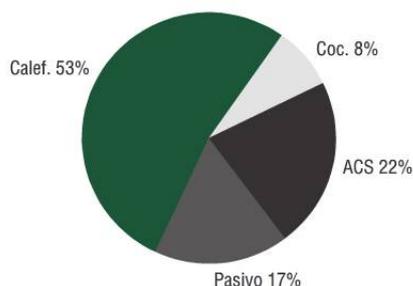
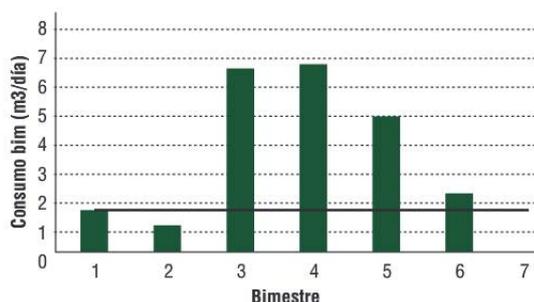


Figura N/13: Auditoría de los consumos de gas en una vivienda particular usando los datos de facturación. En gráfico de barras muestra los consumos específicos para cada bimestre. La línea horizontal, es el consumo base medio, obtenido como promedio de los bimestres de verano (1,2 y 6). Los consumos arriba de la línea horizontal corresponden a la calefacción. Estimados los tiempos de uso de la cocina, se obtiene el consumo de cocción. Fuente elaboración propia

Consumo Total= 12,8 MWh/año

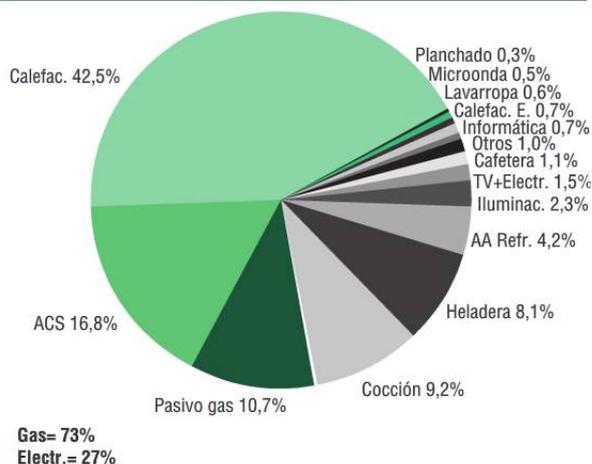


Figura N/14: Consumo residencial medio total, incluyendo la fracción de energía que se consume como gas y electricidad respectivamente. Fuente elaboración propia.

de lámparas necesarios con tecnologías de mayor consumo a lo largo de la vida útil de una lámpara LED.

En este mismo estudio de los consumo eléctricos, se realizó en forma simultánea una auditoría de los consumo de gas natural (GN) de estas mismas viviendas. Este análisis se realizó tomando como base los consumos bimestrales medidos por las distribuidoras de gas para cada casa. Reduciendo estos consumos bimestrales a consumos diarios, como se muestra en la Figura 13, se pudieron separar los distintos consumos. Esta distribución de consumo de gas obtenida de la muestra sirvió para corroborar la consistencia de los datos de la muestra con la distribución del consumo obtenida del análisis de los datos globales, mostrada en la Figura 10. Los consumos indicados en las Figuras 12 y 14 para Argentina, se comparan muy bien con los registrados en la región central o continental de España. En ese país se realizó un estudio mucho más exhaustivo y completo, cuyos resultados son comparables a los encontrados localmente, en particular los mayores consumos residenciales son similares.

De hecho, los consumos de gas indicados en la Figura 13 son los indicados en la Figura 10. Tomando los consumos medios de gas mostrados en la Figura 10, y pasando los consumo diarios de m3 de gas natural a kWh, combinado todos los consumos, a gas y eléctricos, se pudo construir la Figura 15, que muestra la distribución de todos los consumos energéticos en una vivienda típica de la región central de Argentina.

Es interesante notar que el consumo de gas en el sector residencial de Argentina es casi 4 veces superior al de electricidad. Además, los principales consumos en el sector residencial se muestran en la Tabla 1.

Un hecho notable es que el consumo pasivo de los sistemas de calentamiento de agua, representa el tercer consumo en el sector residencial. Este es el consumo asociado al de los pilotos de calefones y el consumo de mantenimiento de termostatos, que como veremos, es superior al de los pilotos. En particular, este es un hecho notable, dado que desde ya hace varios años existen en el mercado calefones con encendido electrónico, los clase A en etiquetado de eficiencia, que no tiene llama piloto, o sea su consumo pasivo es prácticamente nulo.

2.2/EDIFICIOS DE SERVICIOS

En el caso del sector comercial y residencial en Argentina, hay relativamente pocos estudios exhaustivos de los consumos. En la Figura 15 se muestra la distribución de consumo entre los distintos sectores, para la electricidad, gas natural y energía total. Se observa que el consumo eléctrico, es relativamente más importante en los sectores de servicio, que en el residencial.

Una forma de entender mejor este consumo, puede obtenerse

analizando los consumos detallados del sector comercial realizado American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) en 2011. Los resultados de estas auditorías se muestran en la Figura 16. Es de esperar que estas características del consumo comercial sean similares a las de países de desarrollo intermedio, como Argentina, o al menos pueden servir de referencia.

Tal como puede apreciarse, en los edificios comerciales, el consumo de acondicionamiento térmico de interiores, es nuevamente el dominante (calefacción y aire acondicionado) seguido por iluminación, equipos de oficina y otros artefactos eléctricos.

Artefacto	Consumo medio (kWh/Año)	Desvío estand. %	Porcentaje del total	
Calefacción	5.457	79%	42%	Gas 79% del total residencial
ACS	2.155	165%	17%	
Pasivo Gas	1.381	88%	11%	
Cocción	1.184	104%	9%	Electricidad 21% del total residencial
Heladera	1.036	60%	8%	
Refrigeración	533	141%	4%	
Iluminación	292	76%	2,3%	
TV+Radio+ Electr. Gral.	190	57%	1,5%	
Cafetera y Tostadora	142	131%	1,1%	
Otros Eléctricos	125	155%	1,0%	
Informática	93	111%	0,7%	
Calefa. Eléctrica	89	90%	0,7%	
Lavarropa	77	109%	0,6%	
Microonda	60	143%	0,5%	
Planchados	36	156%	0,3%	
Stand by eléctrico	36	108%	0,3%	

Tabla N/1: Participación de los principales artefactos domésticos en el consumo de energía en el sector residencial. La desviación estándar % indica el porcentaje de variación en la participación de cada componente.

Argentina 2015

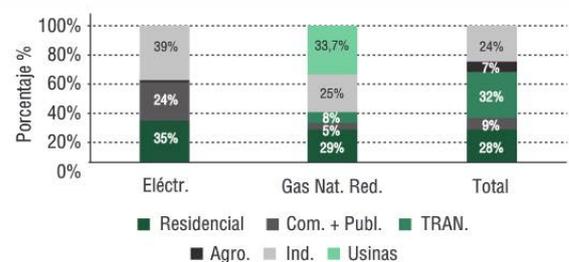


Figura N/15: Distribución de los consumos eléctricos, de gas natural y total para los distintos sectores del consumo en Argentina para el año 2014. Fuente: Ministerio de Energía y Minería de la Nación.

Edificios de comerciales de E.E.U.U. Total 2011

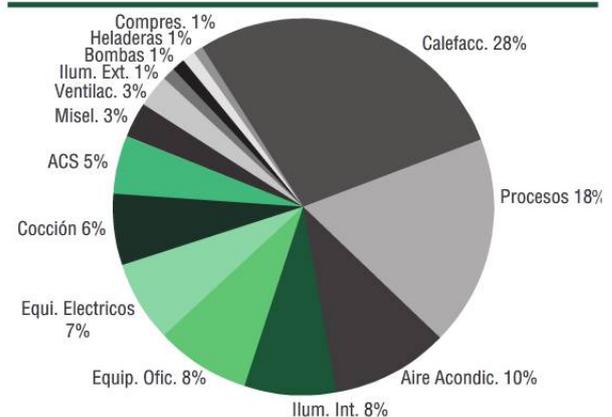


Figura N/16: Consumo eléctrico comercial medio, para edificios comerciales de EE.UU. en 2011. Fuente ASHRAE



3/ CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

3.1/ MEJORAMIENTO EN LA AISLACIÓN DE CASAS Y EDIFICIOS

Varios estudios indican que mejorando la aislación térmica de las paredes exteriores y techos con aislantes convencionales (lana de vidrio, poliuretano expandido de alta densidad, etc.), y sobre todo utilizando diseños constructivos adecuados, se puede reducir la conductividad térmica en un factor de 2 o más. Otra mejora importante se puede lograr en ventanas con doble vidrio o doble vidrio hermético (DVH), que permiten en promedio una mejora importante en aislación respecto del vidrio simple. Desde luego, el uso de burletes de goma o similares pueden disminuir significativamente las infiltraciones de aire. Un factor 2 en la aislación térmica de viviendas, tendría un impacto en el consumo de energía para calefacción de magnitud similar. Esta mejora en la envolvente térmica también disminuiría los requerimientos energéticos de refrigeración. Actualmente en Argentina existe una norma IRAM de etiquetado de aislación térmica de envolventes, IRAM 11900. Si una vivienda convencional tipo H, en la categorización del etiquetado, (quizás las más prevalentes en la actualidad) pasara a tipo E, tomando como base una vivienda tipo 23 de unos 65 m², su consumo en calefacción y refrigeración podría reducirse en un 50%. El incremento en costo de la construcción para llegar a esta categoría de etiquetado, según la Norma IRAM 11900, sería del orden de 2 al 3% superior que si se construyera la misma vivienda en categoría H.

Por otra parte, con mejor aislación térmica, los artefactos requeridos para calefaccionar y refrigerar estos ambientes serían concomitantemente menores, lo que importaría mayores ahorros. El consumo de gas para calefacción es del orden de los 6 m³/día -en los días fríos- tal como se ve en la Figura 8. Si se realizaran tareas que mejoren la aislación térmica y haciendo una suposición conservadora, que las mejoras en aislación térmica fuesen sólo de un factor 2, el consumo en calefacción disminuiría en el mismo factor, o sea pasaría de 6 m³/día a unos 3 m³/día. Una mejora de este orden significaría, a nivel nacional, ahorros del orden de 20 millones de m³/día, si los 7 millones de usuarios de gas por redes adoptaran estas mejoras. La implementación parcial de estas medidas, de todos modos generaría ahorros, que tendrían directa relación con la proporción de viviendas mejoradas.

3.2/ CONCEPTOS Y ANTECEDENTES SOBRE CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

Argentina va a la saga del medio internacional ya que no posee un sistema de certificación de edificios sustentables. Si existen oficinas y profesionales de organismos internacionales de certificación entre los que destaca US Greenbuilding con su certifi-

cación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

Los sistemas de certificación evalúan y miden el grado de impacto ambiental relativo que causaría una construcción en sus diversas fases a lo largo de su ciclo de vida desde la concepción proyectual hasta la demolición y disposición de sus residuos. Los requisitos que debe cumplir un edificio requiere del apoyo de normas y en el caso de LEED es usual el Standard ASHRAE 90.1 (Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings), ASHRAE 90.2 (Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings) y ASHRAE 189.1 (Standard for the Design of High-Performance Green Buildings) en sus diversas versiones y en otros países sus normas locales. ASHRAE, significa American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers es una asociación profesional fundada en 1894 en Nueva York, pero que actualmente tiene carácter global y prosigue el bienestar humano a través de la construcción sostenible. A nivel internacional son frecuentes la certificación LEED del Green Building Council (GBC) de EEUU, BREEAM del Building Research Establishment de Inglaterra, HQE de la Association pour la Haute Qualité Environnementale de Francia, Passivehouse del Institute for Housing and the Environment de Alemania, Verde de la filial GBC de España, entre muchos otros.

La certificación LEED del GBC de EEUU establece una completa matriz ambiental de consideración y calificación de las diversas variables que competen a un edificio sustentable o verde. Entre el 2000 y el 2015 certificó 83.452 edificios por un total de 1.280 millones de metros cuadrados. El principal objetivo es reducir el impacto ambiental de cada edificio certificado a partir de la matriz propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA). La importancia o peso relativo que se da en esta certificación a la eficiencia energética, podría considerarse relativamente baja e incluso estudios mencionan que son tan poco eficientes como un edificio no certificado. Sobre un total de 110 puntos, a la eficiencia energética del edificio se le otorgan 19 puntos (17,27%) que debe satisfacerse con una simulación energética donde se compara el edificio proyectado con uno que sirve de "línea de base". Desde ya se lo entiende como optimización de la eficiencia energética, ya que previamente debe cumplirse con lo establecido en la norma o estándar ASHRAE 90.1/2010 y funciona como "línea de base".

En la certificación intervienen aspectos tales como: Ubicación y Transporte (16 puntos), Sitios sustentables (10), Uso Eficiente del Agua (10), Energía y Atmósfera (35), Materiales y Recursos (14), Calidad Ambiental Interior (15), Innovación en el diseño (6) y Prioridad Regional (4). Podría suceder que se alcance una certificación LEED Plata (60 a 79 puntos) u Oro (80 o más puntos) con mínimas mejoras en la eficiencia energética, siempre en obra nueva. Un paso intermedio es gestionar una certificación C&S (Core & Shell o núcleo y envolvente) donde se le dará más peso a la eficiencia energética considerando 3 a 23 puntos.

Podríamos considerar que en este protocolo de certificación la eficiencia energética, que podríamos llamar "pasiva" o que se relacione con aspectos que no tengan que ver con el equipamiento energético, no es adecuadamente considerada.

En la certificación BREEAM de Inglaterra, los aspectos energé-

Argentina 2015



Figura N/17: Diferencias entre certificaciones respecto de su compromiso ambiental. Este compromiso puede ser con la población al cuidar la calidad del aire interior, la ergonomía, accesibilidad y relacionados apoyados por encuestas. O puede darse más peso al planeta al buscar mitigar el impacto ambiental global jerarquizando la eficiencia energética, las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida, el uso de energías renovables y relacionadas con el planeta y con la gente. Fuente: Elaboración propia a partir de datos GBC Francia.

ticos representan el 18%, ligeramente superior a LEED. Es un sistema maduro con más de 25 años y 110 mil edificios certificados, mayoritariamente en Inglaterra. Hasta 2008 no contaba con un sistema de matriculación profesional y llevó a que se demore su internacionalización. Recién en 2016 hizo su presentación en Argentina. En esta certificación intervienen aspectos tales como: Gestión (11.5), Salud y bienestar (14), Energía (18), Transporte (8), Agua (10.5), Materiales (12), Residuos (7), Uso del suelo y ecología (9.5), Contaminación (9.5) e Innovación (10). El principal objetivo apunta a reducir las emisiones GEI principalmente CO₂. Así como un edificio LEED Platino podría reducir en un 25% el consumo de energía, el nivel superior de BREEAM busca edificios de energía y emisiones cero.

Para hacerse internacional y competir con LEED, tanto BREEAM como HQE optaron por admitir el uso de los estándares propuestos por ASHRAE 90.1/2010 y 90.2/2014 y así aprovechar el software y protocolos asociados. Estos tres casos, tienen similitud en las variables involucradas aunque con diferencias en los pesos a cada variable ambiental o uso de indicadores absolutos en unos o relativos en otros. Cabe mencionar que se adaptan a sus culturas constructivas o buscan una globalización de sus culturas nacionales.

En este momento y buscando la necesidad de un modelo Argentino de certificación hay que debatir acerca de qué peso le damos a la eficiencia energética y a cada una de las otras variables ambientales. Si los componentes constructivos que se fabrican y/o comercializan no siempre conocemos su comportamiento físico y energético, ciclo de vida, ¿cómo debiéramos proponer una primera versión de certificación y calificación? ¿Buscamos sólo un modelo nacional o debemos buscar un modelo regional o sub continental?

En base a lo expuesto es de vital importancia realizar un análisis comparativo para tres tipos usuales de vivienda en el país en relación a los modos constructivos más difundidos, en base al cumplimiento de normas exigidas por leyes provinciales y una versión mejorada o recomendada de estas.

Al finalizar tendremos una comprensión cabal del perjuicio que causa continuar por la senda convencional e ineficiente al construir viviendas y los beneficios que tendríamos al cumplir con leyes o superarlas.

3.3. SOBRE LOS MODOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL PAÍS

En mayor o menor medida, el hábitat construido en la Argentina se ha desarrollado con pautas de diseño tecnológico definidas a partir de la sanción de la Ley Nacional 13064 de 1947 sobre Obras Públicas en General, junto a todas sus modificaciones en el tiempo. Estas modificaciones a la Ley y a sus decretos

reglamentarios se centraron principalmente en cuestiones económicas y administrativas, no así en actualizar el “modelo tecnológico en la construcción de edificios” para que incluya la eficiencia energética y el uso racional de la energía. En general en los modelos de Pliegos de Bases y Condiciones en la sección “Especificaciones Técnicas” se describe lo que conocemos como “Construcción Tradicional” también llamado “Construido según las reglas del arte de la construcción”.

En el caso de la Provincia de Buenos Aires en 2003 se sancionó la Ley 13059 que recién fue reglamentada en 2010 mediante Decreto 1030. En ciudad de Buenos Aires se sancionó la Ley 4458 en 2012 que fue vetada parcialmente y no se reglamentó. Los Códigos de Edificación prácticamente no hacen mención a mejoras en la calidad térmica de la envolvente salvo la Ciudad de Rosario.

En este escenario puede afirmarse que prácticamente en todo el país los edificios no cumplen normas de eficiencia energética o incluyen mejoras en la calidad térmica de su envolvente.

A pedido de la entonces Secretaría de Energía de la Nación que en 2009, visitaron el Subcomité de Acondicionamiento Térmico de Edificios de IRAM (Instituto Argentino de Normalización) y se solicitó la creación de una norma de etiquetado de edificios. En menos de un año se aprobaba la Norma IRAM 11900 sobre “Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente.”

Desarrollada a partir de un modelo térmico simple aplicado a edificios y tomando como referencia un indicador de una norma antigua se adoptó el coeficiente tau de la Norma IRAM 11625 sobre “Riesgo de condensación en paramentos”. Este indicador expresado en grados Celsius expresa la temperatura de la superficie interior de muros, techos, pisos y aberturas y es a su vez expresión del nivel de aislamiento térmico que estas posean.

Se consensuó una temperatura interna de confort de 20°C que además se relaciona con las transmitancias térmicas K Nivel B de la Norma IRAM 11605 adoptadas por el Decreto Reglamentario 1030/10 de la Ley bonaerense 13059/03 y la Ley 4458/12 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. A su vez el modelo energético de la Norma IRAM 11604 incluido en las citadas leyes utiliza el Nivel B.

Con esas referencias se consensuó una escala de 1°C para el Etiquetado calidad A y 4°C para el etiquetado calidad H con pasos de medio grado. En los ejemplos elaborados durante la discusión de la Norma 11900 se mostró que prácticamente de aplicar el etiquetado a todo lo construido en el país nos mostraría que la calidad sería H o menor que H, con valores de tau entre 4°C y hasta 6°C u 8°C. Si se aplicaran las leyes mencionadas los edificios tendrían etiquetado entre C y E e implicaría un ahorro de la demanda energética de estos entre 30 y 35%.

Lamentablemente no se implementó por múltiples razones hasta la fecha, tanto las leyes o la Norma de Etiquetado de Edificios. Una Norma de Etiquetado no obliga al cumplimiento de ningún nivel de eficiencia en particular solo expone el grado de ineficiencia relativa. Pero esta etiqueta implica una exposición

explícita de la conciencia energética del constructor o desarrollador inmobiliario y quizá por esto se mantiene la resistencia.

3.4/ EVALUACIÓN TIPOS EDIFICIOS Y SUS ESCENARIOS TECNOLÓGICOS

A fin de ilustrar el impacto energético y económico que significa la aplicación de las normas, leyes y decretos descriptos en la sección anterior, se propone un análisis teórico para dos tipos de casas y un edificio de viviendas en altura. A estos casos se los materializa con tres escenarios tecnológicos diferentes. El primero ET1 con los modos usuales de muros en ladrillo hueco revocado, techos de losa y aberturas de aluminio con un vidrio. Un segundo escenario ET2 buscando cumplir con las leyes provincial y de la Ciudad de Buenos Aires y un tercer escenario recomendado por los autores de este trabajo.

La evaluación de cada uno de los tres escenarios tecnológicos (ET1, ET2 y ET3) se aplicó a los siguientes tipos de viviendas, fin de analizar las ventajas de contar con una envolvente mejorada:

- Vivienda de interés social
- Vivienda unifamiliar privada
- Un departamento en edificio multifamiliar

Se aplican los tres escenarios tecnológicos a la región del área metropolitana de Buenos Aires (AMBA) que forma parte de la Zona bioambiental IIIb (IRAM 11603, Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina). Esto es así, ya que para la realización de simulaciones energéticas debe establecerse un sitio de aplicación específica, aunque luego es fácil poder ajustarse este mismo análisis a otras ciudades de la Argentina.

La elección de esta zona ambiental se basa en que el 40% de la población del país habita en la región del AMBA y se consume más del 80% de la energía primaria. Como a su vez hay que optar por un lugar en particular se promedia la estación meteorológica más cálida que es Aeroparque con la más fría que es Ezeiza y la media aritmética se corresponde con el aeropuerto de La Plata. Se adopta esta estación y los datos homologados que se obtienen de la norma IRAM 11603.

Las diferencias en las tasas de renovaciones de aire se dan en el uso de carpinterías de aluminio línea herrero, que corresponden a categoría A1 IRAM 11507-1 con un caudal de aire por metro de junta mayor que 4,01 hasta 6,00 m³/h.m y aplicando la expresión de la IRAM 11604 para cálculo de la tasa de renovaciones N para el ET01. Para el ET02 se adopta la

Aberturas	Techos	Muros	
De aluminio línea herrero de vidrio simple sin protección móvil (K= 5.86 W/m ² K o no clasificable IRAM 11507-4).	De hormigón armado macizo con contrapisos de pendientes y protecciones hidráulicas. K= 3.82 W/m ² K	Construcción tradicional convencional resuelta con ladrillos huecos de 18x18x33 revocados en ambas caras. K= 2.10 W/m ² K	ET1
De aluminio línea herrero de vidrio simple con cortina de enrollar plástica exterior o doble vidriado hermético DVH sin protección móvil K= 3.50 W/m ² K o categoría K5 IRAM 11507-4	De H ² A ³ macizo con contrapisos de pendientes, protecciones hidráulicas y 5 cm EPS tipo techo invertido ³ K= 0.48 W/m ² K, nivel B IRAM 11605	Construcción tradicional mejorada cumpliendo la Ley 13059/03 de la Provincia de Buenos Aires. Con agregado de 2,5 cm de aislante térmico. K= 1.0 W/m ² K, nivel B IRAM 11605	ET2
De aluminio con ruptura de puente térmico o PVC con DVH con cortina de enrollar plástica exterior o panel vidrio tipo DVH LowE sin protección móvil K= 2.50 W/m ² K o categoría K4, IRAM 11507-4	De hormigón armado macizo con contrapisos de pendiente, protecciones hidráulicas y 10 cm EPS tipo techo invertido. K= 0.24 W/m ² K, nivel B+	Construcción tradicional mejorada superando lo establecido en el decreto 1030/10 en lo que podemos llamar Nivel B+ (promedio entre Niveles A y B) de la Norma IRAM 11605. Implica resolución de muros con ladrillos huecos de 18x18x33 revocados en ambas caras con EIFS. Con 5 cm de aislante térmico. K= 0.52 W/m ² K	ET3

Tabla N/2: Descripción de soluciones constructivas para tres escenarios tecnológicos.

	ET1 Convencional	ET2 Ley 13057/03	ET3 Recomendado
Muros*	2.10	1.00	0.52
Techos*	3.82	0.48	0.24
Ventanas*	5.86	3.50	2.50
Puertas*	5.86	3.50	2.50
Número renovaciones aire por hora	2	1.2	1

Tabla N/3: Resumen valores K de transmitancia térmica de envolventes en W/m²K.



Figura N/18: Dibujo conceptual del sistema de aislamiento térmico exterior en muros y tabiques -EIFS.

³. Techo invertido: se refiere a una forma de aislamiento térmico donde el aislante va sobre la protección hidráulica (membrana) usualmente simplemente apoyado sobre esta y protegida del sol con canto rodado o baldosones de concreto.

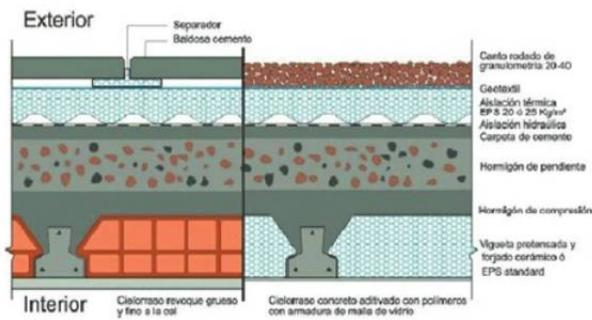


Figura N/19: Dibujo conceptual del sistema de aislamiento térmico tipo "techo invertido" en losas.

ESTACIÓN	TMED	TMÁX	TMÍN	H R	DGD18	DGD20
BUENOS AIRES (AERO)	12,84	16,0	9,7	76	852	1256
BUENOS AIRES (P. Centenario)	12,91	17,1	8,8	77	854	1249
SAN FERNANDO	12,25	17,0	7,5	78	968	1382
DON TORCUATO (AERO)	12,03	16,6	7,5	80	1012	1436
SAN MIGUEL	12,02	16,9	7,2	81	1018	1441
EL PALOMAR (AERO)	11,43	16,8	6,1	79	1133	1575
EZEIZA (AERO)	11,44	16,6	6,2	78	1139	1583
LA PLATA (AERO)	11,08	15,7	6,5	83	1210	1678

Tabla N/4: Características climáticas estaciones del AMBA. Fuente: IRAM 11603/11

GBA - Año= 2013

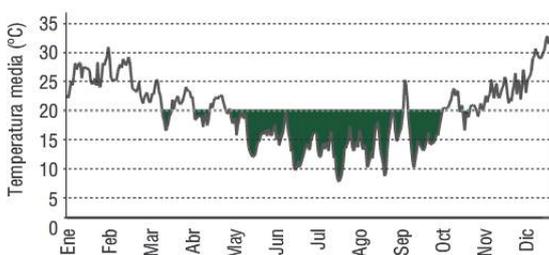


Figura N/20: Variación de la temperatura media diaria (curva roja), referida al eje vertical izquierdo y del Déficit Grado Día (DGD) referido a 20°C, curva verde, referida al eje vertical derecho. Estos datos corresponden al promedio de los años 2011 al 2016 para el Gran Buenos Aires (GBA).

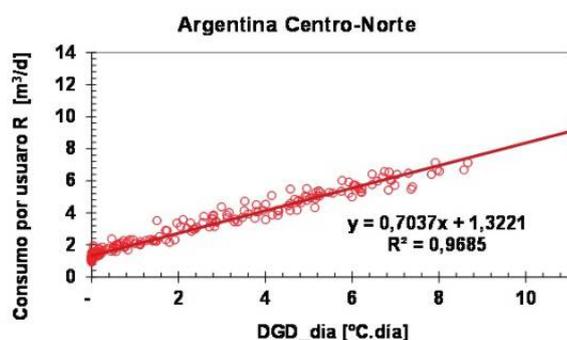


Figura N/21: Consumo de gas residencial, para la región centro-norte de Argentina como función de DGD diario promedio para los meses de los años 1993 a 2015.

categoría "mejorada" A2 IRAM 11507-1 con un caudal de aire por metro de junta mayor que 2,01 hasta 4,00 m³/h.m con el cual se obtiene un N teórico = 1.20. Para el ET03 se adopta la categoría "reforzada" A3 IRAM 11507-1 con un caudal de aire por metro de junta hasta 2,00 m³/h.m con el cual se obtiene un N teórico = 1.00.

En la práctica estimamos que A1 es asimilable a carpintería corrediza de aluminio líneaherrero, A2 a carpinterías de abrir de aluminio modelo A30 de "Aluar" o corrediza de PVC y A3 a líneas especiales de aluminio de abrir o PVC de abrir.

3.5/ CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA A SIMULAR

Para realizar las simulaciones debe optarse por un sitio que sirva de referencia para que luego pueda usarse una tabla de ajuste para otras ciudades del país en relación a las cargas térmicas, los consumos de energía resultantes y costos de uso de viviendas.

Dado que el Área Metropolitana de Buenos Aires AMBA junto a Gran La Plata concentra prácticamente la mitad de la población del país y cerca del 70 % de la demanda energética se la toma de referencia. A partir de esto se analizan las condiciones térmicas del área urbanizada y se toma un sitio como promedio representativo. Así se adopta la estación de La Plata Aeropuerto como referencia del trabajo.

Como mencionamos antes, para la evaluación comparativa se estima a toda el área metropolitana en una estación meteorológica ideal que promedie las diversas estaciones y corresponderá al Aeropuerto de La Plata, ver Tabla 3.

Para describir la necesidad de calefacción en una dada región, resulta útil introducir el concepto de Déficit Grado Día (DGD). Como se comentó previamente demanda de calefacción. Hay gran consenso en que la temperatura de confort se encuentra en el rango de 20°C a 25°C. En nuestro caso tomaremos la temperatura de confort para la evaluación en 20°C. Con esta referencia el DGD20 viene dado por el área comprendida entre esta temperatura de referencia y la variación de temperaturas a lo largo de un año como se ilustra en la Figura 22. En la Tabla 2, este valor se indica en la última columna. El consumo de gas se relaciona linealmente con este parámetro como se ilustra en la Figura 23. De este modo, el DGD20, puede utilizarse para determinar los consumos de calefacción en distintas regiones del país. En la Figura 24 se muestra la variación de la temperatura y el DGD a los largo de un año.

Se simula una semana de funcionamiento de invierno para obtener demandas calculadas de energía eléctrica y gas natural.

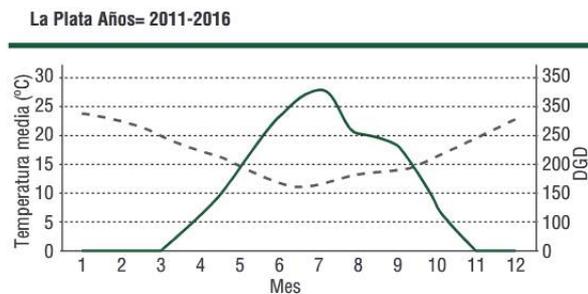


Figura N/22: Variación de la temperatura media mensual (curva roja), referida al eje vertical izquierdo y del Déficit Grado Día (DGD20) referido a 20°C, curva verde, referida al eje vertical derecho. Estos datos corresponden al promedio de los años 2011 al 2016 para La Plata.

A continuación se muestran resultados de los tres casos propuestos (vivienda social, vivienda privada y torre de viviendas).

3.6/ CASO VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

El caso a analizar es una vivienda compacta en dúplex resuelta en los escenarios mencionados previamente. La cubierta puede ser resuelta en hormigón armado o con tecnología liviana con cubiertas de chapa y cielo raso suspendido, mientras se mantenga el valor de aislamiento térmico expresado como transmitancia térmica K. Luego de montada la estructura e instalado el techo se instala el equipo de agua caliente solar en el faldón que apunta al mediodía solar. Luego se ejecuta el sistema de aislamiento y terminación exterior o external insulating and finish system (EIFS): sea con rociado de espuma de poliuretano PUR, placas de poliestireno expandido EPS o lana de vidrio sobre perfiles de chapa galvanizada y terminación en placas de fibrocemento o base-coat según corresponda.

El prototipo base es un dúplex de 64 m² de superficie total que contiene sala, baño, cocina comedor y dos dormitorios. Se provee con sistema agua fría y caliente híbrida (solar-gas). El mismo se implanta en un lote que deja un patio frontal de 5 m y un patio posterior de 7 m. A nivel urbano pueden agruparse formando manzanas proponiendo viviendas con frente urbano y otras hacia una calle pasaje con espacios verdes interior. En el corte puede verse la vivienda elevada 1,20m sobre el terreno con pilotes o puede apoyarse en suelo nivelado y compactado. El núcleo sanitario compuesto por baño y cocina se encuentran en planta baja y los servicios hidráulicos corren hacia la calle.

3.6.1. CARACTERÍSTICAS HIGROTÉRMICAS

Los muros en contacto con el exterior están constituidos por ladrillos huecos de 18x18x33 cm y 0,08m de espesor revocado interiormente con enlucido pre-elaborado de 1 cm.

En el ET2 o ET3 hacia el exterior del muro va pintado con emulsión asfáltica sobre el que se adhiere una capa de 0.022 m o 0.050 m de EPS de 20kg/m³; 0.015 m o 0.035 m de PUR proyectado de 30kg/m³ y se termina con un basecoat⁴ armado con malla de vidrio de 0.005m espesor. Estas soluciones poseen una transmitancia térmica de 1.00 W/m²K o 0.591 W/m²K caso EPS y 1.02 W/m²K o 0.581 W/m²K caso PUR. En ambos casos resuelto con la técnica EIFS (External insulation finish system).

A fin de verificar lo establecido en el Decreto 1030/10 y la Ley 4458/12 se utiliza el programa CEEMACON desarrollado por el Centro de Estudios en Energía y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Tucumán. En ninguno de los casos se



Figura N/23: Plantas del dúplex de 64m2. Fuente: propia.

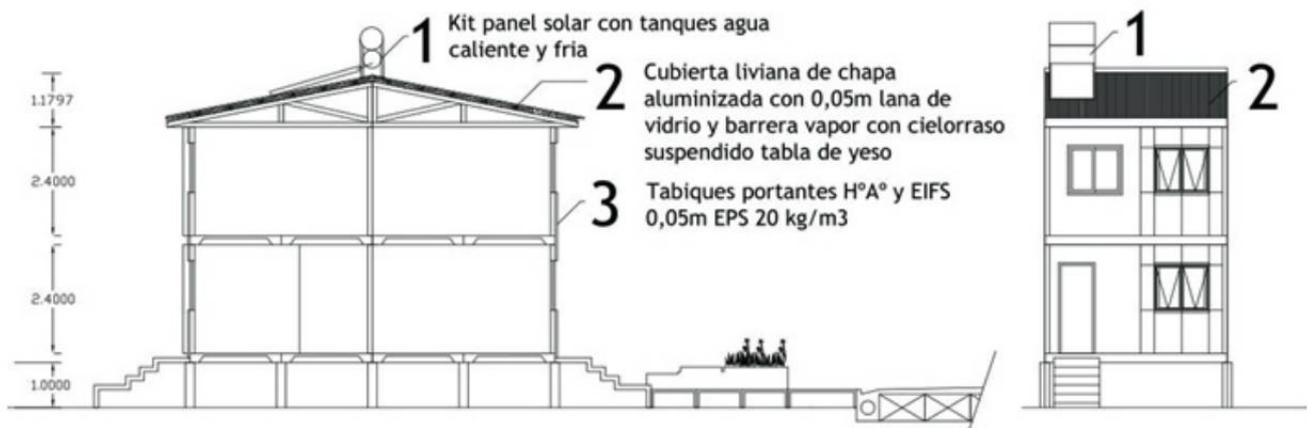
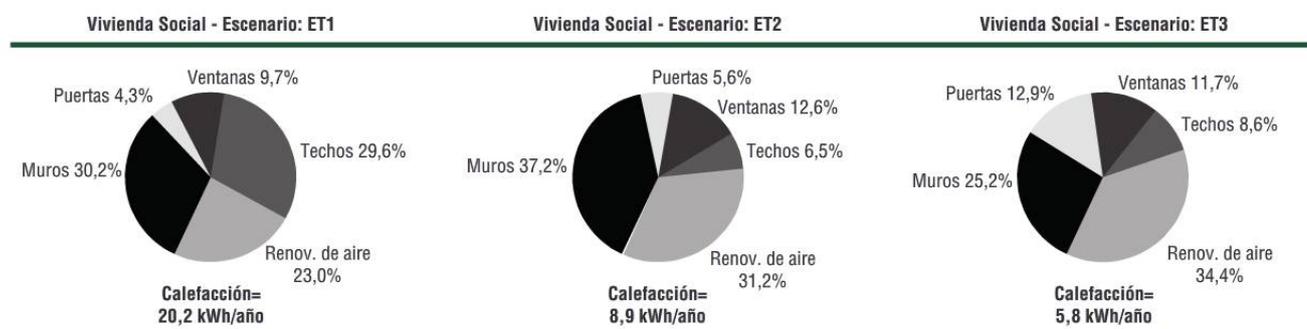


Figura N/24: Corte y vista del dúplex de 64m2. Fuente: propia.



4. Basecoat: Revoque base y mortero adhesivo para sistemas de construcción en seco y de aislación térmica.

presenta condensación superficial o intersticial al verificar la Norma IRAM 11625 para la región del gran La Plata con una temperatura exterior de diseño de -2.4°C. Cumple además lo establecido en el Decreto 1030/10 de la Ley 13059/03. Es importante que la temperatura superficial interior esté en casi 14°C facilitando poder alcanzar 18°C con aporte solar y ocupación sin calefacción adicional.

3.6.2. PÉRDIDAS POR ENVOLVENTE EN VIVIENDA SOCIAL

En las Figuras 25 y 29 se observa la variación de las pérdidas por envolverte correspondiente a los escenarios tecnológicos 1 a 3. En valor absoluto bajan las pérdidas térmicas y va variando la participación relativa de cada mejora que se introduce. Una síntesis del impacto de las medidas de mejora térmica en la envolverte de la vivienda social puede verse en la Figura 28.

Consumo anual en kWh/m². Año
Vivienda Social

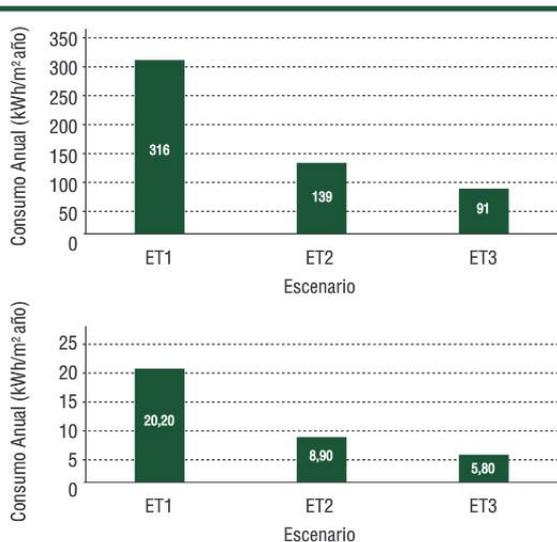


Figura N/25: Comparación de pérdidas térmicas totales por envolverte, en cada uno de los escenarios tecnológicos analizados. A la izquierda se indican los consumos anuales por m² y a la derecha los consumos totales en MWh/año. Caso: vivienda social

3.7/ CASO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR PRIVADA.

El segundo caso de aplicación es una vivienda urbana de clase media alta de 186 m² de superficie cubierta interior a climatizar. Esta se encuentra construida en el casco urbano en calle 57 entre 29 y 30 de La Plata y se la toma de referencia⁵.

Constructivamente en su versión inicial se estaba materializando con la opción ET01 y se optó por adecuarla a ET03 con lo cual es un caso testigo del modelo propuesto en este trabajo. De forma similar al caso anterior pasamos a analizar la aplicación de un modelo de eficiencia energética en tres escenarios.

PÉRDIDAS POR ENVOLVENTE VIVIENDA UNIFAMILIAR

Esta vivienda es menos compacta que la anterior, se implanta en un lote ancho de 20 m y se conforma con patio interior y patio posterior. La fachada urbana orienta al noroeste con lo cual la mayoría de las ventanas tienen orientación noroeste, noreste y sudeste.

Una simulación de una semana de uso en el mes de julio nos muestra una demanda de 235 m³ de gas natural, más 160 kWh de energía eléctrica de aportes internos para sostener la temperatura de termostato. También obtenemos los siguientes valores considerando ocupación por 4 personas y el aporte solar, con: 5940.9 MJ en gas natural, 576 MJ en energía eléctrica, 108.9 MJ en personas y 434.2 MJ en aporte solar por vidriados. Podemos notar que una vivienda que cumpla el Decreto 1030/10 le corresponderá una etiqueta E (IRAM 11900) necesitará de un 81.3% aportado por el gas de red y el sol aportará el 9.3%. En síntesis notamos una mejora del 55.8% respecto al caso convencional ET1.

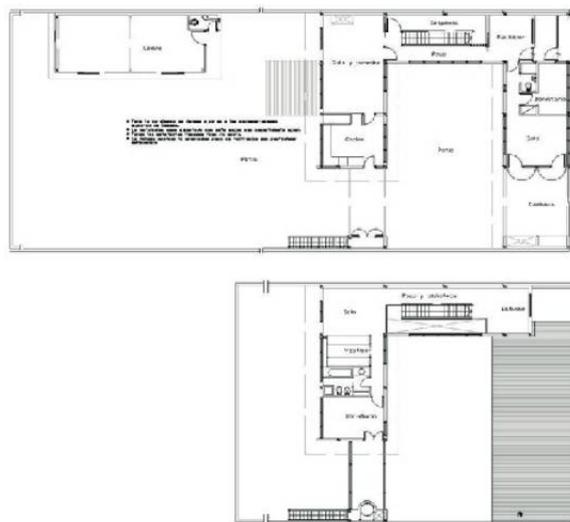


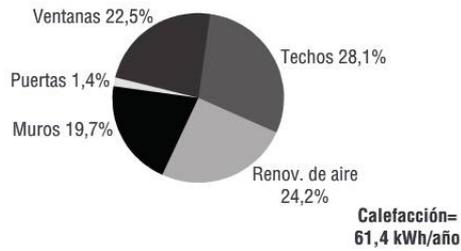
Figura N/26: Planta baja y planta alta de casa privada en La Plata. Fuente: elaboración propia.



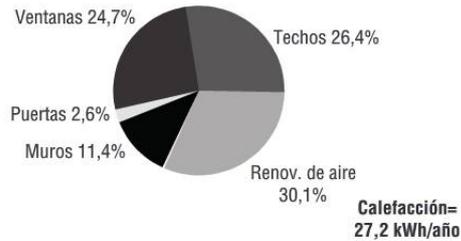
Figura N/27: Vista exterior de vivienda unifamiliar en La Plata. Fuente: Google Street.

⁵. El proyecto original es de los arquitectos Vincenti & Ottavianielli.

Casa Part. - Escenario: ET1



Casa Part. - Escenario: ET2



Casa Part. - Escenario: ET3

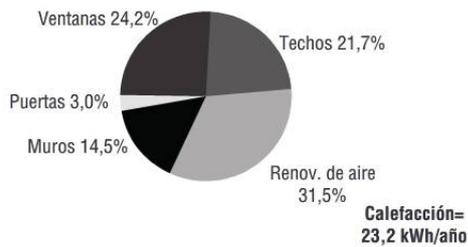


Figura N/28: Distribución de pérdidas térmicas por envoltente para el caso de una casa de familia particular en los tres escenarios expuesto. ET1, ET2 y ET3.

Casa Particular

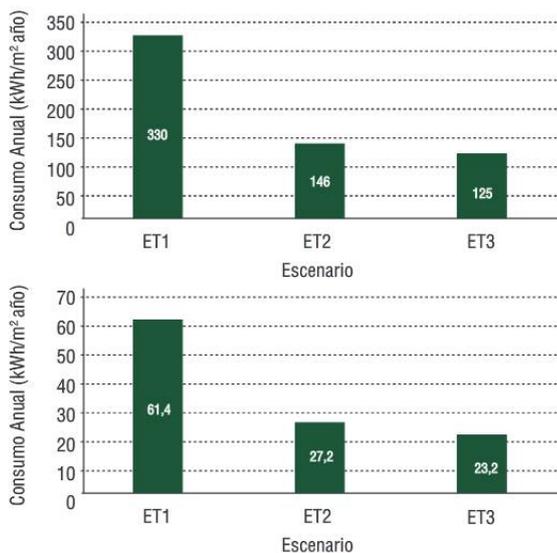


Figura N/29: Comparación de pérdidas térmicas totales por envoltente, en cada uno de los escenarios tecnológicos analizados. A la izquierda se indican los consumos anuales por m2y a la derecha los consumos totales en MWh/año. Caso: casa particular.

3.8. CASO DE TORRE DE VIVIENDAS-DEPARTAMENTO.

El tercer caso es una torre de viviendas exenta de dos departamentos por piso agrupados en 10 pisos en altura. Cada departamento tiene 98 m2 de superficie cubierta útil y se los supone a todos calefaccionados. El área total a calefaccionar será de 1893.5 m2 y por piso 189.35 m2 con un volumen total de 5124.60 m3 y cada piso con una altura de local de 2,70m.

Dado que a los fines estadísticos en los Censos nacionales se reconocen los tipos “casa” y “departamento” y a los fines inmobiliarios y/o municipales se usa la categoría “propiedad horizontal” “edificios” “consorcios”, etc y se lleva la cuenta de cuantos hay construidos en el país o se aprueban o finalizan por año se opta por un análisis diferenciado.

En un primer análisis se considera el edificio como uno a fin de obtener indicadores energéticos. En una segunda parte se toma un departamento de cualquier piso intermedio y se lo analiza por separado.

Como en los casos previos se los analiza en los tres escenarios tecnológicos y se simula su consumo anual. En la Figura 30 se muestra documentación gráfica sintética del edificio mediante la planta de un piso tipo, una vista frontal que en el análisis se orientará al norte y un corte transversal del edificio.

3.8.1. PÉRDIDAS POR ENVOLVENTE EN DEPARTAMENTO

En las Figuras 31 a la 33 se resume los resultados los consumos de este departamento en los tres escenarios analizados.

La Figura 33 muestra una comparación de las tres viviendas en los tres escenarios tecnológicos. La vivienda de menos consumo específico es en este caso la vivienda social.

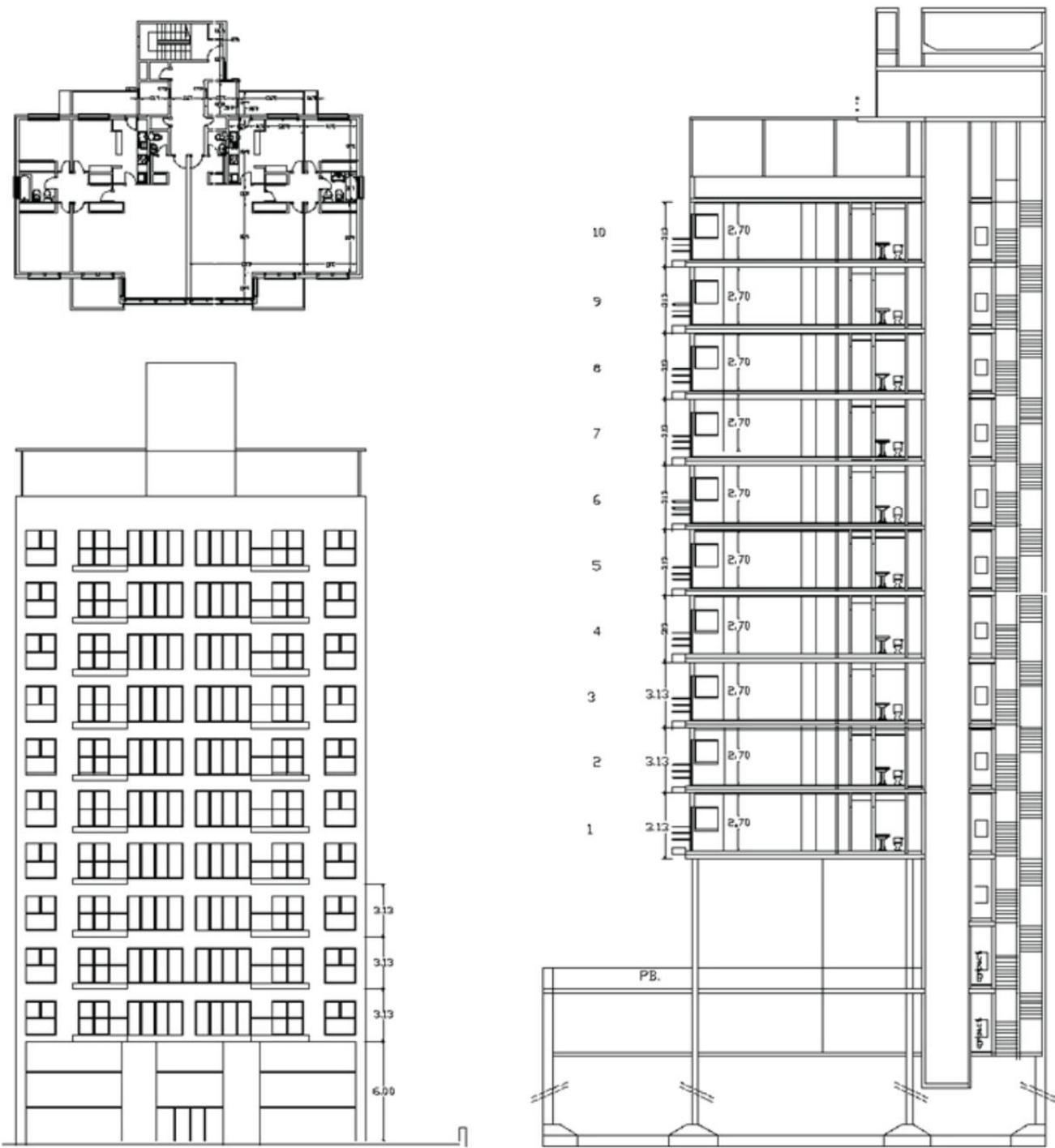


Figura N/30: Documentación gráfica de la torre de viviendas. Fuente: elaboración propia.

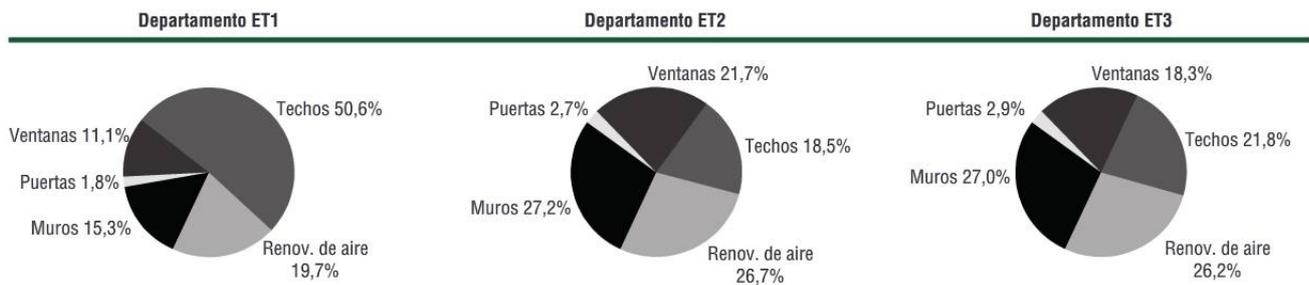


Figura N/31: Distribución de pérdidas térmicas por envolvente para el caso de un Departamento en los tres escenarios expuesto. ET1, ET2 y ET3.

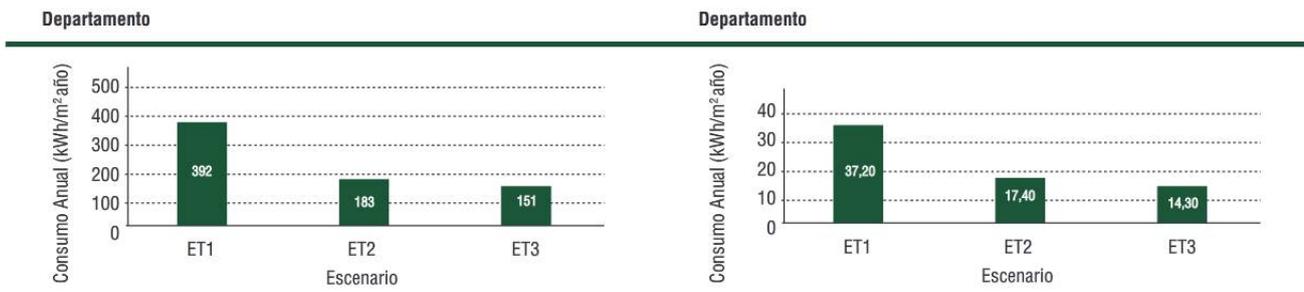


Figura N/32: Comparación de pérdidas térmicas totales por envoltente, para un departamento en cada uno de los escenarios tecnológicos analizados. A la izquierda se indican los consumos anuales por m2.y a la derecha los consumos totales en MWh/año. Caso: Departamento.

Pérdidas por unidad de superficie

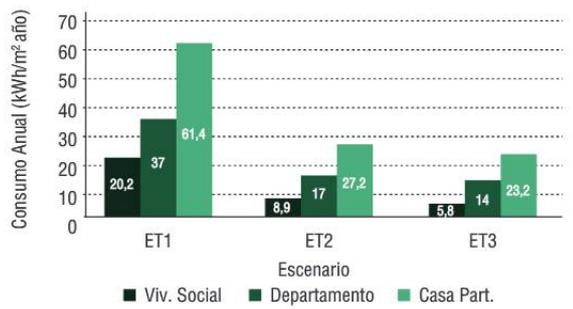


Figura N/33: Comparación de pérdidas térmicas totales por envoltente, para las tres viviendas en los tres escenarios descripto. Los consumos totales de calefacción están expresados en kWh/m2.año. Nótese que en el escenario ET2, los consumos de energía se reducen en un factor 2, mientras que en el escenario ET3, la reducción puede ser de un factor 3.



4/ ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se realiza una evaluación económica a partir del monto de las inversiones de cada una de las viviendas (cuya determinación se especifica en el Apéndice A), y de la estimación del gasto anual en calefacción y refrigeración que implica cada una de las envolventes térmicas, de acuerdo al cálculo de pérdidas y de renovaciones de aire realizado. Los datos centrales se resumen en la Tabla 5.

Un análisis simplificado para ver si los mayores costos realizados para mejorar la aislación térmica de las envolventes se amortizan, consiste en graficar los costos totales de construcción y mantenimiento de la vivienda a lo largo del tiempo. En este caso el gasto principal incluido es el costo de calefacción, que en la región central de Argentina es el más importante. Dado que el costo de la energía destinada a la calefacción es diferido en el tiempo, para reducir estos costos a valores presentes se utilizó una tasa de descuento del 5% en dólares. El costo de gas utilizado corresponde a 0,255 USD/m³ equivalente a 7 USD/M_BTU.⁶

Para simplificar el análisis económico siguiente, no asumimos inflación en dólares para el costo de la energía⁷. Tampoco se tuvo en cuenta que el costo de los equipos requeridos para calefaccionar (y refrigerar) las viviendas dependen de los consumos. La eficiencia de los equipos de calefacción a gas natural se fijó en un 60%. A partir de estos datos, se calculó un flujo descontado de costo anual para cada alternativa, del cual surgen los principales indicadores.

Vivienda Social: En las Figuras 35 y 36 se ilustran los resultados obtenidos para el caso de una vivienda social.

		Inversión (kUSD)	Costo (kUSD)
Casa Social	ET01	59,1	0,49
	ET02	61,0	0,21
	ET03	62,0	0,14
Casa Particular	ET01	338,5	1,48
	ET02	346,4	0,65
	ET03	351,6	0,56
Departamento	ET01	105,0	0,90
	ET02	108,4	0,42
	ET03	110,3	0,34

Tabla N/5: Inversiones y costos anuales de la energía consumida asociada a cada tipo de vivienda. Los costos están expresado en miles de dólares (kUSD).

⁶. El precio del gas usado en estos cálculos, es de 4\$/m³, al valor del USD al 22 de mayo de 2017 de 15,7\$, este precio equivale a 0,255 USD/m³.

⁷. Si bien la generación eléctrica en nuestro país proviene mayormente de los hidrocarburos, existe un alto grado de desacople entre las variaciones del precio internacional del petróleo y el gas con el precio que paga el consumidor residencial por la energía. Más allá de eso, incluso no es claro que los hidrocarburos vayan a seguir un camino ascendente de precios, por la gran cantidad de recursos disponibles, las mejoras en las tecnologías desarrolladas y el reemplazo paulatino de la generación con fuentes renovables.

Vivienda Social

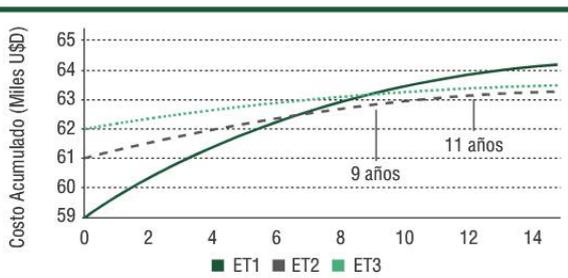
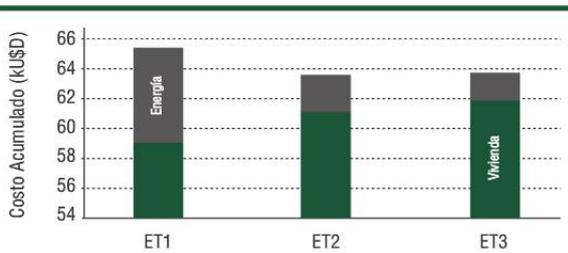


Figura N/34: Comparación variación de los costos de totales, construcción y abastecimiento de energía para una vivienda social en los tres escenarios descriptos (ET1,ET2, ET3). Los incrementos iniciales de los costos de construcción se amortizan por el menos consumo energético en 9 y 11años respectivamente.

Costo Acumulado Año 15



Rendimiento de la Inversión

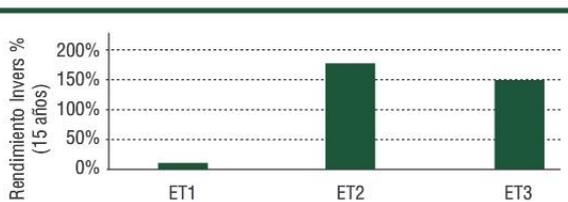


Figura N/35: El gráfico de arriba muestra una comparación de los costos iniciales de la vivienda en los tres escenarios (barra verde) y el costo a valor presente de la energía usada en 15 años (barra gris). Abajo, el rendimiento de la inversión inicial al cabo de 15 años, reducido a valor presente, para una vivienda social en los tres escenarios.

En la Figura 35 mostramos la evolución del costo de construcción y aprovisionamiento de energía para los tres escenarios de aislación propuestos. En la Figura 38 se ven los costos iniciales de la vivienda y la energía usada a lo largo de 15 años, reducidos a valores presentes. En la parte derecha de la Figura 38 se ve también el rendimiento de la inversión inicial. Asumiendo que alguna casa (con alguna tecnología) será construida, lo que tiene sentido es estudiar cociente entre el incremento marginal del costo respecto a la alternativa más económica (ET1) y la ganancia en cuanto al ahorro generado. Este cociente nos da una idea del rendimiento de la inversión marginal en mejoras. Desde un punto de vista estrictamente económico, y con las simplificaciones asumidas, la inversión en el modelo ET2 sería la más conveniente, ya que la relación ahorro acumulado al cabo de 15 años dividido la inversión inicial en mejoras de la aislación térmica es la mayor. Sin embargo, en términos de confort habitacional e impacto en el medio ambiente, la alternativa ET3 es mejor, ya que no sólo permite recuperar la inversión inicial sino que brinda un mayor grado de confort térmico a sus habitantes y reduce las emisiones de CO2.

Casa de familia particular:En las Figuras 39 y 40 se ilustran los resultados obtenidos para el caso de una casa particular.

En la Figura 39 mostramos la evolución del costo acumulado de construcción y aprovisionamiento de energía para los tres escenarios de aislación propuestos. En la Figura 40 se ven los costos iniciales de la vivienda y la energía usada a lo largo de 15 años, reducidos a valores presentes. También nos muestra el rendimiento de la inversión inicial. Desde un punto de vista económico, la inversión en el modelo ET2 es de nuevo la más conveniente. En este caso la inversión inicial se recupera en 12 años. En términos de confort habitacional e impacto en el medio ambiente, la alternativa ET3 es mejor, pero la mayor inversión solo se recupera en un 80% al cabo de 15 años. Es importante notar que, para los niveles de consumo de esta casa, las diferencias del costo de los equipos de calefacción entre los escenarios ET2 y ET3, no consideradas en este cálculo, podrían resultar significativas (y mejorarían el escenario ET3).

Departamento:En las Figuras 41 y 42 se ilustran los resultados obtenidos para este caso. Las conclusiones son similares que para las viviendas anteriores.

SENSIBILIDAD DEL PERÍODO DE REPAGO

Se realizó un estudio de sensibilidad, a fin de visualizar la robustez de las conclusiones anteriores ante variaciones del costo anual de la energía. Asimismo el análisis sirve para identificar el rango de precios para el existe un verdadero incentivo para realizar mejoras. Para ello se definió la relación de costo de gas con respecto al costo del gas vigente para los usuarios R34 de la región del GBA, es decir de 4,16 \$/m3. En la Figura 43 se muestra la variación en los años necesarios para amortizar la inversión en mejoras en la aislación térmica como función de la relación precio del gas relativo al precio del gas 4,16 \$/m3. En esta figura se muestra esta variación para la vivienda social en los escenarios ET2 y ET3.

Como se ve, recién a los precios actuales de la energía es que

comienzan a ser interesantes los períodos de amortización (del orden de los 10 años), a la par que se reducen los consumos en más del 50%. Si los precios aumentan, como es lógico la inversión inicial se amortizará en menos tiempo. Dado que los precios del gas natural aún hoy tienen valores que no llegaron a su valor de equilibrio económico, es difícil pensar que puedan disminuir, sino que es más probable que aumenten. Por lo tanto, la inversión adicional en aislación térmica está bien justificado, no sólo ambientalmente sino económicamente también.

Si a esto agregamos que casi un 25% de lo consumido es importado, que impacta fuertemente en la balanza comercial del país. Se ve altamente conveniente la inversión en mejorar la aislación térmica de las viviendas, generando algún mecanismo de financiación que permita superar la barrera de mayor costo inicial de una mejor aislación térmica de a viviendas. Por otro lado, la inversión es mejoras en al envolvente térmica permitiría estimular en desarrollo de una importante industria nacional de fabricación de esto materiales, a la par de generar empleo y actividad económica dentro del país. El empleo de obreros que realizan este tipo de trabajo, sería un modo de generar empleo genuino en un sector muy dinámico de la economía.

Por lo tanto resulta altamente conveniente el considerar seriamente el promover desde el estado este tipo de actividad.

Casa

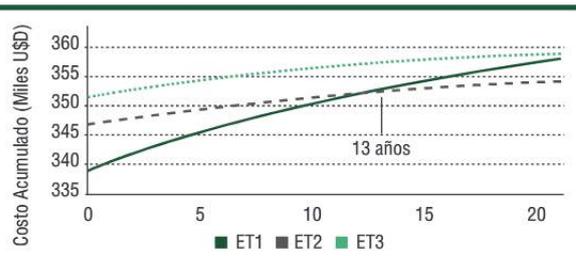
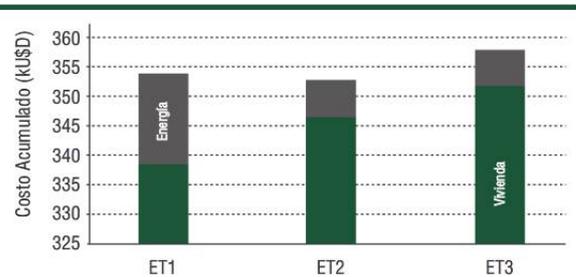


Figura N/36: Muestra la comparación variación de los costos de totales, construcción y abastecimiento de energía para una casa particular en los tres escenarios descriptos (ET1,ET2, ET3). Los incrementos iniciales de los costos de construcción se amortizan por el menos consumo energético en 12 años respectivamente.

Costo Acumulado Año 15



Rendimiento de la Inversión

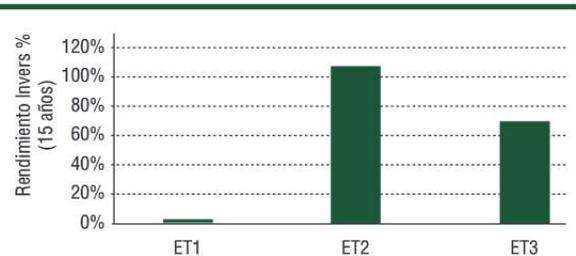


Figura N/37: Arriba vemos la comparación de los costos iniciales de la vivienda en los tres escenarios (barra verde) y el costo a valor presente de la energía usada en 15 años (barra gris). Abajo, podemos observar el rendimiento de la inversión inicial al cabo de 15 años, reducida a valor presente, para una casa particular en los tres escenarios.

Departamento en torre

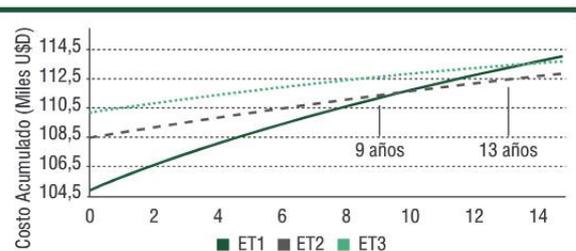
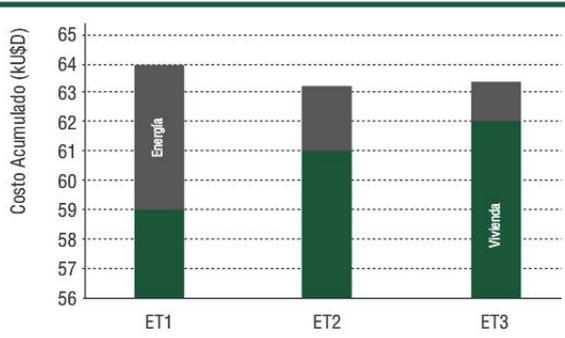


Figura N/38: Podemos observar la comparación variación de los costos de totales, construcción y abastecimiento de energía para un departamento en un edificio en torre en los tres escenarios descriptos (ET1,ET2, ET3). Los incrementos iniciales de los costos de construcción se amortizan por el menos consumo energético en 9 y 13 años, respectivamente.

Costo Acumulado Año 15



Rendimiento de la Inversión

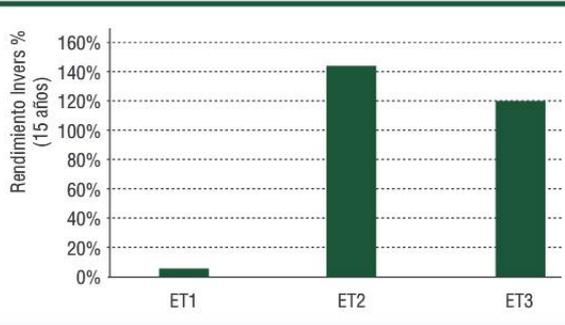


Figura N/39: Arriba, comparación de los costos iniciales de la vivienda en los tres escenarios (barra verde) y costo a valor presente de la energía usada en 15 años (barra gris). Abajo, rendimiento de la inversión inicial al cabo de 15 años, reducida a valor presente, para un departamento en los tres escenarios.

Sensibilidad al costo gas

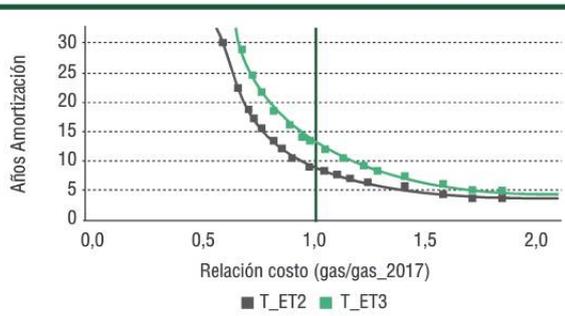


Figura N/40: Variación en los años necesarios para amortizar la inversión en mejoras en la aislación térmica como función de la relación precio del gas relativo al precio del gas 4,16 \$/m³. Este caso corresponde a la vivienda social en los escenarios ET2 y ET3.

5/ SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA

El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo de energía en los hogares argentinos, representa aproximadamente el 33% del consumo residencial de gas natural, ver Figura 8. El total de la energía usada para el calentamiento de agua sanitaria equivale aproximadamente al 50% de las importaciones de gas. De este modo la búsqueda de modos más eficientes de lograr agua caliente sanitaria, es de gran relevancia económica, social y medio ambiental. En este trabajo discutimos los consumos de energía de los equipos de calentamiento de agua más comunes existentes en el mercado, tanto los convencionales como aquellos que usan colectores solares térmicos. También examinamos los beneficios de usar economizadores de agua, como son los aireadores y reguladores de caudal.

Los colectores solares son una alternativa muy interesante, sin embargo, no es una opción que esté siempre disponible, sobre todo en conglomerados urbanos de alta densidad. Asimismo, la intermitencia de la radiación solar, hace necesario el uso de equipos de apoyo que usan energía convencional para complementar el calentamiento del agua, a estos sistemas combinados se los denomina híbridos. Para que estos equipos desarrollen toda su potencialidad, es fundamental considerar cuidadosamente toda la secuencia de calentamiento. Este análisis los realizamos en el **Anexo 2** de este informe. Algunas limitaciones en los equipos complementarios, causadas por los consumos pasivos como los pilotos o los consumos de mantenimiento en los termotanques, pueden reducir considerablemente los ahorros de energía convencional que usan, haciendo que un sistema híbrido tenga un consumo mayor que otro equipo convencional sin consumos pasivos.

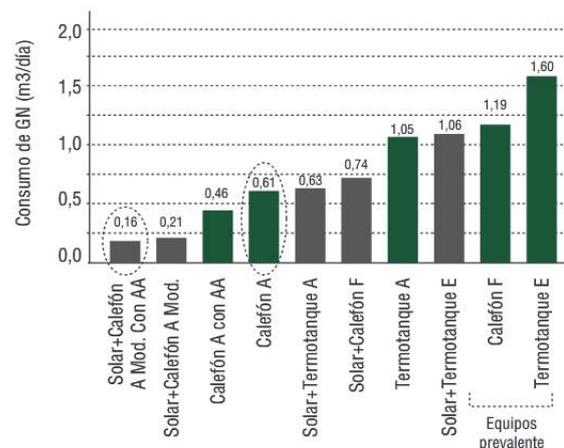


Figura N/41: Consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías. Los sistemas indicados son una selección de los descriptos en la Tabla 3. La variación del consumo diario en ACS entre los distintos modos es muy notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos si se utiliza como respaldo un calefón modulante sin piloto, clase A. Asimismo, un calefón clase A, consume menos que un sistema híbrido con termotanque de respaldo.

En la Figura 41 se indican los consumos de energía de sistemas de calentamiento de agua existentes en el mercado actual.

Como se ve, un equipo solar por sí mismo no genera grandes ahorros, si no está propiamente asociado a un equipo de apoyo eficiente. Por ejemplo, un equipo solar, asociado a un termotanque E, los más comunes en el mercado hasta 2017, consume más que un calefón convencional clase A en etiquetado. Además, el costo del calefón A, es significativamente inferior al solar, ya que como se dijo, un equipo solar siempre requiere de un equipo de apoyo, a menos que el usuario esté dispuesto a usar agua fría cuando más necesaria es, que es cuando está frío y nublado. Esto es consecuencia que el consumo de mantenimiento de un termotanque E (0,75 m³/día) es superior al consumo de gas necesario para calentar unos 200 litros de agua por día (0,5 m³/día). Otra limitación de los termotanques usuales, es que el sistema de calentamiento de agua se activa automáticamente cuando la temperatura de agua debajo de una cierta temperatura. De este modo, al final de la noche, es usual que el termotanque caliente al agua, justo antes de la salida del sol, generando un desperdicio de energía, en particular si no se requiere este servicio. Lo mismo pasa si los usuarios están de viaje. En este sentido, el calefón modulante, sin piloto, tiene una clara ventaja. No consume cuando no se usa y solo aporta calor al agua, en el momento que el usuario lo requiere y si el sol no pudo hacerlo.

Dado que actualmente los calefones con encendido automático, tiene un costo similar y aún inferior a un termotanque, o su costo adicional comparado con uno equivalente con piloto no excede de unos 1000\$, pero el ahorro anual que aporta respecto de uno convencional es de 0,6 m³/día, a un costo de 4 \$/m³, la inversión se recupera en 15 meses. Por lo tanto no se justifica no usar esta tecnología.

En el caso de equipos solares térmicos con apoyo de calefones modulante, tienen un costo de unos 800 UDS más que un equipo convencional. Por lo tanto los usuarios de gas natural por redes amortizan el equipo en unos 8 a 9 años. Sin embargo, para los usuarios de GLP, la amortización puede darse en dos o tres años. De este modo, para los usuarios alejados de las redes, la opción de un sistema solar térmico asociado a un calefón modulante y con encendido electrónico es claramente una alternativa muy interesante y conveniente.

6/ OTROS AHORROS DE ENERGÍA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA

Además del uso de energía solar térmica en el calentamiento de agua y equipos de calentamiento más eficientes, hay varios modos de reducir y eficientizar nuestros consumos de energía en el calentamiento de agua sanitaria. En particular, el uso de reguladores de flujos y aireadores en duchas y grifos.

Incorporación de dispositivos economizadores de agua, que tienen gran difusión en Europa y EE.UU. y que reducen el consumo de agua entre 35% a 50%. El costo unitario de estos dispositivos es del orden de unos U\$S 25.

Claramente, una reducción de los flujos de agua caliente, reduce la necesidad de calentar el agua y redundan en ahorros de energía que se potencian. Además se le suma el ahorro en la energía necesaria para el bombeo de la misma. Esta alternativa, es muy económica y se pueden emplear en todos los equipos, convencionales e híbridos. En ese sentido, surge la necesidad apremiante de desarrollar normativas que promuevan el uso racional y eficiencia del agua a través de normativa en los flujos de agua en grifos y duchas. En la Figura 40 y Tablas 11 y 12, se indican los efectos que se pueden obtener usando reguladores de flujo y aireadores que reduzcan el consumo de agua en un 25%.

Existe una relación muy consistente entre los costos de la infraestructura energética y la penetración de dicha tecnología. La Figura 42 ilustra esta relación para varias tecnologías energéticas. En el caso de la energía solar fotovoltaica y eólica esta curva de aprendizaje se conoce como Ley de Swanson. Esta ley, que en realidad es una relación económica bien conocida, establece que con el aumento de la producción, se va produciendo una reducción en el costo de los productos. Esta curva de

aprendizaje aplicada al caso de la eficiencia energética señala un sendero virtuoso de crecimiento. A medida que la tecnología de mejoras en la aislación térmica se difunde, los costos disminuyen, con lo que la ecuación económica de mejorar la envolvente térmica de los edificios se reduce aún más.

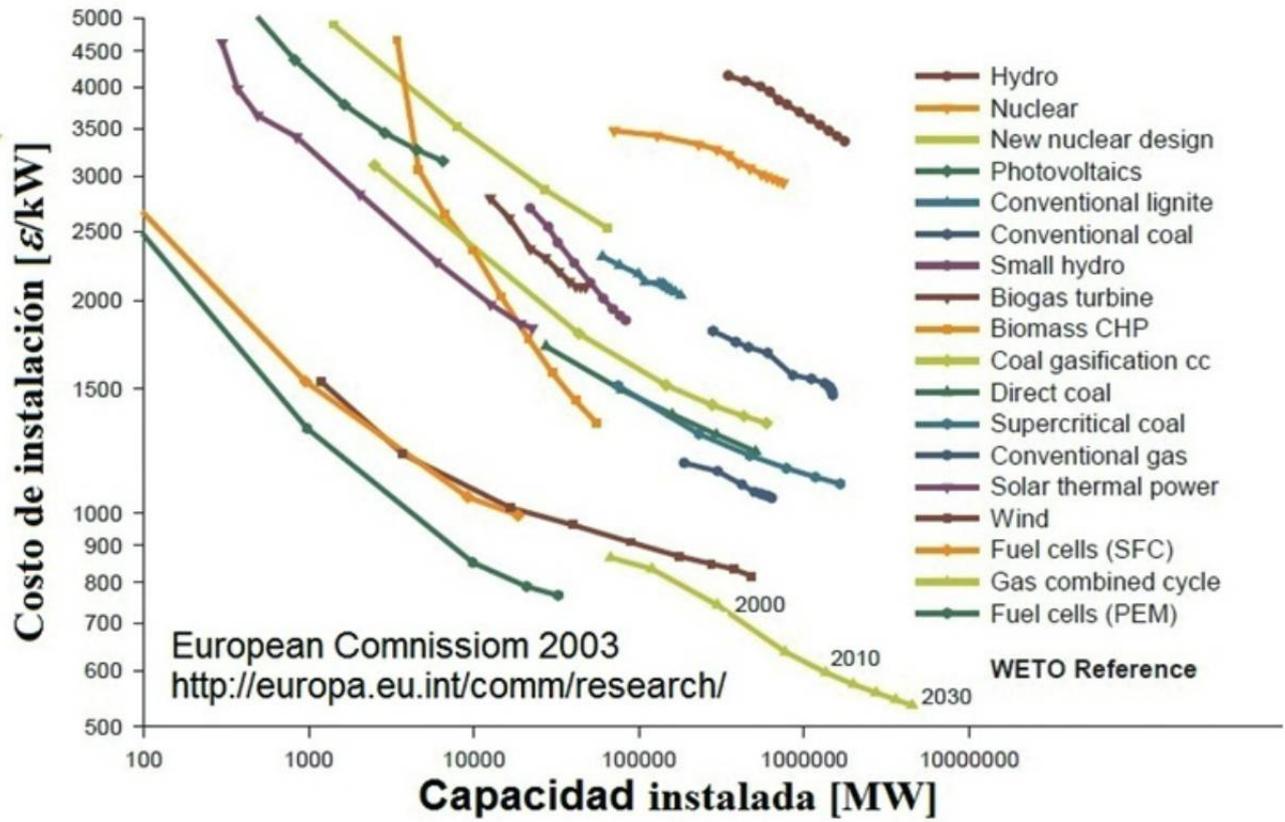


Figura N/42: Las curvas de aprendizaje para las tecnologías de generación de energía hasta 2030(European Commission, 2003)

7/ CONCLUSIÓN

En este trabajo se analizan varias vías mediante las cuales pueden generarse ahorros significativos de energía en el sector residencial, utilizando tecnologías existentes en el mercado: el acondicionamiento térmico de las viviendas, el calentamiento de agua sanitaria e iluminación. El consumo de energía en calefacción y el calentamiento de agua sanitaria, son los principales consumos de energía en las viviendas de Argentina.

Mejorando la aislación térmica de las envolventes, es posible reducir el consumo de energía destinado al acondicionamiento térmico en factores del orden del 50% (escenario ET2) o aún mayores, como en el escenario mejorado propuesto (ET3) analizado en este trabajo. El escenario ET2 corresponde al cumplimiento de lo estipulado en el Decreto Reglamentario 1030/10 de la Ley 13059/03 de la Provincia de Buenos Aires, y el ET3 incluye mejoras adicionales. En el escenario ET2, la inversión inicial se recupera en tiempos que van de los 5 a los 12 años para las viviendas analizadas en este trabajo, que incluye: una vivienda social (64 m²), un departamento (98 m²) y una casa de familia de 186 m².

Las mejoras en eficiencia térmica de la envolvente de edificios, promueven una actividad económica importante, generan empleo en el sector de la construcción, reduce la necesidad de importar energía e incrementa el confort de las personas que habitan estas viviendas, reduce los impactos ambientales y se evitan los cortes a los usuarios.

Desde el punto de vista del usuario de la futura vivienda, el costo de las mejoras en la aislación para disminuir a la mitad su consumo de energía en calefacción, no debería superar el 10%

del costo inicial de construcción para asegurar un recupero de la inversión en un plazo razonable (15 años). Pero con los costos actuales, al menos en las nuevas viviendas, la construcción de acuerdo a lo requerido por el Decreto 1030/10 de Buenos Aires, evidencia una clara conveniencia económica, medioambiental y de confort.

En este artículo se ilustra cómo es posible lograr incorporar las mejoras en la envolvente edilicia que reduzcan en un 50% el consumo de energía en el acondicionamiento térmico de las viviendas, utilizando tecnologías disponibles en el mercado. En términos de investigación y desarrollo es importante dedicar los mayores esfuerzos a la disminución del costo de los materiales y procesos asociados a la eficiencia energética en viviendas y edificios.

En definitiva, la mejora en aislación térmica de viviendas y edificios, es una medida altamente viable económicamente, y deseable medioambientalmente y socialmente.

Es necesario generar mecanismos de financiamiento adecuados, para disminuir la barrera del mayor costo inicial. Asimismo, se hace necesario el promover y educar a los usuarios en el uso responsable de la energía y las ventajas de mejorar las envolventes térmicas de los edificios. En ese sentido, se ve como necesaria la implementación de un etiquetado mandatorio de eficiencia energética en viviendas residenciales, como los ya existentes en la Unión Europea.

Asimismo existen en el mercado local, artefactos convencionales de calentamiento de agua eficientes (Clase A en el etiquetado de eficiencia energética), que podrían lograr ahorros de gas del orden del 50% respecto de los equipos tradicionales.

Usando equipos solares con apoyo de calefones modulantes de mayor eficiencia, Clase A en el etiquetado de eficiencia, el ahorro por usuario podría ser del 90% respecto de los equipos tradicionales. Esta tecnología podría aportar un ahorro de gas del orden de unos 10 millones de m³/día equivalente a 1/3 de las importaciones de gas, generando ahorros de gas importado del orden de 922 millones de dólares anuales. Sin embargo, para que los sistemas solares térmicos puedan alcanzar estos niveles de ahorro de energía, deben estar asociados a sistemas de apoyo que minimicen o no tengan consumos pasivos.

En el caso de los usuarios de GLP la inversión en equipos solares híbridos se amortizaría en menos años que en el caso de los usuarios de gas natural, pero aún para estos últimos es necesaria la introducción de estímulos económicos y financieros para mitigar la barrera del mayor costo inicial e incentivar el desarrollo de esta tecnología.

Nuestro análisis sugiere la necesidad de abordar el desarrollo de la energía solar térmica, desde una perspectiva estrechamente vinculada con la eficiencia energética, de modo de lograr los máximos ahorros de gas y/o electricidad usando esta tecnología.

Respecto a la iluminación, a los costos actuales de las diferentes tecnologías, las lámparas LED son las más convenientes teniendo en cuenta su mayor vida útil. Si a esto agregamos su consumo ostensiblemente menor, resulta claro que son la mejor opción. De manera similar se puede argumentar en favor de la incorporación de heladeras de alta eficiencia.

Las tecnologías asociadas con las mejoras en la aislación térmica de las envolventes de los edificios y con la eficiencia de los sistemas de calentamiento de agua sanitaria, tienden a disminuir sus costos a medida que se difunde y se expande su uso. De esta manera, se ve como conveniente que el estado promueva su desarrollo. A medida que estas tecnologías se desarrollen, será posible llegar a sectores de menores ingresos, mejorando el confort, y la inclusión social y energética.

Dado que el consumo de energía directa del sector residencial y de servicios en Argentina es del orden del 40% del consumo total, una reducción del orden del 50% en este sector, tiene una implicancia sustancial en la ecuación energética nacional. Estamos hablando de una reducción del orden del 15% al 20% del total. De este modo, vemos que la potencialidad de la eficiencia energética en el país, es equivalente al desarrollo de un gran yacimiento energético, comparable a lo que potencialmente podría brindar el desarrollo de Vaca Muerta. Pero con una ventaja muy importante: para su desarrollo no sería necesario incrementar la infraestructura de transporte de energía ni ampliar las redes de distribución. Además, su desarrollo implicaría un gran impulso a la industria de la construcción y la producción de insumos, que podría promover el empleo y el crecimiento económico, a la par de disminuir nuestras emisiones de gases de efecto de invernadero.

8/ BIBLIOGRAFÍA

- BALANCES ENERGÉTICOS - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA . (2015). BALANCES ENERGÉTICOS. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- Grossi Gallegos, H., & Righini., R. (Mayo de 2007). Atlas de energía solar de la República Argentina. Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología .
- U.S. Department of Energy (DOE). (2014). Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core, Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) . <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>.
- (NOAA), N. O. (2014). Mauna Loa Observatory, Hawaii, dependiente del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), EE.UU. Hawai. EE.UU.: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/ml0>.
- Annual Energy Outlook 2009 with projections to 2030, Departamento de Energía de los EEUU . (s.f.). Obtenido de www.eia.doe.gov/oi/af/aeo/index.html del DOE.
- Argentina, O. (s.f.). <http://www.orbis.com.ar/agua-caliente/calefontes-tiraje-natural/digital/>. Obtenido de Orbis Argentina - Agua Caliente .
- Arquitectura sustentable. (2017). Wikipedia, La enciclopedia libre. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_sustentable
- ASHRAE 90.1. (2017). From Wikipedia, the free encyclopedia. Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/ASHRAE_90.1
- ASHRAE. (2015). ASHRAE Procedures for Commercial Building Energy Audits, 2nd edition. <http://www.ashrae.org>.
- ASHRAE. (2017). ASHRAE, significa American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/ASHRAE>
- Beckman, S. K. (2016). F Chart. Copyright © 2016 F-Chart Software,. <http://www.fchart.com/>.
- Bermejo, A., Bezzo, E. J., Cozza, P. L., Fiora, J. A., Maubro, M. A., Prieto, R., y otros. (2013). Eficiencia de calefontes- importancia de los consumos pasivos. Benos Aires.
- BREEAM: . (2017). BREEAM: El sistema de certificación de edificios verdes del Reino Unido. Obtenido de <http://www.breeam.com/>
- CAFAGAS Cámara Argentina de Fabricantes de Artefactos a Gas - Buenos Aires. (2015). Cominación Privada. <http://www.cafagas.org.ar/>.
- CLASP. (s.f.). Collaborative Labelling and Appliance Standards Program. Obtenido de <http://www.clasponline.org>
- Consumo de agua en la Ciudad de Buenos Aires- Gobierno Ciudad Autónoma e Buenos Aires. (2013).

Obtenido de http://www.buenosaires.edu.ar/areas/educacion/recursos/medio_ambiente/consumo.php?menu_id=31056.

- Consumo e agua en el mundo. (s.f.). Obtenido de <http://teleobjetivo.org/blog/consumo-mundial-de-agua.html>.
- Czajkowski, J. (1999). Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. Avances en energías renovables y medio ambiente , 3 (2), 5-8.
- Department for Business, Innovation & Skills - UK. (2010). CO2 emissions influenced by the construction industry - Ref: 10/1316. <https://www.gov.uk/government/publications/low-carbon-construction-igt-report-co2-emissions-influenced-by-the-construction-industry>.
- Department of Energy, USA, 2016, Selecting a New Water Heater. (s.f.). Recuperado el 29 de Junio de 2016
- E.J. Bezzo, A. B. (2013). Eficiencia de calefones- importancia de los consumos pasivos. Benos Aires.
- El Instituto de la Vivienda, Provincia de Buenos Aires. (s.f.). Decreto reglamentario 1030/10 de la Ley 13059 de Acondicionamiento Térmico en la construcción de edificios de uso humano. Obtenido de <http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/varios/ley13059.php>
- ENARGAS. (2014). Ente Nacional Regulador del Gas. Obtenido de www.enargas.gov.ar
- ENARGAS. (2016). Ente Nacional Regulador del Gas. Obtenido de www.enargas.gov.ar
- ENARGAS, NAG 313 y 314. (s.f.).
- Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires. (Marzo de 2014). Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013. ([http://fpifrance.fr/fr/content/france-gbc](https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6rPap_9vQAhWMHpAKHZDnCRcQFggZMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.estadisticaciudad.gob.ar%2Feyc%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F04%2Fir_2014_663.pdf&usq=AFQjCNFudDyHD-7gl_m, Ed.))
▪ France GBC. (2017). Asociacion Francesa de construcción y el desarrollo sostenible. Obtenido de <a href=)
- France GBC. (2015). International environmental certifications for the design and construction of non-residential buildings. The positioning of HQE certification relative to BREEAM and LEED. Obtenido de [http://www.buildup.eu/en/practices/publications/interna-](http://www.buildup.eu/en/practices/publications/interna-tional-environmental-certifications-design-and-construction-non)

[tional-environmental-certifications-design-and-construction-non](http://www.buildup.eu/en/practices/publications/international-environmental-certifications-design-and-construction-non)

- GBC Francia. (2017). Plan de Construcción Verde. Obtenido de <http://www.planbatimentdurable.fr/qui-sommes-nous-r113.html>
- Gil, R. S., Gil, S., & Iannelli, L. M. (Dic de 2015). Ahorro de 1,5 GW en los picos de consumo eléctrico- Iluminación LED. Petrotecnia .
- Gil, S. (2009). Posibilidades de ahorro de gas en Argentina. Petrotecnia , L (02).
- Gil, S. (2009). Posibilidades de ahorro de gas en Argentina- Hacia un uso más eficiente de la energía. Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) (2), 80-84.
- Gil, S. (2007). Proyección de demanda de gas para mediano y largo plazo. Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) , XLVIII, 86-100.
- Gil, S., & Prieto, R. (2013). ¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas. Petrotecnia , LIV (6), 81-92.
- González , A., Crivelli , E., & Gortari, S. (2006). Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche. Instituto Argentino del Petróleo y del Gas , 10.
- Gonzalo, C. F. (2001). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LOS CERRAMIENTOS EXTERIORES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente , 5, 05.19-24.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) Quinto Informe de Evaluación. (2015). <http://www.ipcc.ch/>.
- Haute Qualité Environnementale (HQE) . (2017). Wikipedia: Haute Qualité Environnementale. Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Haute_Qualit%C3%A9_Environnementale
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011). PROYECTO SECH-SPAHOUSEC Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Madrid: <http://www.idae.es/>.
- INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Vivienda, hogares y hábitat. (s.f.). Obtenido de <http://www.indec.gov.ar>.
- Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): . (1987). Nuestro Futuro Común ONU (11/12/1987). <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agreed.htm>.

- International Energy Agency (IEA). (2016). Key word Energy Statistics. www.iea.org.
- IPCC Fifth Assessment Report (AR5). (2015). Climate Change 2014 Synthesis Report. IPCC.
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. (s.f.). Recuperado el 20 de Julio de 2016, de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html
- IPCC. International Panel on : Climate Change. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. (2011). Obtenido de <http://www.ipcc.ch/>.
- IRAM. (2014). NORMA IRAM 210001-1:2014 - Energía solar Colectores solares. Parte 1 - Definiciones. Buenos Aires.
- Lanson, A., & Et., A. (2014). Aprovechamiento de la energía solar en la Argentina. Petrotécnica (Revista del IAPG) , LV (Feb. 2014), 62-70.
- Lanson, A., & Et., A. (2014). Aprovechamiento de la energía solar en la Argentina. Petrotécnica (Revista del IAPG) , LV (Feb. 2014), 62-70.
- LEED, or Leadership in Energy and Environmental Design. (2017). LEED. Obtenido de Leadership in Energy and Environmental Design: <http://www.usgbc.org/leed>
- LENTINI, F. G. (2012). Infraestructura y equidad social: Experiencias en agua potable, saneamiento y transporte urbano de pasajeros en América Latina. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Comisión, Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile: CEPAL.
- Ley nacional de obras públicas 13064. (2017). Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/35000-39999/38542/texact.htm>
- M. Cordella, E. G. (2013). JRC Technical Reports, Developing an evidence base and related product policy measures for "Taps and Showers". <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/>. Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS).
- Ministerio de Energía y Minería. (s.f.). Recuperado el Julio de 2016, de <https://www.minem.gob.ar/>
- Ministerio de Energía y Minería de Argentina. (2015). Balances Eneréticos. www.minem.gob.ar.
- Modelo de Pliego de bases y condiciones del EBY. (2017). Obtenido de <http://www.eby.org.ar/licitaciones/licitaciones/Pliego-lp293.pdf>
- Naciones Unidas y el Banco Mundial. (2011). Sustainable Energy for All, initiative iniciada en 2011y auspiciada por la Naciones Unidas y el Banco Mundial. <http://www.se4all.org/>.
- Newsham, G. R., Mancini, S., & Birt J., B. (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but.... Energy and Buildings , 41 (8), 897-905.
- OLADE. (2010). Barreras para el desarrollo del mercado de la energía solar para calentamiento de agua en América Latina y el Caribe.
- OWL, W. E. (s.f.). Obtenido de https://www.tlc-direct.co.uk/Technical/DataSheets/Owl/CM119_User.pdf
- Placco, C., Saravia, L., & Cadena, C. (2008). Colectores solares para agua. http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf.
- Rinnai. (2016). Rinnai - Tankless Water Heaters. Obtenido de <https://www.rinnai.us/tankless-water-heater/>.
- S.Gil. (2014). ¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? S. Gil . Petrotécnica (Revista del IAPG) , LV (3), 83-91.
- S.Gil. (2014). ¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? Petrotécnica (Revista del IAPG). (IAPG, Ed.) Petrotécnica (Revista del IAPG) , LV, 82-91.
- Scofield, J. H. (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Not really. Energy and Buildings , 41 (12), 1386-1390.
- Scofield, J. H. (2013). Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission for large New York City office buildings. Energy and Buildings , 67, 517-524.
- SECRETARIA DE PLANEAMIENTO - MUNICIPALIDAD DE ROSARIO. (2013). Aplicación Reglamentaria de Aspectos Higrotérmicos y Eficiencia Energética de las Construcciones. Obtenido de <https://www.rosario.gov.ar/mr/normativa/reglamento-de-edificacion/seccion-7.-de-los-aspectos-higrotermicos-y-demanda-energetica-de-las-construcciones/decreto-no-985-2013>
- Sustainable United Nations. (2009). Buildings and Climate Change, Summary for Decision-Makers. Paris.
- TANKLESS OR DEMAND-TYPE WATER HEATERS. (2016). Water Heater. USA Departmente of Energy - ENERGY.GOV.
- Trends in global water use by sector United Nations Environment Programme (UNEP). (s.f.). Recuperado el 29 de Junio de 2016, de <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html>
- U.S. Department of Energy (DOE). (2014). Historical

Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core,- Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC). <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>.

- US Department of Energy. (2010). US Department of Energy, 10 CFR Part 430, Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Residential Water Heaters, Direct Heating Equipment, and Pool Heaters; Final Rule.
- US Energy Administration Agency. (2016). How much carbon dioxide is produced when different fuels are burned?
- US Environmental Protection Agency (EPA). (2016). Greenhouse Gas Emissions Sources of Greenhouse Gas Emissions. Obtenido de <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>
- US Environmental Protection Agency (EPA). (2016). Greenhouse Gas Emissions Sources of Greenhouse Gas Emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>, Building and the environment: Statistical Summary 2004.
- USGBC - US Green Building Council. (2017). Building Design and Construction: Core and Shell. Obtenido de <http://www.usgbc.org/discoverleed/certification/bd-c-core-and-shell/>
- V. L. Volantino, P. A. Bilbao, P. E. Azqueta, P. U. Bittner, A. Englebert, M. Schopflocher. (2010). Ahorro Energético En El Consumo De Gas Residencial Mediante Aislamiento Térmico En La Construcción. http://www.inti.gov.ar/construcciones/pdf/ahorros_aislamiento_termico.pdf, Integrantes del Comité Ejecutivo de INTI Construcciones; Comisión de Trabajo URE en Edificios, Buenos Aires.
- Valdalbero, D. (2003). The EU "WETO" World Energy, Technology and climate policy Outlook 2030. European Commission (2003) World energy, technology and climate policy. https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto_presentation.pdf.
- Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012. (2012). Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012.
- Wikipedia. (2016). Fracción Solar en Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Fracci%C3%B3n_solar.

ANEXO I

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

En el presente anexo se explicita el procedimiento utilizado para la determinación del costo de cada prototipo, de cada propuesta de mejora de la envolvente térmica y su impacto en el costo total.

COSTO TOTAL DE CADA TIPO DE VIVIENDA:

El costo base total de construcción se obtuvo del suplemento ARQ de Clarín que posee distintos ejemplos resueltos de viviendas y edificios; y junto a la Revista Vivienda representan las referencias nacionales en la temática.

En la Tabla 6 puede verse los costos por metro cuadrado construido para una vivienda industrializada, una vivienda unifamiliar y una torre de viviendas a abril de 2016. Los valores se ajustaron a mayo de 2017 mediante el índice de la Cámara Argentina de la Construcción.

Se consignan las superficies cubiertas totales para cada tipo de vivienda y un departamento tipo semipiso. A saber 64m² para vivienda industrializada, 186 m² para vivienda unifamiliar urbana, 1.893 m² para una torre de departamentos de 10 pisos de altura y 94,65m² para uno de sus departamentos.

Se determina el costo total de cada tipo analizado en pesos y en dólares a la cotización del día.

Estos valores se utilizarán como referencia de los casos convencionales para cada tipo edilicio que en adelante denominaremos ET1.

COSTO DE CADA MEJORA A IMPLEMENTARSE:

Se proponen mejoras higrotérmicas en la envolvente en dos

escenarios que denominamos ET2 y ET3 que afectarán a los muros, techos, ventanas, puertas e infiltraciones de aire en los locales interiores.

A nivel de costos lo que corresponde a muros y techos se realiza el cómputo de superficies de muros exteriores y techos en metros cuadrados. Mediante las tablas CI – Rubros de obra de la Revista Vivienda Nro 658 (mayo 2017) se determina el costo (materiales + mano de obra) de casa solución constructiva para los tres escenarios.

Para ventanas se solicitaron cotizaciones a tres proveedores en marcos de aluminio tipo línea herrero de un vidrio, de aluminio reforzado para paneles de doble vidrio hermético (DVH) y de aluminio con ruptura de puente térmico con DVH junto a PVC con DVH. Estos conforman los tres escenarios siempre en ventanas y puertas ventanas corredizas con premarco y tapajuntas.

Dado que es alta la incidencia del costo de los marcos se pidió cotización de puertas ventanas de 2 x 2 m, ventanas de 1.50 x 1.05 m, 1.20 x 1.05 m y 1.20 x 0.50 m. Se analizaron las cotizaciones y se determinó un costo por metro cuadrado ponderado.

COMENTARIO: Ver Tablas 7,8,9 y 10

Estos costos por metro cuadrado de ET01 multiplican por la superficie de cada parte de envolvente y tipo de vivienda. El resultado se resta al valor total de la vivienda de referencia obteniendo un costo sin mejoras.

Este costo sin mejoras luego se suma a cada escenario ET2 y ET3 obteniendo los costos totales para los escenarios ET2 que

cumple el Decreto 1030/10 de la Ley de la Provincia de Buenos Aires 13059/03. El ET3 es una versión superior en nivel de prestación que como puede verse en tablas 2 y 3 duplican el espesor del aislante térmico.

Se optó por la tecnología conocida como EIFS (External insulation finish system) en la bibliografía internacional o SATE (Sistema de aislamiento térmico exterior) en España. Es la más económica de tantas otras y ya está difundida en el país.

Puede usarse en reemplazo del EPS poliuretano PUR sopleado con menos espesor por la diferencia entre las conductividades térmicas de ambos materiales aunque es algo más costoso y lleva mayor mano de obra en las terminaciones. Otra posibilidad, muy usada en el exterior, es construir una estructura de chapa metálica exterior para que contenga lana de vidrio o lana de roca con una terminación de placas de diversos materiales. Lo cual resulta mucho más costoso y no ha sido cotizado.

	Índice interanual			CAC			
	abr-16	29,3	may-17	Sup (m2)	Costo total \$	Costo total u\$\$	Costo u\$/m2
Vivienda industrializada	10.993	29,3	14213,949	64	909.693	57.942	905,35
Vivienda unifamiliar	19.368	1293	25042,824	186	4.657.965	296.686	1.595,08
Torre viviendas	13.639	1293	17635,227	1893	33.383.485	2.126.337	1.123,26
1 departamento promedio				94,65	1.669.174	106.317	1.123,26

Tabla N/6: Análisis de costos de los prototipos Fuente:www.cifrasonline.com.ar

Designación	Mat	Mano Obra	Total
Mampostería de ladrillos huecos de 18x18x33	220.93	275.32	496.25
Revoque completo proyectable interior – Parex Duo	168.23	130.55	298.78
Revoque completo proyectable exterior – Promex C2000	148.74	130.55	279.29
		TOTAL ET1	874.32
Mampostería de ladrillos huecos de 18x18x33	220.93	275.32	496.25
Revoque completo proyectable interior – Parex Duo	168.23	130.55	298.78
Aislamiento 25 mm de EPS de 20 kg/m3	48.50	12.82	61.32
Basecoat Weber de 4 mm y malla 90 gr	89.20	105.20	194.4
		TOTAL ET2	1050.75
Mampostería de ladrillos huecos de 18x18x33	220.93	275.32	496.25
Revoque completo proyectable interior – Parex Duo	168.23	130.55	298.78
Aislamiento 50 mm de EPS de 20 kg/m3	97.00	12.82	109.82
Basecoat Weber de 4 mm y malla 90 gr	89.20	105.20	194.4
		TOTAL ET3	1099.25

Tabla N/7: Análisis de costos de muros en pesos por metro cuadrado (mayo 2017)

Designación	Mat	Mano Obra	Total
Losa H°A° 200 mm espesor	859.88	1478.10	2337.98
Contrapiso pendiente y carpeta nivelación	234.89	102.06	336.95
Aislante hidráulico tipo membrana asfáltica "Ormiflex"	--	--	236.47
		TOTAL ET1	2911.40
Losa H°A° 200 mm espesor	859.88	1478.10	2337.98
Contrapiso pendiente y carpeta nivelación	234.89	102.06	336.95
Aislante hidráulico tipo membrana asfáltica "Ormiflex"	--	--	236.47
Aislamiento tipo techo invertido 50 mm de EPS de 30 kg/m3 y protección de leca suelta	225.00	32.50	257.50
		TOTAL ET2	3168.90
Losa H°A° 200 mm espesor	859.88	1478.10	2337.98
Contrapiso pendiente y carpeta nivelación	234.89	102.06	336.95
Aislante hidráulico tipo membrana asfáltica "Ormiflex"	--	--	236.47
Aislamiento tipo techo invertido 100 mm de EPS de 30 kg/m3 y protección de leca suelta	325.00	32.50	357.50
		TOTAL ET3	1199.25

Tabla N/8: Análisis de costos de techos en pesos por metro cuadrado (mayo 2017)

Designación	ET1	ET2	ET3
Puerta ventana de 2 x 2 m	2413	3463	4432
Ventana de 1.50 x 1.05 m	2778	3601	4645
Ventanuco 1.20 x 0.50 m	3079	3873	4996
Valor medio ponderado	2778	3601	4645

Tabla N/9: Análisis de costos de ventanas en pesos por metro cuadrado (may 2017)

Designación	Costo \$/m2
ET1 - Puerta de entrada metálica 0.85 x 2.05	1000
ET2 - Puerta de entrada metálica PUR inyectado IDEM ant.	1200
ET3 - Puerta de entrada reforzada PUR inyectado IDEM ant.	1400

Tabla N/10: Análisis de costos de puertas en pesos por metro cuadrado (may 2017)

ANEXO II

EFICIENCIA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA

EFICIENCIA DE UN ARTEFACTO:

En general la eficiencia energética, n_{EE} de un artefacto se puede definir como el cociente entre la energía útil que produce el artefacto dividida la energía que consume para funcionar:

$$\eta_{EE} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía usada}} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía útil} + \text{pérdida}}$$

En estas expresiones, la energía útil ($E_{\text{útil}}$) es aquella fracción de la energía que efectivamente brinda la prestación deseada, en este caso la energía que calienta el agua. La energía usada (E_i) es el total de la energía que se suministra al equipo para producir este calentamiento. La diferencia entre la energía usada y la útil la denominamos pérdida, que en este caso sería la energía que se disipa y no va directamente a calentar el agua. En un calefón, la energía útil sería la energía que se emplea en llevar una dada masa de agua (m_{agua}) de la temperatura de entrada (T_e) a la temperatura de salida (T_s). El salto térmico $\Delta T = T_s - T_e$ y c es el calor específico del agua, por lo que $E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T$.

Por su parte la energía usada, es la energía entregada al quemador en forma de gas o al calefactor eléctrico. En general, resulta útil dividir el proceso de calentamiento de agua en dos partes. Por un lado está el proceso de calentamiento de agua propiamente, donde un quemador o resistencia calienta el agua y por otro lado, la energía de mantenimiento del sistema a lo largo de un día, EM_{24} . Este último consumo está asociado a los consumos pasivos de los equipos, o sea pilotos en los calefones o consumo de mantenimiento del agua caliente en los tanques de acumulación.

Por su parte la energía usada, es la energía entregada al quemador de gas o al calefactor eléctrico, ver Figura 43. En general, resulta útil dividir el proceso de calentamiento de agua en dos partes. Por un lado está el proceso de calentamiento de agua propiamente, donde un quemador o resistencia calienta el agua y por otro lado, la energía de mantenimiento del sistema a lo largo de un día, EM_{24} . Este último consumo está asociado a los consumos pasivos de los equipos, o sea pilotos en los calefones o consumo de mantenimiento del agua caliente en los tanques de acumulación y genéricamente constituye las pérdidas del sistema.

Rendimiento de los sistemas de calentamiento instantáneo o calefactores: En los sistemas de calentamiento de agua convencionales, siempre hay algún elemento que calienta el agua, el calefactor, que puede ser un quemador a gas o una resistencia eléctrica. Definimos el rendimiento (R) de estos elementos como el cociente entre el calor usado en calentar el agua y la energía entregada para producir este efecto:

$$R = \frac{m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T}{E_{\text{cal}}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{cal}}}$$

Aquí, E_{cal} es la energía que se suministra al calefactor, para el caso del gas sería el producto del volumen de gas utilizado para realizar este calentamiento, V_{gas} , por el poder calorífico superior del gas, H_s , o sea: $E_{\text{cal}} = V_{\text{gas}} \cdot H_s$. En el caso eléctrico, E_{cal} sería el consumo de energía eléctrica para realizar este calentamiento. El proceso es desde luego el de calentar una masa de agua maguadesde una temperatura T_{ea} otra T_s ,



Figura N/43: Diagrama esquemático de los sistemas de calentamiento de agua. Consumo residencial medio total, incluyendo la fracción de energía que se consume como gas y electricidad respectivamente. Fuente elaboración propia.

Artefacto a gas	Clase de etiquetado de Eficiencia	Rendimiento del quemador R%	EM24 m3 (GN)	EE	Consumo de GN (m3/día)
Termotanques	A	76%	0,40	61%	1,01
	B	74%	0,52	56%	1,14
	C	68%	0,50	53%	1,18
	D	66%	0,75	47%	1,43
	E	60%	0,77	43%	1,52
Calefón	A	81%	0,00	81%	0,61
	B	77%	0,00	77%	0,65
	C	70%	0,00	70%	0,71
	D	81%	0,40	62%	1,00
	E	78%	0,50	57%	1,12
	F	72%	0,50	54%	1,17

Tabla N/11: Valores de R, EM24 y consumos diarios de GN, estimados suponiendo un consumo de 185 litros de agua caliente por día, para distintos equipos a gas que están etiquetados según las normas NAG 313 y 314 de ENARGAS. El calor útil para calentar esta agua, es de 0,5 m3/día, por lo tanto en los artefactos estándares, la mayor parte del consumo son pérdidas e ineficiencias en los equipamientos usados. Nótese la magnitud de los ahorros que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local. Ahorros de 50% a 90% son totalmente posibles.

$\Delta T = T_s - T_e$. En la Tabla 12, se indican algunos valores típicos de rendimiento para calefones y termotanques a gas.

En particular, si tomamos como referencia el volumen de agua caliente que una familia promedio, de 3,3 personas, usa en la zona centro-norte de Argentina, esto es $V_{\text{agua}} = 185$ litros/día, de la temperatura 17°C a 42°C , la energía útil sería: $E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T = 4625$ kcal/día, equivalente a $0,5$ m3 (GN)/día de gas natural (GN) o $5,4$ kWh/día. Para el gas natural (GN) el poder calorífico superior del gas se toma como $H_s = 9300$ kcal/m3, mientras que para el GLP poder calorífico superior del GLP se toma como $H_s = 10950$ kcal/kg

Como señalamos antes, en los sistemas de calentamiento de agua hay otros consumos, en particular los pasivos, que en general son muy significativos. En el caso de calefones con piloto, está el consumo de gas de los mismos, que por lo general en los equipos comunes de Argentina son del orden de E_{M24} $0,5$ m3(GN)/día. En el caso de los termotanques, aun sin consumo de agua, a lo largo de un día hay un consumo adicional de mantenimiento: correspondiente al piloto más los arranques del quemador que realiza periódicamente para mantener el tanque caliente y compensar las pérdidas de calor del tanque de acumulación. Estos consumo son del orden de los $0,5$ a $0,75$ m3(GN)/día (ver Apéndice C). Como se ve, las pérdidas, E_{M24} , son superiores a la energía necesaria para calentar el agua o $E_{\text{útil}}$.

Para calcular el consumo de energía por día necesaria para obtener un volumen de agua caliente V_{agua} , a la temperatura de confort, $T_{\text{conf}} 42^\circ\text{C}$, también es preciso conocer el rendimiento del calefactor R y el consumo de mantenimiento E_{M24} del equipo. El calor útil efectivo será: $E_{\text{útil}}^{\wedge} = \rho_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot c \cdot (T_s - T_e)$. Si tomamos $T_e 17^\circ\text{C}$, entonces $(T_s - T_e) 25\text{K}$, la densidad del agua, $\rho_{\text{agua}} = 1000$ kg/m3. El consumo diario de energía, $E^{(\text{día})}/\text{cons}$, se calcula como:

$$E_{\text{cons}}^{(\text{día})} = \frac{E_{\text{útil}}}{R} + E_{M24} = \frac{\rho_{\text{agua}} \cdot c \cdot V_{\text{agua}} \cdot \Delta T}{R} + E_{M24}$$

Los valores de R y E_{M24} se deben medir para realizar el etiquetado de todos los artefactos de gas para el calentamiento de agua aprobados por ENARGAS y pueden ser consultadas en su página Web. Por su parte, la Norma IRAM 62410, de "Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico" requiere asimismo la medición de estos parámetros, por lo que para los termotanques eléctricos etiquetados, los valores de R y E_{M24} son conocibles. En la Tabla 11 se resumen los valores de R, E_{M24} y consumos diarios de GN, estimados suponiendo un consumo de 185 litros de agua caliente por día, para artefactos a gas etiquetados según las normas NAG 313 y 314.

A propósito, la eficiencia energética, se puede obtener a partir de las Ec.(1) y (3), el resultado es:

$$\eta_{\text{EE}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{cons}}^{(\text{día})}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{útil}}/R + E_{M24}} = \frac{R}{(1 + R \cdot E_{M24}/E_{\text{útil}})}$$

Aquí $E_{\text{útil}}$ es el calor necesario para calentar un volumen de agua Vaguanormalizado, según las normas NAG 312 y 314 [41] este volumen se toma como 400 litros, las temperaturas son 17°C y 42°C, es decir, $E_{\text{útil}} = 10.000 \text{ kcal } 1,075 \text{ m}^3 \text{ (GN)}$.

En el caso de sistemas de calentamiento con acumulación o termotanques (ver Anexo 3), claramente el valor de E_{M24} , depende de la aislación térmica del tanque. Esto se observa a simple vista de la inspección de las Figuras 44 y 45.

Mucho de estos consumos pasivos se pueden eliminar o minimizar. Por ejemplo, la tecnología actual permite la fabricación de artefactos a gas que sustituyan los pilotos por sistemas electrónicos de autoencendido de muy bajo consumo. Este tipo de encendido es común en muchos artefactos a gas que ya se usan en el país y muy difundidos en Europa y EE.UU.

El objetivo deseado de los métodos de determinación de la eficiencia de los equipos, útil para el etiquetado, es lograr que la eficiencia de los artefactos aumente y que los consumos pasivos disminuyan concomitantemente. Hay que aclarar que en las definiciones que estamos considerando la energía consumida es la total consumida, independientemente de su fuente, en concordancia con los estándares internacionales. Por lo tanto, la evaluación del consumo de un artefacto a gas que contenga una batería o una conexión eléctrica, por ejemplo, debe incluir el consumo de esa batería.

CONSUMO DE SISTEMA HÍBRIDOS CON APOYO CONVENCIONAL

Partiendo de la base que el sistema solar se seleccionó adecuadamente siguiendo las normas IRAM u otras normas internacionales, lo que pretendemos aquí es esbozar un esquema de cálculo de consumos de energía convencional (Gas o electricidad) y un posible esquema de clasificación en eficiencia del equipo de apoyo.

En primer lugar, dicho equipo debe satisfacer las especificaciones técnicas que los defina como aptos para poder ser asociados a un sistema solar térmico, cumpliendo las especificaciones de los fabricantes y las normas técnicas correspondientes.

Suponemos que el colector solar puede proveer por sí solo calentamiento a una fracción de la energía al año. La fracción solar, f_{solar} , es la cantidad de energía necesaria para calentar el agua obtenida a través de los colectores solares utilizada, dividido por el total de la energía requerida para calentar esa misma agua todo el año.[45] Esta cantidad se puede estimar usando programas como F chart.[46]

Así, la cantidad de energía convencional, necesaria para prestar el servicio de calentamiento será:

$$E_{\text{útil}}^{\text{ef}} = (1 - f_{\text{solar}})E_{\text{útil}} = (1 - f_{\text{solar}}) \cdot m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T.$$

convencional (gas o electricidad) que el equipo de apoyo de-

mandará será:

$$E_{\text{apoyo}}^{(\text{día})} = \frac{E_{\text{útil}}^{\text{ef}}}{R} + E_{M24} = \frac{(1 - f_{\text{solar}}) \cdot E_{\text{útil}}}{R} + E_{M24}.$$

Para la región central y norte de Argentina, f_{solar} del orden de 0,65. Por lo tanto $E_{\text{útil}}^{\text{ef}} \approx 0,5 \times 0,35 \text{ m}^3 \text{ (GN)/día} = 0,17 \text{ m}^3 \text{ (GN)/día}$. Sin embargo, si se utiliza un equipo de apoyo como un termotanque D o E o bien un calefón con piloto, (D, E o F), el valor de $E_{M24} \geq 0,5 \text{ m}^3 \text{ (GN)/día}$, es decir el consumo pasivo en estas casas sería más de 3 veces el consumo necesario para complementar en calentamiento de agua, $E_{\text{útil}}^{\text{ef}}$. Por lo tanto, en los sistemas solares térmicos destinados al calentamiento de agua, el efecto de los consumos pasivos es mucho más importante que en los equipos convencionales. Para lograr ahorros importantes, que realmente amorticen la inversión en estos equipos solares, es necesario elegir adecuadamente los equipos de apoyo, de otro modo, los ahorros pueden no ser significativos. En la Figura 41, se resume los valores de consumo de distintos equipos de calentamiento de agua, convencionales y solares con apoyo. Como se ve en este gráfico, un equipo solar térmico, asociado a un termotanque E, tiene un consumo mayor que un calefón convencional a gas clase A. b Sin embargo, si este sistema solar se lo combina con un calefón modulante, clase A, el ahorro de energía es casi 90% respecto de los convencionales.

La fracción, f_{solar} , también puede pensarse como la fracción de días al año en el que el Sol provee toda la energía para calentar el agua. Los consumos reales gas natural empleado en ACS puede variar entre 0,16 a 1,6 m³/día, en función de la tecnología empleada en el equipamiento utilizado. Por lo tanto, sin modificar los hábitos de consumo, se podría ahorrar casi un factor 10 en energía mediante el reemplazo por equipos de ACS por alternativas más eficientes, ver Figura 41 y Tabla 12.

En la Tabla 12 se resumen los consumos de gas para calentar agua sanitaria y cocción en una familia de 3 a 4 personas de Argentina, suponiendo un consumo de ACS de 185 l/día a partir de una temperatura media de 17°C hasta la temperatura de confort de 42°C.

	Q_GN (m3/día)	Q_GLP (Kg/día)	Q_GLP (Kg/año)	Consumo relativo
Solar +Calefón A Mod. Con AA	0,16	0,14	50	10%
Solar +Calefón A Mod.	0,21	0,18	67	13%
Calefón A con AA	0,46	0,39	144	29%
Calefón A	0,61	0,52	192	38%
Solar + Termotanque A	0,63	1,02	371	39%
Solar + Calefón F	0,74	0,91	331	46%
Termotanque A	1,05	0,90	329	66%
Solar + Termotanque E	1,06	0,76	278	66%
Calefón F	1,19	0,54	196	74%
Termotanque E	1,60	0,63	231	100%
Calor útil, $Q_{\text{útil}}^0$	0,50	0,43	155	67%
Consumo Cocción	0,31	0,26	97	

Tabla N/12: Consumos de gas por día y anual para calentar agua y cocción de una familia típica de Argentina, suponiendo una demanda de 185 l/día de agua caliente sanitaria, desde una temperatura de 17°C hasta la temperatura de confort de 42°C. El calor útil necesario para calentar esta agua, es de 0,5 m3/día, por lo tanto en los artefactos estándares, la mayor parte del consumo son pérdidas e ineficiencias en el equipamiento usado. Las diferentes columnas indican los valores de consumo de ACS discriminados por los distintos modos de realizar este proceso. La última columna indica los consumos relativos, tomando como referencia el uso de termotanque Clase E, quizás los más prevalentes hasta el año 2015 en Argentina. Estos valores se obtuvieron de los requerimientos de eficiencia establecidos en las normas NAG de ENARGAS y coincidentes con las estimaciones que realiza el Departamento de Energía de los EE.UU. para estos equipos. Nótese la magnitud de los ahorros que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local. Ahorros de 50% a 90% son totalmente posibles. La abreviación AA representa sistema de ahorro de agua.

ANEXO III

FUNCIONAMIENTO DE TERMOTANQUE

Los termotanques o calentadores de agua de acumulación son sistemas muy comunes de calentamiento de agua caliente sanitaria. Poseen un tanque, de volumen variable por lo general entre 30 y 150 litros, con una aislación térmica en su envolvente y algún tipo de quemador o resistencia eléctrica para calentar el agua. Pueden usar como energía gas natural (GN), gas envasado (GLP) o electricidad.

La eficiencia de un equipo es el cociente entre la energía útil que el artefacto brinda y la energía total utilizada para su funcionamiento. En el caso de un termotanque, la energía útil es el calentamiento de agua ($E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c \cdot (T_s - T_e)$). Aquí m_{agua} es la masa de agua en el termo, c es el calor específico del agua y T_s y T_e son las temperaturas del agua caliente y del agua fría de entrada al tanque. La energía utilizada para su mantenimiento a lo largo de un día, E_{M24} , incluye tanto la energía que usa el quemador para mantener el agua caliente y la llama piloto. En la Figura 48 se ilustra un termotanque típico.

Otro parámetro importante es el consumo de mantenimiento del tanque durante 24 horas, Q_{M24} . En estos sistemas, aun sin consumo de agua, se requiere energía para mantener al agua a una dada temperatura. En las Figuras 43 y 44 se ilustra el comportamiento de dos termotanques en condiciones estáticas, es decir, sin consumo de agua.

Las Figuras 45 y 46 indican claramente que el valor de E_{M24} , depende de la aislación térmica del tanque. El termotanque de la Figura 46 tiene mejor aislación que el termotanque de la Figura 45. Esto muestra que el aporte de la aislación térmica es muy significativo.

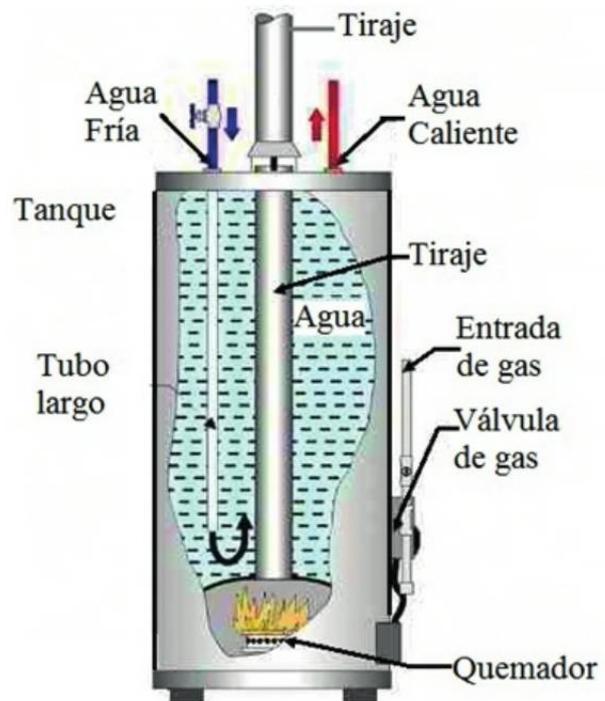


Figura N/44: Esquema de un termotanque a gas de acumulación de agua.

Equipo 1 - Etiqueta D

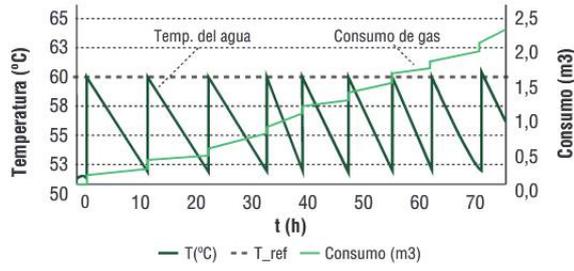


Figura N/45: Variación de la temperatura con el tiempo, curva roja, referida al eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. La línea violeta horizontal es la Temperatura de referencia, tomada aquí como 60°C. La variación suave del consumo, indica el consumo de la llama piloto, los saltos en consumo, indica el encendido del quemador para incrementar la temperatura del agua. Qgas24, es el calor asociado al gas necesario para mantener el agua a la temperatura de referencia, al cabo de 24 horas. Estos datos corresponden a un termotanque clase E.

Equipo 2 - Etiqueta B

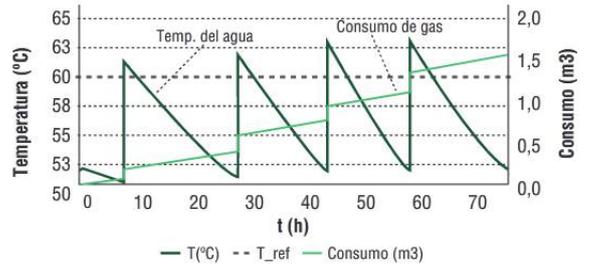


Figura N/46: Variación de la temperatura con el tiempo, curva roja, referida al eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. La línea violeta horizontal es la Temperatura de referencia, tomada aquí como 60°C. La variación suave del consumo, indica el consumo de la llama piloto, los saltos en consumo, indica el encendido del quemador para incrementar la temperatura del agua. Qgas24, es el calor asociado al gas necesario para mantener el agua a la temperatura de referencia, al cabo de 24 horas. Estos datos corresponden a un termotanque clase B.

FO
DE
CO

FONDO PARA EL DESARROLLO
DE LA CONSTRUCCIÓN



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN