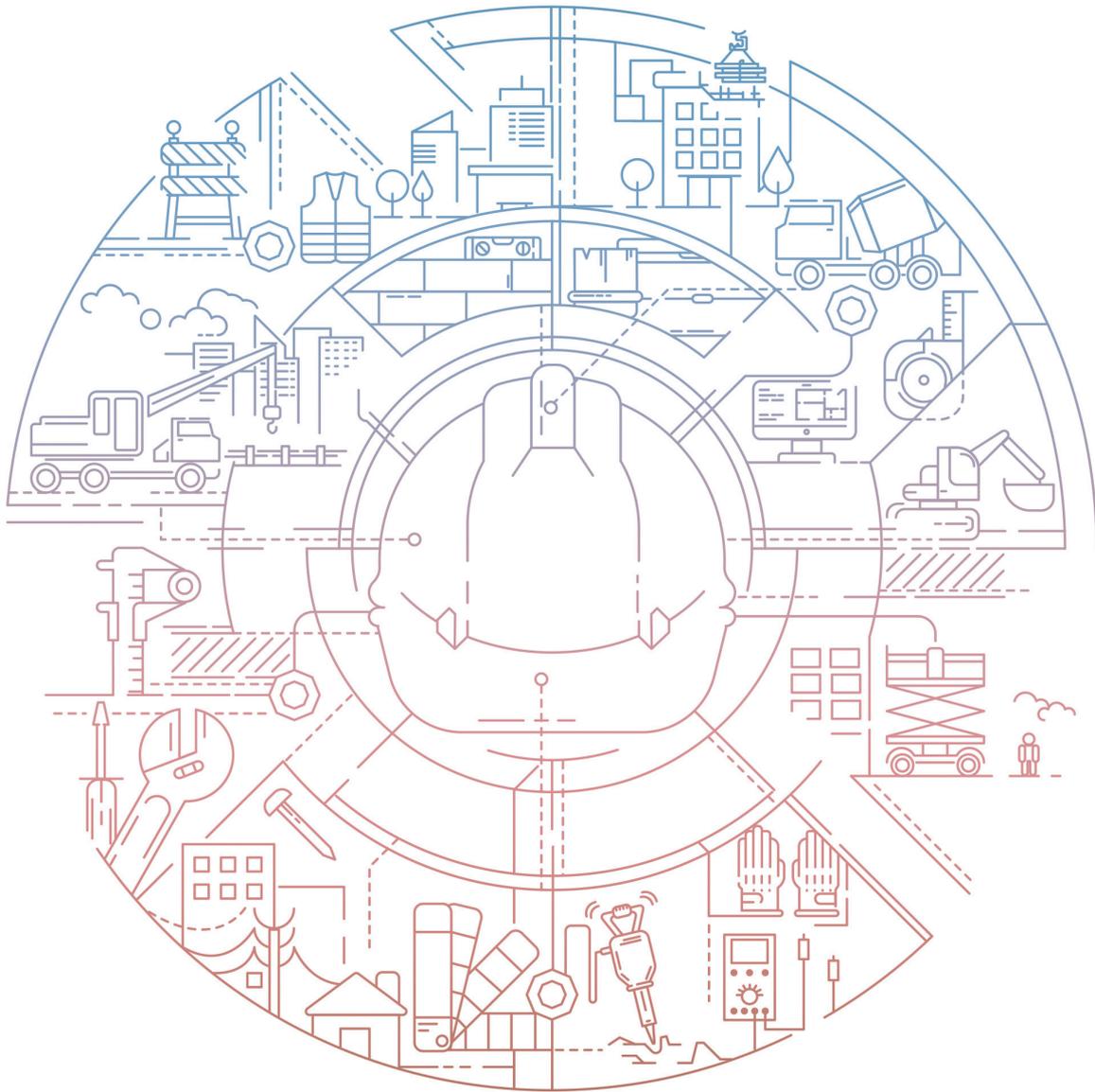




CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN



//// **VIVIENDA SOCIAL** ////
SOSTENIBLE

VIVIENDA SOCIAL SOSTENIBLE

Silvina Carrizo
Pablo Azqueta
Damián Strier
Salvador Gil

CONTENIDOS



01

05

RESUMEN

07

INTRODUCCIÓN

1

09

SOSTENIBILIDAD
URBANA Y SOCIAL

09

INTEGRACIÓN
A LA CIUDAD

11

PROYECTOS DE
ESCALA MEDIA

13

ESPACIO SOCIAL
MIXTO Y DINÁMICO

13

SERVICIOS URBANOS
INTEGRADOS

2

15

CAPACITACIÓN Y
ORGANIZACIÓN SOCIAL
PARA MANTENIMIENTO
Y SOSTENIBILIDAD

3

19

DISEÑO BIOCLIMÁTICO
Y ENVOLVENTE

19

AISLAMIENTO TÉRMICO
DE LA ENVOLVENTE

22

APROVECHAR LA INERCIA
TÉRMICA COMO
TECNOLOGÍA SOLAR
PASIVA PARA CALEFACCIÓN
Y REFRIGERACIÓN

24

OPCIONES
CONSTRUCTIVAS
PARA VIVIENDA SOCIAL

25	4	32	5
MODELO DE VIVIENDAS PARA ANALIZAR LOS COSTOS Y CONSUMOS DE CALEFACCIÓN	SERVICIOS ENERGÉTICOS CLAVES	AGUA CALIENTE SANITARIA	ENERGÍAS RENOVABLES EN VIVIENDAS SOCIALES
39	40	6	7
GENERACIÓN SOLAR TÉRMICA	GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	EVALUACIÓN ECONÓMICA	REFLEXIONES FINALES
8	A1	A2	A3
BIBLIOGRAFÍA	EXPERIENCIAS Y BÚSQUEDAS NACIONALES E INTERNACIONALES	DISEÑO BIOAMBIENTAL DE VIVIENDAS SOCIALES SOSTENIBLES	EQUIPAMIENTO RACIONAL Y EFICIENTE DE VIVIENDAS SOCIALES
	A4		
	GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA (FV)		

RESUMEN

Los edificios son responsables de casi el 40% de consumo mundial de energía y de 30% de las emisiones de gases efecto de invernadero (GEI). La experiencia internacional y local muestra que es posible disminuir su impacto ambiental, pensando integralmente su diseño. Mejorar los estándares urbanísticos y constructivos, permitiría ahorros importantes en las facturas de energía y la reducción de las emisiones de GEI, a la par que se aumentaría las condiciones el confort de los usuarios. Así, edificios sustentables no sólo contribuirían a mitigar el calentamiento global y a mejorar la calidad del hábitat, sino que también favorecerían la inclusión social y energética. Esto es particularmente importante en la construcción de viviendas sociales, que beneficia a poblaciones de escasos recursos, que, podrían acceder a una vivienda confortable y con servicios apropiados. Asimismo, con algún acompañamiento y planificación, se posibilitaría que las familias puedan preservar y mantener funcionando correctamente los servicios básicos de la vivienda.

En este trabajo nos focalizamos en los pequeños y medianos conjuntos de viviendas sociales, conformados por edificios de escala media, emplazados en terrenos intersticiales urbanos, ya que no sólo permiten una mejor integración social y facilitan la provisión de servicios, sino que son más eficientes energéticamente que las viviendas sociales construidas sobre lotes independientes. Mostramos la influencia decisiva que tienen los modelos constructivos utilizados y el equipamiento eficiente, en el ahorro energético. Encontramos reducciones potenciales de consumo de más del 60% respecto a las viviendas tradicionales. Construir respetando las normas de eficiencia no hace necesariamente más caro un proyecto y podría proveer herramientas útiles y necesarias para dar respuesta al déficit cuantitativo y cualitativo de viviendas sociales. Diseñar a partir de criterios de eficiencia energética y sostenibilidad, será central en la solución de los graves problemas sociales y ambientales que atraviesan a la Argentina y el Mundo.

INTRODUCCIÓN

Una vivienda social sostenible asocia asequibilidad a un proceso integral de construcción que contempla prácticas adecuadas: ambientales, sociales, culturales, económicas e institucionales. [1].

El objetivo de este proyecto es explorar la posibilidad de lograr viviendas asequibles y sostenibles. También analizar por qué no se construyen más viviendas adoptando los avances disponibles en eficiencia energética y sustentabilidad que ya se conocen desde hace tiempo. Sabemos que en Argentina y Latinoamérica, tenemos un déficit habitacional muy significativo, [2] que constituye una barrera importante al desarrollo humano de muchísimas familias en esta región.

Sabemos bien que necesitamos construir más viviendas. Pero necesitamos que sean accesibles y de calidad. Además, es preciso tener en cuenta, el costo de los insumos energéticos, su disponibilidad a través de redes y los desafíos que representa el calentamiento global. La necesidad de reducir nuestras emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI), hace que el requerimiento de construir viviendas sostenibles sea una prioridad cada vez más urgente. [3]

Desafortunadamente, para el sector de la vivienda social, la sostenibilidad, eficiencia energética y calidad, han sido muchas veces soslayadas, en gran medida por el preconcepto que una vivienda de estas características es una vivienda cara y por lo tanto no asequible.

Así, parte de este estudio consiste en reanalizar las preguntas: ¿Se puede construir una vivienda social sostenible y asequible? y ¿se pueden aprovechar las fuerzas del mercado para promoverlas?

Examinamos estas cuestiones, con la intención de encontrar vías para lograr viviendas sociales sostenibles. Para ello, consideramos las experiencias internacionales en este campo, con el fin de encontrar modelos de construcción que se puedan aplicar en el contexto local, usando los materiales y recursos que ya disponemos en el mercado argentino.

Los nuevos modelos más inclusivos y de menor impacto ambiental plantean co-construir vivienda social, esto es construir y vincular distintos actores, haciendo converger sus intereses, en pos de favorecer la sostenibilidad. Así, Estado, organizaciones privadas, ONG's y la sociedad civil se pueden articular en la construcción de vivienda social con el fin de lograr una opción asequible, de calidad y con valor creciente. Instituciones públicas y privadas pueden asociarse para financiar proyectos de vivienda social sostenibles, enlazando intereses sociales, ambientales y económicos.

En este trabajo discutimos algunas ideas, basadas en experiencias nacionales e internacionales, que pueden ser de utilidad para lograr viviendas sociales de bajo costo y buena calidad, que contribuyan a una mayor integración y desarrollo de las ciudades. Para ello proponemos lineamientos, que mejoren

las condiciones del hábitat y de las viviendas teniendo en cuenta los siguientes ejes básicos:

1. *El contexto urbano-social y elección de la escala de las construcciones*
2. *Discusión de los modos organización social que permitan facilitar y promuevan el buen mantenimiento de las viviendas*
3. *Diseño bioclimático y elección adecuada de la envolvente*

4. *Selección de los equipos principales de servicios energéticos claves*

5. *Evaluación económica, que permita valorizar las distintas acciones de sostenibilidad con sus respectivos costos y beneficios.*

A partir de este análisis proponemos un conjunto de ideas fuerza, que puedan servir de guía y orientación para el desarrollo de viviendas sociales sostenibles en Argentina.

1

SOSTENIBILIDAD URBANA Y SOCIAL

La necesidad de vivienda social resulta de un déficit habitacional por carencia de viviendas - déficit cuantitativo - y por existencia de viviendas en condiciones inadecuadas - déficit cualitativo -. El déficit cuantitativo alude así al número de viviendas que se deben construir para cubrir la necesidad de alojamiento no satisfecho en la actualidad. El déficit cualitativo toma en cuenta las viviendas existentes en las que se deben mejorar las condiciones de habitabilidad, bajo criterios de calidad: estructura de los pisos, confort, hacinamiento, condiciones de la cocina y acceso a servicios públicos.

En 2010, en Argentina, el déficit habitacional cuantitativo afectaba 11% de los hogares (7% déficit habitacional simple y 4% viviendas irrecuperables habitadas). En 2018, el déficit cuantitativo en Argentina sería del orden de 1,5 millones de viviendas y el cualitativo de 2 millones. [4] Entonces sustentabilizar las viviendas puede constituir un complemento estratégico clave para reducir los déficits habitacionales cualitativo y cuantitativo. Construir en baldíos, rehabilitar edificios -residenciales u otros- en desuso o reacondicionar viviendas en condiciones de precariedad, son posibilidades de intervenir en las ciudades para reducir el déficit habitacional, con ampliación y renovación del parque edilicio.

1.1 INTEGRACIÓN A LA CIUDAD

En general, el valor del suelo urbano impulsa la construcción de viviendas sociales en zonas periféricas y bordes urbanos. Esto genera múltiples problemas, muy difíciles de resolver, ya que no promueven la integración social, sino que se suelen transformar en espacios mal servidos, difícilmente accesibles o poco atractivos. La provisión de servicios, por ejemplo, redes de gas, electricidad, agua y cloacas, se encarece. El transporte público puede ser más limitado y/o implicar esfuerzos mayores -económicos y de tiempo- para las familias, lo que restringe también su vinculación con áreas centrales de la ciudad, para actividades administrativas, laborales o sociales.

La distancia genera múltiples problemas relativos al transporte, por la dificultad que implica para los habitantes llegar a sus trabajos, escuelas y servicios de la ciudad; además por el incremento de las emisiones GEI que los ciudadanos aportan. La construcción de vivienda social en las periferias suele implicar una relocalización de familias a puntos muy distantes de donde la población se halla arraigada, lo que suele ocasionar problemas de pérdida de empleo, identidad, ruptura de vínculos sociales y familiares. En ese sentido, la construcción de vivienda social, en zonas próximas a los servicios públicos y con equipamientos urbanos, centrales, favorecería la resolución de

problemas de hábitat, no sólo de vivienda, sino también de provisión adecuada de servicios, conectividad y de integración de los sectores más vulnerables.

En las ciudades, muchas veces existen áreas vacantes o degradadas próximas a sectores valiosos en términos de urbanidad. Zonas o infraestructura edilicia de antiguo uso ferroviario, áreas industriales o portuarias abandonadas o degradadas irrumpen en el tejido urbano. [5] Representan problemas de desvalorización inmobiliaria, inseguridad, contaminación, degradación paisajística o incluso de accesibilidad y circulación. Resulta posible y conveniente rehabilitar espacios ubicados privilegiadamente, al interior de la trama urbana, respetando sus líneas, sus fachadas y el tejido.

Aprovechar los intersticios urbanos para construir vivienda, permitiría a la vez solucionar problemas urbanos y de hábitat. Garantiza la cercanía a instituciones administrativas, educativas, de salud, espacios recreativos, bancos y múltiples fuentes de trabajo. Desarrollar allí -en lugares próximos a espacios públicos y equipamientos- proyectos de vivienda social y de otros emprendimientos residenciales e inmobiliarios, favorecería la diversidad e integración social, a la vez que mejoraría la calidad de los espacios urbanos. Pensar integralmente los problemas de la ciudad y la vivienda, implica pensar la cohesión social y la valorización urbana.

Los procesos de valorización de intersticios urbanos y de refuncionalización edilicia tienen finalidades diversas y múltiples beneficios. Más allá de lograr que espacios y construcciones, abandonados o degradados, "revivan" con el tiempo, consiguen que edificios patrimoniales sean valorizados, que se aprovechen los recursos existentes, facilitan la conservación de una trama y paisajes históricos y viabilizan que los lugares y las construcciones continúen siendo funcionales al territorio, al cual pertenecen. La mutabilidad de los terrenos baldíos y la flexibilidad arquitectónica de las construcciones son complementarias con las necesidades de vivienda social en implantaciones urbanas favorables. Esto abre un abanico de un potencial de rehabilitación urbana y de aprovechamiento edilicio, que va desde una intervención arquitectónica puntual, a un proyecto de escala barrial. Distintos ejemplos

pueden observarse de redinamización de lugares o refuncionalización de edificios fabriles, escolares y otros, en vivienda social sostenible.

A nivel internacional, existen numerosas experiencias de puesta en valor de los espacios urbanos degradados, que contemplan la construcción de vivienda social sostenible. Por ejemplo, la transformación de baldíos industriales y ferroviarios en vivienda constituye un desafío mayor en Europa (ver Anexo 1; Hammarby Sjöstad y Savonnerie Heymans). En la ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), resulta ilustrativa la intervención que se realiza en el sector norte de la trama urbana. Una serie de espacios intersticiales existen como consecuencia de no haberse construido la Autopista Central 3 (AU3), para cuya ejecución, en 1977 se expropió y desalojó una franja importante de inmuebles, terrenos y edificios enteros, en los barrios de Colegiales, Coghlan, Villa Ortúzar y otros hasta su finalización en Puente Alsina. Con el abandono del proyecto, en la década de 1980, los espacios expropiados pasan a ser ocupados ilegalmente en un marco de dificultades económicas y déficit habitacional, y provocan la fractura del tejido social y urbano.



Imagen 1. Rotura del espacio urbano por proyecto de Autopista central 3, ejemplificada en la afectación de lotes en las calles Homberg y Tomas Le Breton, CABA.

A partir de 1999, se busca reconstruir ese tejido social y urbano. El Programa ex AU3 de la Ciudad de Buenos Aires promueve 3 planes:

1. *Desarrollo y Recuperación Urbana*
2. *Soluciones habitacionales¹*

¹. Está dirigido a quienes, sin ser propietarios de inmuebles, habitan sobre la traza desde antes de 1996 y no posean un crédito o subsidio, para la adquisición, construcción o refacción de una vivienda.

3. de Recuperación Patrimonial.

El proyecto prevé una avenida con boulevard central y ensanche de veredas en ciertas calles (Holmberg y Donado). El diseño paisajístico, equipamiento, iluminación y forestación conformarían una unidad integrada al conjunto de los espacios verdes. Se crean plazas en el extremo norte del proyecto (Congreso - Holmberg - Quesada - Donado) y en el rectángulo limitado por las calles: Sucre, Holmberg, Echeverría y Donado. Se incluyen nuevos equipamientos comunitarios: de escala barrial y urbana, como establecimientos educativos, centros de atención primario de salud, bibliotecas, centros culturales.

Densificar sin extender favorece la integración de la vivienda social a la ciudad, a través de la rehabilitación áreas urbanas y/o refuncionalización de edificios, ar-

monizando lo nuevo en la trama y tejido existente. El aprovechamiento de intersticios urbanos reconciliaría la expansión y la sobriedad energética, en favor de la sostenibilidad.



Imagen 2. Construcción de conjuntos de viviendas en la traza de la Autopista Central 3, para quienes -sin ser propietarios- habitaban allí desde antes de 1996.

1.2 PROYECTOS DE ESCALA MEDIA

A principio del siglo XX, la 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. Avanzado el siglo, los proyectos de vivienda sociales a menudo consistieron en conjuntos de grandes pabellones o extensos grupos de viviendas individuales. Estos modelos constructivos de conjuntos de gran tamaño muchas veces se transformaron en "ciudades satélites" en emplazamientos periféricos o "guetos intramuros" con escasa diversidad social y problemas diversos de exclusión.

A su vez en los grandes conjuntos, por la escala, tiende a primar el anonimato o la disgregación social y marginalidad. En ese sentido, los pequeños y medianos conjuntos, conformados por edificios de escala media, emplazados en terrenos intersticiales, permiten una mejor integración social. Además, se facilita la provisión eficiente de equipamiento y servicios urbanos. Las intervenciones en la trama de la ciudad, como una suerte de acupuntura urbana, permitirían resolver problemas de déficit habitacional, con soluciones acotadas e integradas, luego sostenibles y que se habrían de valorizar en el tiempo, a la vez que valorizan el espacio.

Las políticas de vivienda social tienden a incorporar nuevos enfoques y nuevos métodos de conceptualización y abordaje, de la construcción y mejoramiento de la vivienda social para evitar o mitigar la segregación social o sus efectos negativos. Para la construcción de nuevas viviendas se contempla, por ejemplo, incorporar flexibilidad y adaptabilidad para satisfacer las necesidades diferenciadas de cada hogar u otras demandas que puedan surgir a lo largo del tiempo. Construir bloques de vivienda colectiva en pocas plantas -ni casas individuales, ni torre de gran escala- evita los planteos ineficientes de "1 casa = 1 lote", extensos en superficie o de hacinamiento en minúsculas casas; así como evita la construcción en altura, que impide la posibilidad de que las viviendas puedan crecer (ver Anexo 1; Vivienda Elemental).

Para la sustentabilización de viviendas existentes, además de rehabilitación energética, por mejoramiento de la envolvente en función del confort térmico y la eficiencia, se procura la provisión o mejoramiento de los servicios; el equipamiento o rediseño de espacios de uso común y la re-estructuración de la gestión de los residuos, incluyendo nuevas áreas de reciclaje. Incluso, se pueden adoptar mecanismos de financiación de vivienda social o sustentabilización, identificando demandas o posibilidades precisas. La

aplicación de estas medidas resulta factible en respuesta a posibilidades individuales o en conjuntos de pequeña o mediana escala.

En pequeños conjuntos de vivienda social o intervenciones en el tejido existente, es factible adoptar diversos mecanismos de financiamiento, que a su vez dinamizan y valorizan la ciudad. En materia de sustentabilización de vivienda social, Chile presenta varias experiencias ejemplares. El Estado otorga un subsidio para el acondicionamiento térmico de viviendas construidas hasta 2007. Con ellos se facilita la mejora de la aislación térmica de los techos, muros y pisos, y el reemplazo de las ventanas de vidrio simple por unas de doble vidrio hermético, entre otras medidas. Para acceder al acondicionamiento térmico de una o más viviendas (Condominios Sociales), existen dos vías:

1. *los llamados especiales de los Planes de Descarbonización Atmosférica*
2. *los llamados regulares del programa Mejoramiento de Viviendas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.*

También se promueve el acondicionamiento térmico de viviendas, realizando la Calificación Energética de Viviendas, CEV o etiquetado en eficiencia de edificios, que identifica y evalúa el desempeño global de las viviendas construidas. [6] La certificación opera desde 2012 y en 2017 fue mejorada a partir de los aprendizajes realizados. En 2012, se determinaron 7 zonas para la calificación energética de las viviendas, las que luego pasaron a ser 9 zonas. 29.100 viviendas han sido evaluadas (7.400 casas aisladas, 10.400 apareadas, 11.300 departamentos). La calificación energética (de A+ a G) no es obligatoria para las viviendas existentes, pero sí para la primera transacción de vivienda. Toda vivienda nueva debe cumplir estándares constructivos obligatorios, entre ellos aislación térmica en el techo. [7]

En la Ciudad de Buenos Aires, se ha proyectado construir 1200 viviendas nuevas, para hogares de

Villa 31, donde viven más de 40.000 personas. Los habitantes serán relocalizados fundamentalmente en dos predios, uno pertenecía al Ferrocarril -zona conocida como Containera- el otro conocido como de YPF. Esta operatoria se trata de un proyecto de regularización dominial, en un área central, que prevé un conjunto de viviendas nuevas y mejoramiento de otras existentes, con servicios diversos. El programa financia infraestructura básica para agua potable, efluentes cloacales y pluviales, alumbrado público y pavimentación de calles internas; energía eléctrica; incluso con equipos solares². [8] Este tipo de proyectos contribuyen a disminuir el déficit cuantitativo. No obstante, las intervenciones de gran escala al interior de la ciudad pueden favorecer la consolidación de espacios no integrados socialmente.

Privilegiar proyectos pequeños o medianos y la sustentabilización de vivienda social existente, favorecería la consolidación de una ciudad densa, que recupere espacios degradados, haciendo uso eficiente de los recursos.



Imagen 3. Villa 31, viviendas con paneles solares fotovoltaicos.
Fuente: La Nación- Villa 31 estrenara energía limpia con paneles solares.

². Están equipados con termotanques solares, paneles fotovoltaicos conectados a la red y sistemas fotovoltaicos de bombeo para elevación de agua. Los equipos pertenecerían al consorcio y no está previsto el mantenimiento. Los barrios no poseen servicio de gas por red. Los sistemas de cocción y calefacción son eléctricos. Los edificios están equipados con estufas eléctricas (no aire acondicionado).

1.3 ESPACIO SOCIAL MIXTO Y DINÁMICO

Los conjuntos de viviendas, tradicionalmente concebidos para uso residencial exclusivo, sin previsión de otras actividades o incluso carentes de espacios públicos, no favorecen una dinámica barrial, ni social. La falta de equipamientos colectivos, de espacios de representación cívica o política, de fuentes de trabajo limita los intercambios, la comunicación y los encuentros entre vecinos. A su vez, genera dependencia respecto de centros, a veces alejados en tiempo y espacio, haciendo que la vida cotidiana se base en el traslado a otros sitios. [9] Así a menudo los conjuntos de vivienda han resultado “islas habitadas” sin la cohesión social, necesaria para la definición de un barrio como construcción colectiva en un tiempo y en un lugar.

La vivienda social sostenible -en la trama urbana y de escala media- se asociaría a la idea de barrio, como un espacio social integrado, con una identidad propia, con articulación de espacios públicos y privados de usos diversos, generando intercambios y reconocimientos sociales. [10] La polifuncionalidad favorecería la apropiación del lugar, que se vuelve más dinámico. Las áreas comunes y actividades

múltiples funcionarían como articuladores sociales, fomentando la integración, las relaciones entre vecinos, su conocimiento y afectividad. [11]

Incorporar espacios públicos, equipamientos colectivos, diversidad de tipologías y usos tendería a favorecer dinámicas socioeconómicas.

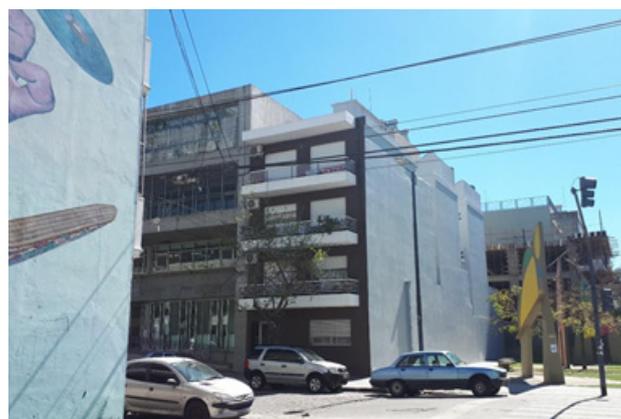


Imagen 4. Reconfiguración del espacio urbano en la traza de la EXAU 3

1.4 SERVICIOS URBANOS INTEGRADOS

Los conjuntos de vivienda social han carecido de buena conectividad y servicios, y como en la ciudad en general, cada sistema de transporte y cada servicio público -energía, evacuación de desagües pluviales y cloacales, agua potable- se piensa separadamente, muchas veces, por motivos administrativos y por falta de planificación. [12] Las restricciones a la movilidad -sin posibilidades alternativas a sistemas de transporte público- implican esfuerzos físicos y económicos para los habitantes, y pueden condicionar su salud e integración socioeconómica. [13] [14] La falta de acceso a redes - gas, desagües o el agua apta para el consumo humano- o la provisión inadecuada de servicios acarrea la precariedad habitacional e implica uso poco sostenible de los recursos.

Conjuntos de viviendas sociales, en la trama urbana, con densidad media, diversidad social y funciones múltiples, favorecen la concepción óptima de servicios urbanos integrados. Por un lado se podrían articular los principales tipos de transporte³ y propiciar la intermodalidad, entendiendo ésta por la coordinación de los modos de transporte en un territorio, para facilitar su uso y aumentar la eficiencia, desde un punto de vista global. [12] A su vez asociar el funcionamiento de diversos servicios públicos, como estrategia de sustentabilidad permite explotar sinergias entre los sistemas.

³. 1) laboral -transportes comunes estructurantes, públicos, concentrados sobre ciertos horarios; 2) doméstico o lúdico -sobre trayectos cortos, de unos 3km, autos y alternativas (bicis, patinetas) que se desarrollan muy rápido desde el momento que la gente se siente en seguridad.



Imagen 5. Conjunto de vivienda social, articulado a la trama urbana y con equipamiento solar, rue Auguste Cain, Paris, 2019.

De este modo, un modelo atractivo y conveniente a considerar sería aquel asociado a la idea de ciudad frugal que, al mismo tiempo genere densidad media, diversidad social, actividades múltiples y que integre la explotación de los servicios, para aumentar los beneficios de cada uno de éstos y la calidad del hábitat. [12]

2

CAPACITACIÓN Y ORGANIZACIÓN SOCIAL PARA MANTENIMIENTO Y SOSTENIBILIDAD

La vivienda social sostenible incluye exigencias de calidad de vida, que suponen cumplir con requerimientos que hacen a la seguridad constructiva, al funcionamiento intrínseco de la vivienda y a su inserción urbana. Esto implica un proceso integral que contemple dimensiones ambientales, sociales, culturales, económicas e institucionales, desde su concepción y construcción, hasta su uso y buen mantenimiento. Así, podrían resultar relevantes, instancias de capacitación a los usuarios sobre el correcto funcionamiento de la vivienda, su equipamiento y su buen mantenimiento. Esto último es fundamental para que los beneficios logrados perduren en el tiempo y se integren a la cultura de la comunidad.

Proyectos de pequeña y mediana escala favorecen el relacionamiento de los vecinos entre sí. Los habitantes pueden conocerse previa o posteriormente, e incluso participar en la gestión del proyecto, obra y mantenimiento⁴. La organización y participación de los habitantes en la definición y ejecución del proyecto favorecen también la apropiación de la vivienda y del barrio, fomentando el buen uso del inmueble y la integración social.

Diversos espacios construidos, virtuales o de organización inspiran, alientan, conectan y apoyan proyectos

sostenibles o de sustentabilización. Contribuyen al involucramiento y articulación de actores y a la replicación de experiencias exitosas. Ayudan a facilitar, interconectar, informar, supervisar y evaluar las iniciativas. Difunden y multiplican las herramientas y las posibilidades de intervención. Favorecen la creación de redes, proyectos, ideas y actividades.

Centros de información y formación, ilustrando a escala opciones de diseño arquitectónico y construcción, con muestras de tecnología y materiales, son claves para difundir las posibilidades de introducir la sostenibilidad en la vivienda social. En distintas ciudades que aspiran a cambiar los modelos de gestión urbana o de diseño y construcción arquitectónica, sitios demostrativos tienen un rol clave en articulación de actores, promoción de productos y servicios, y educación.

En Argentina, en la ciudad de San Salvador de Jujuy, el Centro Ecoandina para el Desarrollo e Interpretación de Energías Renovables y Ambiente CEDIERA tiene por objetivo investigar, desarrollar, capacitar y difundir cambios en tecnologías energéticas y materiales ecológicos. Por su diseño, construcción y equipamiento, el edificio permite visualizar características, funcionamiento y beneficios de la arquitectura bioclimática.

⁴. Las cooperativas de viviendas constituyen una opción que permite continuar actuando de manera colectiva, una vez habilitado el conjunto, facilitando las tareas de administración y mantenimiento.



Imagen 6. Centro de desarrollo e interpretación de energías renovables, San Salvador de Jujuy 2018.

Guías de buenas prácticas y redes de cooperación difunden pautas, novedades, posibilidades y otra información, que sirven a pensar y fomentar la vivienda social sostenible. Constituyen instancias y espacios multisectoriales de articulación, interacción y consenso entre actores, cuyos saberes y prácticas se exponen o complementan. Las guías de buenas prácticas resumen indicaciones para mejorar el hábitat y prácticas de producción o consumo de energía. Están elaboradas para ser comprendidas y apropiadas por el usuario. No se trata de documentos técnicos exhaustivos, sino de una herramienta accesible, que apela a la simplicidad y claridad en la comunicación de los consejos. Las redes nacionales o internacionales de cooperación orientan y respaldan iniciativas de construcción y servicios sostenibles. Involucran actores estatales, líderes corporativos, académicos, actores financieros y organizaciones internacionales, que participan en el debate global sobre las responsabilidades que tienen en la sostenibilidad. En ese sentido, las nuevas tecnologías de la comunicación e información, como Internet, YouTube o aplicaciones telefónicas, favorecen y abaratan disponer de estos manuales de buenas prácticas y ejemplos de reparación y buen mantenimiento de las viviendas y su equipamiento.

Entre muchos ejemplos internacionales, se pueden mencionar

1. *la Guía de Edificio Durable publicada en Bélgica con el objetivo de estimular la concepción, construcción o renovación con enfoques holístico, teórico y práctico [15]*
2. *la “Guía Práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución” elaborada en España, por la asociación*

ción de materiales aislantes y el IDEA Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

3. *SHERPA, Your Personal Guide to Sustainable Housing, de la Red Mundial para la Vivienda Sostenible, como herramienta de autoevaluación para viviendas. [16]*

En Argentina, FOVISEE con apoyo del Fondo Finandés de Cooperación Local de la Embajada de Finlandia en Argentina y de la empresa Edenor, ha diseñado un manual que tiene por objetivos crear conciencia y cambiar hábitos en relación al consumo de energía, de agua y a la gestión de los residuos en los hogares; mejorar la economía de las familias involucradas así como el entorno ambiental; sistematizar la información, generar instancias de evaluación, difusión y propiciar la replicabilidad de la experiencia. Para ello brinda información escrita, pero además propone actividades y juegos para la familia como metodología educativa, llevando a cabo encuentros con talleres participativos, que puedan facilitar la comprensión, por parte de los usuarios, de los consejos presentados.

Proyectos piloto de transferencia de servicios y tecnología social buscan avanzar sobre diversas problemáticas de la vivienda social. Trabajan en la evaluación y transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos que aporten soluciones adaptadas a las necesidades sociales o que faciliten su replicabilidad local. La sociabilización y exposición de los proyectos se presenta como posibilidad de continuar la construcción colectiva de conocimientos.

Referencias estandarizadas o cuantificadas y procesos de observación, análisis y evaluación de los avances y resultados alcanzados, en relación con los objetivos prefijados y los recursos asignados, contribuyen a acompañar y ajustar la evolución de un proyecto, así como a promocionar la sostenibilidad.

En Europa, el concepto de Garantía de Resultados Solares (GRS) ha sido clave en la expansión de las soluciones solares térmicas colectivas (área de captadores superior a 50 m²). Se trata de una garantía durable de una cantidad de energía solar por año, en función del consumo de agua caliente. El principio de la Garantía de Resultados Solares surgió en Francia a finales de los años 1980, a partir de la constatación de que ni el mejor equipo produce energía, si está mal instalado o mal mantenido. El concepto de la Garantía de Resultados Solares supera este riesgo, al hacer que

las empresas sean más responsables de mantener el rendimiento de la instalación y garantizarle una producción anual de kWh solar. Las instalaciones concernidas son colectivas, del sector residencial o terciario, nuevas o existentes. Se aplica a proyectos de 20 m² o más de captadores solares⁵. La obligación de conocer los resultados implica la necesidad de poder monitorear el funcionamiento de la instalación, durante la duración del GRS. Las mediciones se analizan para verificar el funcionamiento correcto y, si es necesario, enviar una alarma a la empresa responsable del mantenimiento. También permiten que el propietario, o cualquier otra persona interesada, verifique directamente, y en cualquier momento, la energía solar producida y energía consumida. El cliente debe ser informado regularmente, por ejemplo, mediante un informe mensual, del consumo de agua caliente, la energía solar producida y la energía garantizada. En todos los casos, se debe proporcionar al cliente una revisión anual y de cinco años.



Imagen 7. Equipamiento solar en vivienda social con resultados garantizados, conjunto rue de Plantes, Paris 2019

Organización social para la provisión de servicios y mantenimiento: Las viviendas sociales a menudo carecen de buenos servicios o incluso aquellas diseñadas con criterios de sostenibilidad, es frecuente observar que tanto las viviendas como sus servicios se degradan. Sus habitantes no siempre disponen de los recursos económicos, ni los conocimientos para el buen acondicionamiento o mantenimiento de las instalaciones. Luego es clave, proveer mecanismos que lo faciliten y hagan accesible. La organización social podría facilitar y abaratar los costos del buen acondicionamiento y mantenimiento de las viviendas. En los esquemas de incentivo a la expansión o transformación edilicia se fomentan distintas formas de organización, por ejemplo, negocios inclusivos; procesos de autoorganización y organizaciones cooperativas. Así, las ONG o consorcios de vecinos pueden contribuir a la organización social, y así a lograr un equipamiento y mantenimiento adecuado de las viviendas, a la vez que a generar otros beneficios, como empleos asociados a esas actividades. Entre los vecinos, quienes dispongan de capacidad, experiencia o interés en la realización de los trabajos necesarios podrán tener la posibilidad de ofrecer estos servicios. Un seguro de mantenimiento básico, a través de una cuota mensual, podría ser una opción para implementar.

En Argentina, la experiencia de la Fundación Provienda Social de Argentina, [17] FPVS, resulta ejemplar como proceso de autoorganización de vecinos que buscan el mejoramiento de los servicios energéticos en sus viviendas. Los beneficiarios de los proyectos los impulsan, protagonizan y potencian. La Fundación cuenta con una trayectoria de más de 20 años, contribuyendo al tendido de redes de gas natural. Ha logrado la construcción de redes para 12.000 usuarios y la conexión de 8.000 viviendas. Ha financiado los servicios y capacitado personal que realiza las instalaciones internas y brinda servicios de mantenimiento, empleando así mano de obra local. Sus mecanismos de asociaciones público-privadas y de acción colectiva fomentan prácticas inclusivas y sostenibles, adecuadas para propiciar la adopción y apropiación de tecnologías de energías renovables y medidas de eficiencia energética.

⁵. Para instalaciones de menos de 50 m², no se exige telemedición, sino que se requiere un medidor de energía simple que mide la energía solar en las terminales del tanque de almacenamiento y un medidor de consumo de agua caliente doméstica. El registro de medición se realiza manualmente, y al menos una vez al mes, por el cliente o por un tercero. Para instalaciones de más de 50 m², se trata de un sistema de telecontrol conectado a la red telefónica o internet. Este medidor de energía se lee automáticamente con una frecuencia semanal o diaria. El equipo de medición es una parte integral de la instalación. Su mantenimiento está incluido en el contrato de mantenimiento global.



Imagen 8: Oficina de la Fundación ProVivienda Social, [18] Moreno 2019

La vivienda de interés social sostenible implica pensar servicios y tecnologías adecuadas a las posibilidades e intereses de la población atendida; ser respetuoso de su cultura, integrarse armoniosamente al entorno, procurar generar empleo y ofrecer las alternativas de aprovechamiento óptimo y duradero, con capacitaciones de fácil aprendizaje y acceso, y mantenimiento, favoreciendo su apropiación. La tecnología no constituye una receta universal de utilización indiscriminada. [19] Las diferentes situaciones merecen consideraciones particulares.

3

DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y ENVOLVENTE

El buen diseño bioclimático, con una adecuada envolvente edilicia, juegan un rol fundamental en el desarrollo de una vivienda sostenible. La elección de los materiales y sistemas constructivos involucrados en la construcción afectan tanto las potenciales condiciones de confort de la vivienda, como su costo de construcción y mantenimiento. Un diseño arquitectónico con criterios de sostenibilidad, que minimicen el impacto ambiental de la implantación, producción y uso de los edificios, se adecua a las condiciones del sitio (clima, topografía, cultura, etc.). En función de ellas, se definen tipología, materiales, sistemas constructivos, orientaciones, relación entre envolvente opaca

y vidriada, protecciones exteriores, ventilaciones y el adecuado aislamiento térmico de la envolvente. Esto, con adopción de tecnologías apropiadas, contribuye a hacer un uso racional y eficiente de los recursos, energéticos y materiales. El uso de recursos locales y la recuperación de materiales, mediante técnicas de reciclaje, contribuirían también a reducir el impacto ambiental, por acotar la contaminación ligada al transporte, a la vez que favorecerían el fortalecimiento de tejidos productivos y los servicios, en el lugar. Propiciarían la generación de empleo local, luego identidades culturales, en el entorno construido. [20], [21]

3.1 AISLAMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

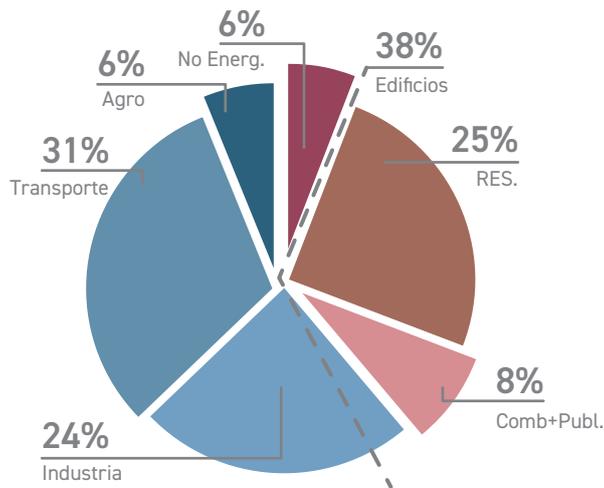
La incidencia de los edificios en el consumo energético, y en particular del sector residencial, se ha discutido extensamente en la literatura especializada, [22], [23] mostrando que existen importantes oportunidades para eficientizar el uso de la energía. En Argentina, de acuerdo al Balance Energético Nacional 2018 de la Secretaría de Energía de la Nación, [24] los edificios consumen alrededor del 38% de la oferta energética nacional, grafico 1. Más de la mitad del consumo de los edificios se emplea en calefacción y refrigeración. [25]

La eficiencia energética, aplicada al diseño, producción y uso de los edificios, es un recurso de una

potencialidad significativa. Centrando el foco en las viviendas de interés social, las mejoras posibles son numerosas y de diversas escalas. Ellas trascienden los aspectos energéticos procurando simultáneamente una significativa mejora en la calidad de vida en sectores de bajos recursos económicos.

Según la Secretaría de Energía de la Nación, en su "Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía" [26], "aislar térmicamente las paredes, techos y pisos puede llegar a representar una reducción del consumo de calefacción y aire acondicionado de entre un 35% a un 70%." Otros estudios indican que mejorando la aislación térmica

CONSUMO ENERGÉTICO - RA 2018



CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL

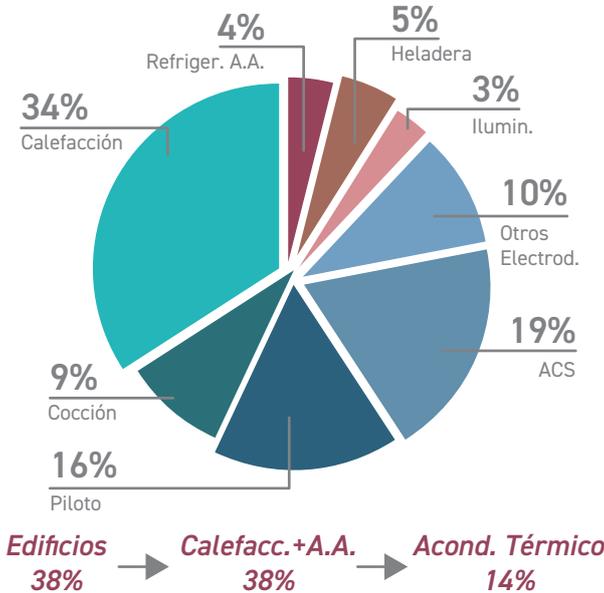


Gráfico 1. Izquierda, consumo energético total para el año 2018. Derecha, distribución del consumo residencial. El consumo residencial (Res.), comercial +público (Com+Publ.) junto a aproximadamente el 5% de consumo Industrial (ind.), se considera asociado a las viviendas y edificios. De este modo podemos decir que en Argentina un 38% de la energía la consumen distintos tipos de edificios. Los otros consumos se refieren a: consumos del transporte (Transp.), Agropecuario (agro.) y No Energéticos (No Energ.) es decir a los insumos energéticos usados como materia prima para aplicaciones no energéticas, por ejemplo, plásticos, fertilizantes, etc. Combinando los consumos de calefacción y aire acondicionado (refrigeración), el consumo para acondicionamiento térmico es del orden del 14% del consumo total de Argentina.

ca de las paredes exteriores y techos con aislantes convencionales, como lana de vidrio (LV), poliestireno expandido (EPS), o poliuretano (PUR), y sobre todo utilizando diseños constructivos adecuados, se puede reducir la transmitancia térmica de la envolvente en un factor del orden de 2. [27] [28] Asimismo, el empleo de bloques de hormigón celular curado en autoclave (Retak), en lugar de ladrillo huecos o macizos, reduce notablemente la transmitancia térmica de las paredes.

Además, el uso de ventanas de doble contacto⁶ con perfiles de PVC o de aluminio con RPT⁷ y burletes de goma o similares disminuye significativamente las infiltraciones de aire.

Otra mejora importante se puede lograr en ventanas con doble vidrio o doble vidrio hermético (DVH), que permiten mayor aislación respecto del vidrio simple. Estas ventanas pueden mejorar la aislación térmica de las mismas en factor de 2. Reduciendo así el consumo de energía para calefacción de la vivienda. Esta mejora en la envolvente térmica también disminuiría los requerimientos energéticos de refrigeración. En Argentina, existe la norma IRAM 11900 "Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética."

3.1.1 DÓNDE, CUÁNTO Y CÓMO AISLAR LA ENVOLVENTE EDILICIA

La norma IRAM 11603 "Clasificación bioambiental de la República Argentina" y el Censo 2010, indican que el 67% de las viviendas están ubicadas en climas templado cálido y templado frío, en las zonas Bioambientales III y IV. Estas abarcan sur de Santa Fe, Córdoba y San Luis, San Juan, norte y sur de Buenos Aires y franjas de La Pampa, La Rioja, Tucumán, Salta y Jujuy e incluye importantes áreas metropolitanas como las de Buenos Aires, Rosario, Córdoba, Mar del Plata, San Luis y San Juan. El confort de los habitantes de esta amplia región requiere de elementos auxiliares de climatización, tanto en invierno como en verano.

La falta de aislamiento adecuado en las viviendas no depende sólo de la condición económica de los usua-

⁶. Aberturas con doble contacto, son aquellas que están compuestas de dos elementos, un marco fijo al muro y una hoja articulada que permiten comprimir una o más líneas de burletes. Puede ser ventanas para abrir o abatibles.

⁷. RPT ruptor de puente térmico.

rios, sino que también responde a cuestiones culturales. En muchas viviendas costosas, por ejemplo, de barrios cerrados, no existe el hábito de construir con el adecuado aislamiento de la envolvente, a pesar de que los propietarios disponen de los recursos económicos para la inversión y de que son conocidos los beneficios individuales y sociales de la eficiencia energética de las mismas. [29]

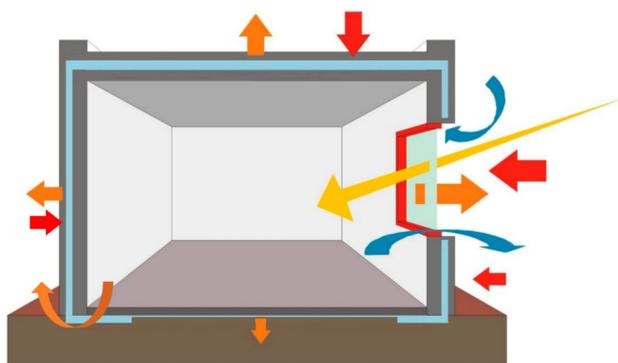


Gráfico 2. Pérdidas de energía en una vivienda típica de Argentina, construida con materiales y aberturas comúnmente usados. Este modelo tradicional, lo llamaremos modelo BAU (sigla para designar Business As Usual) de construcción.

El piso

Las pérdidas por el piso no son significativas en las regiones de clima templado, como la región central de Argentina, como sí lo son en las zonas frías. No obstante, es conveniente un aislamiento perimetral del subsuelo (del orden de 0,50 a 1 m de ancho y unos 4 cm de EPS⁸ ó 2,5 cm de poliuretano PUR) por debajo del contrapiso (que no son afectadas por la humedad del terreno natural), debajo de un film de PE, para evitar las pérdidas invernales de calor del aire interior al aire exterior por flanqueo a través del terreno. Esto también reduce el riesgo de condensaciones de vapor de agua en los zócalos y diedros interiores.

Techos y Paredes

En la región central y en el sur del país, las mayores pérdidas térmicas invernales, por transmisión y por

radiación a cielo frío en invierno, se dan a través del techo. Lo propio ocurre con las ganancias estivales que son particularmente altas en climas cálidos y templados donde las temperaturas y la irradiación solar incidente son elevadas. Por ello, colores claros en la cubierta y un aislamiento térmico adicional, resultan de suma importancia. El aislante térmico debe ser colocado lo más al exterior posible de la envolvente edilicia, si no fuese posible, en el medio de la misma y, como última opción, al interior. En general, pero especialmente en los últimos dos casos, es necesario colocar una barrera de vapor⁹ en el "lado caliente" del aislante para evitar riesgos de condensación (intersticial) de vapor de agua dentro del mismo. [30], [31]

Al exterior, el aislamiento ayuda a aumentar la inercia térmica de la envolvente que actúa como un acumulador que reduce las fluctuaciones de la temperatura exterior, lo que es particularmente deseable en climas secos de grandes amplitudes térmicas diarias. El aislamiento reduce el riesgo de la ocurrencia de puentes térmicos¹⁰. Estos pueden ser constructivos y/o geométricos. En todos los casos es imprescindible evitarlos, toda vez que su ocurrencia genera condensaciones de humedad en las superficies interiores, lo que provoca la proliferación de colonias de hongos. En particular del género "Aspergillus" (de característico color negro o pardo), cuyas esporas son alérgenos que afectan las vías respiratorias y, en particular, la de aquellos que padecen asma. Los geométricos se dan en diedros y triedros de los ambientes en donde la temperatura superficial se reduce respecto a la del ambiente. Debido a que el aire interior en movimiento se ve impedido de alcanzar por rozamiento todas las superficies, como así también, detrás de muebles y placares. La solución en estos casos es, en primer lugar, minimizar la producción de vapor de agua interior (cocción, secado de ropa, exceso de vapor en baños o por estufas de fuego abierto) y la solución es una activa ventilación del ambiente, aún en invierno, abriendo ventanas algunos minutos. [32]

⁸. EPS sigla para designar al Poliestireno Expandido, un aislante térmico muy difundido en la industria de la construcción.

⁹. Barrera de vapor: capa de material, generalmente de pequeño espesor, que ofrece alta resistencia al pasaje de vapor de agua.

¹⁰. Puente térmico. Heterogeneidad de un elemento constructivo que forma parte de la envolvente de un edificio y que ocasiona un mayor flujo de calor, favoreciendo la condensación superficial de la humedad ambiente.

3.2 APROVECHAR LA INERCIA TÉRMICA COMO TECNOLOGÍA SOLAR PASIVA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La inercia térmica en el diseño y construcción de los edificios es un recurso fundamental para alcanzar el confort térmico, en zonas climáticas de gran amplitud térmica, para atenuar la elevada diferencia de temperatura entre el día y la noche. Este recurso es utilizado desde la antigüedad y en la arquitectura bioclimática, como una tecnología pasiva. La inercia se consigue mediante el empleo de materiales capaces de almacenar energía durante el día y liberarla durante la noche. La inercia térmica depende de las características de los materiales de construcción, en particular de su capacidad calorífica o sea su calor específico y su masa. [33] Esta medida pasiva permite ahorrar en el consumo de energía en calefacción e incluso en refrigeración, manteniendo una temperatura con pocas fluctuaciones en los espacios interiores, a lo largo del día.

Un muro pesado –caracterizado por una masa considerable– presenta una gran inercia térmica. Absorbe calor durante el día, debido a la Temperatura sol-aire ($T_{sol-aire}$)¹¹ de la superficie exterior, muy superior a la temperatura ambiente y lo va almacenando de manera progresiva, disipándolo al interior de la vivienda durante la noche. A la mañana siguiente, y con una ventilación adecuada, dicho muro ha reducido su temperatura, para empezar de nuevo el ciclo de amortiguación y retardo: absorber calor durante el día, y emitirlo durante la noche, manteniendo la temperatura interior en un entorno confortable y reduciendo la necesidad de utilizar equipos auxiliares de acondicionamiento térmico. Se trata de mecanismos de refrigeración y calefacción pasivos, que aprovechan la diferencia de temperatura entre el elemento constructivo y su entorno, amortiguando las diferencias térmicas y desplazando temporalmente sus picos, comportándose de forma anticíclica.

Esto es particularmente importante en climas de gran amplitud térmica diaria, como la ciudad de Mendoza o en Córdoba. En climas templados cálidos una cierta masa de la envolvente atenúa los picos de la temperatura exterior.

La inercia térmica no es la solución idónea para todos los usos y situaciones. Los espacios con envolvente térmica de gran inercia necesitan más tiempo para calentarse al principio (puesta en régimen), para alcanzar la tempera-

tura de confort deseada; por lo tanto, no es un recurso adecuado en edificios que no se usen de forma continuada o permanente. Es el caso de escuelas o edificios públicos que permanecen cerrados durante la noche o el de una casa de fin de semana.

La inercia térmica junto a un buen aislamiento, pueden constituir un recurso asequible que permite mantener una temperatura constante durante el día en el interior de una vivienda, siempre y cuando dicha vivienda permanezca cerrada durante el día y la temperatura nocturna no supere los 25° C. En verano, en climas templados es conveniente bloquear la irradiación solar en las orientaciones este, norte y sudoeste, sobre los muros, y en especial sobre las superficies vidriadas sin protección, ya que la excesiva irradiación solar puede llegar a ser un problema, no sólo la que incide directamente, sino también la reflejada en las superficies claras del entorno. Un “blacked-out” o cortina interior para el oscurecimiento de locales vidriados, por ejemplo, no impide que buena parte de la irradiación que atraviesa una superficie vidriada, se transforme en calor. Si a ello se suma una elevada inercia térmica, el resultado puede ser contrario al deseado. No obstante, la mayor incidencia solar se dará sobre las superficies horizontales, como terrazas, de ahí la importancia de la aislación térmica de las cubiertas.

La orientación

Las paredes, al igual que las ventanas, dependerán de su orientación y de la latitud de emplazamiento. En general, en climas templados y fríos, la orientación Norte tiene ventajas sobre la orientación Sur (sin incidencia solar directa durante todo el semestre frío). En el verano la orientación Este prevalece sobre la Oeste, porque, aunque son simétricas en cantidad de irradiación solar recibida, la cara orientada al Oeste estará insolada por la tarde, en coincidencia con el momento del día en que se registran las temperaturas más elevadas.

Ventanas

Las ventanas grandes, sin cortinas de enrollar, ni postigos, con vidrio simple y carpinterías de poca hermeticidad,

¹¹. $T_{sol-aire}$: representa, de modo simplificado, el efecto combinado de la temperatura ambiente (TBS), la Irradiación solar incidente y la absorción (α) derivada del color y la rugosidad de la superficie.

favorecen mucho las infiltraciones de aire y la pérdida o ganancia de calor. Esto a su vez, proporciona un factor de pérdida de calor tres veces superior a la de la envolvente opaca constituida por los muros y una significativa fuente de calor por ganancia solar indeseada en verano. En viviendas sociales tradicionales son habituales las ventanas corredizas, de poca calidad y menor costo (en general de aluminio de perfil tipo "herrero"). Cabe mencionar que la calidad de los perfiles se ha ido incrementando, admitiendo DVH, vidrios especiales (laminados, LowE (de baja emisividad) o SolarE (reflectivos), e incluso cortinas de enrollar. Las de perfiles "Modena" están un escalón más alto y de un costo significativamente mayor, pero sin llegar a las ventanas de alta prestación de aluminio con RPT (ruptor de puente térmico) o de PVC de doble contacto (lo que incrementa su estanqueidad). Las mejoras posibles consistirán en reducir las infiltraciones con burletes adecuados y el agregado de DVH, si aquellas fueran de vidrio simple (aunque el perfil "herrero" más económico y popular en viviendas sociales, no lo admite), y cortinas de enrollar si no hubiesen sido previstas.

Actualmente disponemos de la Norma IRAM 11.507-6/2018 de etiquetado de eficiencia de ventanas (Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Parte 6 - Etiquetado de eficiencia energética). Esta etiqueta está determinada por las propiedades térmicas de los materiales que componen la ventana, tanto el marco como el vidrio, las propiedades espectrales del vidrio y las características y detalles constructivos, como así también su diseño y la colocación de sellos, entre otros.

Adoptar carpinterías de doble contacto, es decir con un cierre entre hoja y marco con más contactos o sea más hermético,

reduce notablemente las infiltraciones de aire. Igualmente, las ventanas sin puentes térmicos, con doble vidriado hermético (DVH) y/o protecciones exteriores, así como utilizar vidrios especiales de baja emisividad o de control solar, permite reducir pérdidas y ganancias estivales indeseadas.

Asimismo, está comprobada la eficiencia de postigos y cortinas de enrollar con lamas basculantes y/o brazo de empuje que permiten la aireación junto con el nivel sombra e iluminación natural deseada. Este recurso, debidamente utilizado, al permanecer cerrados en las noches invernales, aumenta la resistencia térmica de las ventanas. Estas soluciones están disponibles en el mercado y permiten adoptar aquellas que brinden la mejor relación costo-beneficio.

Un simple alero fijo, con las dimensiones adecuadas (relación de ancho y separación) orientado al norte o de lamas horizontales con la misma relación, reduce las ganancias solares por irradiación solar directa en el verano. Parasoles fijos de aletas verticales perpendiculares a la fachada, son una buena solución para la orientación sur, donde no incide el sol en invierno, pero sí en las primeras y últimas horas del semestre cálido. Para orientaciones intermedias, las aletas verticales deberían ser inclinadas hacia el norte y la adecuada combinación de aleros y aletas (fijas o móviles) pueden resultar óptimas. Es ejemplo de ello, el "brise-soleil" de hormigón, como una suerte de fachada antepuesta, utilizado por el arquitecto Le Corbusier en diversos climas y países, incluso en el nuestro (casa Curutchet de La Plata). [34]



Imagen 9. Ejemplo de cortinas con lamas basculantes.

3.3 OPCIONES CONSTRUCTIVAS PARA VIVIENDA SOCIAL

En la construcción de viviendas sociales de mediana altura, se recurre a menudo a una estructura independiente de hormigón armado (HA) con cerramientos de ladrillos cerámicos huecos, ambas de una baja performance higrotérmica y generadoras de importantes puentes térmicos. Mitigan esos problemas, la aislación térmica y terminación exterior ("Exterior Insulation and Finish System" conocida por sus acrónimos como "EIFS", "SATE" o "ETICS"). Una posibilidad sería incorporar una capa adicional de aislación térmica de EPS¹² en la cara exterior de los muros, adherida con "base coat" (premezcla de cemento aditivada), y/o sujeta con tornillos y arandelas especiales, protegiendo y rigidizando la malla de fibra de vidrio. Imagen 10 [35] [36]. [37] Las ventajas de este sistema es que permite un cierto grado de inercia térmica, evita los puentes térmicos y facilita el reacondicionamiento de viviendas existentes. Siendo que abundan las viviendas con déficits de confort por aislamiento térmico inadecuado, una opción para su reacondicionamiento sería colocar la aislación en el exterior de

la vivienda, del mismo modo que el llamado "techo invertido"¹³. Otra solución es cubrir el aislante EPS o la lana mineral con un tabique de menor espesor o con placas especiales de fibrocemento. El aislamiento interior requiere de una barrera de vapor, colocada en la cara interior del aislante.

Otros sistemas como el "Steel Framing" o los tridimensionales tipos "Concrehaus" o "Cassaforma" de concreto armado y alma de EPS, con un diseño especial desde la concepción misma de la obra, resultarían también alternativas competentes.

Respecto a las ventanas, las mejoras posibles consistirían en reducir las infiltraciones con burletes adecuados y el agregado de DVH, si aquellas fueran de vidrio simple (aunque el perfil "herrero" más económico y popular en viviendas sociales, no lo admite), y cortinas de enrollar, si no hubiesen sido previstas.

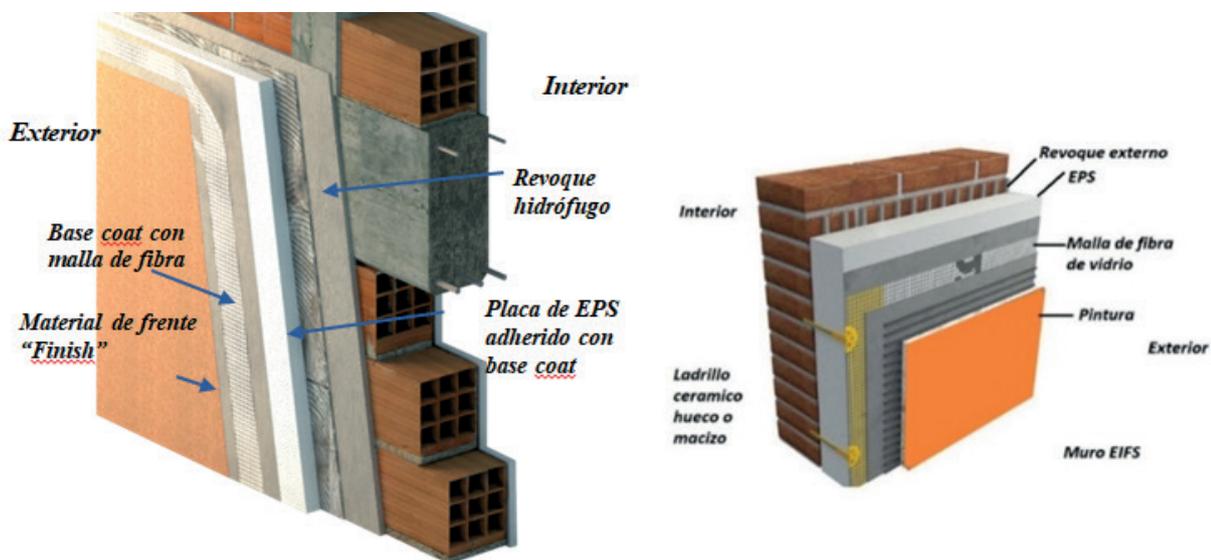


Imagen 10. Ejemplos de muros con sistema de aislación y terminación exterior (EIFS), a la izquierda con ladrillos huecos y a la derecha con ladrillos macizos.

¹². Las placas de poliestireno expandido EPS por corte o especialmente moldeadas es un aislante difundido en nuestro medio. También se utiliza lana mineral.

¹³. Sistema de cubierta con las capas necesarias convencionalmente, pero dispuestas en un orden distinto, estando la capa de aislamiento térmico sobre la capa de impermeabilización.

3.4 MODELO DE VIVIENDAS PARA ANALIZAR LOS COSTOS Y CONSUMOS DE CALEFACCIÓN

Para analizar consumos energéticos y los costos de construcción, se plantea un modelo hipotético de edificio de escala media. Un proyecto arquitectónico real deberá tomar las opciones de diseño, que se desprendan de un análisis integral del caso, incluyendo la región bioclimática, la orientación, su particular ubicación, etc. que en este ejercicio preliminar no vamos a considerar. Dado el carácter preliminar del modelo, en el mismo no se consideraron las ganancias térmicas solares. Las propuestas arquitectónicas concretas, pueden adoptar diversas soluciones, entre las cuales, este es solo un ejemplo.

Este prototipo se propone en un edificio compacto, de 4 pisos, con la planta inferior, parcialmente libre, destinada a estacionamiento de automóviles, motos y bicicletas; espacio verde de expansión, una posibilidad de local comercial y un pequeño salón de usos múltiples (SUM).

El edificio tendría un acceso principal por una escalera al frente, desde el que se ingresa a las viviendas, a través de un palier. Esto brindaría un espacio de interacción social y control visual desde el exterior, para seguridad de los habitantes. Así mismo, se dejó un espacio para un medio de elevación para discapacitados o de uso general, también con criterio de visibilidad. El edificio cumpliría con los códigos de edificación y la densidad habitacional del orden de los 9,15 m² por habitante, que está dentro de los estándares internacionales. La escalera de ingreso, de estructura metálica está, en su mayoría, desvinculada de las losas de las distintas plantas, lo que reduce los puentes térmicos habituales en nuestro medio en donde, a semejanza de los balcones, por lo general son una extensión en voladizo de las losas de los diferentes pisos. En países de Europa es frecuente ver que los balcones son soportados por una estructura independiente desvinculada de las losas. Una descripción más detallada, planos e imágenes, se encuentran en el Anexo 2. Una visión esquemática de un edificio así se muestra en la imagen 11.

Para analizar sus consumos energéticos, se plantean dos modelos constructivos diferentes:

A. Vivienda con envolvente de ladrillos huecos

con capa aislante tipo EIFS, como se muestra en la imagen 11 y EPS en techos y losas.

- B. Vivienda idéntica a la anterior, pero con el reemplazo de la mampostería de ladrillos cerámicos huecos por bloques de hormigón celular curado en autoclave HCCA, (Tipo Retak), y EPS en techos y losas. Con esta combinación se llega a una solución más económica y de más alta "performance" que la obtenible con sólo mejorar la envolvente del caso A (capa aislante tipo EIFS y EPS en techos y losas).

Luego se consideran 3 tipos de viviendas similares, para cada modelo constructivo **A** o **B**. Aparte de las características de la envolvente, ambos modelos son idénticos tanto en dimensiones como diseño y orientación, que designamos como:

- **Vivienda social convencional** (BAU, sigla para designar Business As Usual): con envolvente tradicional.
- **Vivienda con Tipo A1:** Vivienda Social con envolvente mejorada (EIFS y EPS en techos y losas), pero sin mejoras en las aberturas.
- **Vivienda con Tipo A2:** Vivienda Social con envolvente mejorada (EIFS y EPS en techos y losas), con mejoras en las aberturas.



Imagen 11. Vista general de un modelo hipotético de edificio compacto de vivienda social propuesto para el análisis

TIPO DE VIVIENDA A

TIPO DE VIVIENDA (NOMBRE CORTO)	BAU O TIPO 0	VIVIENDA TIPO A1	VIVIENDA TIPO A2
Consumo de Calefacción en CABA (kWh/año)	7.099	4.759	4.080
Costo promedio de la vivienda en miles USD	\$ 44,34	\$ 46,76	\$ 47,39
DGD (Déficit Grado Día)	852	852	852
G calculado W/m3.K (IRAM 11604)	2,13	1,43	1,22
Superficie Vivienda m2	62,8	62,8	62,8

Tabla 1.A - Tipos de viviendas a considerar y sus respectivos consumos de calefacción en la zona de CABA y GBA con sus respectivos costos constructivos, usando la tecnología EIFS.

Similarmente para el modelo de vivienda B tenemos:

- **Vivienda con Tipo B1:** Vivienda Social con envolvente mejorada (Retak) y EPS en techos y losas, pero sin mejoras en las aberturas.
- **Vivienda con Tipo B2:** Vivienda Social con envolvente mejorada (Retak) y EPS en techos y losas, con mejoras en las aberturas.

Para cada una de estas combinaciones, se analizan los consumos de energía para calefacción, suponiendo que dichas viviendas se encuentren en la región de GBA o CABA. Asimismo, con un relevamiento de precios de mercado al 20 de setiembre de 2019, estimamos los costos constructivos totales y los convertimos a dólares estadounidenses (USD) para independizar, en la medida de lo posible, el análisis de las variaciones de precios de la inflación. Los resultados se muestran en las Tablas 1A y 1B.

Es notable que la vivienda construida usando bloques de hormigón celular curado en autoclave pueda ser cerca del 1% más económica que con ladrillos huecos tradicionales.

En vista a que la vivienda Tipo B1 resulta más económica que el modelo BAU o Tipo 0 (que seguía los conceptos de vivienda social convencional) para una unidad de un edificio en altura de cuatro plantas con ocho departamentos. Se decidió comprobar si estas reducciones de costo tenían un carácter más general. Para ello se realizó el ejercicio de probar este esquema constructivo en una vivienda de dimensión menor. En este ejemplo también se comprueba que la construcción con Retak y EPS en techo y pisos, resulta solo 2% mayor que sus versiones en ladrillo cerámico hueco revocado. En la Tabla II se resumen los resultados de este ejercicio

Como se ve, el incremento de costo de la vivienda usando la tecnología de bloques de hormigón celular curado en autoclave HCCA y EPS en techos y pisos, es similar al modelo BAU, pero con mucho mejor aislamiento térmico de la vivienda, sin necesidad de aislamiento adicional en los muros.

TIPO DE VIVIENDA B

TIPO DE VIVIENDA (NOMBRE CORTO)	BAU O TIPO 0	VIVIENDA TIPO B1	VIVIENDA TIPO B2
Consumo de Calefacción en CABA (kWh/año)	7.099	4.642	3.962
Costo promedio de la vivienda en miles USD	\$ 44,34	\$ 44,00	\$ 44,63
DGD (Déficit Grado Día)	852	852	852
G calculado W/m3.K (IRAM 11604)	2,13	1,39	1,19
Superficie Vivienda m2	62,8	62,8	62,8

Tabla 1.B - Tipos de viviendas a considerar y sus respectivos consumos de calefacción en la zona de CABA y GBA con sus respectivos costos constructivos, usando la tecnología de bloques de hormigón celular curado en autoclave HCCA y EPS en techos y losas.

TIPO DE VIVIENDA	BAU' O TIPO B0	VIVIENDA CON EE 1 TIPO B1
Consumo de Calefacción en CABA (kWh/año)	7.943	6.027
Costo promedio de la vivienda en miles USD	31,39	32,01
Costo promedio del m2 en USD/m2	550	560
Superficie Vivienda m2	57,07	57,07
DGD (Déficit Grado Día)	852	852
G calculado W/m3.K	2,62	1,99

Tabla 2.- Tipos de viviendas a considerar y sus respectivos consumos de calefacción en la zona de CABA y GBA con sus respectivos costos y consumos. La vivienda Tipo B1, se diseñó usando la tecnología de bloques de hormigón celular curado en autoclave HCCA portantes de 15 cm y EPS en techo y piso.

4

SERVICIOS ENERGÉTICOS CLAVES

Los consumos energéticos del equipamiento que se usan dentro de la vivienda tienen un impacto importante en el presupuesto de las familias, en particular en aquellas de recursos económicos medios y bajos. Así, prever un equipamiento racional y eficiente de los servicios energéticos de la vivienda es clave en la conceptualización de la vivienda social.

En términos energéticos, además de los adecuados criterios de sostenibilidad urbanísticos y arquitectónicos, es importante prever y equipar la vivienda con artefactos eficientes que puedan reducir los consumos de electricidad y gas. El costo de los artefactos más críticos en el consumo de la vivienda, en general no exceden el valor de un metro cuadrado de construcción, por lo que tienen, relativamente, un impacto muy bajo en el costo total. En los hogares argentinos y de muchos países, excluyendo la energía usada en el transporte, los principales consumos en las viviendas se ilustran en el gráfico 3. Más detalles en Anexo 3. Tales consumos energéticos son los asociados al acondicionamiento térmico (calefacción y aire acondicionado), agua caliente sanitaria (ACS+Piloto), cocción, heladera, iluminación, etc. Los consumos indicados en el gráfico 3, corresponden a una vivienda media de Argentina, en las regiones central y norte del país, prevalente hasta el año 2019. A este modelo de consumo lo designamos como vivienda típica o vivienda BAU (sigla para designar Business As Usual).

Con un diseño apropiado y mejoras en la envolvente, como se discutió en la sección anterior, el consumo de acondicionamiento térmico se reduce

VIV. SOC. BAU= 19,4 MWH/AÑO

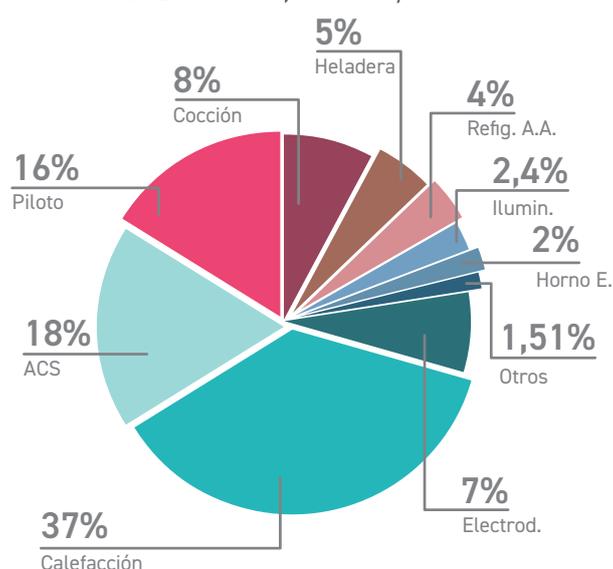


Gráfico 3. Consumo energético (electricidad y gas) en el sector residencial realizado en una muestra de 77 viviendas de la región de CABA y GBA de Argentina entre 2018 y 2019. Esta distribución de consumo es representativa de los consumos existentes en los 2018-2019. A este modelo de consumo lo designamos como consumo BAU. Fuente: Elaboración propia, a partir de mediciones realizadas en una muestra de 77 viviendas de extracción social media y baja.

notablemente (en factores del orden de 2). Esos consumos energéticos residenciales pueden reducirse en factores de 2 o aún mayores, como se ve en el gráfico 4, si además se seleccionan los siguientes artefactos, que llamaremos claves:

- A. artefactos de calefacción adecuado y eficientes
- B. sistema de agua caliente sanitaria (ACS) con etiqueta A en eficiencia, que minimicen o eliminen los consumos pasivos (pilotos)
- C. heladeras clase A (o mejor) en eficiencia energética
- D. iluminación LED de alta eficiencia

Si los consumos se redujeran en factor de 2, el gasto monetario en energía se reduciría en un factor mucho mayor, ya que al bajar los consumos se pasa a categoría de usuarios con menor cargo fijo y gasto variable en la factura de electricidad y/o de gas. En la región del GBA y en CABA, una reducción de un factor 2 en el consumo de energía, como el indicado el gráfico 4 y la tabla 3, puede implicar una reducción de 3,5 en los gastos de energía de las familias.

Una vez introducidas mejoras en eficiencia en la envolvente, con mejoras en la aislación térmica de pisos, paredes, techos y aberturas, los consumos en acondicionamiento térmico pueden reducirse en alrededor del 50% del modelo original. Sin embargo, con las mejoras adicionales de equipos de ACS, heladeras y lámparas, los ahorros esperados para esta vivienda con envolvente mejorada son del orden del 51% y 63%. Una vez mejorada la envolvente de la vivienda, el ACS continúa siendo el segundo mayor consumo de energía en la vivienda. En los casos en que sea posible el uso de sistemas solares térmicos para calentar agua, el consumo de ACS se puede reducir aún más, como se ve en el lado derecho del gráfico [38].

El incremento del costo para equipar adecuadamente estas viviendas con equipos eficientes no supera los 1000 USD/vivienda. Dado el bajo incremento del costo total del hábitat, sería aconsejable el uso de equipamiento eficiente, que complementa y/o potencia las mejoras logradas con las mejoras de diseño y en las envolventes en estas viviendas. Optimizar los consumos, además de contribuir a preservar los recursos energéticos y reducir las emisiones de GEI, es una forma de reducir la pobreza en muchos sectores de bajos recursos económicos.

Con simples modificaciones y medidas poco costosas de eficiencia es posible reducir el consumo energético en más de la mitad del valor promedio BAU, que se muestra en la segunda columna de la tabla 3. Estos consumos son los promedios obtenidos en una

muestra de 77 viviendas del área del GBA y CABA; en la tercera columna, los consumos de un modelo de equipamiento eficiente –que llamamos EA- para una vivienda con envolvente mejorada, incorporando equipos más eficientes en calefacción, ACS, heladeras e iluminación; y en la cuarta columna, los consumos de otro modelo de equipamiento eficiente –llamado EB- que además de mejoras en los equipos, agrega el uso de sistemas solares térmicos para el ACS. Los valores de calefacción y refrigeración se refieren a la zona central de Argentina (GBA, Córdoba o Rosario). En el Anexo 3 consignan los posibles consumos en otras regiones del país.

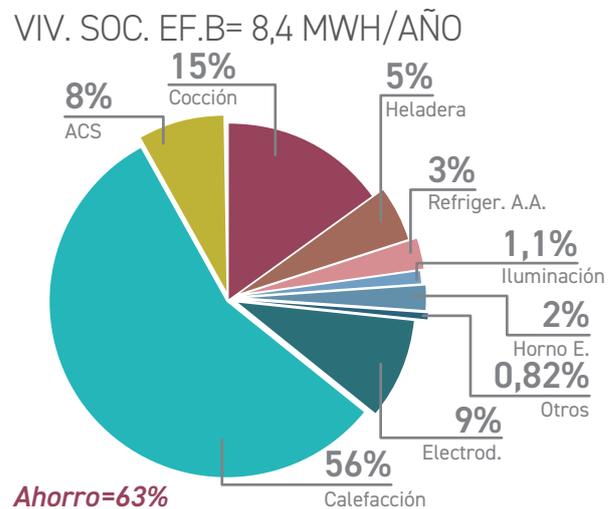
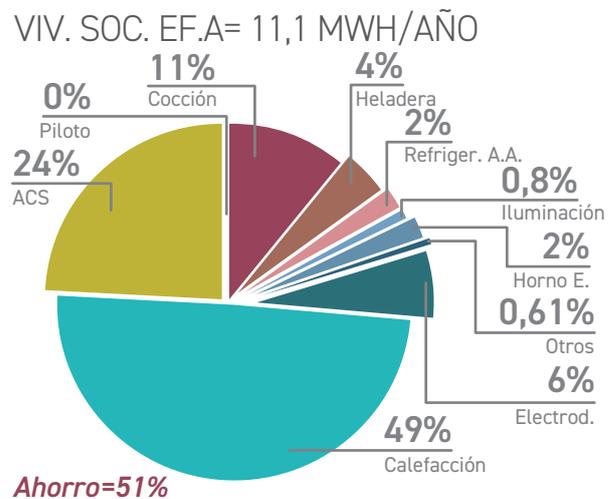


Gráfico 4. Consumo energético (electricidad y gas) residencial resultante de introducir medidas de eficiencia en envolvente, como se discute en el Anexo 2 e introducir artefactos más eficientes. A la izquierda, se incorporan sistemas de ACS etiqueta A en eficiencia, sin consumo pasivos, Heladeras A e iluminación LED, los ahorros esperados, respecto al caso de la Figura 14 son del 51%. A la derecha, a estas mejoras se incorpora un sistema solar térmico de ACS, con lo que la reducción del consumo energético, respecto al caso de la Figura 14, es del 63%.

Equipo	PROMEDIO	EFICIENCIA A	EFICIENCIA B
	BAU	EA	EB
Calefacción	7.099	4.642	3.962
ACS	3.560	2.337	591
Piloto	3.087	0	0
Cocción	1.632	1.086	1.086
Heladera	914	350	350
Refrigeración A.A.	695	198	198
Iluminación	468	79	79
Horno Eléctrico	296	182	182
Otros	292	58	58
Electrodomésticos	1.325	617	617
Total (MWh/año)	18,7	8,7	7,0
Ahorro relativo a BAU		53%	63%
Consumo eléctrico (MWh/año)	4,0	1,5	1,5

Tabla 3. Distribución de los consumos energéticos (eléctricos y de gas) residencial.

En este esquema, los consumos de calefacción adoptados son los de la tabla 1B. Las unidades de los consumos están en kWh/año, excepto las líneas de los consumos totales que están, como se indica en MWh/año. Obsérvese que el potencial ahorro en electricidad de usar un equipamiento eficiente puede ser del orden 60%.

Los valores de consumo utilizados en la Tabla 3 serán utilizados en el capítulo 6 "Evaluación económica", para determinar si las inversiones adicionales requeridas por estas mejoras se justifican mediante el ahorro económico que se genera en la reducción de consumos.

- *BAU: Vivienda convencional con equipamiento eléctrico y de gas tradicional.*
- *TA1: Vivienda Tipo A1 (Tabla 1A), con Equipamiento eléctrico y de gas convencionales.*
- *TA2: Vivienda Tipo A2 (Tabla 1A), con Equipamiento eléctrico y de gas convencionales.*
- *BAU+EA: Vivienda convencional con equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*
- *TA1+EA: Vivienda Tipo A1 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*

- *TA1+EB: Vivienda Tipo A1 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, además de ACS, heladera e iluminación LED, incorporación de equipamiento solar térmico para ACS.*
- *TA2+EA: Vivienda Tipo A2 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*
- *TA2+EB: Vivienda Tipo A2 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, además de ACS, heladera e iluminación LED, incorporación de equipamiento solar térmico para ACS.*
- *TA2+EC: Vivienda Tipo B2 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, incorporación de equipamiento solar térmico y generación solar fotovoltaica.*

De la misma manera, para los tipos de viviendas descritas en las Tablas 1B:

- *BAU: Vivienda convencional con equipamiento eléctrico y de gas tradicional.*
- *TB1: Vivienda Tipo B1 (Tabla 1B), con Equipamiento eléctrico y de gas convencionales.*
- *TB2: Vivienda Tipo B2 (Tabla 1B), con Equipamiento eléctrico y de gas convencionales.*

- *BAU+EA: Vivienda convencional con equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*
- *TB1+EA: Vivienda Tipo B1 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*
- *TB1+EB: Vivienda Tipo B1 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, además de ACS, heladera e iluminación LED, incorporación de equipamiento solar térmico para ACS.*
- *TB2+EA: Vivienda Tipo B2 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*
- *TB2+EB: Vivienda Tipo B2 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, además de ACS, heladera e iluminación LED, incorporación de equipamiento solar térmico para ACS.*
- *TB2+EC: Vivienda Tipo B2 con Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, incorporación de equipamiento solar térmico y generación solar fotovoltaica.*

4.1 AGUA CALIENTE SANITARIA

El gráfico 5 muestra los consumos de distintos sistemas de ACS que se usan en Argentina y sus respectivos consumos anuales. [39] Con el uso de un calefón clase A, a gas natural (Cal A GN) en eficiencia, los consumos prevalentes en ACS pueden reducir en un factor mayor a 2. Si además se utiliza un sistema solar térmico (ST) híbrido para calentar agua, asociado a un calefón A modulante, apto solar, los consumos en ACS puede reducirse en un 85%.

Sin embargo, el gráfico muestra sólo un aspecto del costo del calentamiento de agua, el consumo de combustible. Desde luego, para el usuario además del costo de la energía de cada sistema de ACS, se debe tener en cuenta el costo de los equipos y su mantenimiento.

En el gráfico 6 se muestran los costos de distintos equipos de ACS en el GBA o CABA. Como se ve, el

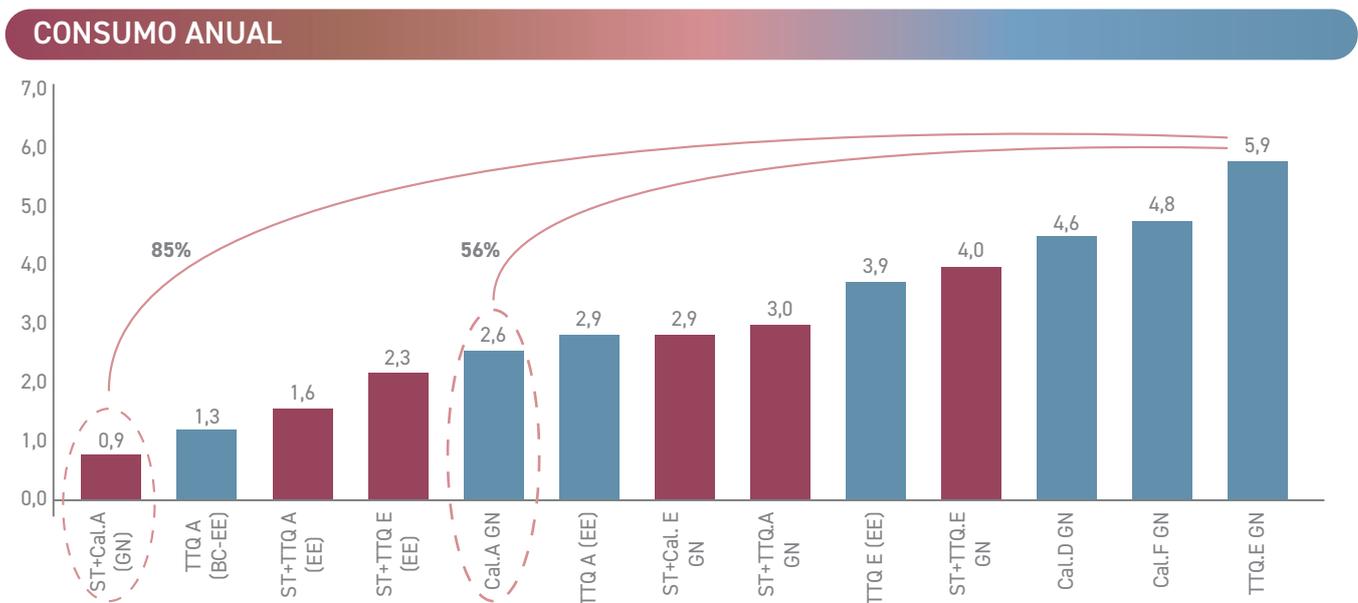


Gráfico 5. Consumos de energía usada por año en el calentamiento de 180 litros/día de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo anual en ACS entre los distintos modos es muy notable y está indicado por las barras. Los sistemas solares (ST) híbridos - indicados en amarillo- pueden aportar muy significativos ahorros de energía. Aquí TTQ significa termostanque y Cal. Calefón. GN es gas natural. EE indica que funciona con electricidad y BC indica bomba de calor. [38]

modo más económico de producir ACS a lo largo de 15 años -la vida útil típica de estos artefactos- en esta zona de Argentina, es utilizando Calefones A de gas natural con encendido electrónico. También se incluye el costo de mantenimiento. Como es lógico, los costos de reparación y mantenimiento en general resultan proporcionales a la complejidad del equipo, que a su vez se relaciona con el costo. El criterio de costo de mantenimiento se calcula del orden del 60%

del costo del equipo, a concretarse en la mitad de su vida media.

Por su parte en grafico 7 se muestran los costos de distintos equipos de calefacción y de la energía usada por ellos a lo largo de 1 año, para una vivienda social de aproximadamente 60 m2, con una envolvente convencional (tipo BAU) en el GBA o CABA.

COSTO TOTAL A 15 AÑOS

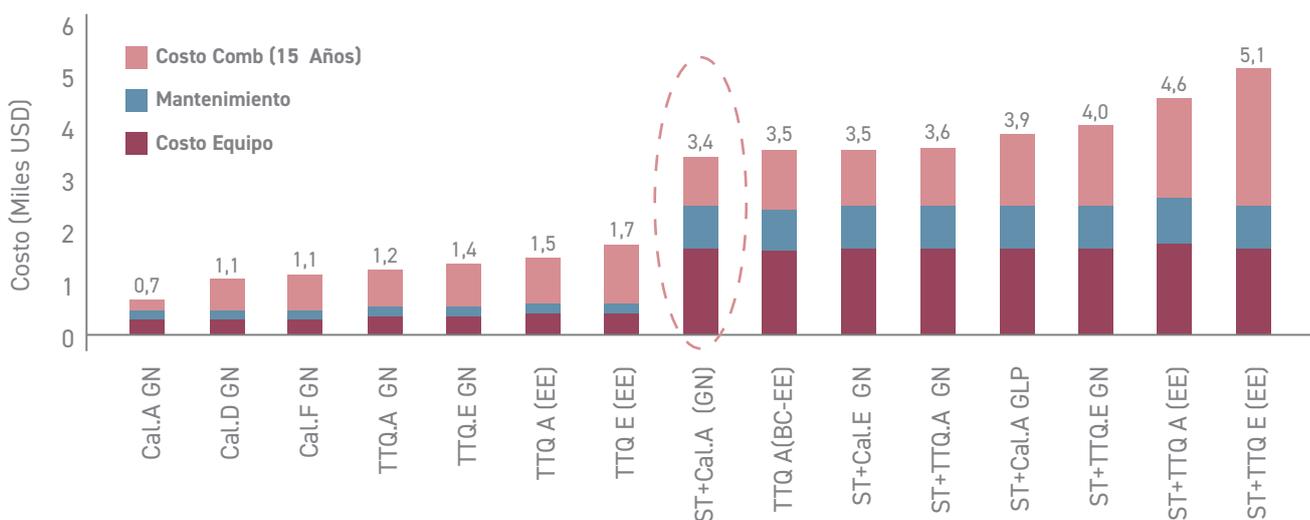


Grafico 6. Costos asociados al ACS en 15 años, en GBA o CABA. Las barras rojas indican el costo de los equipos, el costo de la energía son las barras verdes y mantenimiento las barras naranjas. Los costos de la energía son los valores presentes usando una tasa de descuento del 7% en dólares. Las tecnologías de menor costo total son los calefones A con encendido electrónico. Los costos de mantenimiento se tomaron como el 60% del costo del equipo aplicados en la mitad de la vida del equipo.

BUENOS AIRES DGD=854 CALEF.=7,1 MWH

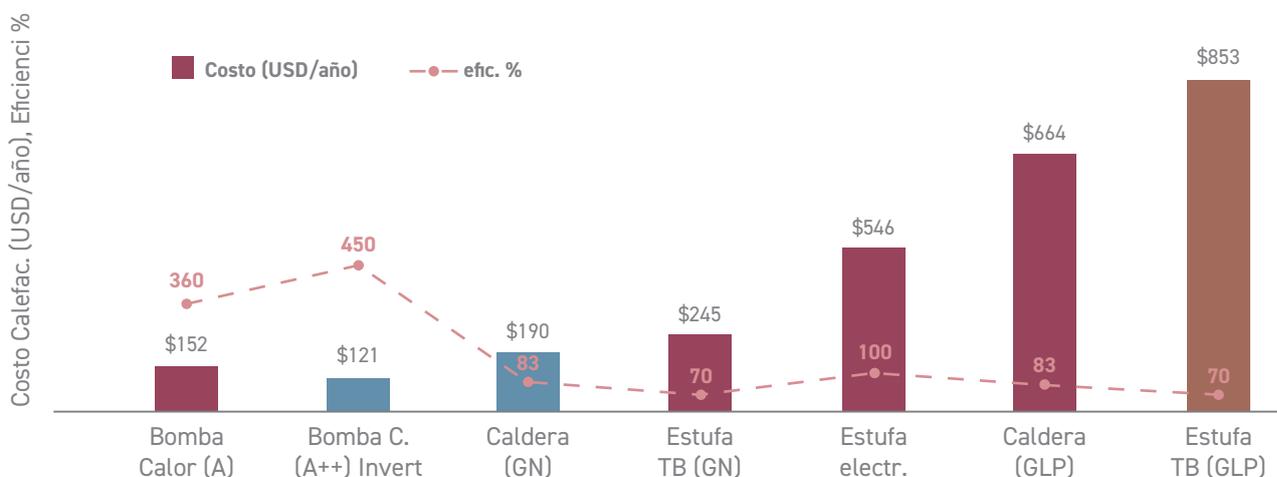


Gráfico 7. Variación de los costos en USD/año de los combustibles o insumos necesarios para calefaccionar una vivienda, ubicada en GBA, del tipo prevalente actualmente en Argentina, (BAU) por año. Las barras son los costos de la energía. Los rombos azules son las eficiencias típicas de cada artefacto.

En la zona del GBA y CABA el costo del kWh¹⁴ eléctrico es aproximadamente 3,5 veces mayor que el kWh de gas natural. Con esta relación de precios, el costo de calefaccionar con una bomba de calor es más bajo que con gas natural. Pero como esta relación de costo de electricidad-gas varía por localidad, es necesario revisar en cada caso esta relación. Por ejemplo, en Salta esta relación es de 5,4 por lo que allí calefaccionar a gas es más barato que hacerlo con una bomba de calor. En el gráfico 8, se muestra un esquema típico de los costos de los combustibles e insumos más comunes en tres zonas de Argentina.

Por otra parte, debido a los distintos subsidios aún vigentes en Argentina, en la Patagonia (al sur del Río Colorado) el gas natural es al menos un factor 2 más económico que en las regiones centro-norte. En muchas ciudades del sur, la relación de costo de la electricidad al gas es mayor a 8. Esto lo convierte al gas en el combustible más conveniente en la zona sur de Argentina.

Además, del costo de la energía de cada sistema de calefacción, es necesario tener en cuenta el costo de los equipos. En el gráfico 9 se muestran los costos de distintos equipos de calefacción y de la energía usada por ellos a lo largo de 10 años para una vivienda social de aproximadamente 60 m², con una envolvente

convencional (Tipo BAU) en el GBA o CABA. Como se ve, los modos más económicos son:

- A. las estufas de tiro balanceado a gas natural
- B. los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o mejor A++ con Inverter). En particular si la relación costo de la unidad de energía electricidad-gas natural es inferior a 3,8.

Desde luego, los valores indicados en los gráficos 8 y 9, dependen de la localidad, pero en general favorece a las estufas de tiro balanceado y bombas de calor.



COSTO DE INSUMOS ENERGÉTICOS

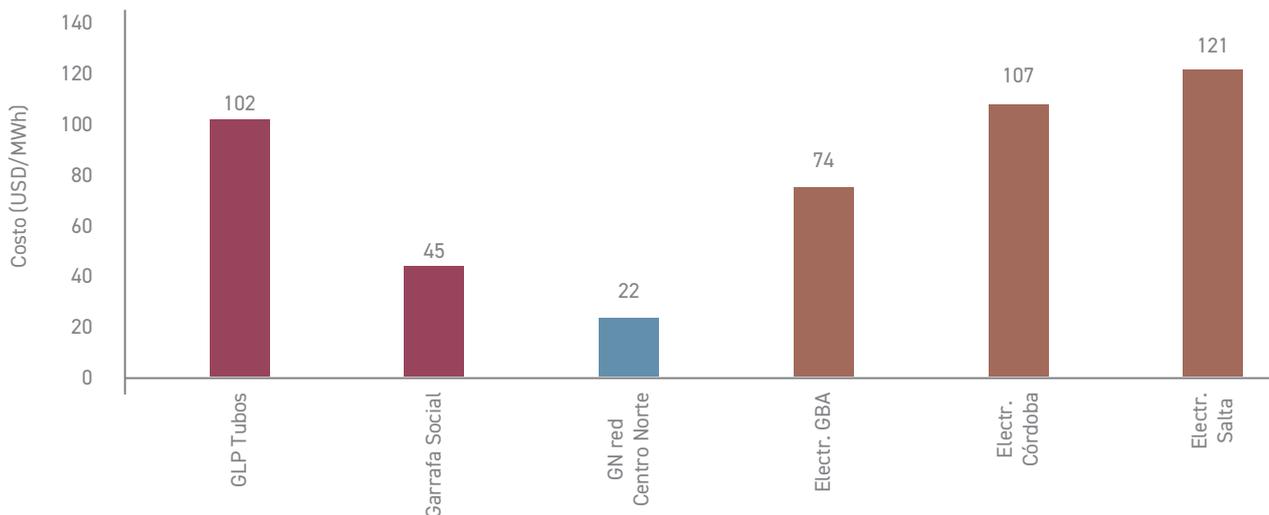


Gráfico 8. Variación de los costos de MWh con impuestos y cargos en el sector residencial de los distintos combustibles e insumos en tres zonas de Argentina. Los números arriba de las barras indican la relación de cada insumo, relativo al gas natural (GN) por red.

¹⁴. kWh es el símbolo abreviado del kilo Watt hora, una unidad energética muy útil, equivalente a 3,6 MJ o bien a 0,86 Mcal. Por otra parte, 1 m³ (GN) equivale a 10,8 kWh.

CALEF. COSTO DE EQUIPOS Y ENERGÍA (TD= 7%) N=15 AÑOS

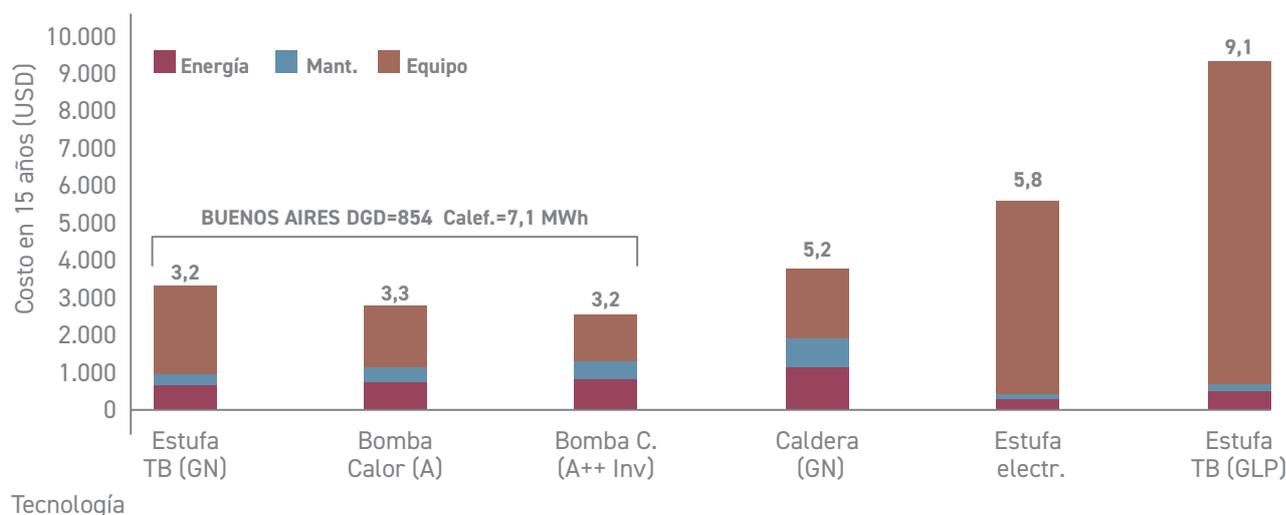


Gráfico 9. Variación de los costos de calefacción una vivienda, ubicada en GBA, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para diez años, incluyendo el costo de los equipos, el costo de la energía y mantenimiento. Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7% en dólares. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado (TB) a gas natural, los equipos de aire acondicionado (Frío Calor) o bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o A++ con Inverter).

A medida que los inviernos son más rigurosos, las bombas de calor con Inverter (Etiqueta A) y las calderas a gas con radiadores de agua se vuelven más competitivas. Sin embargo, es preciso tener en cuenta, que el rendimiento (COP) de las bombas de calor en climas fríos disminuye al aumentar el salto térmico del interior con el exterior, [40] cosa que no sucede con las calderas. Además, como señalamos antes, en la región sur de Argentina, la relación costo de electricidad respecto del gas es mayor. De este modo se debe tener precaución en la selección adecuada de bombas de calor en regiones frías. Por ende, también en la región sur, las calderas duales a gas natural, que brindan agua caliente sanitaria ACS y calefacción (por radiadores o losa radiante), en un único equipo, pueden ser un elemento muy interesante de considerar como parte del equipamiento de vivienda social. El hecho que un solo equipo provea dos servicios distintos (ACS y calefacción) hace que la diferencia de costo inicial de la caldera con la bomba de calor (con Inverter) y las estufas de tiro balanceado se compense, al menos parcialmente. Si se tiene en cuenta que, los equipos de calefacción pueden durar más de 10 años, estas diferencias de costo inicial se atenúan. De hecho, el costo de los equipos que tienen dos funciones, calefacción y ACS (calderas) y calefacción y refrigeración (bombas de calor) se consideró para calefacción solo el 60% de su costo inicial, dejando el costo inicial restante para su otra función (grafico 9).

Una limitación de las estufas de tiro balanceado, es su dificultad en el encendido y la regulación de la tempe-

ratura. Esto lleva a que muchas veces estos equipos permanezcan encendidos mucho tiempo en modo piloto, esto insume más energía y costos. Por ello, en las estufas de tiro balanceado, es importante que las mismas dispongan de termostatos, encendido electrónico y sean Etiqueta A en eficiencia energética.

El rol del termostato es crucial para lograr confort térmico y reducir los consumos de energía. Por cada 2°C adicionales de temperatura en los termostatos, el consumo se incrementa en un 30% en la región central de Argentina. [41] Ver Anexo 3.

En definitiva, además de las mejoras el diseño arquitectónico bioclimático, es crucial la incorporación de artefactos básicos eficientes en la vivienda social, incluyendo: equipos de calefacción y refrigeración (calderas o aire acondicionados con tecnología Inverter), sistemas de ACS eficientes (Etiqueta A), preferentemente calefones con encendido automático, y en donde resulte posible incorporar un sistema de calentamiento de agua solar con apoyo convencional eficiente. Heladeras A (o mejor) en etiquetado de eficiencia e iluminación LED.

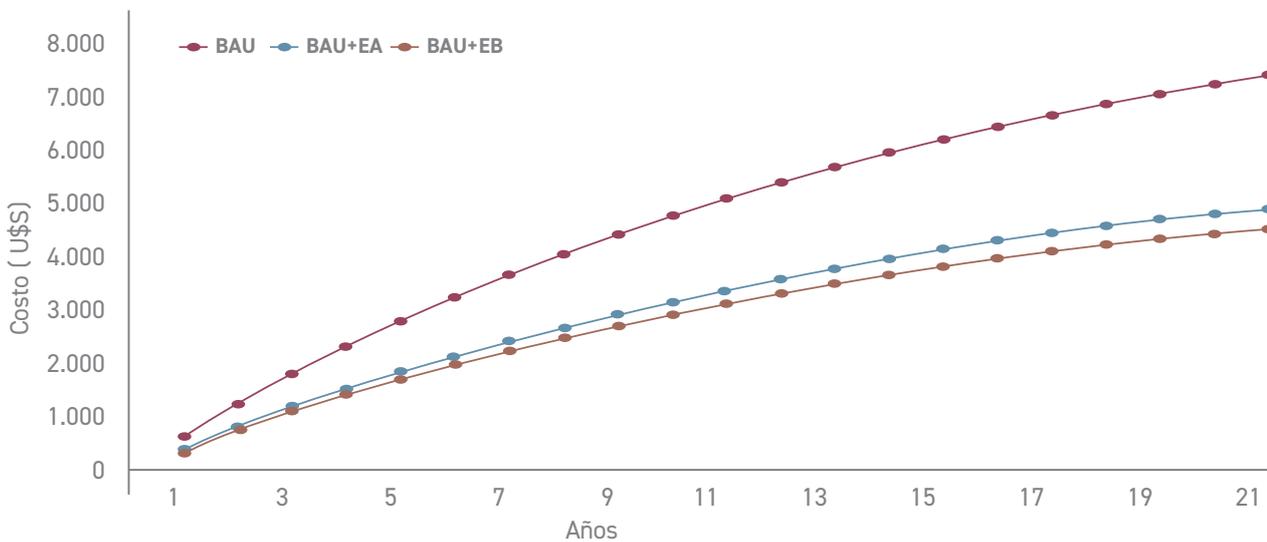
En el grafico 10, se ilustran los gastos de consumo de energía de una vivienda a lo largo de 20 años, con tres modelos de equipamiento, discutidos previamente. Como se puede observar, los costos de la energía a

20 años (reducidos a valores presentes con una tasa de descuento del 7% anual)¹⁵ son muy significativos, al igual que los potenciales ahorros en los distintos escenarios. Se muestra cómo evoluciona el costo de consumo de energía para calefaccionar estas viviendas, a lo largo de los años. Dado que la inversión en la construcción de la vivienda, y los gastos de energía para su funcionamiento se realizan en tiempos diferidos, para poder comparar estos costos de manera objetiva, es necesario realizar en procedimiento de reducir todos los costos a un dado tiempo, es decir reducir a valores presentes. La curvatura de estas tendencias se debe a la tasa de descuento aplicada

a estos costos para reducirlos a valor presente. En el panel de la derecha se muestra el costo acumulado a 20 años. En este caso la elección de 20 años para la vivienda se debe a que este es el tiempo medio de permanencia de una familia en una residencia. Luego de ese tiempo, la vivienda perdura, pero la situación familiar en general cambia, siendo usual una mudanza después de ese tiempo.

Si observamos los resultados de la Tabla 3, los ahorros en electricidad pueden ser del orden del 60% y los totales, superiores al 50%.

GASTOS EN ENERGÍA - TASA DE DESCUENTO=7%



GASTOS EN ENERGÍA AL CABO DE 20 AÑOS

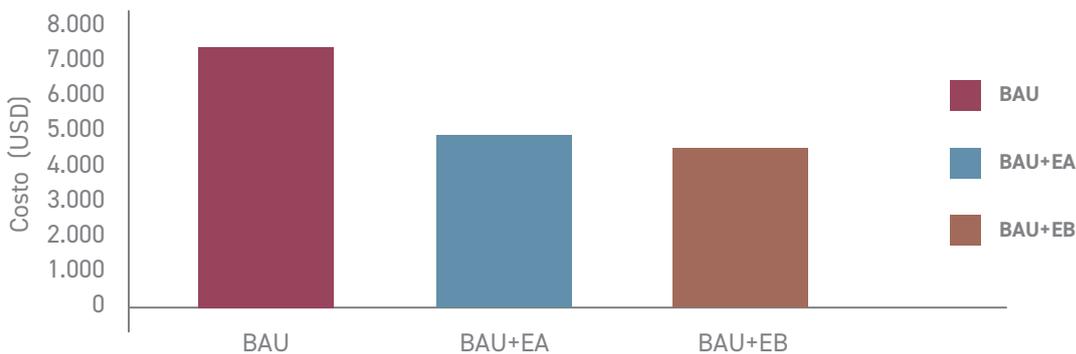


Gráfico 10. A la izquierda, variación de los gastos de energía de una vivienda, ubicada en GBA, reducidos a valores presentes (tasa de descuento=7% anual) para los distintos modelos de consumo de una vivienda tipo B.Derecha, monto total de los gastos acumulados de energía al cabo de 20 años, reducidos a valores presentes.

¹⁵. La reducción a valores presentes es un procedimiento usual en economía cuando se desea realizar una evaluación de un proyecto. Para ello se tiene en cuenta que pagar dinero en un dado momento tiene un valor distinto si ese mismo monto se paga diferido en el tiempo, para cuantificar la reducción del valor se usa lo que se conoce como la tasa de descuento. [72]

Los ahorros generados por la incorporación del equipamiento solar térmico (EB) a un modelo de equipamiento eficiente (EA) no produce un gran impacto económico en el mismo, con lo cual al realizar la comparación económica Inversión versus Repago, ya se prevé una respuesta desfavorable a la misma, al menos para esta zona del país.

5

ENERGÍAS RENOVABLES EN VIVIENDAS SOCIALES

Dado que Argentina posee grandes recursos solares en comparación con el promedio mundial, una pregunta muy recurrente es sobre la conveniencia de incluir tecnologías de generación de energía renovables en las viviendas, reduciendo de esta manera los consumos energéticos de red de estas y, a través de ellas, sus costos y emisiones.

Podemos diferenciar dos tipos principales de generación de energía renovables de potencial uso en una vivienda social:

- *Generación Solar Térmica*
- *Generación Solar Fotovoltaica*

En ambos casos un diseño correcto de la vivienda (orientación, inclinación y tipo de techo, sombrea-

dos), permite reducir los costos de instalación y mejorar los rendimientos económicos de estos equipos.

En cuanto a la posibilidad de usar energía eólica, su eficiencia y efectividad en un contexto urbano la convierten en una opción poco conveniente. Además de las perturbaciones ópticas y sonoras, los vientos se ven muy interferidos por los accidentes urbanos. Lo que hace que no tengan la intensidad y persistencia deseable por efecto de una capa límite grande y la rugosidad del terreno. En un campo llano o en las cercanías de grandes cuerpos de agua, la situación es muy diferente y el uso de energía eólica es mucho más viable. A diferencia de los aerogeneradores, los equipos que aprovechan la energía solar térmica y fotovoltaica no tienen partes móviles, lo que reduce significativamente el desgaste y la tasa de falla y por consiguiente, los costos de mantenimiento.

5.1 GENERACIÓN SOLAR TÉRMICA

Como vimos, el calentamiento de agua sanitaria es el segundo mayor consumo de gas en los hogares argentinos [38] (33% del consumo residencial y

comercial), es decir, que es uno de los principales puntos de interés al momento de estudiar posibles reducciones de consumos.

En el territorio argentino, la radiación solar diaria promedio es de aproximadamente 4 kWh/m². Por lo tanto, con un colector solar de 2 m² con una eficiencia del 75% con la orientación e inclinación adecuada, la energía solar que aporta el colector sería de aproximadamente unos 6 kWh por día, equivalente a 0,55 m³ de gas natural. Si los colectores solares se asociaran con sistemas de apoyo eficientes como, por ejemplo, calefones modulantes a gas, sin piloto, clase A, el consumo diario de gas utilizado para el calentamiento de agua de cada usuario, pasaría de un promedio actual de 1,15 m³/día a 0,25 m³/día, lo que equivale a un ahorro del 80%. Estos valores son los que utilizamos en el gráfico 6 para estimar los ahorros económicos producidos por distintos sistemas de calentamiento de agua sanitaria.

Los costos de los equipos solares híbridos en la actualidad son muy altos respecto de los conven-

cionales. Si se toman equipos de mayor tradición y presencia en el mercado, para un consumo medio de aproximadamente 200 l/día, el costo de un buen equipo solar térmico se encuentra en el orden de los U\$S 1.500 (equipo solar con tanque de acumulación, e instalación).

La conveniencia económica de instalar estos equipos se encuentra directamente vinculada con las tarifas de gas o eléctricas de la región, siendo una opción particularmente adecuada en zonas aisladas y sin acceso a las redes de gas. Más específicamente, si en la zona hay redes de gas natural disponibles, un buen equipo convencional, por ejemplo, un calefón etiqueta A, puede ser la opción más adecuada. Si no hay gas por redes, y los usuarios dependen de GLP o la electricidad, entonces los sistemas solares híbridos se transforman en una opción que debe analizarse con mucha atención.

5.2 GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

En el año 2018, con la sanción de la Ley N°27424 de generación distribuida, se presentó un cambio en la forma en que entendemos la generación eléctrica y su consumo, posibilitando la aparición en nuestro país de usuarios-generadores que producen energía eléctrica de fuentes renovables para autoconsumo, a los que se les permite inyectar sus excedentes de producción a la red pública, percibiendo un recono-

cimiento monetario de esa inyección en su factura eléctrica. Si bien la ley establece que la energía inyectada se vende a precio mayorista, mientras que la energía consumida se compra a tarifa minorista, la posibilidad de inyectar excedentes a la red vuelve a la generación solar fotovoltaica una alternativa adicional que debe ser estudiada. A continuación, se puede observar el gráfico de productividad mensual de una

GENERACIÓN MENSUAL - INSTALACIÓN 1.16 KWP

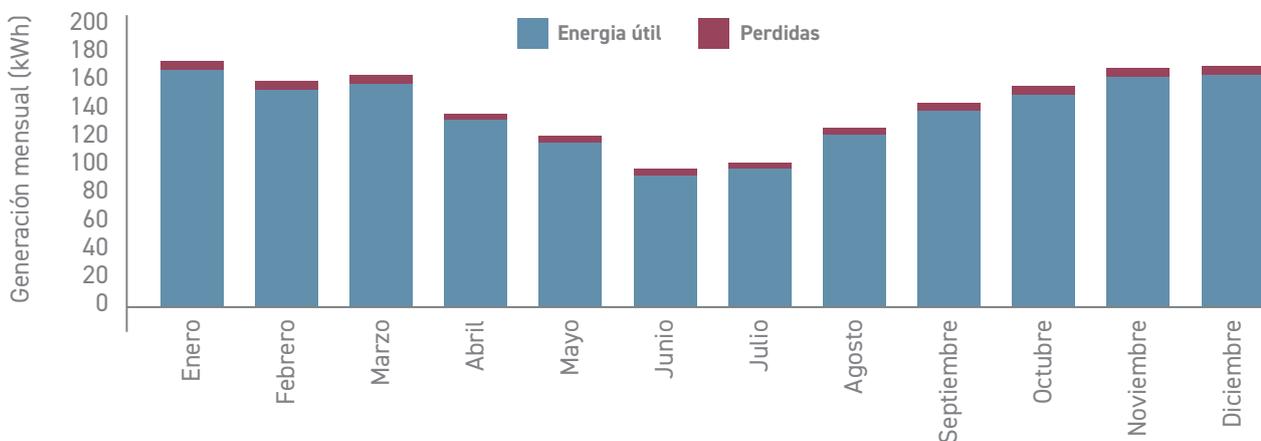


Gráfico 11. Simulación de la producción de cada mes para una instalación fotovoltaica de 1,16kWp en Buenos Aires. Un sistema de estas características podría generar del orden de 1650 kWh (±10%) al año en Buenos Aires y unos 2000 kWh (±10%) al año en Mendoza.

instalación en Capital Federal de 1.16kWp¹⁶, realizado por el programa de simulación de generación fotovoltaica PVSYST¹⁷.

Los costos de los equipos mencionados se encuentran en el orden de los USD 2.000 (4 módulos fotovoltaicos de 290Wp, un inversor de 1 kWn¹⁸, con estructuras fijas e instalación).

En la región adyacente al GBA, un sistema así podría generar del orden de 1.600 kWh ($\pm 10\%$) al año. Estos valores deben ser comparados con los potenciales ahorros en eficiencia indicados en la Tabla 3, que como se observa son superiores a la generación eléctrica de un panel de este tipo. Más específicamente, un cambio de una heladera antigua, de más de 12 años, por una eficiente moderna (Etiqueta A o mejor) puede generar un ahorro equivalente a los que genera un panel de este tipo, a un costo mucho menor.

¹⁶. Kilowatt pico (kWp) indica la potencia producida por un módulo fotovoltaico bajo las condiciones nominales de irradiación (irradiancia = 1000 W/m², temperatura = 25 C, y masa de aire = 1.5).

¹⁷. PVSyst software for the study and simulation of photovoltaic systems. <https://www.pvsyst.com>.

¹⁸. La potencia nominal del inversor es la potencia máxima en corriente alterna que entrega el equipo en condiciones normales.

6

EVALUACIÓN ECONÓMICA

El objetivo de esta sección es realizar una valoración económica de las distintas alternativas de eficiencia energética e inclusión de energías renovables distribuidas, discutidas en las secciones anteriores y clasificar las distintas alternativas disponibles, según sus potenciales ahorros de energía y costo de la inversión inicial. El objetivo es determinar cuáles son aquellas medidas de menor costo inicial y mayor impacto futuro en el costo de operación, mantenimiento y facturas de energía. En otras palabras, lo que buscamos es identificar los frutos más bajos de la oferta de eficiencia y sostenibilidad. Para este ejercicio, se supone que los usuarios disponen de gas y electricidad por redes y están en la zona centro-norte de Argentina.

Los tipos de viviendas a considerar son los descriptos en la Tabla 1A y 1B, a los que se incorporaran equipamiento claves en tres clases:

- A. *EA (Primer nivel de eficiencia): Equipamiento eléctrico y de gas eficiente: ACS, heladera e iluminación LED.*
- B. *EB (Segundo nivel de eficiencia): Equipamiento eléctrico y de gas eficiente, además de ACS, heladera e iluminación LED, incorporación de equipamiento solar térmico para ACS.*
- C. *EC (Tercer nivel de eficiencia): Este modelo es igual al anterior, pero se incluye, además, generación fotovoltaica adicional, con una potencia instalada de 1.16kWp, la cual genera aproxima-*

damente 1600kWh/año en la región de Buenos Aires (grafico 10).

Estos tres niveles de eficiencia en los equipamientos internos de la vivienda se los combina con los tres modelos constructivos discutidos en la Tabla IA y IB, con los que resultan las siguientes 13 combinaciones que serán analizadas:

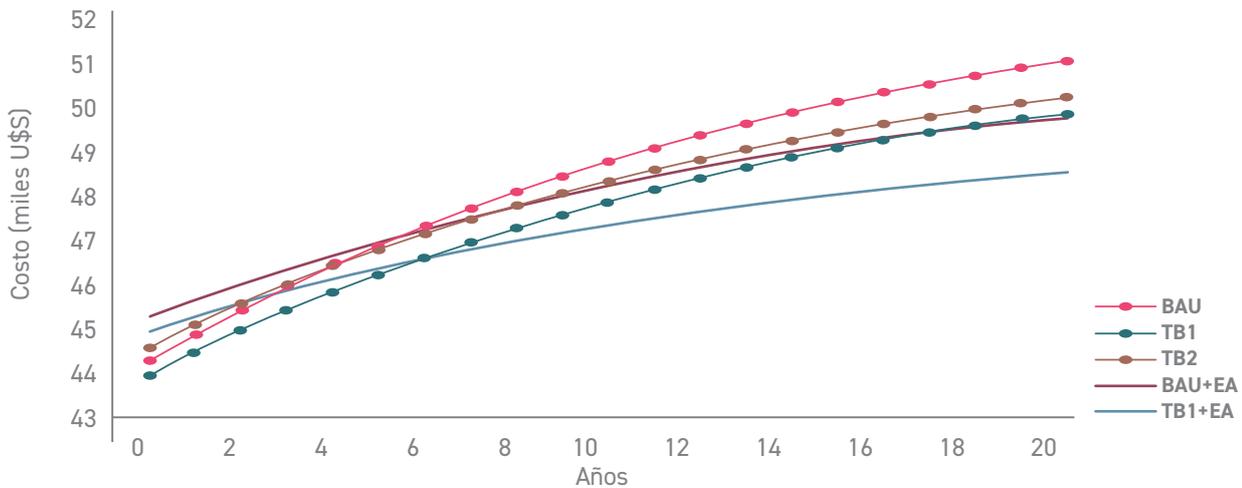
BAU	Vivienda convencional con equipamiento tradicional	
BAU+EA	Vivienda convencional +Nivel de eficiencia A	
BAU+EB	Vivienda convencional +Nivel de eficiencia B	
TA1+EA	Vivienda Modelo A1 +Nivel de eficiencia A	TB1+EA Vivienda Modelo B1 +Nivel de eficiencia A
TA1+EB	Vivienda Modelo A1 +Nivel de eficiencia B	TB1+EB Vivienda Modelo B1 +Nivel de eficiencia B
TA2+EB	Vivienda Modelo A2 +Nivel de eficiencia B	TB2+EB Vivienda Modelo B2 +Nivel de eficiencia B
TA2+EB	Vivienda Modelo A2 +Nivel de eficiencia B	TB2+EB Vivienda Modelo B2 +Nivel de eficiencia B
TA2+EC	Vivienda Modelo A2 +Nivel de eficiencia C	TB2+EC Vivienda Modelo B2 +Nivel de eficiencia C

Tabla 4. Combinación de eficiencia en equipos con modelos constructivos.

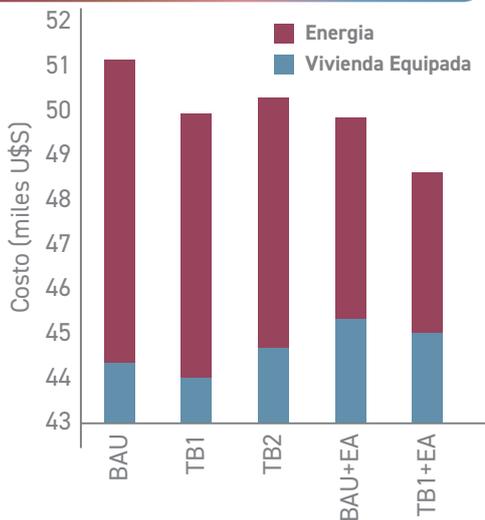
En esta sección trataremos de ilustrar el procedimiento seguido para establecer cuál es el modelo de vivienda que, en un periodo de 20 años, minimiza los costos. Se tiene en cuenta el costo inicial de cada vivienda, con su equipamiento según el modelo de eficiencia y la energía consumida por cada una en 20 años, utilizando una tasa de descuento del 7% anual. En el grafico 12 se observa un ejemplo parcial, donde hemos considerados sólo 5 alternativas de las muchas combinaciones de tipo de vivienda y modelos de equipamiento.

Con los resultados del grafico 12, tomando como referencia el modelo BAU, calculamos la diferencia de los costos acumulados al cabo de 20 años y se lo sustraemos al costo acumulado del modelo BAU, que por tanto resulta con valor 0. Estas diferencias de costos totales a 20 años es el Valor Actual Neto (VAN a 20 años) del proyecto de mejora de la vivienda. Los valores positivos de VAN son los que tienen la capacidad de generar un beneficio económico. En el grafico 13 se puede observar que todos los modelos de viviendas producen ahorros respecto del modelo tradicional (BAU) al cabo de 20 años.

COSTO VIVIENDA EQUIPADA+ENERGIA



COSTO AL CABO DE 20 AÑOS



TIPO B - VAN (20 AÑOS)

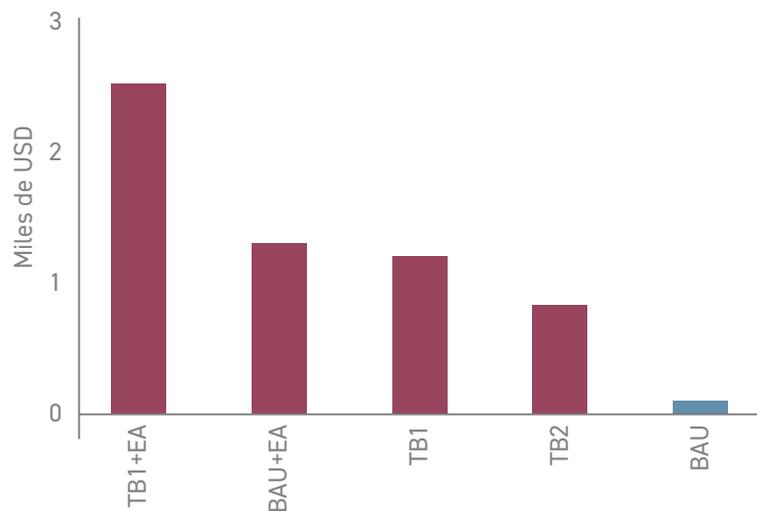


Gráfico 12. Izquierda, variación de los costos asociados a la energía en una vivienda, ubicada en GBA. El valor indicado a t=0, es el costo inicial de la vivienda. A la derecha, se muestran los costos integrados al cabo de 20 años, para los casos considerados. Los valores, son costos en miles de UDS reducidos a valores presentes, usando una tasa de descuento del 7%.

Gráfico 13. Representación de los Valores Actuales Netos (VAN) en miles de USD al cabo de 20 años, para los modelos analizados en la Figura 23. Aquí se toma como referencia el modelo BAU, que por tanto resulta con valor 0. Se puede observar que todas las combinaciones generan ahorros respecto de la vivienda tradicional, en particular la vivienda con característica constructiva B1 (bloques de hormigón celular, sin mejoras en las aberturas.) equipado con un modelo de eficiencia EA (Equipamiento eficiente sin inclusión de energías renovables).

Siguiendo este mismo procedimiento, ahora resulta posible incorporar más combinaciones y posibilidades. En el gráfico 14 se muestran los resultados de combinar los tres tipos de viviendas descriptos en la Tabla 1A, con los cuatro modos de equipamiento internos descriptos al principio del capítulo (Modelo BAU, EA, EB y EC).

renovable. Es de importancia notar que las viviendas A1 y A2, sin modificar los equipos interiores poseen una rentabilidad económica negativa. Esto implica que la inversión adicional requerida para mejorar la envolvente de la vivienda supera en gran medida los ahorros que la misma produce.

Se puede observar que la combinación que más beneficia económicamente al usuario es una vivienda BAU, con equipamiento interior eficiente, sin generación

El mismo procedimiento fue seguido con los tipos de vivienda ubicados en la Tabla 1B, como puede observarse en el gráfico 15.

TIPO A - VAN (20 AÑOS)

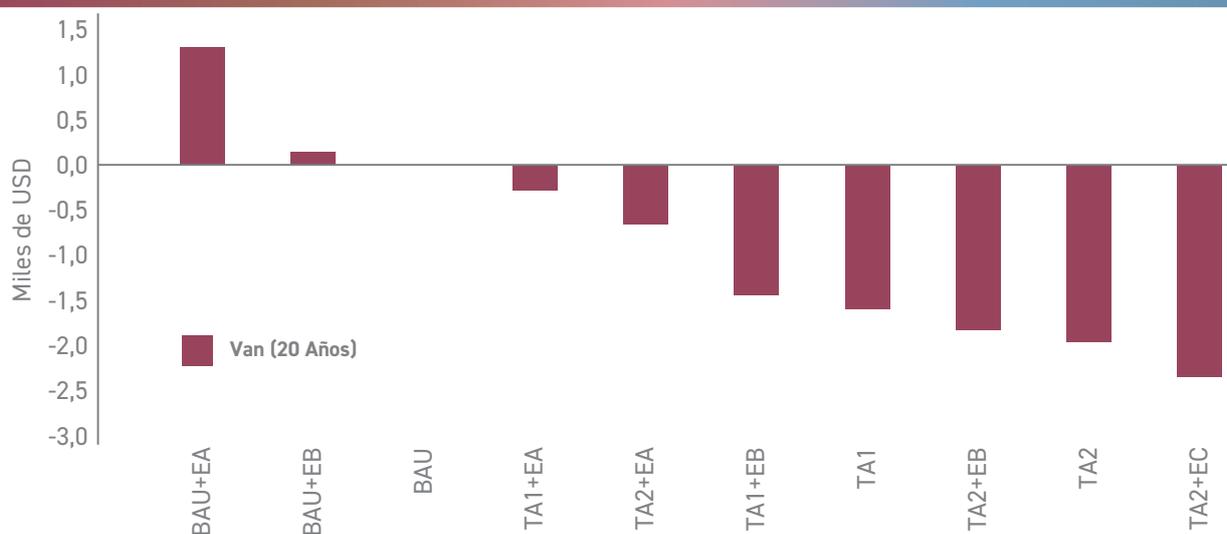


Gráfico 14. Representación de los Valores Actuales Netos (VAN) en miles de USD al cabo de 20 años, para las distintas combinaciones de viviendas descriptas en la Tabla 1A (BAU, A1 y A2) con los cuatro modos de equipamiento internos descriptos por la Tabla 2 (Modelo BAU, Efic.A, Efic.B y Efic.C). Los valores positivos son aquellos que generan un beneficio económico para la tasa de descuento considerada (7% anual) en un horizonte de tiempo de 20 años. Los proyectos de mejora con un VAN negativo no serían recomendables económicamente.

MODELO B - VAN (20 AÑOS)



Gráfico 15. Representación de los Valores Actuales Netos (VAN) en miles de USD al cabo de 20 años, para las distintas combinaciones de viviendas descriptas en la Tabla 1B (BAU, B1 y B2) con los cuatro modos de equipamiento internos descriptos por la Tabla 2 (Modelo BAU, Efic.A, Efic.B y Efic.C).

Se observa que todas las combinaciones generan un ahorro al usuario de la vivienda, incluidas las medidas que sólo implican una modificación en su envolvente (B1 y B2). Por otro lado, solamente modificando los equipos tradicionales por eficientes se producen los ahorros suficientes como para recuperar la inversión y, además, generar un ahorro económico adicional (BAU+EA).

Es importante aclarar que los resultados de los graficos anteriores fueron elaborados para la radiación y cuadros tarifarios de la Capital Federal y los resultados pueden cambiar de región en región. Se tuvieron en cuenta los beneficios promocionales de la Ley 27424, y la remuneración de la energía inyectada a la red (ver Anexo 4).

Si se comparan los valores actuales de la vivienda tipo B2+EB contra B2+EC, se puede notar que incorporar

la solar fotovoltaica produjo una leve caída en el VAN a 20 años, es decir que no es conveniente la instalación de estos equipos bajo este esquema. Debido a cambios en el tamaño de la instalación, radiación y fomentos regionales a la generación fotovoltaica, los resultados pueden verse revertidos (Anexo 4).

Estos resultados indican que la vivienda tipo B con mejoras en eficiencia EA o EB son las más convenientes económicamente. Por otra parte, para ambos modelos constructivos la incorporación de generación solar térmica y fotovoltaica produjo una pérdida económica respecto de las viviendas que sólo poseen equipamiento eficiente. Estos resultados se deben principalmente a los bajos costos de los servicios en la región estudiada, y pueden verse modificados en otro tipo de escenario.

MODELOS A Y B A 20 AÑOS

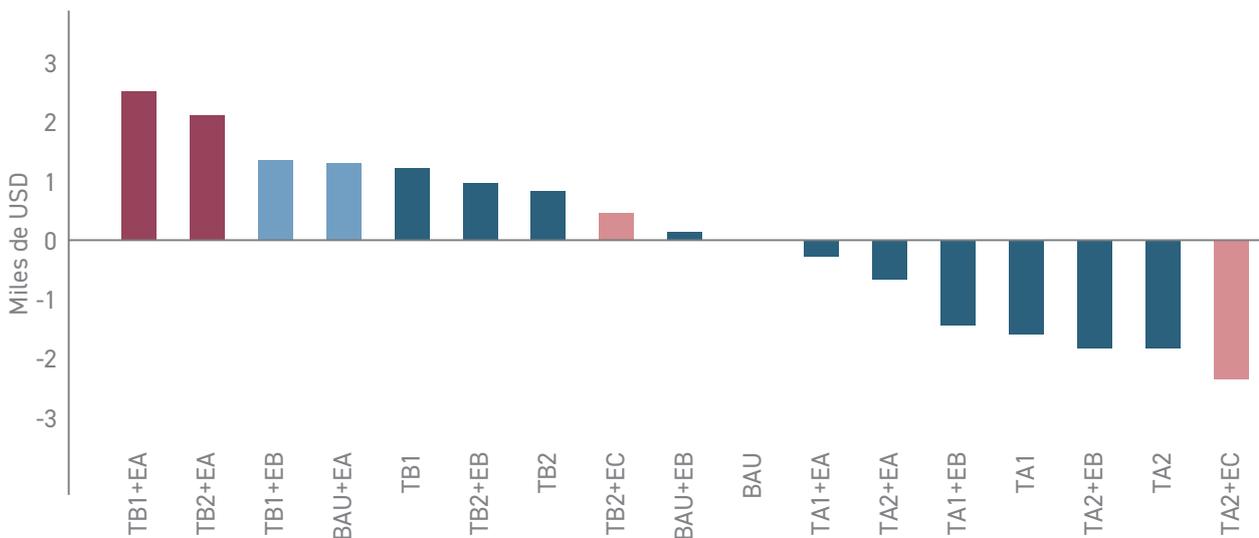


Gráfico 16. Representación de los Valores Actuales Netos (VAN) en miles de USD al cabo de 20 años, para las distintas combinaciones de viviendas descritas en la Tabla 1B (BAU, B1 y B2) con los cuatro modos de equipamiento internos descritos por la Tabla 2.

7

REFLEXIONES FINALES

El análisis realizado pone en evidencia la importancia y los beneficios diversos de construir viviendas sociales sostenibles. Las mismas contribuirían a paliar el déficit habitacional, a la vez que favorecerían la integración social, la sobriedad energética y la calidad de vida. Ello implica promover la construcción de viviendas asequibles al mismo tiempo que se contemplan prácticas adecuadas ambientales, sociales, culturales, económicas e institucionales

En lo que concierne a las prácticas urbanas y sociales, construir conjuntos de viviendas sociales, de escala, en espacios intersticiales de la ciudad, propiciando la diversidad de funciones, facilitaría también el aprovechamiento de infraestructura, equipamientos y servicios existentes y promovería la integración social. Así, no solo se mejora la calidad de vida de los beneficiarios de las nuevas viviendas sociales, sino que se revitalizan espacios vacantes e incluso se podrían revalorizar barrios, agregándoles valor a los inmuebles existentes y atractivo al conjunto. La escala media de los conjuntos habitacionales se asociaría a la idea de barrio, que implica un espacio con identidad, dada la apropiación del lugar por parte de sus habitantes, con intercambios y reconocimientos sociales, a través de actividades diversas. Los intersticios urbanos, muchas veces áreas en desusos de las estructuras viarias y ferroviarias o de la industria, presentan extensiones propicias para este tipo de escalas de intervención, haciendo concurrentes ambas soluciones: intervención en intersticios urbanos y proyectos de escala media.

La sostenibilidad de las viviendas sociales depende también de su buen funcionamiento, correcto man-

tenimiento de modo tal que sus beneficios y valor se extiendan en el tiempo. Para ello resulta conveniente promover la capacitación de los vecinos y una forma de organización social, que facilite el funcionamiento y buen mantenimiento de los edificios y de su equipamiento. Información provista en centros demostrativos o en manuales didácticos pueden favorecer la incorporación de buenas prácticas, pautas de buen uso y mantenimiento de las viviendas y su equipamiento. Las nuevas tecnologías de la información y comunicación favorecen y abaratan el acceso a ese material o su consulta. La organización social, a través de ONG o consorcios de vecinos, u otro mecanismo, puede propiciar o facilitar un mantenimiento adecuado y abaratar sus costos de mantenimiento, incluso con creación de empleo y otras relaciones cooperativas entre vecinos.

Una vivienda social sostenible, implica un diseño adecuado que brinde confort, a la vez que minimice los consumos de calefacción en invierno y pueda reducir las cargas térmicas debida a sol en verano.

Para que las inversiones en mejoras de la envolvente de una vivienda se amorticen en tiempos razonables (por ejemplo 20 años), el incremento de estos costos respecto a una vivienda social convencional (modelos BAU) no debe exceder el 4% del costo de la misma.

El equipamiento de la vivienda juega un rol importante en los consumos de energía de las familias. La eficiencia de los equipos tiene un papel fundamental en el consumo energético de la vivienda. Incluso con

tarifas eléctricas relativamente bajas, la inversión en equipos eficientes genera beneficios económicos tanto al usuario de la vivienda, como a la comunidad en su conjunto. Al reducir los consumos, se mejora la seguridad en el abastecimiento de energía y permite postergar inversiones en mejoras de transporte y distribución de energía, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El aprovechamiento de energía solar térmica o el uso de termotanques con bombas de calor tienen potencialidad, especialmente donde no hay acceso al gas natural por redes. En las zonas donde existe gas distribuido por redes, los equipos de calentamiento solares o termotanques que operan con bomba de calor no se llegan a amortizar en tiempos razonables, es decir tiempos comparables con su vida útil, del orden de 15 años. En estos lugares, la utilización de calefones convencionales eficientes, Etiqueta A en eficiencia, es una opción conveniente. En las localidades donde no hay acceso al gas natural (NEA o regiones alejados de las redes), donde las tarifas de gas son elevadas (GLP) o donde la radiación es significativa (Noroeste Argentino), los ahorros

económicos producidos por tecnología solar térmica pueden aumentar considerablemente.

Con relación a la generación solar fotovoltaica, debido a las relativamente bajas tarifas eléctricas y los altos costos de los equipos fotovoltaicos, las pequeñas instalaciones fotovoltaicas unifamiliares no serían económicamente rentables en este momento. Sin embargo, debido al factor de escala o con diversos fomentos regionales, las instalaciones fotovoltaicas comunitarias podrían ser ventajosas, especialmente en sitios alejados de las redes o donde hay buena radiación solar.

Este trabajo muestra que sería posible y conveniente, tanto desde el punto de vista económico, como ambiental y social, la construcción de viviendas sociales sostenibles, ya que además de mejorar el confort en las viviendas, de reducir los consumos energéticos, sus costos y emisiones de gases de efecto de invernadero, favorece la integración social.

8

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UN-Habitat, «Global network for sustainable housing,» 2019. [En línea]. Available: <https://unhabitat.org/urban-initiatives/networks/global-network-for-sustainable-housing/>.
- [2] Cámara Argentina de la Construcción, «Estimación de la evolución del Déficit Habitacional en la Argentina,» Área de Pensamiento Estratégico Cámara Argentina de la Construcción, Buenos Aires, 2015.
- [3] H. Wallbaum y a. et, «Indicator based sustainability assessment tool for affordable housing construction technologies. ,» vol. 18, pp. 353-364, 2012.
- [4] G. Tella y A. Potocko, «Guía para la provisión de vivienda social en Argentina,» Cámara Argentina de la Construcción, Buenos Aires, 2019.
- [5] SNCF, «SNCF immobilier Présentation,» 02 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.sncf.com/fr/reseau-expertises/activites-immobilières/sncf-immobilier>.
- [6] Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile, «Calificación energética,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.calificacionenergetica.cl>.
- [7] Ministerio de Vivienda y Urbanismo, «Informe técnico CEV,» enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.calificacionenergetica.cl/media/Informe-T%C3%A9cnico-enero-2017.pdf>.
- [8] Inesina Solar, «Abastecimiento de agua caliente y energía eléctrica para el barrio 31 (ex villa 31) Padre Mujica,» 2018. [En línea]. Available: <http://inesinasolar.com/novedades.php>.
- [9] L. Martín, *Sustentabilidad en la expansión de las ciudades. El barrio Las tardes en la localidad de Roldán, Provincia de Santa Fe., La Plata: Trabajo integrador final de Especialización. FAU UNLP, 2017.*
- [10] D. González Romero, A. Olivares González y M. T. Pérez Bourzac, «El barrio tradicional: sus procesos de identidad en la ciudad moderna,» *Urbano 4* (4), 2001.
- [11] S. Rueda, *Modelos de ordenación de territorios más sostenibles*, Barcelona: UPM. ETSAM, 2002.
- [12] J. Haëntjens, *La ville frugale. Un modèle pour préparer l'après pétrole*, FYP, 2012.
- [13] A. Aguilera, «les Cahiers Scientifiques du Transport 49,» *La proximité à l'emploi dans la ville polycentrique. Le cas de l'aire urbaine de Paris, 1975-1999*, pp. 29-49, 2006.

- [14] F. Le Néchet, «Consommation d'énergie et mobilité quotidienne selon la configuration des densités dans 34 villes européennes.» *Cybergeo : European Journal of Geography. Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, document 529, p. en línea, 2011.
- [15] Bruxelles Environnement, «Le Guide du bâtiment durable,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.guidebatimentdurable.bruxelles/fr/accueil.html?IDC=1506>.
- [16] U. Habitat, «SHERPA Your Guide to Sustainable Housing,» 2019. [En línea]. Available: <https://unhabitat.org/sherpa/>.
- [17] Fundación Pro Vivienda Social, «Fundación Pro Vivienda Social (FPVS),» Sep 2019. [En línea]. Available: <http://fpvs.org/>.
- [18] Wikipedia, «Fundacion ProVivienda Social,» Sep 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Fundaci%C3%B3n_Pro_Vivienda_Social.
- [19] M. Basuino, S. Cáceres, L. Gurría y D. Vidal, *Evaluación de proyectos de viviendas de interés social*, Rosario: UNR, 2000.
- [20] P. Azqueta, «Manual Práctico del Aislamiento Térmico en la Construcción,» AAPE 2nda. Edición 2017, Buenos Aires, 2017.
- [21] Secretaría de Vivienda, *Revisión 2019., «Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social,»* Buenos Aires, 2019.
- [22] D. Harvey, *Energy and the New Reality 1: Energy Efficiency and the Demand for Energy Services*, London: Earthscan, 2010.
- [23] M. Gastiarena y a. et, «Gas versus Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial,» *Revista PETROTECNIA*, vol. LVI, pp. 50-60, Abril 2017.
- [24] «Ministerio de Energía y Minería,» [En línea]. Available: <https://www.minem.gob.ar/>. [Último acceso: Julio 2016].
- [25] S. Gil y R. Prieto, «¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas,» *Petrotecnia*, vol. LIV, n° 6, pp. 81-92, Dic. 2013.
- [26] Secretaría de Energía de la Nación, «Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/energia/uso-responsable/aislamiento-termico>.
- [27] V. L. Volantino, P. A. Bilbao, P. E. Azqueta, P. U. Bittner, A. Englebert, M. Schopflocher, «Ahorro Energético En El Consumo De Gas Residencial Mediante Aislamiento Térmico En La Construcción,» Buenos Aires, 2010.
- [28] S. G. y. D. S. J. Czajkowski, «Construcción Sustentable, Eficiencia Energética en la Construcción: oportunidades para incrementar el confort del Hábitat, ahorrar energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernado,» 2017. [En línea]. Available: <http://biblioteca.camarco.org.ar>.
- [29] P. Azqueta, «Una mirada al aislamiento térmico y la eficiencia energética,» *Hojitas IEDS CNEA*, Buenos Aires, 2018.
- [30] A. Esteves, *Arquitectura Bioclimática y Sustentable*, Vols. %1 de %2ISBN:978-987-42-5102-2, A. Esteves, Ed., Mendoza, 2018.
- [31] IRAM 11625, «Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas,» IRAM, Buenos Aires, 2000.
- [32] EPA United States Environmental, «A brief guide to mold, moisture and your home,» 2019. [En línea]. Available: www.epa.gov.
- [33] P. Azqueta, «La inercia térmica y el aislamiento en la construcción de edificios eficientes,» *En Prensa*, Rosario, 2019.
- [34] E. Mazria, «The Passive Solar Energy Book: A complete guide to passive solar home, greenhouse and building design,»

Rodale Press, Pa, USA, 1979.

- [35] G. R. N. R. J. D. C. M.P. Diulio, «Impacto de la envolvente en la demanda de energía en calefacción residencial de la región metropolitana de La Plata, tomando como caso testigo el reciclado energético de una vivienda,» *Ambiente Construido*, vol. 16, n° 1, pp. 55-70, 2016.
- [36] «Plataforma Arquitectura,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.plataformaarquitectura.cl>.
- [37] ISOVER, «ISOVER,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.isover.com.ar/productos/rolac-plata-muro-hidrorepelente>.
- [38] L. Iannelli y a. et , «Eficiencia en el calentamiento de agua caliente sanitaria en argentina.,» *Energías Renovables y Medio Ambiente*, ASADES, vol. 39, pp. 21-29, 2017.
- [39] L. Iannelli y a. et, «Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos.,» *PETROTECNIA*, LV, N03, P.586-95, Agosto, 2016, vol. LV, n° 3, pp. 586-595, 2016.
- [40] J. W. a. R. Aldrich, «Field Performance of Inverter-Driven Heat Pumps in Cold Climates,» *The National Renewable Energy Laboratory, DOE*, 2015.
- [41] R. Prieto y S. Gil, «Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración,» *Petrotécnica (Revista del IAPG)*, vol. LV, n° 5, Dic. 2017, pp. 102-104, 2014.
- [42] E. Mazria, «The Passive Solar Energy Book: A complete guide to passive solar home, greenhouse and building design,» Pa, USA, Rodale Press, 1979, pp. 267-308.
- [43] J. Jernberg, S. Hedenskog y C. Huang, *Hammarby Sjöstad. An urban development case study of Hammarby Sjöstad in Sweden*, Stockholm, China Development Bank Capital, 2015.
- [44] G. Sherriff, P. Martin y B. Roberts, «Erneley Close passive house retrofit : resident experiences and building performance in retrofit to passive house standard,» *University of Salford, Manchester*, 2018.
- [45] INDEC, «Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010,» INDEEC Argentina, 2010. [En línea]. Available: http://www.indec.gov.ar/censos_total_pais.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&t=0&s=0&c=2010. [Último acceso: 2017].
- [46] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas,» 2019. [En línea]. Available: www.enargas.gov.ar.
- [47] BALANCES ENERGÉTICOS - SECRETARÍA DE ENERGÍA Y MINERÍA, «BALANCES ENERGÉTICOS,» <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>, 2018.
- [48] G. Jacinto, S. Carrizo y S. Gil, «Pobreza energética en Argentina. Ideas para servicios sostenibles en el Norte de Argentino,» *PETROTECNIA*, vol. LVII, n° 3/2018, pp. 26-30, 2018.
- [49] P. Sensini y a. et, «Eficiencia Energética en la cocción. ¿Cuáles son artefactos de cocción más eficientes en Argentina?,» *ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE (ERMA)*, vol. 41, n° Julio 2018, pp. 57-68, 2018.
- [50] P. Sensini, «Eficiencia en la Cocción en Argentina, comparación entre diferentes equipos empleados en la cocción de alimentos,» *Tesina-UNSAM, Buenos Aires*, 2017.
- [51] P. Sensini y a. et, «Eficiencia Energética en la cocción ¿Cuáles son artefactos de cocción más eficientes en Argentina?,» *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 41, pp. 57-67, Octubre 2018.

- [52] P. Sensini y a. et, «Eficiencia energética en la cocción. ¿Cuáles son los artefactos de cocción más eficientes en Argentina?,» *Petrotecnia*, vol. LIX, n° 5/2018, pp. 64-72, Julio 2018.
- [53] Normas Argentinas de Gas NAG 313 de Calefones - ENARGAS 2012, «www.energias.gov.ar,» 2017. [En línea].
- [54] S.Gil, «¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? Petrotécnia (Revista del IAPG),» *Petrotécnia (Revista del IAPG)*, vol. LV, pp. 82-91, 2014.
- [55] «Trends in global water use by sector United Nations Environment Programme (UNEP),» [En línea]. Available: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html> . [Último acceso: 29 Junio 2016].
- [56] US Department of Energy, «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,» 2010.
- [57] Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012, «Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012,» 2012.
- [58] CAFAGAS Cámara Argentina de Fafri-cantes de Artefactos a Gas - Buenos Aires, «Cominación Privada,» <http://www.cafagas.org.ar/>, 2015.
- [59] Wikipedia, «Heating degree day,» 2019. [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Heating_degree_day.
- [60] R. Prieto y S. Gil, «¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas,» *Petrotécnia (Revista del IAPG)*, vol. LIV, n° 6- Dic.2013, pp. 81-92, 2013.
- [61] IRAM, «NORMA ARGENTINA IRAM 11603:1996 y IRAM 1160:2002. Aislamiento térmico de edificios Métodos de cálculo Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario,» www.iram.org.ar , Buenos Aires, 1996, 2002.
- [62] Buildings Performance Institute Europe (BPIE), «Europe's buildings under the microscope, A country-by-country review of the energy performance of buildings.,» 2011. [En línea]. Available: http://www.bpie.eu/country_review.html. [Último acceso: 2018].
- [63] Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires, «Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013,» Marzo 2014.
- [64] A. Rosenfeld, «The Art Of Energy Efficiency: Protecting the Environment with Better Technology,» *Annu. Rev. Energy Environ.*, p. 33-82, 1999.
- [65] Wikipedia, «Eficiencia energética,» 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica.
- [66] W. E. M. OWL. [En línea]. Available: https://www.tlc-direct.co.uk/Technical/DataSheets/Owl/CM119_User.pdf.
- [67] C. Tanides, «Manual de Iluminación Eficiente, Efficient Lighting Initiative (ELI),» www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/, Buenos Aires, 2006.
- [68] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, «PROYECTO SECH-SPAHOUSEC Análisis del consumo energético del sector residencial en España,» <http://www.idae.es/>, Madrid, 2011.
- [69] S. B. Jacob y a. et, «EVALUACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE MAR DEL PLATA PROPUESTAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA,»

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 16, pp. 06.65-06.72, 2012.

- [70] Wikipedia, «Humedad Relativa,» 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_relativa.
- [71] ASHRAE, « American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.ashrae.org/about>.
- [72] Wikipedia, «Tasa de descuento,» 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_descuento.

ANEXO I

VIVIENDA SOCIAL SOSTENIBLE -

Experiencias y búsquedas nacionales e internacionales

Savonnerie Heymans, Bruselas

PROMOTOR:

Centres Publics d'Action Sociale (CPAS)

AÑO:

2005-2008

ESTADO:

Construido

Nº DE UNIDADES:

42

En Bélgica, una antigua fábrica de jabones Heymans, ubicada en el área central de Bruselas, ha sido convertida en un conjunto de viviendas sociales sostenibles. La propuesta involucra 42 alojamientos, repartidos en 6 edificios, 2 remodelados y 4 nuevos. En pos de la diversidad social e intergeneracional, el proyecto resuelve diferentes tipos de viviendas -de 1 a 6 habitaciones con distintos formatos-, áreas comunes, bibliotecas, huertas. Se adoptan diseños arquitectónicos bioclimáticos, y se considera la eficiencia energética. La refuncionalización del edificio en desuso moviliza un proceso de rehabilitación urbana, ya a partir de la puesta en valor de patrimonio arquitectónico histórico.

La reforma del antiguo edificio incorpora algunas medidas referidas a eficiencia energética-aislación fachadas en cubiertas, cubiertas verdes, ventanas eficientes, cerramientos vidriados en balcones como barrera térmica y acústica, diseño de espacios con ventilación cruzada, sistema de calderas individuales combinadas con un sistema de calor central, paneles solares para el calentamiento de agua, cubriendo un 30% de la demanda total. Las medidas implementadas permiten reducir la demanda energética para calefacción a 49 kWh/m², mientras el promedio de Bruselas se considera 150 kWh/m² [34].



Imagen 12. Savonnerie heymans, bruselas. Fuente: www.archdaily.com
crédito: filip dujardin

Vivienda Elemental, Chile

PROMOTOR: Gobierno de Chile. Ministerio de vivienda	AÑO: 2004	ESTADO: Construido	Nº DE UNIDADES: 93	FINANCIAMIENTO: Programa Vivienda Social Dinámica sin Deuda (VSDsD)
---	---------------------	------------------------------	------------------------------	---

En Chile, un equipo liderado por el arquitecto Alejandro Aravena, construye 100 viviendas sociales en Iquique, para familias de un asentamiento irregular. El proyecto resuelve un diseño compacto, en el sitio donde vivían las familias. Se construyen bloques de vivienda colectiva en dos plantas -ni casas individuales, ni torre de gran escala-. El planteo ineficiente de "1 casa = 1 lote", en ese terreno, aún en lotes pequeños, hubiera permitido construir únicamente, hogares para un tercio de las familias, o hubiera conducido a su hacinamiento. Construir en altura, hubiera impedido que las viviendas puedan crecer. Así un proyecto de escala media resolvía construir prioritariamente el núcleo húmedo de las viviendas -baño y cocina-, en prototipos desarrollaban una vivienda en planta baja y una vivienda en planta alta, facilitando el crecimiento de las mismas hacia los costados y hacia arriba respectivamente. Con esta fórmula, disponer de recursos para afrontar el alto costo del terreno, que tenía una localización privilegiada, con conexión a los servicios y cercanía a los equipamientos. Su situación urbana constituía un valor desde el punto de vista de la inclusión social, que no se resignó, sino que a su vez viabilizó la posibilidad de crecimiento y transformación de las viviendas de acuerdo con las necesidades cambiantes de sus usuarios. Esto promueve que, como sucede con los bienes raíces en general, las viviendas se puedan valorizar en el tiempo. Esto contribuye a pensar el subsidio como una inversión y no como un gasto.



Imagen 13. Vivienda Elemental, Chile Fuente: www.plataformaarquitectura.cl
Crédito: Cristóbal Palma / Estudio Palma, Tadeuz Jalocho

Beddington Zero Energy- Londres

PROMOTOR:
Peabody Trust

AÑO:
2002

ESTADO:
Construido

N° DE UNIDADES:
82

Más allá del respeto por el ambiente en el diseño técnico-constructivo, su sostenibilidad se vincula a la diversidad social y a la dinámica planteada. BedZED Beddington Zero Energy (fósil) en Londres constituye el ejemplo de referencia. BedZED es el mayor emprendimiento de uso mixto en el Reino Unido, neutro en carbono. Es ejemplar en reducción del consumo de energía, de demanda de agua, de producción de residuos, y en el incremento del reciclaje. Evita el uso de terrenos naturales o agrícolas y propicia la biodiversidad. Combina medidas pasivas y tecnologías activas para mejorar las condiciones de confort higrotérmico. Se maximiza el aprovechamiento climático, orientando al sur las terrazas mientras se orienta al norte el espacio de trabajo. Aprovechando los techos, se pudo dar a casi todos los hogares un jardín. BedZED, cuando fue construido en 2002, estableció nuevos estándares en la construcción sostenible. BedZED cuenta 82 viviendas, que combinan diferentes tipologías de departamentos y casas, disponiendo de tamaños grandes y pequeños. También se ofrece un tercio para alquiler social, otro de propiedad compartida y un tercio privado para la venta. Puede así alojar familias de diferentes tamaños y niveles económicos. Propone además 2.500 m² de espacio de oficinas para combinar residencial con espacio de trabajo. El área de trabajo tiene entrada desde el Norte y se puede dividir en unidades más pequeñas y se pueden integrar y crear espacios de trabajo más grandes, incluso para treinta o cuarenta personas. Esto favorecería que las start up se integren a la comunidad. El sistema urbano BedZED concilia alta densidad con esparcimiento, proporcionando a cada vivienda un jardín o una terraza. Fue construido en un terreno baldío. Buscó alcanzar densidades considerables y aumentar los estándares generales de equipamiento y espacios públicos y privados verdes. El proyecto incluye también áreas deportivas y espacios de encuentro social, promoviendo la diversidad de usos y la dinamización del espacio urbano.



Imagen 14. Beddington Zero Energy, Londres. Fuente: bioregional.com
Crédito: Tom Chance

Hammarby Sjöstad, Estocolmo

PROMOTOR:
Ciudad de
Estocolmo

AÑO:
2000

ESTADO:
Construido

N° DE UNIDADES:
11.000

En Suecia se promueve temprana y ampliamente políticas de desarrollo sostenible, consiguiendo desde los años 1980 bajar los índices de consumo de energía y de emisiones de gases efecto invernadero. Se busca calefaccionar los edificios pasivamente, principalmente a través de la energía que allí se encuentra, como la del cuerpo humano, artefactos eléctricos, iluminación y luz del sol. Se han construido casas pasivas y en 2011, se inauguró el primer sello Nordic Ecolabel para residencia multifamiliar. En materia de transporte, impulsan la intermodalidad, propiciando la articulación de sistemas individuales con sistemas de transporte colectivo. En este sentido han apoyado el uso de la bicicleta y los trenes eléctricos, éstos 100% a energía renovable, hidroeléctrica o eólica. La empresa de transporte público de Estocolmo prevé nuevos tranvías y subtes a electricidad renovable; buses a biogás y a etanol. Luego, también han desarrollado una propuesta llamada SymbioCity, enfocada especialmente a la planificación urbana, entendiendo que, a través de un proceso simbiótico y holístico, una ciudad puede disminuir su impacto en el planeta y sus recursos. La fórmula propicia aprovechar, multiplicar y profundizar los vínculos urbanos, fundamentalmente entre los servicios de energía, sanitarios, transporte y gestión de residuos. También se considera planificación del paisaje y diseño de edificios.

En Estocolmo, el barrio Hammarby Sjöstad, concluido en el año 2000, se construyeron más de 11.000 viviendas. El diseño aprovecha la cercanía al agua y al centro de la ciudad. En los distintos sistemas del barrio se procura emplear de la manera más eficiente los recursos. Además de disponer de sistemas solares para calentamiento de agua y generación de electricidad, cuentan con recolección subterránea y automática de residuos; los que son aprovechados en sistemas de refrigeración y calefacción urbana, que también se articulan a intercambiadores de calor en el tratamiento de aguas y al aprovechamiento del biogás que se obtiene de aguas residuales. Este barrio se ha convertido en referencia local y mundial, de planificación urbana. En Hammarby Sjöstad, referencia en sostenibilidad urbana, se construyó GlashusEtt (Casa de cristal uno en español), con el propósito hacer visibles, para el público en general, la infraestructura y las técnicas amigables con el ambiente. Diseñado para consumir el 50% de la energía utilizada por los edificios de vidrio convencionales y con diferentes elementos y detalles constructivos [43], GlasHusEtt ejemplifica un modelo de "edificio sostenible".



Imagen 15. Hammarby Sjöstad, Estocolmo

UK Passivhaus Awards 2015, Manchester, Inglaterra

PROMOTOR:	AÑO:	ESTADO:	Nº DE UNIDADES:
Eastlands homes	2015	Terminado	32

En Manchester, un conjunto de 32 viviendas sociales fue intervenido en pos de lograr mejores condiciones para sus habitantes. Para rehabilitar las viviendas degradadas, un equipo interdisciplinario -integrado por equipos consultores, proyectistas, especialistas Passivhaus, certificadores Passivhaus, administradores y constructores- interactúan con los vecinos. Los principales objetivos se centran en mejorar la eficiencia térmica; reducir las emisiones de CO₂ y reducir el costo de mantenimiento. Para esto, los ejes de trabajo -sobre la base de los estándares de Passivhaus- versaban sobre el aislamiento térmico, la estanqueidad, el reemplazo de carpinterías existentes ineficientes; y la eliminación de puentes térmicos. La participación de los usuarios se consideró fundamental desde los inicios del proyecto, designando residentes claves para comunicar información a la comunidad y promover la capacitación. La comunicación permanente con los residentes resultó esencial para garantizar el correcto desempeño del edificio. Durante los primeros seis meses, mediante visitas periódicas y folletos informativos se procuró capacitar a los usuarios. En algunos casos, la población manifestaba mayores dificultades para la comprensión lo que implicó un seguimiento exhaustivo. [44]



Imagen 16 Sustentabilización de viviendas, Proyecto UK Passivhaus, Manchester.

ANEXO II

DISEÑO BIOAMBIENTAL DE VIVIENDAS SOCIALES SOSTENIBLES

La vivienda social propuesta consiste en un edificio urbano de cuatro pisos altura de altura con 8 departamentos (2 por planta), algunos de los cuales cuentan con espacio de crecimiento o expansión privada, y una planta baja libre para esparcimiento y estacionamiento de vehículos, motos y bicicletas, un SUM (salón de usos múltiples), parrillas y espacio para un eventual negocio.

El ingreso al edificio se pensó a través de una única escalera al frente, a donde dan los palieres de ingreso

so a las viviendas y a un eventual medio de elevación mecánica para discapacitados o de uso general.

El motivo de tal decisión de diseño se basa en cuestiones de seguridad, toda vez que, desde la calle, es posible visualizar quienes acceden al edificio y a cada una de las viviendas. Con idéntico motivo, las ventanas de los departamentos no dan a dicho espacio común, que además resulta un lugar necesario de vinculación social que facilita la relación entre los moradores.

ESQUEMAS DISTRIBUTIVOS

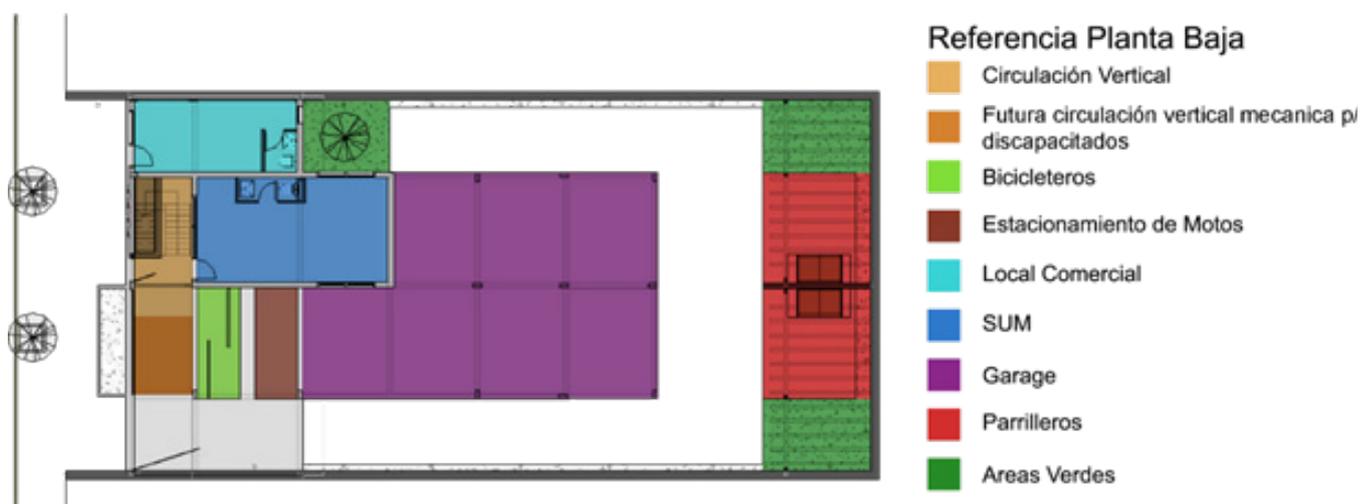


Imagen 17: Esquema distributivo de planta baja.

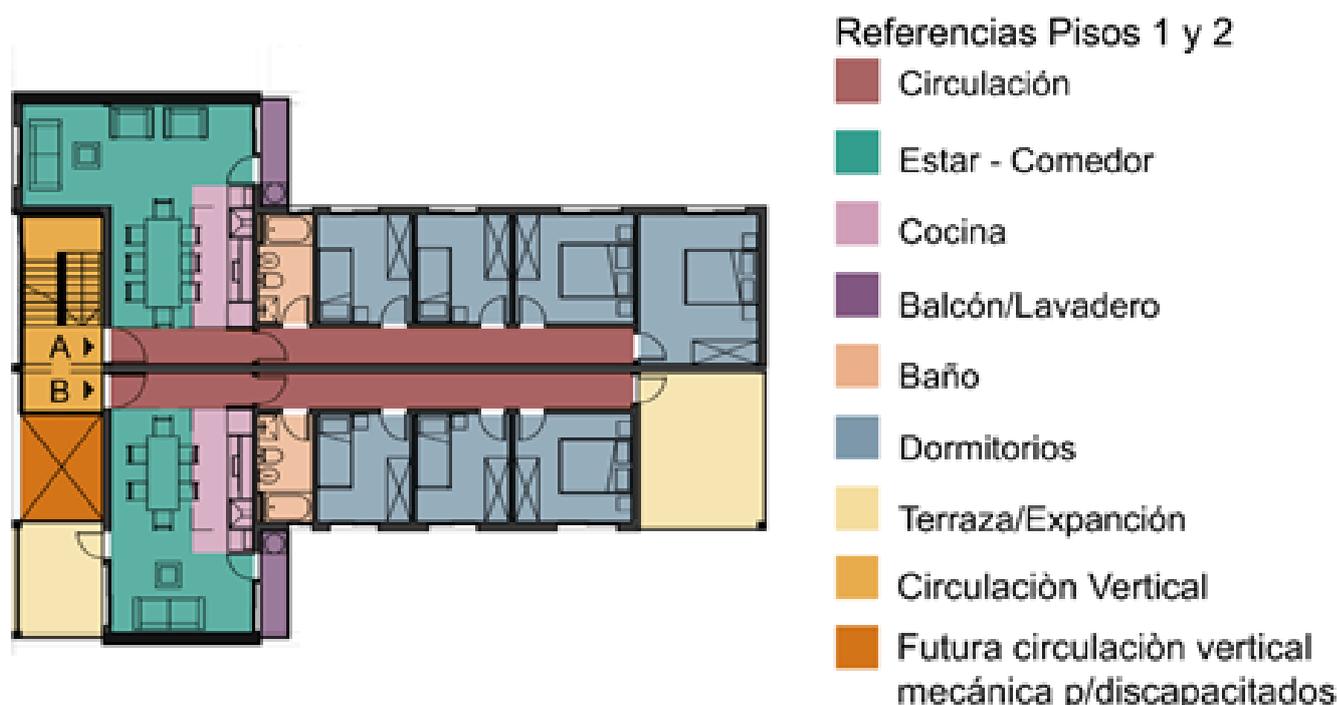
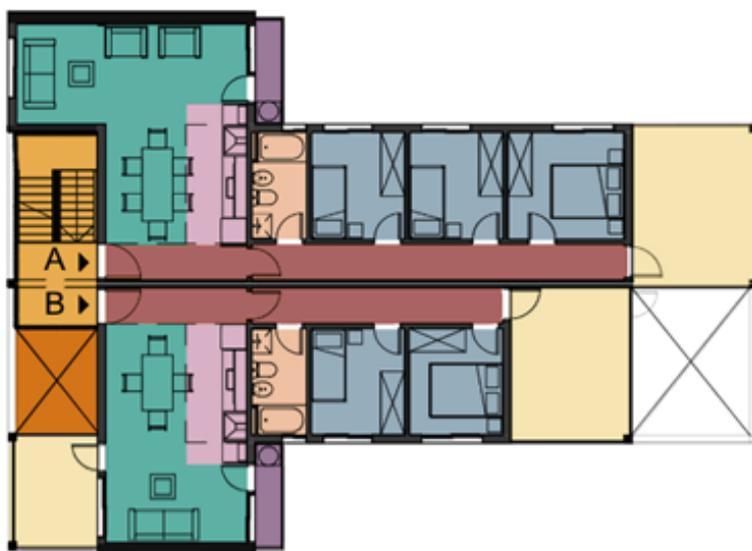


Imagen 18. Esquema de 1er y 2do piso.



Referencia Pisos 3 y 4

- Departamento A
- Departamento B
- Circulación Vertical
- Futura circulación vertical mecánica p/discapacitados



Referencias Pisos 3 y 4

- Circulación
- Estar - Comedor
- Cocina
- Balcón/Lavadero
- Baño
- Dormitorios
- Terraza/Expansión
- Circulación Vertical
- Futura circulación vertical mecánica p/discapacitados

Imagen 19. Esquema de 3er y 4to piso

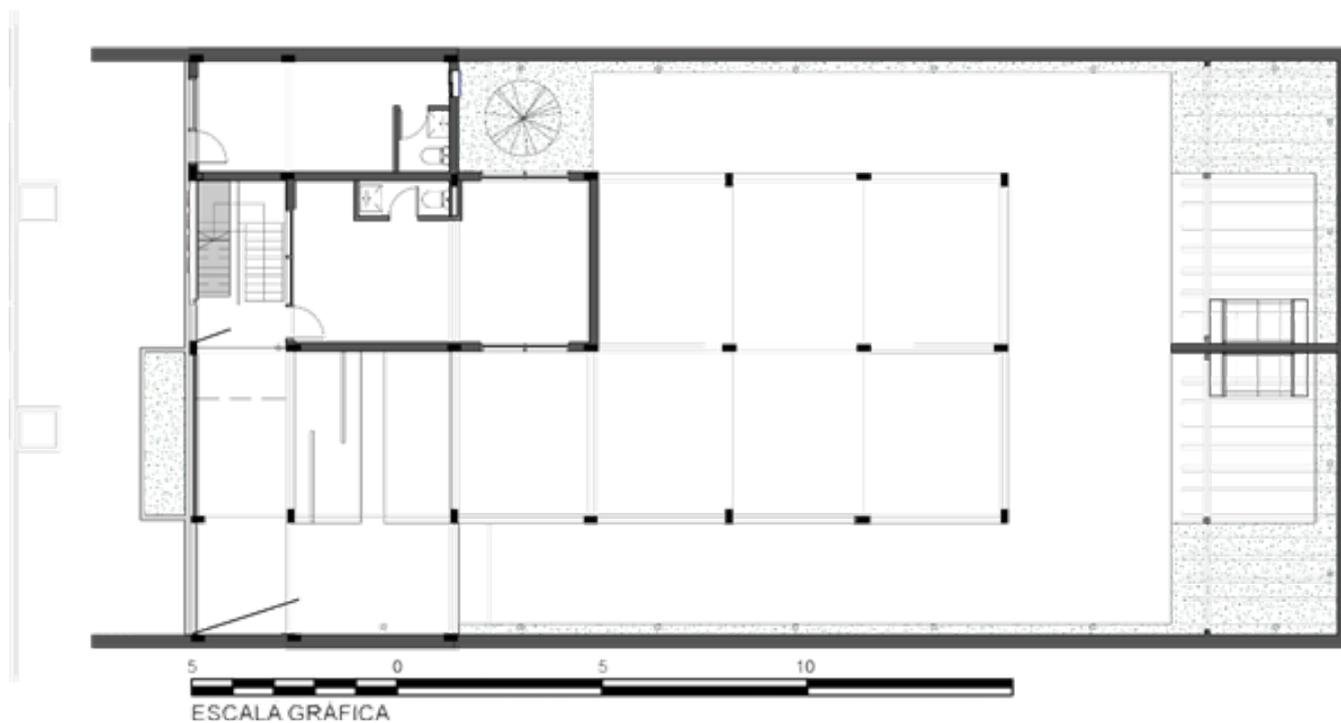


Imagen 20: Planta baja e Ingreso.

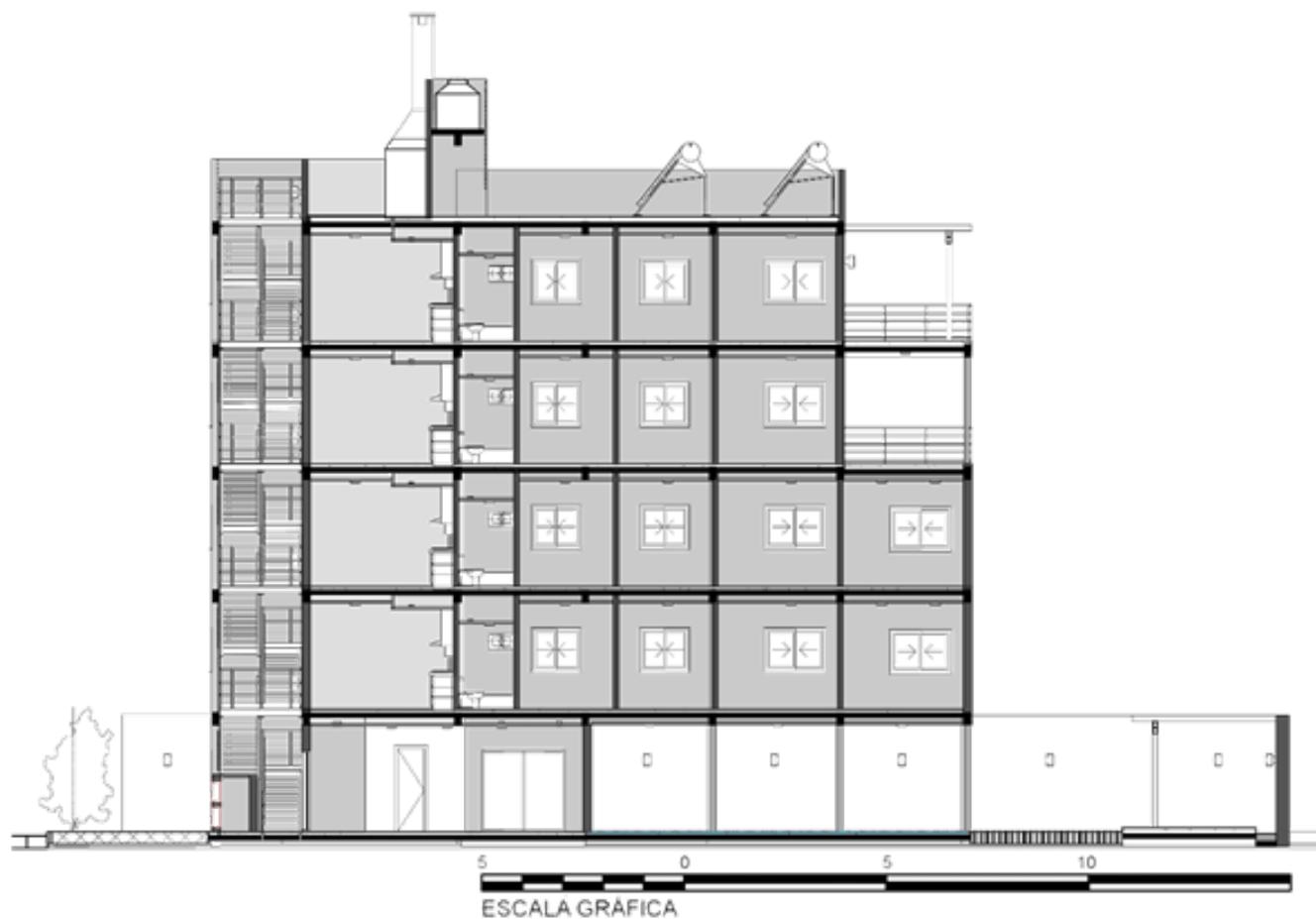


Imagen 21. Corte transversal

ANEXO III

EQUIPAMIENTO RACIONAL Y EFICIENTE DE VIVIENDAS SOCIALES

En esta sección presentamos las características básicas de los consumos residenciales en Argentina, para distintas regiones bioclimáticas del país. Para ello realizamos dos análisis complementarios:

- A. *Top-Down (TD) a partir de datos globales de consumo que se apoyan en resultados del último censo nacional de 2010, resultados de las Encuestas permanente de hogares del Indec, [45] los datos de consumos de ENARGAS [46] y los de la Secretaria de Energía de la Nación. [47]*
- B. *Por parte el segundo enfoque, Bottom-Up (BU) se basa en análisis de consumos en una muestra de 77 Viviendas del GBA y CABA realizadas entre 2017 y 2018. [23]*

En Argentina, el uso de combustibles para la cocción se ilustra en el gráfico. Como se ve, el 96,5% de la población usa gas (natural o GLP), pero hay cerca de 1,4 millones de personas que dependen de la leña o el carbón para cocinar. [48]

Los sectores de menores recursos gastan una proporción más significativa de sus ingresos en energía y en muchos casos el precio por unidad de energía resulta superior. Por ejemplo, el gas en garrafa (GLP) es más caro que el gas de red, como lo ilustra la Figura 19. Los sectores de bajos recursos poseen más dificultades para acceder a los servicios de electricidad y gas por redes y a menudo recurren a conexiones clandestinas o a la recolección de leña, lo que les acarrea significativos riesgos de seguridad y salubridad.

COMBUSTIBLES PARA COCINAR 2018

	Millones de habitantes
Gas Natural red	25,7
GLP Garrafa	14,6
GLP Tubos	1,4
Electricidad	1,2
Lena / Carbon	1,1
Otro	0

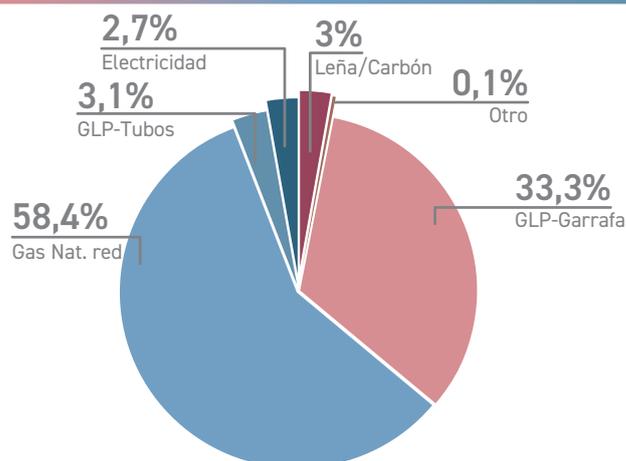


Gráfico 17. Combustibles usados en Argentina para la Cocción en el año 2018. La tabla de la izquierda se indica el número de habitantes que dependen de los distintos combustibles para cocinar al año 2017. [45]

ANATOMÍA DEL CONSUMO DE GAS NATURAL RESIDENCIAL

La matriz energética Argentina es fuertemente dependiente del gas natural (GN), que constituye su principal componente, aportando más del 50% de la energía primaria del país [24]. Alrededor del 27% del GN se distribuye a través de redes a los usuarios residenciales y comerciales. El gráfico 18 muestra la variación del consumo específico residencial medio de Argentina a lo largo de un año. Los datos mostrados son el promedio de los consumos residenciales específicos de los años 2010 al 2018. Los consumos de los meses de

verano (enero y diciembre) coinciden con el consumo base, es decir el consumo de gas usado en cocción y calentamiento de agua. Como se ve, esta separación puede realizarse de manera simple, ya la variación de consumo base es relativamente suave con la temperatura y como veremos puede determinarse bastante bien a partir de los datos de consumo. La abultada "joroba" de los meses de invierno, corresponde al consumo de calefacción y en promedio es del orden del 56% del consumo residencial de gas. Claramente esta

proporción puede cambiar según la rigurosidad de los inviernos y la región bioclimática. Esta característica estacional del consumo del gas natural en los sectores residenciales y comerciales, con fluctuaciones del orden de un factor de 5 en los consumos entre estaciones del año, es un gran desafío para el sistema de gas nacional. En particular, para satisfacer estos picos de consumo con gas proveniente de fuentes no convencionales (shale gas) que, por su escala, requieren una producción constante que puede lograrse con el acceso a mercados externos con la estacionalidad inversa (hemisferio norte). Hasta tanto el país no cuente con plantas de licuefacción, estos picos de consumos se abastecen mediante la importación de gas de Bolivia y de GNL, a costos elevados. Por ello, todos los esfuerzos que se puedan hacer para reducir estos picos de consumos ayudarán a evitar la salida de dólares. Entre ellos, las mejoras en eficiencia de las viviendas y edificios que atenúan considerablemente estas oscilaciones de la demanda.

Por su parte, el consumo de cocción puede obtenerse del análisis de los datos de consumo de edificios que tienen servicios de calefacción y calentamiento de agua centrales en varias ciudades de Argentina. Esta información está disponible en las distintas dis-

tribuidoras del país, ya que las calderas necesarias para aportar los servicios de calefacción y ACS centrales deben ser habilitadas por dichas distribuidoras. En este caso, el consumo de las unidades o departamentos individuales, está asociado a los consumos de cocción principalmente. Dado que, en el país, hay muchos edificios, cada uno de ellos con decenas de unidades individuales, con estas características, este estudio puede realizarse ya que las distribuidoras disponen por lo general del registro de estos consumos por más de una década.

En el gráfico 19 se muestran los consumos de cocción en función de la temperatura. Como puede observarse, el consumo para la cocción es también dependiente de la temperatura, aumentado en los días fríos. Este comportamiento refleja la característica de que las personas tendemos a comer comidas más livianas y frías en los días calurosos que en los fríos. Los consumos asociados a la cocción son aproximadamente similares para todos los sectores sociales. El consumo de 0,30m³/día, equivalente a unos 3,2 kWh/día, para la cocción, puede considerarse representativo de toda la región centro norte, con una variación con la temperatura, como se muestra en el gráfico. El consumo para cocción varía poco entre cocinar para

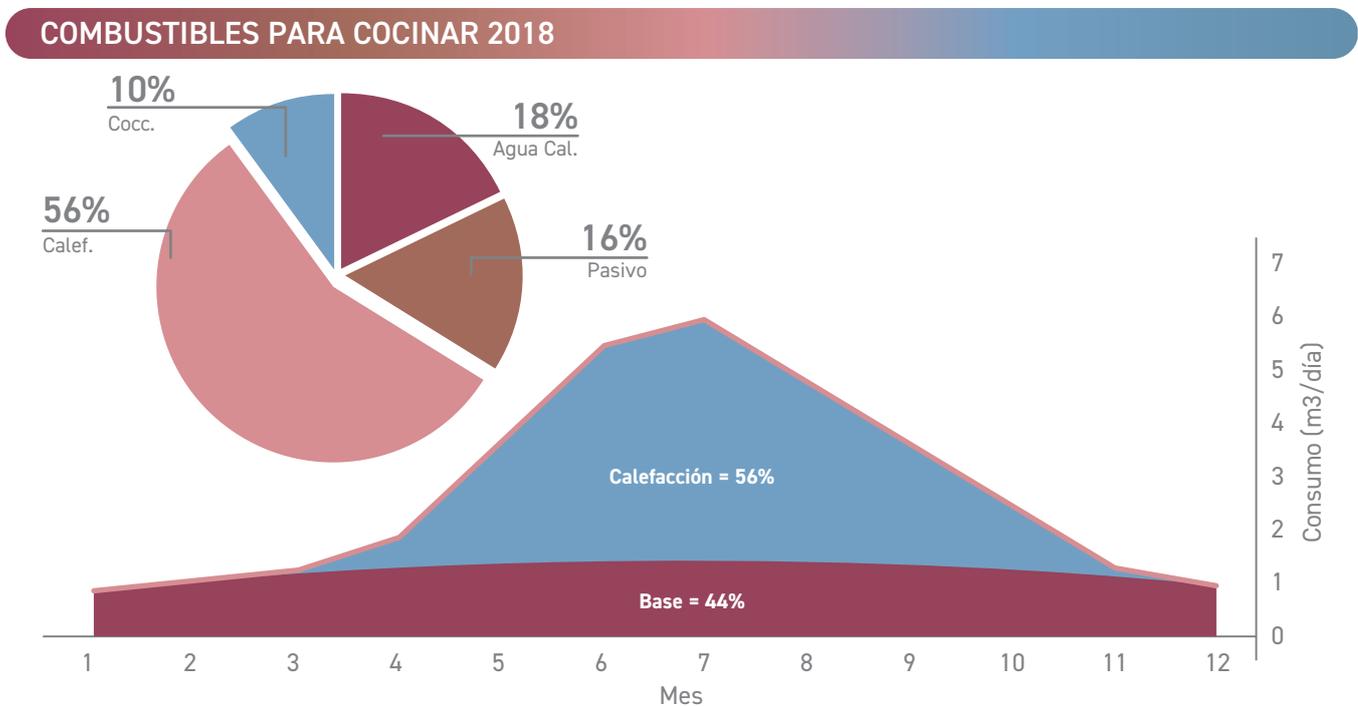


Gráfico 18. Variación de los consumos específicos residenciales de gas como función de los meses del año. Los datos ilustrados aquí son el promedio de los años 2010 al 2015 para la región centro-norte de Argentina. El diagrama de torta inserto en la parte superior izquierda, muestra cómo se distribuye el consumo de gas residencial entre sus distintos usos. Los consumos pasivos, se refieren al consumo de mantenimiento de termotanque y pilotos de calefones asociado a los sistemas de calentamiento de agua. El consumo de gas usado en calentar agua sanitaria (ACS) es la suma de calentamiento de agua propiamente y los consumos pasivos, es decir es del 34%.

una o dos personas, pero en general aumenta a medida que el número de personas, n_p , aumenta en la vivienda. Para estimar el consumo asociado a cocción Q_{cocc} , teniendo en cuenta el número n_p de personas en la vivienda, la expresión sería:

$$Q_{cocc}(n_p) \approx (0,2 + 0,1 \cdot (n_p - 2)) \text{ m}^3/\text{día} \approx (2,2 + 1,1 \cdot (n_p - 2)) \text{ kWh/día}, \quad n_p > 1(1)$$

El consumo asociado a la cocción varía significativamente con la eficiencia del sistema de cocción utilizado, ya que cada uno de ellos tiene distintas eficiencias. Las eficiencias de cocción de los principales anafes de cocción usados en Argentina [49] se muestran en el gráfico 20.

Un análisis similar puede realizarse para determinar el consumo de gas para calentamiento de agua sanitaria (ACS). [39] Esto es tomar el consumo de edificios que solo tienen provisión de agua caliente central para todo el consorcio y prorratarlo por las distintas unidades. Pero en forma más simple y directa, se pueden considerar los consumos específicos de los meses de verano como representativos del consumo de cocción y ACS. Sustrayendo los consumos de cocción al consumo base, obtenemos los consumos de ACS. Como vemos en el gráfico 21.

CONSUMO DE GAS PARA COCCIÓN

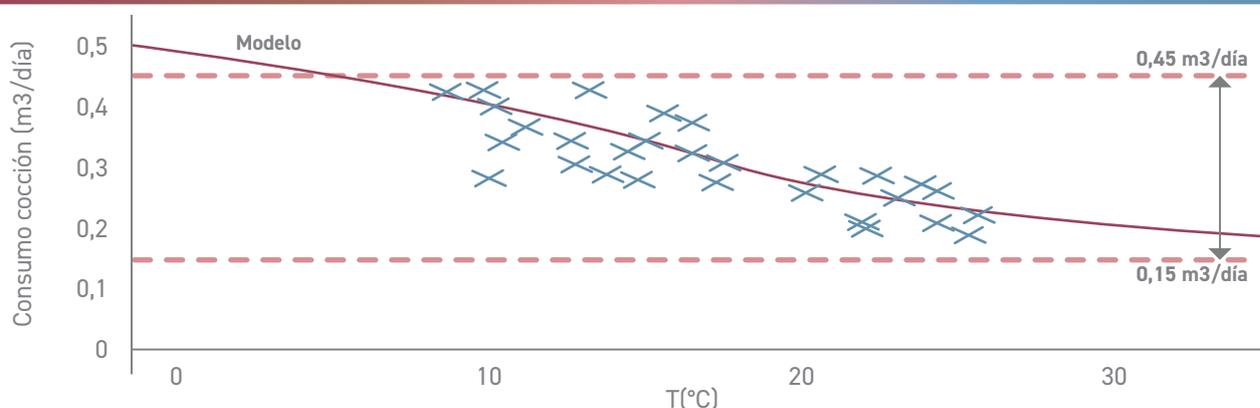


Gráfico 19. Consumo de gas para cocción. Datos obtenidos de edificios de CABA con servicios centrales. El consumo promedio de gas para cocción es de 0,3 - 0,15 m³/día. Este consumo es consistente con un uso diario promedio de 80 min de hornallas medianas y de 15 min de horno. Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por Metrogas. [23]

EFICIENCIA ANAFES DE COCCIÓN

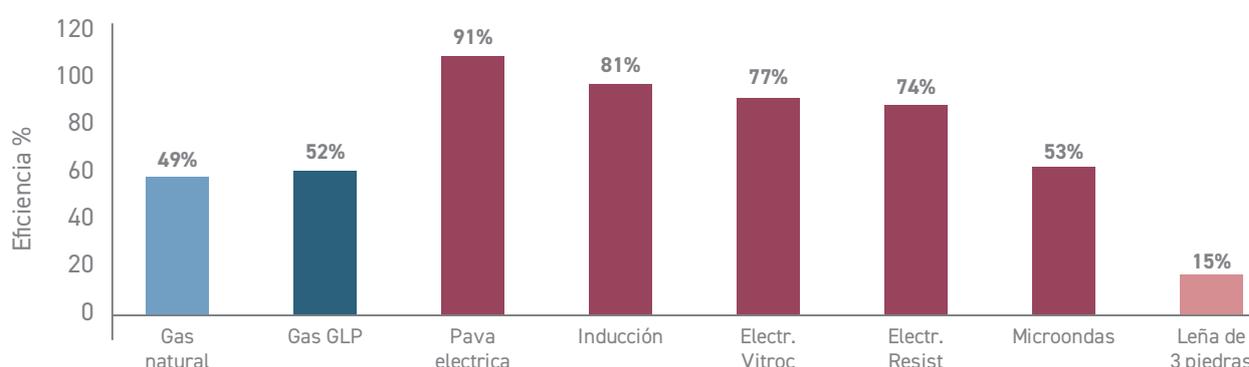


Gráfico 20. Eficiencia final (barras azules) de los artefactos de cocción, medida utilizando ollas con tapa. Estos valores son representativos de los equipos de marcas reconocidas en el mercado local en el año 2016-2018. Dentro de cada clase de equipos puede haber un rango de eficiencia, que definen su eficiencia final, lo que este gráfico indica es una comparación entre equipos promedios dentro de cada tecnología. [49], [50]. Si bien la eficiencia de los equipos eléctricos es en general mayor a los de gas, si se tiene en cuenta que casi el 60% de la electricidad de Argentina se genera con gas, con eficiencia del orden del 50% en promedio, la eficiencia efectiva de los anafes eléctricos no es mayor a los equipos a gas. [51]

CONSUMO MEDIO RESIDENCIAL DE GAS NAT. EN EL GBA

	Consumo Anual m3/año	kWh/año	m3/día	kWh/año	
Base	Cocción	110	1.183	0,30	3,20
	ACS	201	2.170	0,55	5,90
	Pasivo	183	1.971	0,50	5,40
	Calefacción	485	5.243	1,33	14,40
	Consumo Anual	978	10.567	2,68	29,00

Consumo de Gas = 978 m3/año

— Agua Caliente

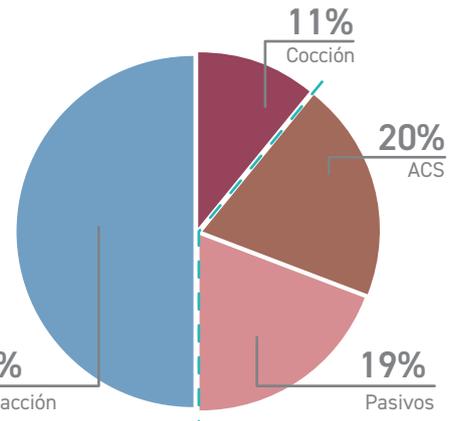


Gráfico 21. Izquierda, distribución de los consumos medio de viviendas residenciales de gas para usuarios del Gran Buenos Aires (GBA) y CABA. Derecha, distribución del consumo de gas en el sector residencial. El consumo medio para calentar unos 185 litro de agua, equivalente a 56 litros/día/persona, de la temperatura media anual (17°C) a la temperatura de confort, Tc=42°C, es de unos 0,55 m3/día. Si a este consumo agregamos los consumos pasivos, resulta que en el calentamiento de agua emplean unos 1,1 m3/día, equivalente a 12 kWh. El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 980 m3/año equivale a 10 580 kWh/año.

En el caso de los sistemas de calentamiento de agua, es importante destacar el rol de los consumos pasivos. Casi todos los equipos de calentamiento de agua que se usan en Argentina tienen importantes consumos pasivos, esto es la llama piloto en los calefones o en el caso de los equipos de acumulación de agua caliente o termotanques que tienen un consumo de gas que es superior al consumo de los pilotos para mantener el agua caliente acumulada, esto se debe a que aun sin consumo de agua, su quemador se enciende periódicamente para mantener el agua caliente. Estos consumos pasivos ocurren las 24 horas del día ya sea que se consuma o no agua caliente. Los consumos pasivos de los pilotos de calefones son del orden del 0,5 m3/día y el de los termotanques varía entre 0,5 a 0,75 m3/día. [39] Obsérvese que estos consumos pasivos son en general mayores que la energía que se preci-

saría para calentar todo el volumen de agua sanitaria que una familia típica usa en Argentina, unos 185 litros por día, equivalente a 56 litros/día/persona, desde la temperatura ambiente (17°C) a la temperatura de confort de unos 42°C, el consumo de gas equivalente para hacer este calentamiento sería de 0,6 m3/día, equivalente a 6,2 kWh/día en la región centro-norte de Argentina. Estos valores se muestran en el grafico 21.

Consumo de Cocción: Partiendo de que, como discutimos previamente, el consumo medio de cocción en Argentina es de unos 3,2 kWh/día, en el grafico 22 se muestra el consumo de energía medio anual de una familia típica de Argentina, usado en cocción, usando distintos tipos de tecnologías de cocinas, actualmente disponibles en el mercado. [51]

CONSUMO ANUAL

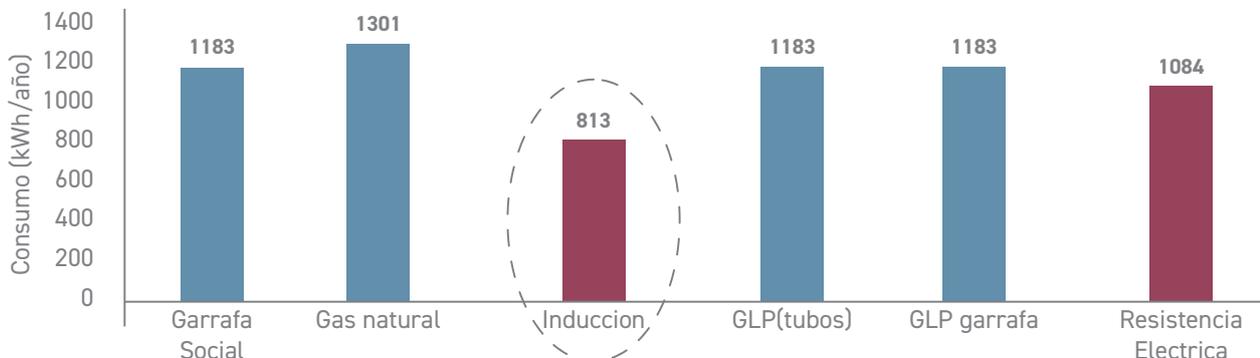


Gráfico 22. Consumo de energía medio anual de una familia típica de Argentina para la Cocción. Se tuvo en cuenta la eficiencia de los distintos artefactos de cocción utilizados. Las cocinas de inducción eléctricas son las de mayor eficiencia en el mercado local. No obstante, si se tiene en cuenta que casi el 60% de la electricidad de Argentina se genera con gas, con eficiencia del orden del 50% en promedio, la eficiencia efectiva de los anafes a inducción no es mayor a los equipos a gas. [51]

En los gráficos 19 y 20, se muestra el costo anual de los insumos y combustibles para cocción y el costo a 15 años; incluyendo costo de equipo, combustible y mantenimiento, respectivamente.

En el gráfico 24 se incluyen tanto el costo de los equipos de cocción como el mantenimiento de los equipos y los costos de distintos insumos o combustibles de cocción a lo largo de 15 años. Estos dos últimos valores, mantenimiento y combustibles, se reducen a valor presente con una tasa de descuento (TIR) del 7%. El mantenimiento se toma con el 50% del costo de equipo. Como se ve, los modos más económicos de cocinar a lo largo de 15

años, la vida útil típica de estos artefactos es con gas natural y garrafa social. Es interesante notar que aunque el consumo en kWh de las cocinas de inducción sea el menor de ellos, su costo total resulta ser el más elevado de todos en el gráfico 24.

Calentamiento de agua sanitaria, este es el segundo consumo en importancia en el sector residencial, representando aproximadamente del 33% al 40% del total. Es decir, para el calentamiento de agua sanitaria se emplea casi el 10% de la energía consumida en Argentina. Esta observación se explica en parte por el elevado calor específico del agua, que hace que aumentar su temperatura demande mucha energía.

COSTO ANUAL

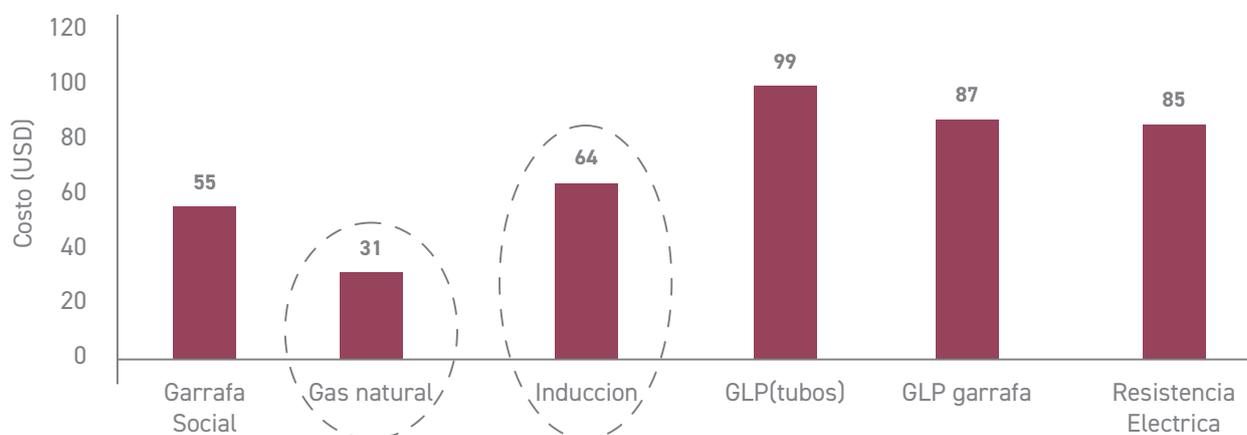


Gráfico 23. Costo de los combustibles usados en Argentina para la Cocción a septiembre del año 2019. Se tuvo en cuenta el precio de los combustibles y la eficiencia de los distintos artefactos de cocción utilizados. [52] Como se ve, el gas (gas natural y GLP-Garrafa Social) en Argentina resulta el combustible más económico para cocinar.

COSTO TOTAL A 15 AÑOS

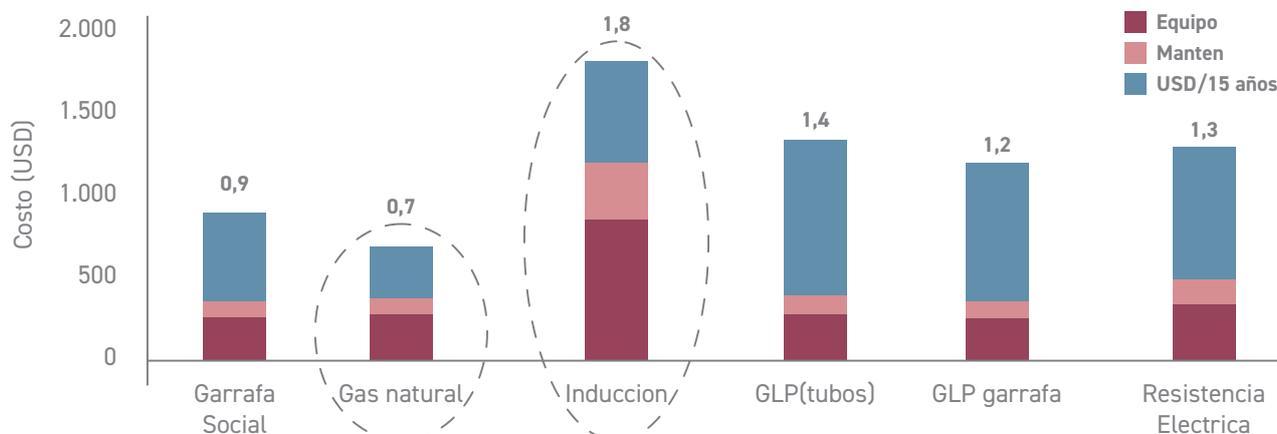


Gráfico 24. Costo de la cocción a 15 años en Argentina para la Cocción a septiembre del año 2019. Se incluye el costo de los equipos, mantenimiento y Combustibles, reducidos a valores presentes. Se tuvo en cuenta el precio de los combustibles y la eficiencia de los distintos artefactos de cocción utilizados. [52] Como se ve, el gas (gas natural y GLP-Garrafa Social) en Argentina son las opciones más económicas para cocinar. Además, el gráfico que emerge aquí es muy distinto al 23.

Un hecho importante a señalar es que actualmente existe en el mercado local calefones clase A, que tienen encendido electrónico y por lo tanto eliminan el consumo pasivo de los pilotos. Además tienen un rendimiento de quemador o eficiencia de calentamiento superior al 80%, y su costo no supera en un 15% de los equipos convencionales o sea aquellos equipos con etiqueta C, D o aún de más baja en eficiencia, según la Norma NAG313. [53] También existen calderas y sistemas de calentamiento de agua de alta eficiencia con condensación de vapores, cuyas eficiencias superan el 90%. Desde luego, los sistemas solares híbridos con apoyo de calefones modulantes, clase A en eficiencia, pueden reducir los consumos en ACS en factores de 8 o 9 respecto de los equipos convencionales actuales. [39] Los calefones clase A actuales podrían generar ahorros cercanos al 50% en el calentamiento de agua. [54]

Internacionalmente, el problema del calentamiento de agua ha recibido mucha atención, de hecho hay varios informes que discuten este problema, [39], [55], [56], [57]. En Argentina el consumo de energía para calentar agua sanitaria es del orden de 35% de consumo de gas residencial. Nuestro análisis indica que en promedio en Argentina se consumen unos 56 litro/día y por persona, sin embargo, en los edificios con servicios centrales de agua caliente este consumo es cercano a los 100 litro/día y por persona.

VENTAS EQUIPOS DE ACS - AÑO=2015

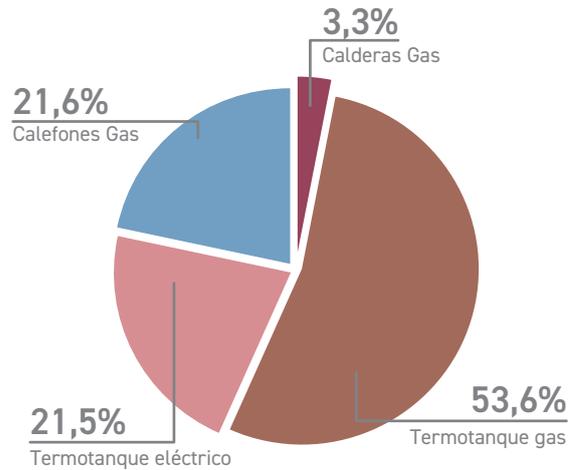


Gráfico 25. Distribución de la producción de equipos de calentamiento de agua para uso residencial en Argentina para el año 2015. Se ve que los artefactos a gas constituyen 78,4% del total. Fuente CAFAGAS [58]

Todos los consumos se pueden eficientizar, pero el calentamiento de agua, que depende fuertemente de un artefacto que no es demasiado costoso, es uno de los que ofrecen mayores potencialidades de ahorro. [54] En el gráfico 25 se ven los equipos más usuales de calentamiento de agua en Argentina. En el gráfico 26 se resumen los consumos de energía para calentar 180 litros/día, usando diferentes tecnologías. Las posibilidades de ahorro son muy significativas.

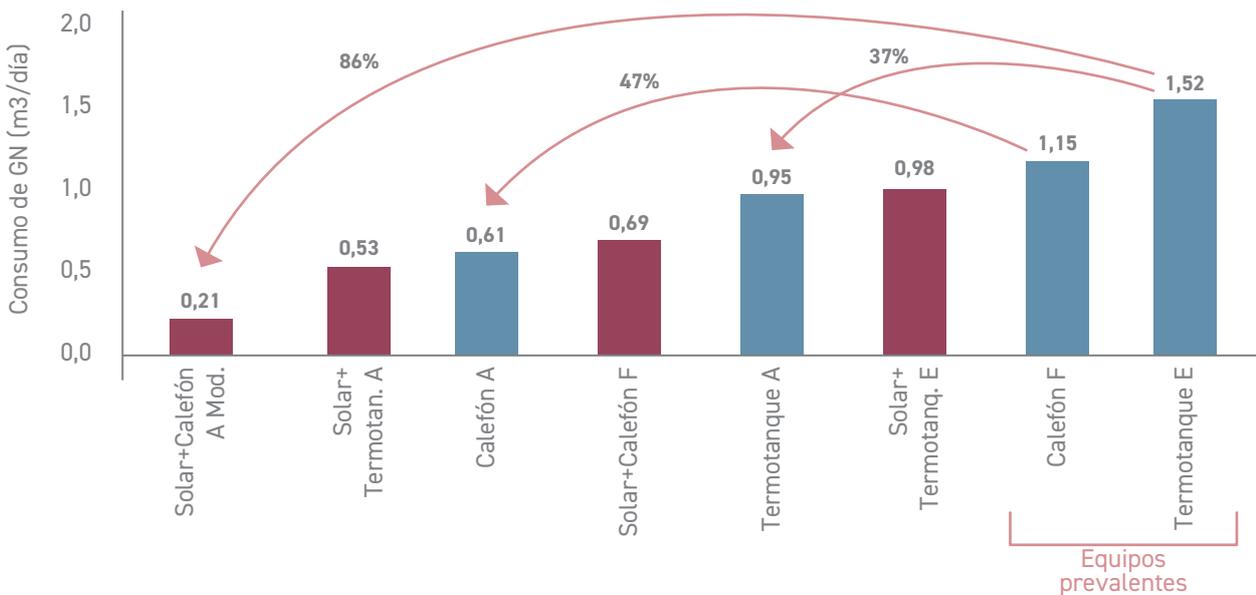


Gráfico 26. Consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de 180 litros/día de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo diario en ACS entre los distintos modos es muy notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos 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.

COSTO TOTAL A 15 AÑOS

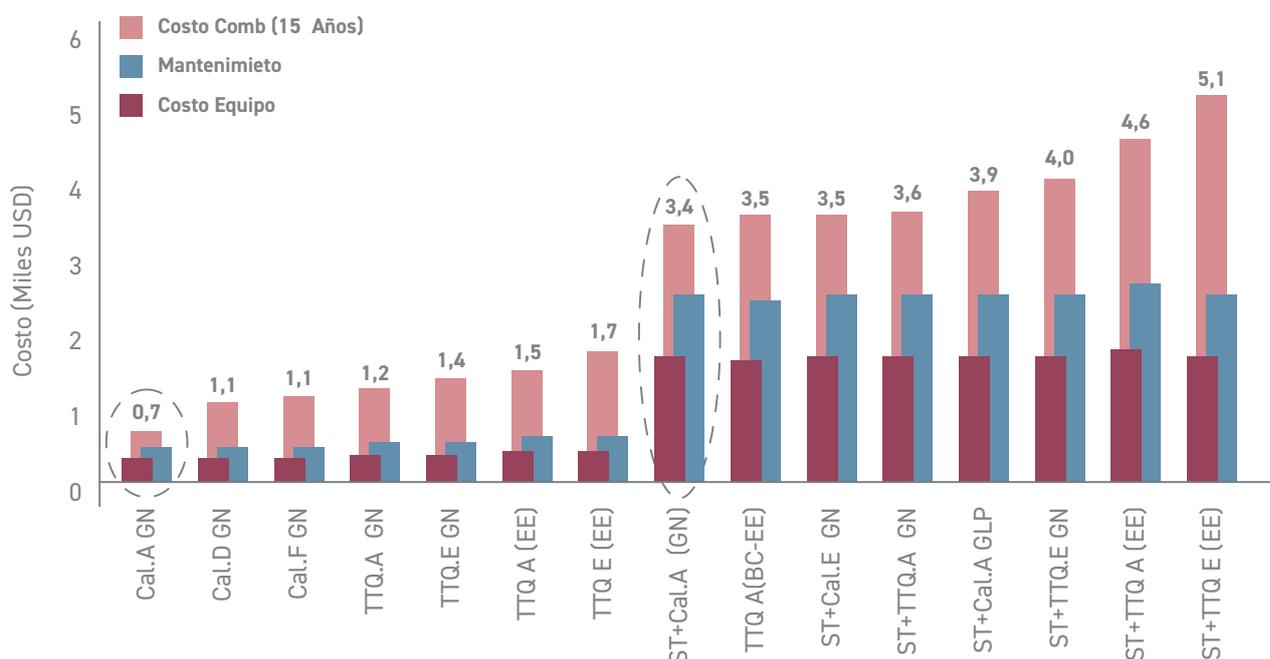


Gráfico 27. Costos asociados al ACS en 15 años, en GBA o CABA. Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7% en dólares. Las tecnologías de menor costo total son los calefones con encendido electrónico. Los costos de mantenimiento se tomaron como el 60% del costo del equipo hacia la mitad de la vida del equipo. Aquí, cal. Representa calefón, TTQ es termotanque y ST representa equipo solar térmico con algún de apoyo convencional.

Para el usuario además del costo de la energía de cada sistema de ACS, se debe tener en cuenta el costo de los equipos y su mantenimiento. Cuando se tienen en cuenta los costos a lo largo de 15 años, el cuadro que emerge es muy distinto. El gráfico 28 muestra los

costos asociados a los diferentes equipos de ACS en el GBA o CABA. Como se ve, los modos más económicos de producir ACS a lo largo de 15 años, en esta zona de Argentina, es con Calefones con etiqueta A en eficiencia a gas natural.

CONSUMO DE GAS PARA CALEFACCIÓN EN EDIFICIOS Y VIVIENDAS

La componente de calefacción, como veremos seguidamente, muestra una gran variación en su consumo entre las distintas provincias y ciudades de Argentina. Una forma adecuada de parametrizar y caracterizar las necesidades de calefacción viene dada por el Déficit Grado Día (DGD) o Heating Degree Day. [59] Este parámetro se obtiene de integrar la curva de temperaturas medias diarias a lo largo de un año y una temperatura de referencia, tomada usualmente como

Tref=18°C, que es la temperatura en que usualmente las personas comienzan a necesitar de calefacción. Los gráficos 28 y 29 respectivamente muestran las curvas de temperaturas medias diarias de las ciudades de Santiago del Estero y CABA respectivamente para el año 2015. El DGD ha sido de DGD anual=314°C.días/año para la ciudad de Santiago del Estero y de DGD_anual=785°C.días/año para la Ciudad de Buenos Aires (CABA) en ese año.

TEMPERATURAS MEDIAS SANTIAGO DEL ESTERO

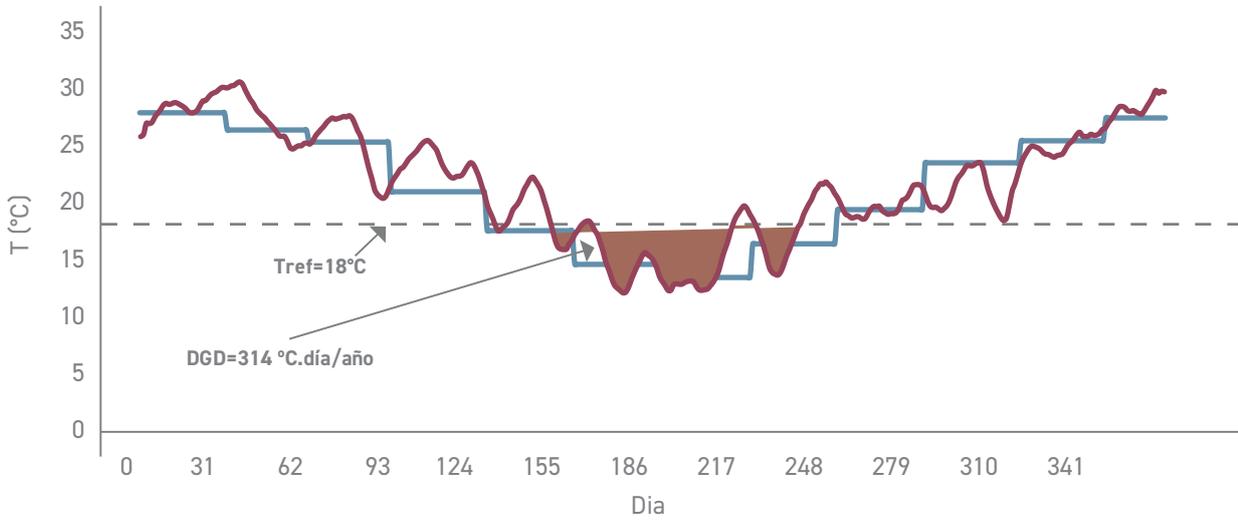


Gráfico 28. Variación de la temperatura media (curva de líneas con altibajos) para la ciudad de Santiago del Estero en función de los días, para el año 2015. La línea horizontal punteada es la temperatura de referencia, $T_{ref}=18^{\circ}\text{C}$. El área sombreada representa el DGD, que para ese año fue de $DGD_{anual}=314^{\circ}\text{C.día/año}$. La línea escalonada indica las temperaturas medias mensuales para esta ciudad.

CABA - AÑO= 2018

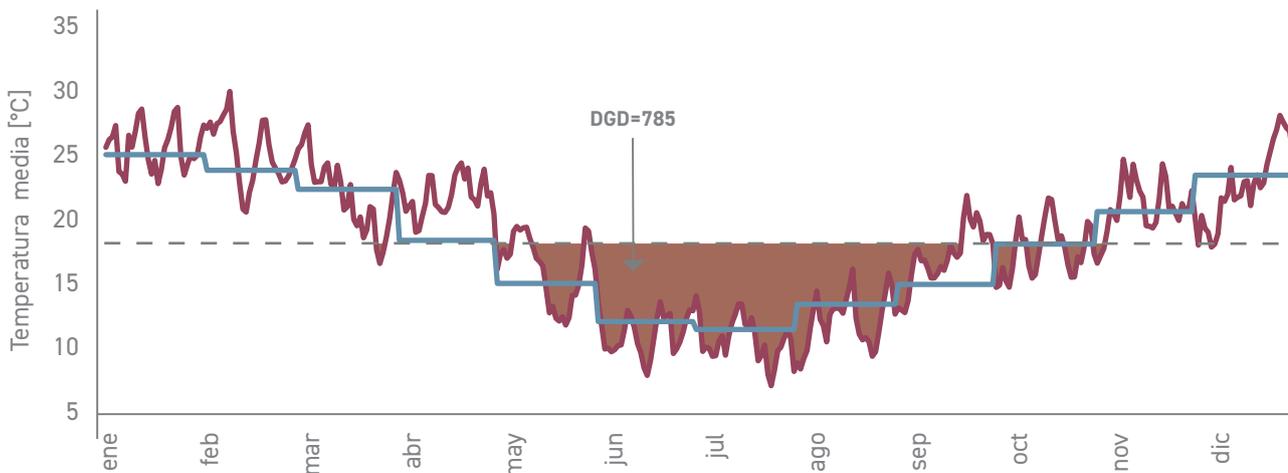


Gráfico 29. Variación de la temperatura media (curva formada por línea de altibajos) para la ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) función de los días, para el año 2017. La línea horizontal es la temperatura de referencia, $T_{ref}=18^{\circ}\text{C}$. El área sombreada representa el DGD, que para ese año, que fue de $DGD_{anual}=785^{\circ}\text{C.día/año}$. La línea escalonada indica las temperaturas medias mensuales para esta ciudad.

Los consumos específicos del sector residencial para las principales ciudades del centro-norte del país varían linealmente con el DGD anual, [60] tal como se ve en el gráfico 30. Del ajuste de esta curva, se puede predecir las necesidades de calefacción en cualquier otra zona bioclimática del país. Sin embargo, es necesario indicar aquí, que esta dependencia del consumo de calefacción con el DGD, depende críticamente de

las características de la envolvente de la vivienda. Con mejores condiciones de aislamiento en paredes, techos y aberturas esta dependencia puede variar considerablemente. La dependencia indicada en el gráfico 30, se da con las condiciones prevalentes hasta el año 2017 en Argentina. [25] Esta relación entre consumo de energía para calefacción y DGD_{anual} ha sido analizada extensivamente en la literatura. [61] [59] Sin

embargo, hay algunas desviaciones de esta linealidad, como consecuencia de los niveles socioeconómicos de sus habitantes.

El gráfico 30 muestra los consumos específicos de gas natural residencial medio usado diariamente en calefacción, expresados en m³/año (de gas natural) como función del DGD_anual para algunas ciudades de la región centro-norte de Argentina. En el gráfico 31, en cambio se muestran los consumos específicos

anuales por m² de construcción para las distintas ciudades y provincias de Argentina y otras ciudades de Europa (EU) como función del DGD_anual. [25] Los rombos son los correspondientes consumos de varias ciudades europeas. Como se ve, los consumos específicos de Argentina, para la misma condición climática (valores similares del DGD) son casi 3 veces mayores, para las provincias del centro-norte que las de la UE, pero si se incluyen las provincias del sur, este consumo específico puede llegar a ser entre 4 a 5 veces mayor. (22) (25).

CONSUMO DE CALEFACCIÓN CENTRO - NORTE RA

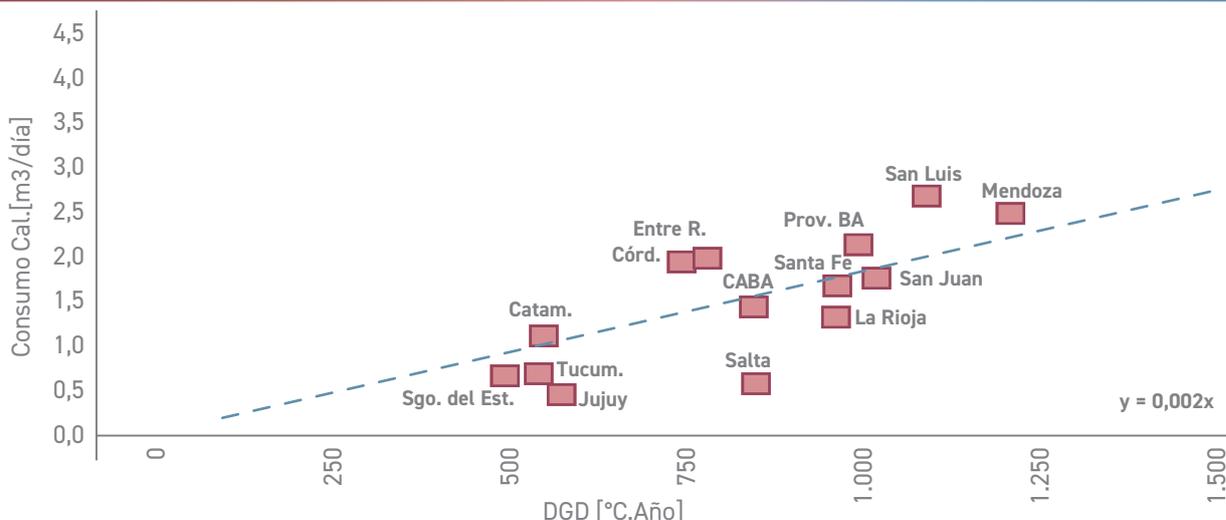


Gráfico 30. Variación de los consumos específicos residenciales anuales usados en calefacción como función del DGD anual para provincias de la región centro-norte. Los cuadrados son los valores observados para las ciudades que tiene gas natural.

CONSUMO DE CALEFACCIÓN

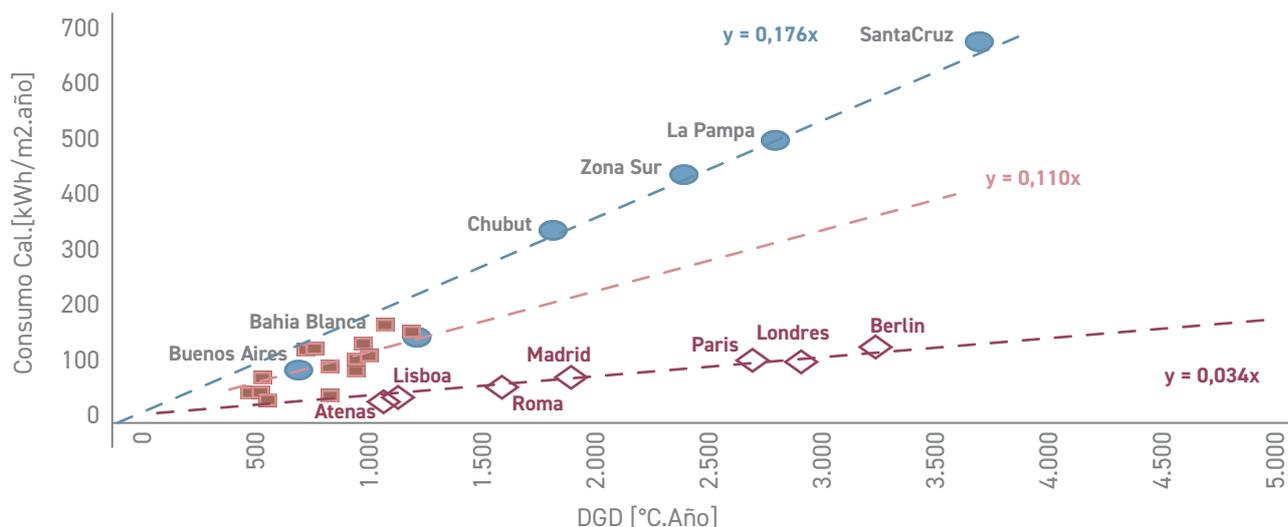


Gráfico 31. Variación de los consumos específicos residenciales anuales usados en calefacción por metro cuadrado de construcción, como función del DGD_anual. Los círculos son las provincias del centro y sur de Argentina. Los cuadrados representan las provincias del centro norte de Argentina. Los rombos son los correspondientes consumos de varias ciudades europeas. Como se ve, los consumos específicos de Argentina, para la misma condición climática (valores similares del DGD) son casi 3 veces mayores, para las ciudades del centro-norte que las de la UE, pero si se incluyen las provincias del sur, este consumo específico puede llegar a ser entre 4 a 5 veces mayor. [25] [62]

Por otra parte, la dependencia cuasi lineal del consumo de calefacción con el DGD, indica que las envolventes térmicas de las viviendas en Argentina, tiene similares características constructivas, independientemente de la región bioclimática. Es decir, en Argentina, en promedio, las viviendas están construidas de manera similar tanto en el norte como en el sur y centro del país. Esta sola observación y la disminución de los consumos específicos que se observan en la UE indican la oportunidad que tenemos como país de reducir nuestros consumos mejorando las características de las envolventes y ajustando las mismas a las condiciones bioclimáticas de

cada lugar como recomiendan varias normas nacionales (IRAM 11601, 11604, 11900, etc.) e internacionales.

Los análisis de los consumos de gas para cocción, agua caliente sanitaria y calefacción se basaron en un análisis Top-Down, es decir a partir de datos globales de consumo de cada ciudad o región. Más adelante tendremos oportunidad de comparar estos resultados con un análisis Botton-Up, es decir los obtenidos por un análisis de muestras individuales.

ANÁLISIS CONSUMO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Para este análisis nos basaremos en una combinación de datos estadísticos del consumo eléctrico de Argentina, haciendo un análisis Top-Down y mediciones individuales más exhaustivas realizadas en una muestra de unas 77 viviendas de CABA y GBA en un análisis Botton-Up.

Tomando como base los valores de los consumos a nivel nacional proporcionados por los Balances energéticos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación [47] y los datos estadísticas económicas del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, [63] se elaboró el grafico 32, en un análisis TD. Como se indicó más arriba, el consumo medio de gas en el GBA es de unos 978 m3/año, es decir unos 10,5 MWh/año,

o sea el consumo específico de gas es un factor 3 mayor que el consumo eléctrico residencial.

Por su parte, si analizamos la evolución en el tiempo de los consumos residenciales tanto eléctricos como de gas natural, como así también la variación del PBI (grafico 33); se observa que el consumo eléctrico residencial es la variable que presenta el mayor crecimiento, duplicándose cada 15 años aproximadamente. El aumento del consumo residencial eléctrico supera tanto la variación del PBI como el crecimiento del consumo de gas. Otra característica importante de los consumos residenciales es que son poco elásticos, es decir no varían apreciablemente con los ciclos económicos.

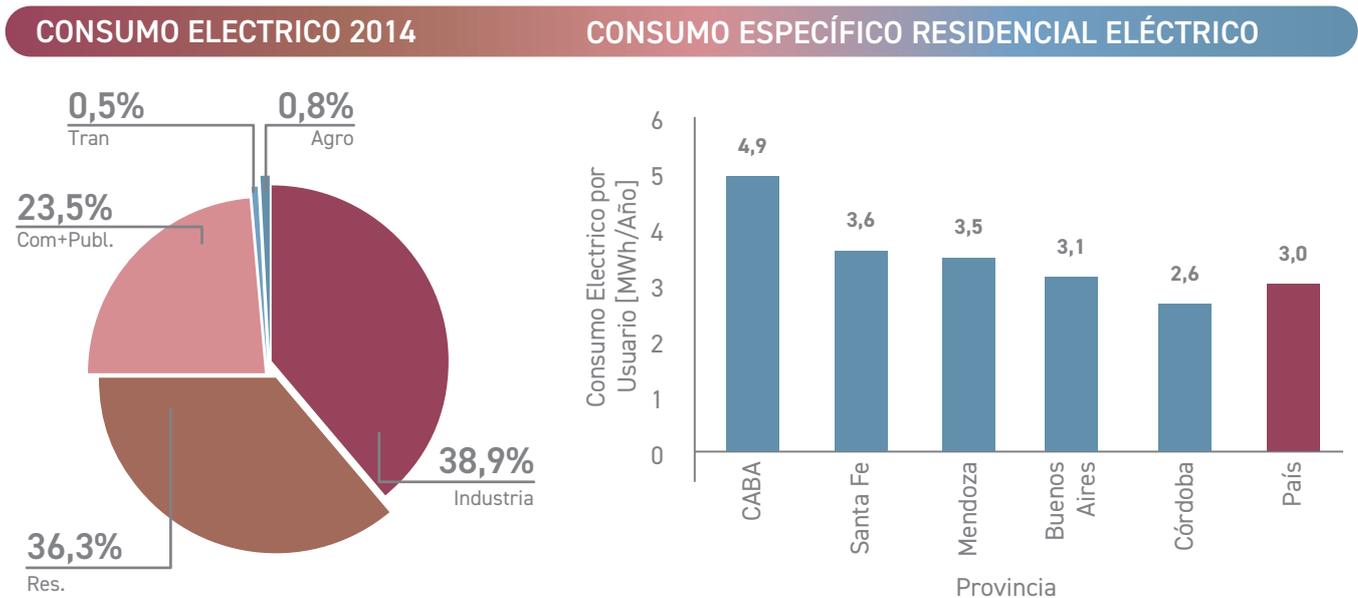


Gráfico 32. A la izquierda la distribución del consumo eléctrico entre los distintos sectores de consumo. [47] A la derecha se muestran los consumos eléctricos residenciales promedio para las principales ciudades de Argentina. Fuente. [63], en un análisis TD.

Esto se evidencia en el Gráfico 33, donde se observa que, en los períodos de recesión, los consumos residenciales no disminuyen en la misma magnitud que varía la economía (PBI) y contrastan con los consumos industriales, que sí son fuertemente dependientes de los ciclos económicos. Este hecho se puede interpretar como que los usuarios residenciales, en tiempos de recesión, disminuyen la adquisición de nuevos artefactos, pero continúan usando los que ya han adquirido.

Otra característica importante de los consumos residenciales, se refiere a los consumos específicos, esto es: los consumos por usuario¹⁴ y por unidad de tiempo (día, mes o año). Cuando se comparan los consumos específicos residenciales, tanto eléctricos como de gas natural (GN), como se ilustra en el gráfico, se observa que, a nivel nacional, el consumo específico de gas natural por redes es un factor 5 mayor que el consumo eléctricos residencial promedio. En este gráfico, y en lo que sigue, nos referiremos al consumo residencial de gas natural de la región centro y norte del país. En la zona centro y norte de Argentina, es decir al norte del Río Colorado, los usuarios tienen un comportamiento similar, en cuanto a su consumo específico y esta región comprende el 95% de los usuarios del país. [2] En la región al sur del Río Colorado se observa un sobreconsumo, muy posiblemente asociado a los subsidios de la energía en esta región. [3]

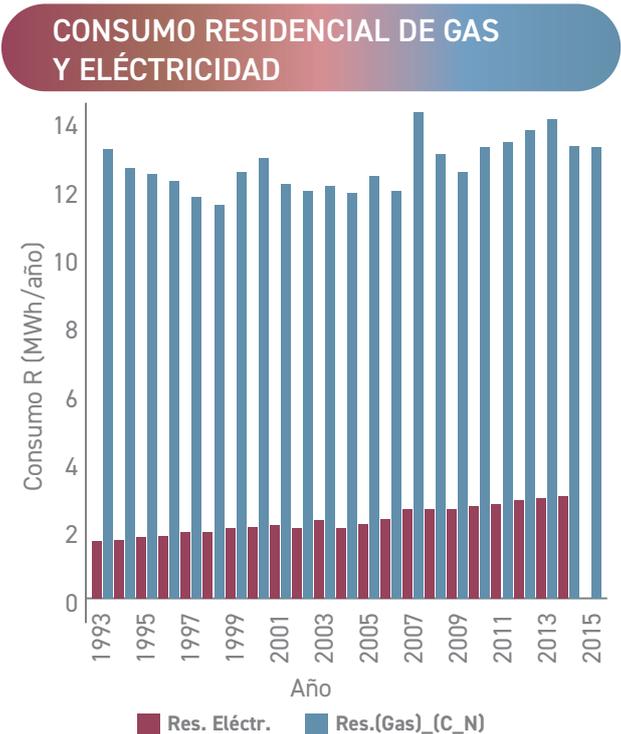


Gráfico 34. Variación de los consumos específicos residenciales, eléctricos y gas natural de la zona centro norte como función del tiempo. Los consumos medios de gas natural indicados aquí corresponden a la región centro norte de Argentina. Como se ve, los consumos residenciales de gas son un poco más del triple de los consumos de electricidad en Argentina.

CONSUMO RESIDENCIAL Y PBI

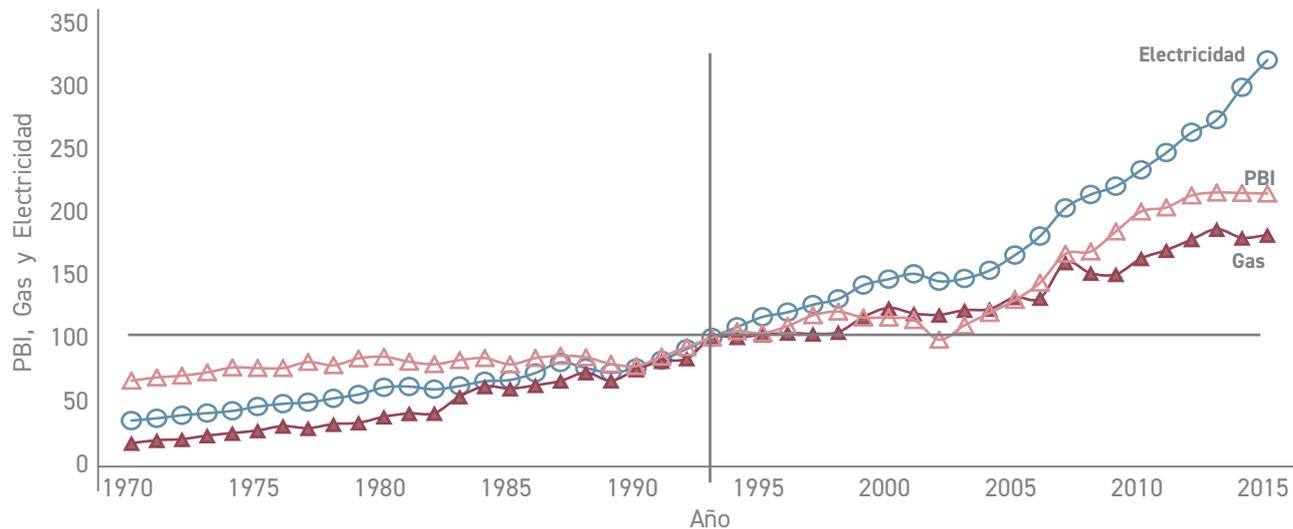


Gráfico 33. Variación relativa de los consumos residenciales y PBI, tomando como base los valores del año 1993 que se asignan como 100. El PBI está indicado por los rombos verdes, el consumo eléctrico por los triángulos azules y el consumo residencial de gas por redes por las cruces rojas. Como se ve, el consumo eléctrico residencial es la variable que tiene el mayor crecimiento. [1]

¹⁴. Un usuario se refiere a una vivienda conectada a la red. Es decir, un usuario corresponde a un medidor o vivienda. Estadísticamente un medidor abastece de gas a 3,3 personas.

Por otro lado, si se representan los mismos datos del gráfico 34, en escalas distintas, de modo de apreciar mejor su variación en el tiempo, como vemos en el gráfico 35; se observa que mientras el consumo específico del gas natural creció en la última década en promedio 0,5% anual, el del eléctrico creció en promedio el 2,5% anualmente.

Es decir, si estas condiciones de consumo no se modifican, es de esperar que el consumo específico eléctrico medio por usuario se duplique cada 21 años. Por su parte, los crecimientos totales de los consumos eléctricos y de gas representados en la el gráfico, son cada uno de ellos consecuencia de dos factores: a) crecimiento de los consumos específicos y b) variación del número de usuarios.

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ESPÉCIFICO R

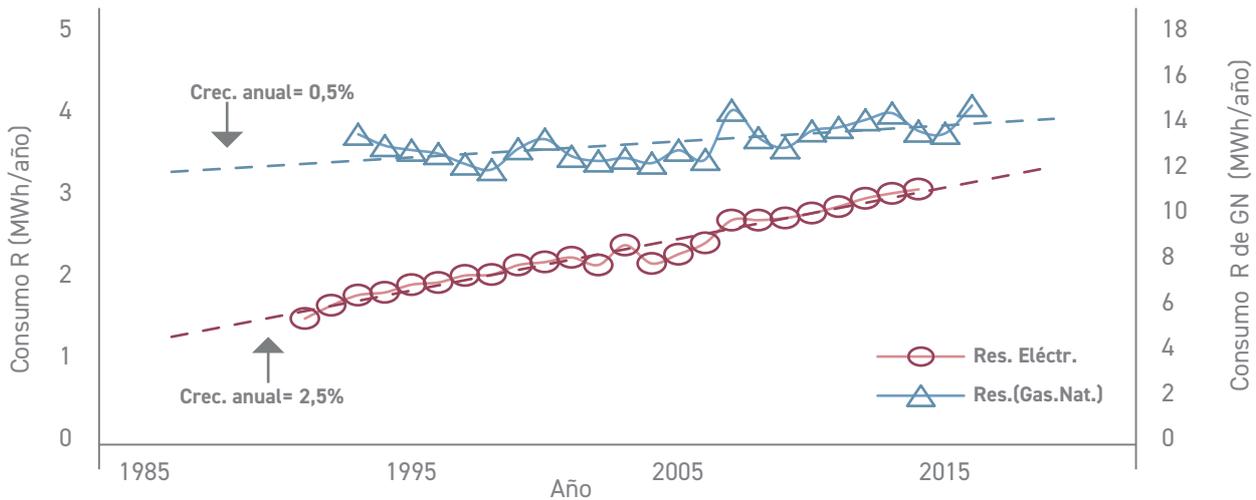


Gráfico 35. Variación de los consumos específicos residenciales, eléctricos (círculos) referidos al eje vertical izquierdo y de gas natural (triángulos) referidos al eje vertical derecho de la zona centro norte, como función del tiempo. Dado que el consumo de gas es fuertemente dependiente de la temperatura, cuando se corrigen por este efecto se obtiene un crecimiento del 0,5% anual. De este gráfico se observa que el crecimiento del consumo específico eléctrico residencial de la última década fue del 2,5%.

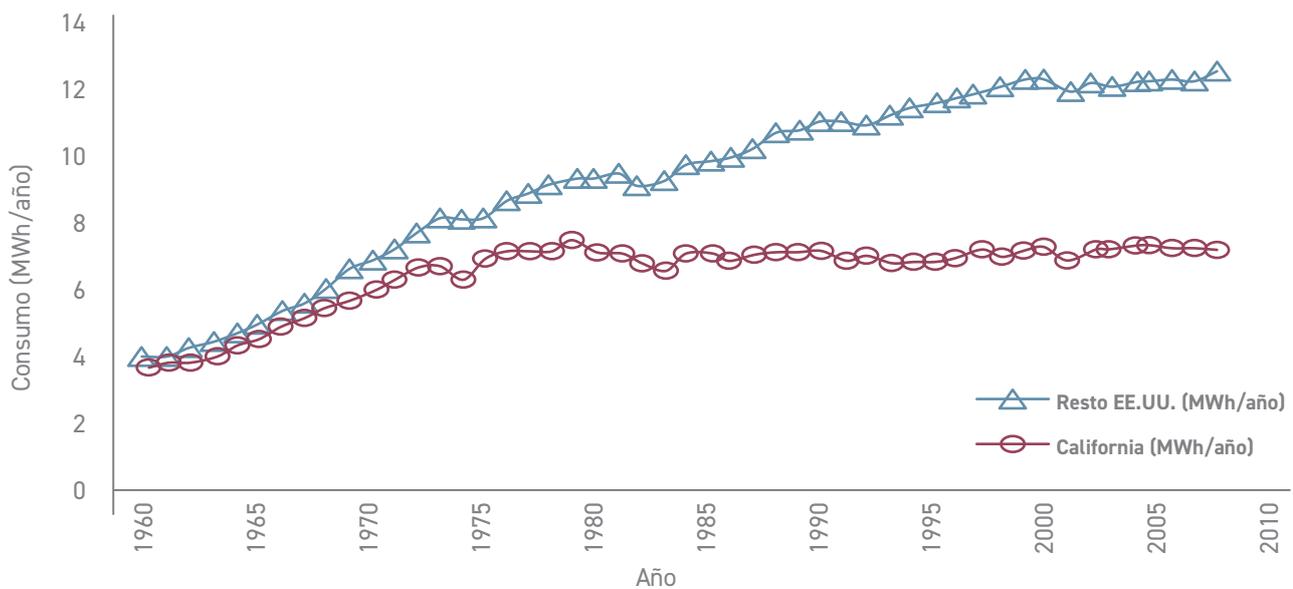


Gráfico 36. Evolución del consumo eléctrico per cápita en California y el resto de los EE.UU. A partir de los años 70, cuando se implementan estándares de eficiencia en California, combinada con un fuerte incentivo al desarrollo de productos más eficientes, el consumo per cápita prácticamente permanece constante, el resto de ese país el consumo tuvo un incremento de más del 50%. [64]

Sin embargo, es importante destacar que esta no es una situación que es ineludible, el ejemplo más paradigmático es el ejemplo del estado de California de los EE. UU. que se ilustra en el gráfico 36. Como se ve, en este Estado -lugar con elevado desarrollo económico y tecnológico- el consumo eléctrico per cápita, se mantiene prácticamente constante desde los años 1970. Este resultado -conocido en la literatura como efecto Rosenfeld- [65] es atribuido en gran medida a las activas políticas de eficiencia energética establecidas a partir de los años 1970.

En el caso del gas natural, el crecimiento del consumo residencial total en la última década alcanzó el 3,2% anual, mientras el crecimiento del número de usuarios fue del 2,7% anual. Es decir, en el caso del gas lo que impulsa su crecimiento en el sector residencial es fundamentalmente el aumento del número de usuarios, más que la variación del consumo específico, que solo es del 0,5% anual.

Un análisis similar para el caso eléctrico nos muestra una situación opuesta al del gas, en el sector eléctrico, el crecimiento del consumo residencial total en la última década fue en promedio del 5,5% anual, mientras el crecimiento del número de usuarios fue del 3% anual y el del consumo específico del 2,5%. Es decir, en el caso eléctrico, ambos crecimientos son importantes, es decir, el incremento del consumo específico y el incremento del número de usuarios.

ANÁLISIS BUTTOM-UP

Para analizar la distribución de consumos eléctricos en el sector residencial, se realizó un estudio exhaustivo en una muestra de unas 77 viviendas, pertenecientes a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y personal del ENARGAS que participaron voluntariamente en este estudio. [23] Para ello, a cada voluntario se lo dotaba de un equipo de medición de potencia y consumo eléctrico [66]. Se solicitaba que en cada casa se realizara una medición de la potencia de consumo de cada artefacto eléctrico disponible y se estimara tiempo de uso de cada uno de ellos. Luego con estos datos, se ajustaban estos tiempos de uso de modo que el consumo anual en cada vivienda fuese consistente con el medido por la factura de electricidad de la distribuidora para esa vivienda.

Estos guarismos, guardan relación con el hecho de que la innovación tecnológica genera constantemente nuevos dispositivos de uso domésticos que en su mayoría son eléctricos, esto conlleva a un incremento muy notable de su consumo específico residencial.

Tomado como base el crecimiento del consumo eléctrico específico residencial del 2,5% anual (gráfico 35), podemos proyectar los consumos medios para las distintas provincias al año 2018. En el gráfico 37 se presentan estos resultados.

CONSUMO ESPECÍFICO RESID. ELÉCTRICO

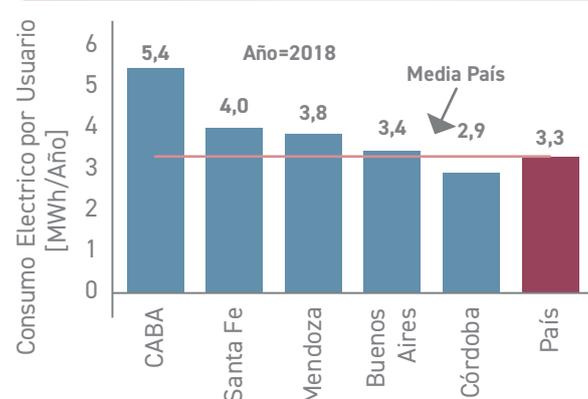


Gráfico 37. Consumos eléctricos específicos residenciales promedio para las principales ciudades de Argentina proyectados al año 2018, tomando un crecimiento anual de 2,5%, partiendo de los datos de fuente [63].

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 del 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 las 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 el gráfico 38 se muestra el resultado para el conjunto de la muestra analizada.

Como se ve, el consumo medio de la muestra fue de 3,8 MWh/año, que es comparable con el consumo medio de CABA y Buenos Aires (grafico 37). Esto sugiere que la muestra utilizada es consistente con el comportamiento promedio de esta región del país, obtenida del análisis TopDown. Como se observa en el grafico 38, el consumo más importante en las viviendas de esta zona es el de las heladeras, representado un 24% del consumo total eléctrico. En segundo lugar, aparece el aire acondicionado con 17% y en tercer lugar la iluminación con 11% del total. Este el consumo de iluminación residencial resulta considerablemente inferior a los registrados por otros autores en el pasado, [67] lo cual es comprensible, dado que dicho estudio se realizó en 2006, cuando las lámparas dominantes eran las incandescentes, previo a su prohibición ocurrida en 2010. Entre 2016 y 2018, que es cuando se realizó este estudio, las lámparas fluorescentes compactas (LFC) ya cubrían casi el 50% del parque. Dado que las lámparas LFC tiene eficacias luminosas casi un factor 5 respecto de las incandescentes, es natural que el consumo de iluminación sea en 2017 y 2018 muy inferior al que teníamos en 2006.

Los consumos indicados en el grafico 38 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 muy comparables a los encontrados localmente, en particular los mayores consumos residenciales son similares. [68], [69]

Como puede resultar claro, no todos los usuarios de la muestra estudiada tienen consumos similares, por el contrario, si se separa en cuatro cuartiles según su consumo, se ve que el consumo medio de cada cuartil es bien diferente como se ilustra en el Gráfico 39.

CONSUMOS ELÉCTRICOS

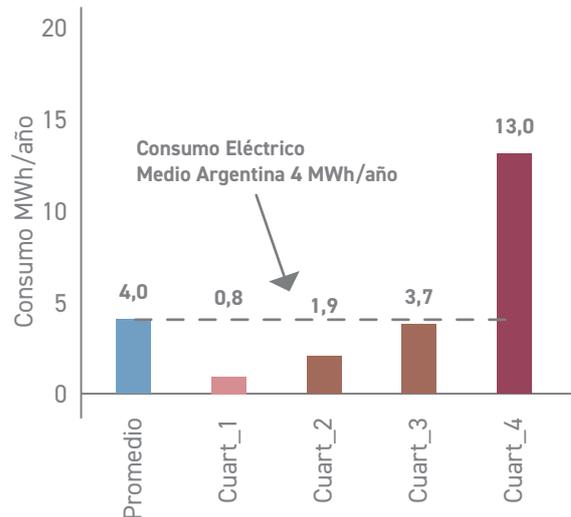
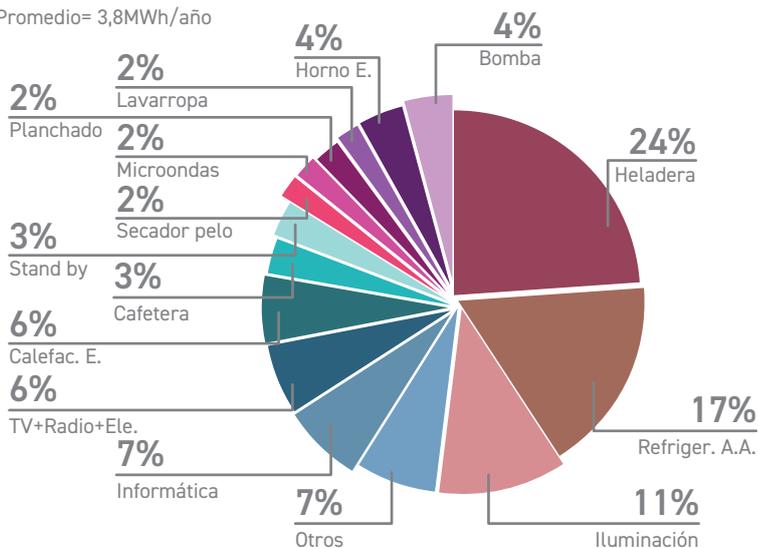


Gráfico 39. Distribución del consumo eléctrico residencial realizado en una muestra de 77 viviendas. Separados en cuatro cuartiles según su consumo total. La primera barra corresponde al consumo promedio y la última, al consumo estimado para un usuario que hace un uso eficiente de los recursos. La muestra corresponde a un grupo socioeconómico de nivel medio y medio-bajo en la región de CABA y GBA. Fuente elaboración propia.

Consumo de Eléctr.

Promedio= 3,8MWh/año



Consumo de gas

Promedio= 1.226m3/año

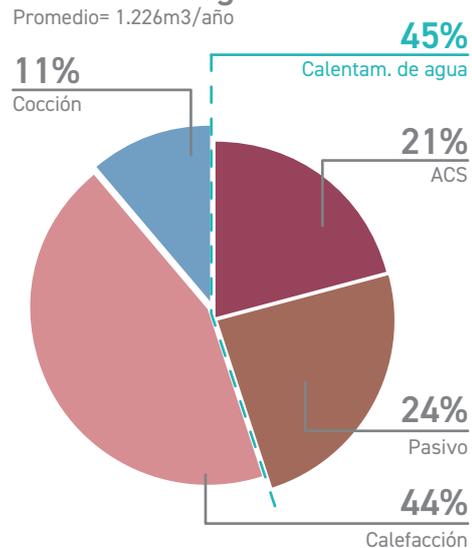


Gráfico 38. Consumo eléctrico residencial realizado en una muestra de 55 casas de voluntarios de la UNSAM de nivel socioeconómico medio en la región de CABA y GBA. A la izquierda de electricidad y derecha de gas. Fuente elaboración propia.

Lo notable del gráfico 39, es que muestra que hay un cuartil de usuarios que ya usa casi un cuatro de energía respecto del promedio mientras que el último cuartil usa tres veces más energía que el promedio. Por otra parte, entre el primer cuartil y el cuarto hay un factor 15 en el uso de la energía.

En base a los consumos observados, es simple resumir las principales medidas que se puede adoptar para tener un uso razonable de la energía con servicios adecuados, pero a la vez eficientes. Las claves están los principales consumos del gráfico 39.

1. *Heladera Clase A (o mejor) pero con una Clase A de unos 300 litros, ya se tiene un consumo anual inferior o del orden o menor de los 300 kWh/año.*
2. *Aire Acondicionado A (o mejor) y moderar el uso del termostato en verano, no bajar la temperatura debajo de los 25°C en verano y debajo de los 20°C en invierno. Como así también, usarlos moderadamente. Evitando tener ventanas por los que entre el sol en verano. 3) Cambiar las luminarias a lámpara LED de 100 Lm/W o mejor.*

Además, en zonas calurosas y secas, el uso de Climatizadores Evaporativos puede ser muy adecuados. Consumen 10 veces menos que un Aire Acondicionados,

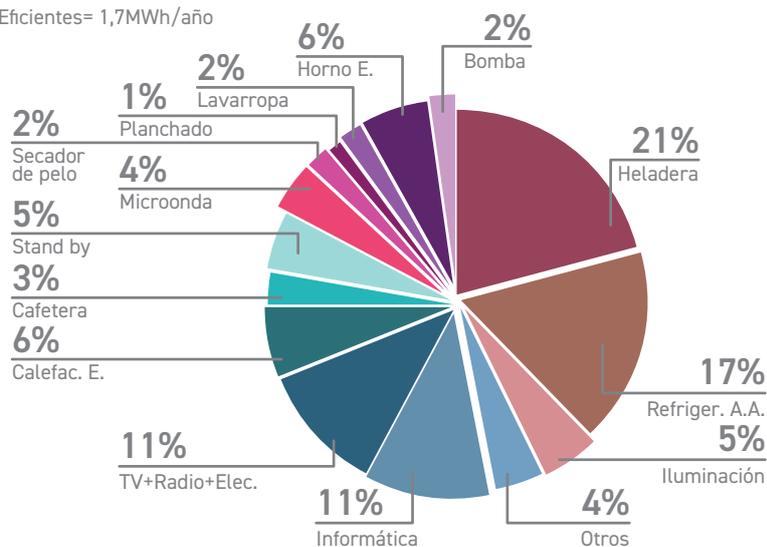
ya que son un ventilador con un radiador húmedo. Al evaporarse el agua enfría el aire que pasa por el radiador húmedo. Se pueden usar en ambientes abiertos y son de uso habitual en muchos países de la región y Europa.

En la Tabla 3 se describen los consumos promedios y de los dos primeros cuartiles, como así también el de un modelo eficiente de consumo, diseñado en base a los equipos existentes en el mercado local. Aquí no se consideró la refrigeración por medio de Climatizadores Evaporativos, que podrían reducir los consumos aún más. Los valores de calefacción y refrigeración se refieren a la zona central de Argentina (GBA, Córdoba o Rosario). Más adelante se consignan los posibles consumos en otras regiones del país. En el gráfico 40, se muestra la distribución de consumo para el modelo eficiente. Nótese que con cosas simples y poco costosas medidas de eficiencia es posible reducir el consumo de electricidad y de gas a la mitad del valor promedio.



Consumo de Eléctrico

Eficientes= 1,7MWh/año



Consumo de GN

Eficientes= 673m3/año

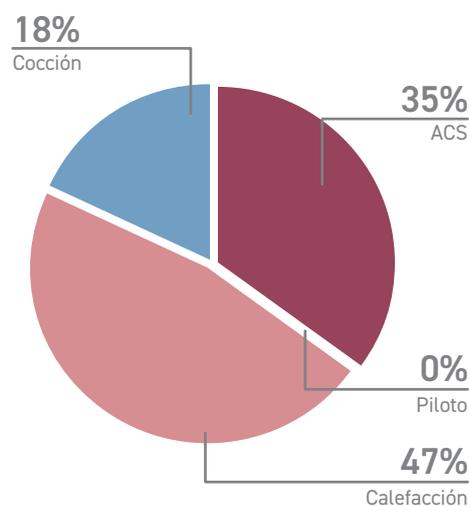


Gráfico 40. Consumo eléctrico residencial para un modelo eficiente de consumo. A la izquierda de electricidad y derecha de gas.

CONSUMO DE CALEFACCIÓN

Como vimos previamente, el principal consumo energético en la zona centro y sur del país es el consumo de calefacción, que según se vio depende del Déficit Grado Día (DGD) de la región. Nuestro objetivo aquí es analizar y comparar los diversos modos de calefacción que se pueden usar con tecnologías estándares y maduras en uso en el país. En la Tabla 5 se indican los costos aproximados de los principales tipos de equipos de calefacción para viviendas en Argentina y sus eficiencias típicas de calefacción.

EQUIPO	COSTO (USD)	EFICIENCIA
Estufas TB	USD 444	75%
Caldera + Radiadores	USD 1.267	85%
AA (Frio/Calor) (Etiq. A)	USD 1.222	360%
AA (A++ Invert.) (Frio/Calor)	USD 1.444	450%
Estufa Eléctrica	USD 356	100%
Estufa leña	USD 422	65%
Estufa Kerosene	USD 400	65%

Tabla 5. Equipos de calefacción más usados en el mercado argentino, con sus costos aproximados en USD a Julio de 2019 y sus eficiencias típicas de calefacción.

Otra información útil a tener en cuenta es el costo del kWh de distintos tipos de insumos energéticos usados en la calefacción en Argentina. Estos valores se indican en el grafico 8, tomando como base los costos de gas, electricidad, etc. Vigentes a Julio de 2019. Con

estos costos de la energía y suponiendo un consumo en calefacción para una vivienda en la zona central de Argentina, Buenos Aires en este caso, con un consumo de calefacción de 7,1 MWh/año, que equivale a un usuario con un consumo medio comparable al actual, se calcula el costo de la calefacción a quince años, incluyendo el costo de los equipos y combustible. En este último caso, el costo de los combustibles se reduce a valores presentes, usando una tasa de descuento del 7%. Además, se supuso un gasto en mantenimiento a lo largo de los 10 años, equivalente al 50% del costo de los equipos. Los resultados para un usuario de la región central de Argentina (Buenos Aires, Córdoba o Rosario) se muestran en el grafico 41. En los gráficos 42 y 43 se muestran los mismos resultados para un clima más frío como el de Mar del Plata y Bariloche respectivamente, suponiendo una vivienda de similares características. Sin embargo, es preciso tener en cuenta, que el rendimiento (COP) de las bombas de calor en climas fríos disminuye, [40] cosa que no sucede con las calderas.

Como se ve en los gráficos, los modos más económicos de calefaccionar una vivienda en en la región centro-norte de Argentina, son: los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o Bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o mejor A con Inverter), las estufas de tiro balanceado a gas natural y las calderas con radiadores con agua caliente. A medida que más riguroso son los inviernos, las bombas de calor con Inverter (Etiqueta A) y las calderas a gas con radiadores de agua se vuelven más competitivos.

CALEF. COSTO DE EQUIPOS Y ENERGÍA (TD= 7%) N=15 AÑOS

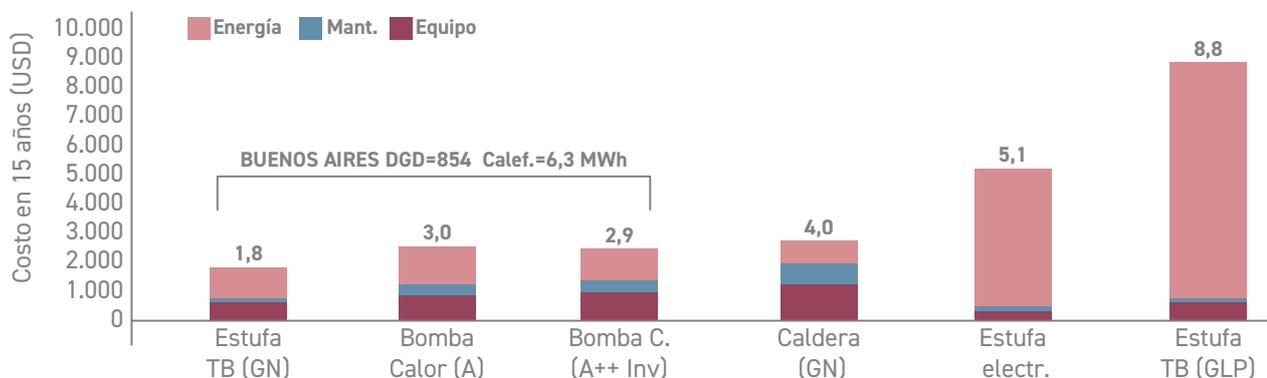


Gráfico 41. Variación de los costos de calefaccionar una vivienda convencional, ubicada en el GBA o CABA, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para quince años, incluyendo el costo de los equipos, el costo de la energía y mantenimiento. Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7%. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado a gas natural, los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o Bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o A con Inverter) y las calderas con radiadores de agua caliente.

CALEF. COSTO DE EQUIPOS Y ENERGÍA (TD= 7%) N=15 AÑOS

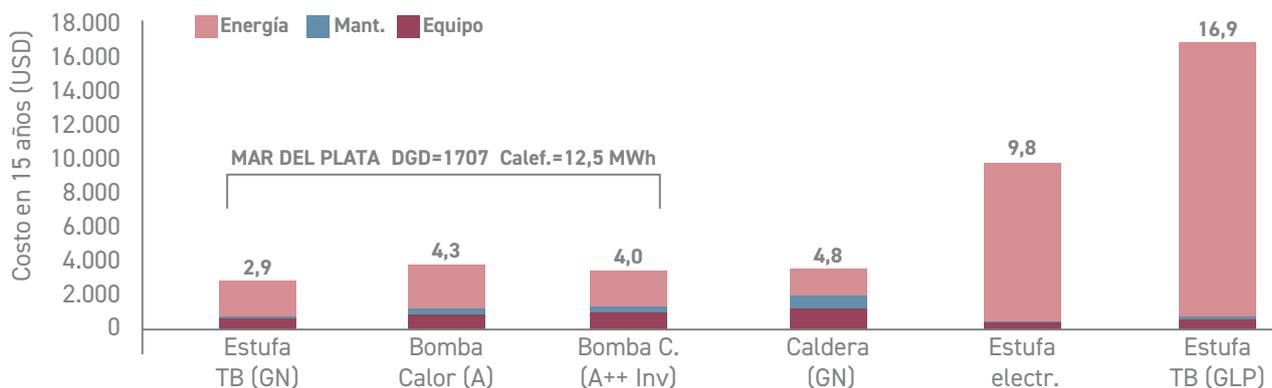


Gráfico 42. Variación de los costos de calefacción una vivienda convencional, ubicada en Mar del Plata, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para quince años, incluyendo el costo de los equipos, el costo de la energía y mantenimiento. Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7%. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado a gas natural, los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o Bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o A con Inverter) y las calderas con radiadores de agua caliente.

CALEF. COSTO DE EQUIPOS Y ENERGÍA (TD= 7%) N=15 AÑOS

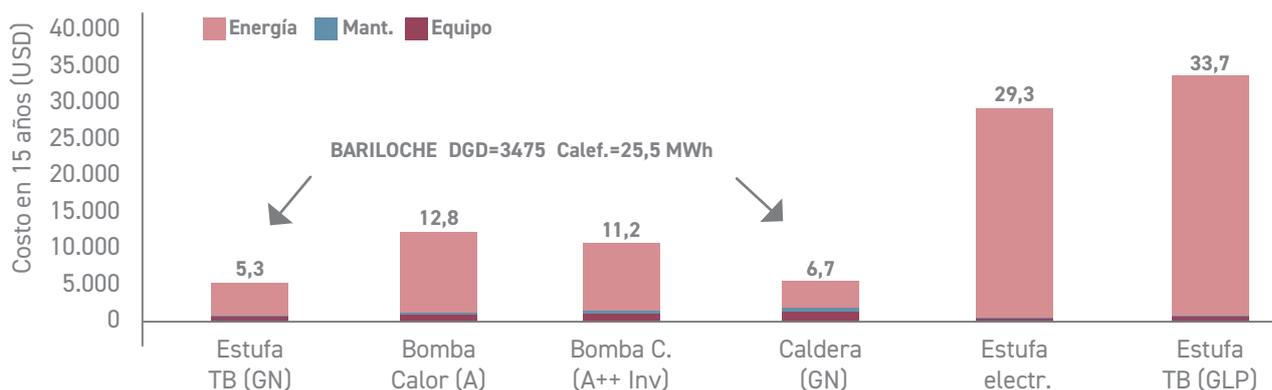


Gráfico 43. Variación de los costos de calefacción una vivienda convencional, ubicada en Bariloche, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para quince años incluyendo el costo de los equipos, el costo de la energía y mantenimiento. Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7%. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado a gas natural y calderas a gas natural duales (para calefacción y ACS) con radiadores de agua caliente.

Si además se tiene en cuenta que los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor o bombas de calor) se pueden utilizar tanto en invierno como verano, resulta así que estos dispositivos, en particular aquellos más eficientes con inverter son una de las tecnologías muy adecuadas para la vivienda social, en particular en la región centro-norte de Argentina. En la región sur de Argentina, debido a los mayores subsidios al gas natural, este combustible resulta casi la mitad por unidad de energía que en la zona centro-norte, mientras que la electricidad es algo más cara que en la región del GBA. Por lo cual, en la región sur de Argentina, donde existe gas natural por redes, las estufas de TB y las calderas duales (para calefacción y ACS) a gas natural, son las opciones más adecuadas, como se ve en el gráfico 43.

Una limitación de las estufas de tiro balanceado es su dificultad para regular la temperatura y para encenderlas y apagarlas. Esto lleva a que muchas veces estos equipos permanecen encendidos mucho tiempo en modo piloto. Lo que insumen más energía y costos, no computado en los gráficos 41, 42 y 43. Por lo tanto, a la hora de elegir estufa de tiro balanceado conviene elegir aquellas que sean etiqueta A en eficiencia, con termostato y encendido electrónico. Por lo que los equipos más recomendables para calefacción en la región centro-norte serían: Aire Acondicionado (Frío Calor) Etiqueta A en eficiencia y con inverter y las estufas de TB etiqueta A en eficiencia. Así también las calderas con radiadores de agua caliente, con termostato y encendido electrónico pueden ser adecuada para regiones frío-templadas (Mendoza, Mar del Plata, Santa Rosa, etc.).

TEMPERATURAS DE CONFORT Y REGULACIÓN DE LOS TERMOSTATOS

Las condiciones de confort térmico dependen de la temperatura y la humedad relativa ambiente. El contenido de la humedad en la atmosfera se mide por la cantidad de vapor de agua presente en ella. Más específicamente, la presión parcial del vapor de agua en la atmosfera determina lo que podríamos llamar su humedad absoluta. La humedad relativa (HR) [70] es la relación entre la presión parcial de vapor de agua y la máxima presión de vapor que la atmosfera puede contener, justo antes que aparezca las primeras gotas de rocío, a esa temperatura. Por lo tanto, una HR=100% indica que la atmosfera tiene la máxima cantidad de vapor que a esa temperatura puede contener.

Junto con la temperatura del aire, la humedad relativa juega un papel crucial en el confort térmico del ser humano y de los animales. Según las normas internacionales, como la elaborada por la "The American Society of Refrigerating Engineers" (ASHRAE) [71] fundada en 1904¹⁹, el rango recomendado de humedad relativa en interiores en edificios y viviendas es del 30 a 70% (grafico 44).

Se puede afirmar que en la zona de HR entre 30% a 70%, la temperatura de confort para la mayoría de las personas se haya entre 18°C y 25°C. De este modo, podemos decir que en general las personas en verano estarán confortables a una temperatura de unos

24°C o 25°C con ropa liviana. En invierno, quizás una temperatura de 18°C a 21°C, con un suéter o pulóver, la mayoría de las personas se sentirán cómodas. La razón de esta diferencia de temperatura para verano e invierno deviene de varios factores:

1. *La vestimenta que usamos en cada estación del año*
2. *a disminución los cambios bruscos de temperatura*
3. *el ahorro en el uso de la energía, y su consecuente disminución de los costos de funcionamiento*
4. *mitigación de las emisiones de gases efecto de invernadero (GEI).*

La vestimenta que usamos en invierno y verano varía considerablemente. En invierno usamos más abrigos, ropa más abrigada que en verano. Así, con suficiente ropa, en invierno necesitamos de una temperatura más baja en los interiores de viviendas y edificios.

Además, es conveniente por razones de salubridad y confort, minimizar los cambios bruscos de temperatura al entrar y salir de las viviendas o edificios.

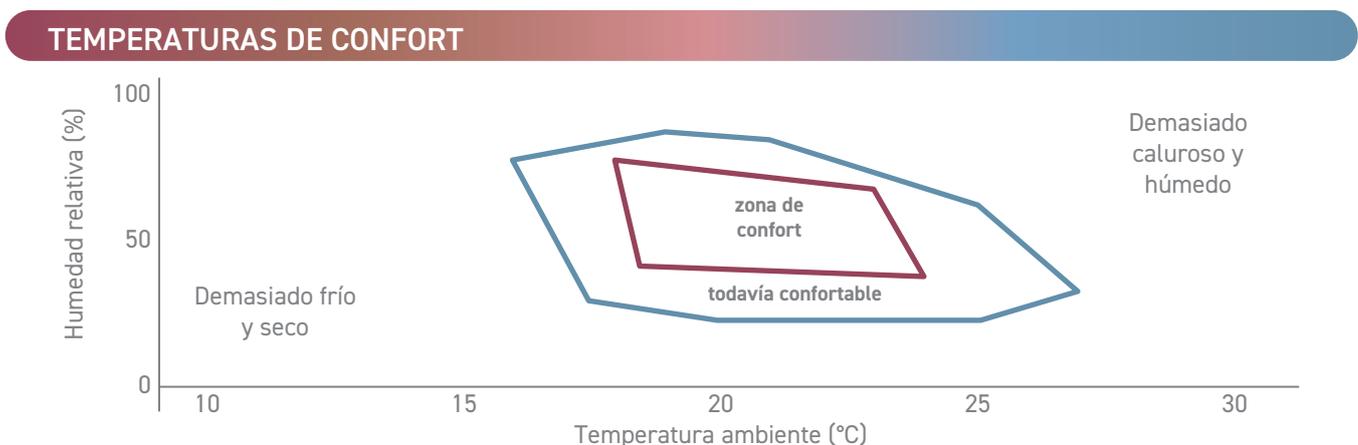


Gráfico 44. Zonas de confort térmico. El rectángulo de aristas bordó es la zona de confort para la mayoría de las personas. Pero el polígono de bordes azules, es asimismo una zona de confort razonablemente aceptable por muchas personas.

¹⁹. ASHRAE 55-201 es la norma que especifica las condiciones confort térmico en interiores de viviendas y edificios.

Un cambio de un grado en la temperatura de los termostatos en invierno y verano tiene un efecto muy significativo en el consumo de energía. Elevar 2°C la temperatura del termostato en invierno, digamos de 20°C a 22°C, generar 30% más consumo de energía, lo mismo ocurre para la temperatura de verano. [41] Claramente, una disminución del consumo implica una consecuente reducción del consumo y su costo. La reducción del costo monetario puede ser proporcionalmente mayor que el ahorro de energía, ya que, al reducir el consumo, se pasa a categorías de usuarios con menores tarifas de energía.

Mitigación de las emisiones de GEI, dado que los combustibles usados en calefacción, gas natural, GLP, gasoil, etc. Son derivados de combustible fósiles, su quema implica, la emisión de CO₂. Igualmente, más del 60% de la electricidad que se usa en Argentina, proviene de la quema de gas y otros combustibles fósiles, reducir nuestro consumo de energía implica una reducción importante de nuestras emisiones de GEI.

Lógicamente, hay variaciones en estas condiciones de confort según las personas, pero una regla simple y práctica consiste en fijar los termostatos en 20°C en invierno y 24°C en verano.

Asimismo, se puede reducir considerablemente el consumo en la calefacción en invierno y la refrigeración en verano. En invierno, cerrando bien las ventanas, postigos o persianas como de las cortinas si lo hubiese, usando una buena frazada y ropa de dormir adecuada, aprovechando la inercia térmica de los edificios se puede tener confort térmico con la calefacción apagada. En este sentido es importante reducir las infiltraciones o chifletes de aire de las aberturas.

En verano, un buen ventilador de techo o un climatizador evaporativo²⁰, que consumen mucho menos energía que un acondicionador de aire, pueden ser opciones muy adecuadas en la mayoría de las ciudades de Argentina, en particular del NOA y la zona andina.

TEMPERATURAS DE CONFORT

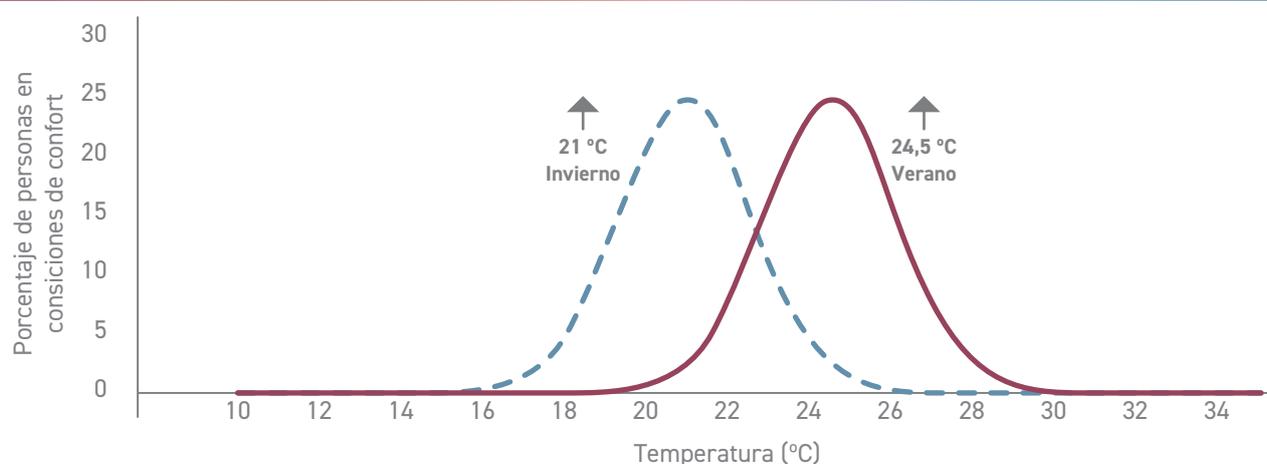


Gráfico 45. Porcentaje de personas en situación de confort en verano e invierno respectivamente. Estas curvas indican que distintas personas tienen distinto comportamiento a la temperatura, pero en general, en invierno, con una temperatura ambiente de 21°C se puede satisfacer a la mayoría de las personas. De igual modo en invierno, la temperatura optima es de 24,5°C. El área de estas curvas es el 100%.

²⁰ Los climatizadores evaporativos son dispositivos que enfrían la temperatura del aire a través de un ventilador que pasa por un radiador húmedo. Al evaporarse el agua del radiador, el agua toma calor de aire y lo enfría. Estas máquinas bajan algunos grados la temperatura de aire. En climas secos, estos equipos funcionan muy bien. Hay dispositivos portátiles y grandes equipos aptos para aplicaciones industriales

ANEXO IV

GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA (FV)

En esta sección se discuten los parámetros que influyen directamente en la conveniencia económica de los sistemas de generación solar fotovoltaica, y se realiza un estudio económico sobre instalaciones fotovoltaicas comunitarias.

RADIACIÓN SOLAR

La disponibilidad del recurso solar es esencial al momento de estimar la energía FV generada por los equipos solares. En el gráfico 46 se muestra a modo de ejemplo, la productividad de una instalación fotovoltaica de 1,16 kWp ubicado en Mendoza y Ushuaia, teniendo en cuenta la configuración de los equipos y los datos meteorológicos (NASA), con sus debidas pérdidas y eficiencias de los diferentes sistemas que componen al generador fotovoltaico.

Se puede observar que la generación puede variar enormemente en función de la localización geográfica, con lo cual es fundamental estudiar la disponibilidad de recurso al momento de evaluar la rentabilidad económica de la instalación. Particularmente, una instalación de 1,16 kWp posee una generación anual de 2043kWh/año instalado en Mendoza y 1250kWh/año en Ushuaia, lo cual implica una variación entre sí del 60%.

GENERACIÓN MENSUAL - INSTALACIÓN 1.16KWP

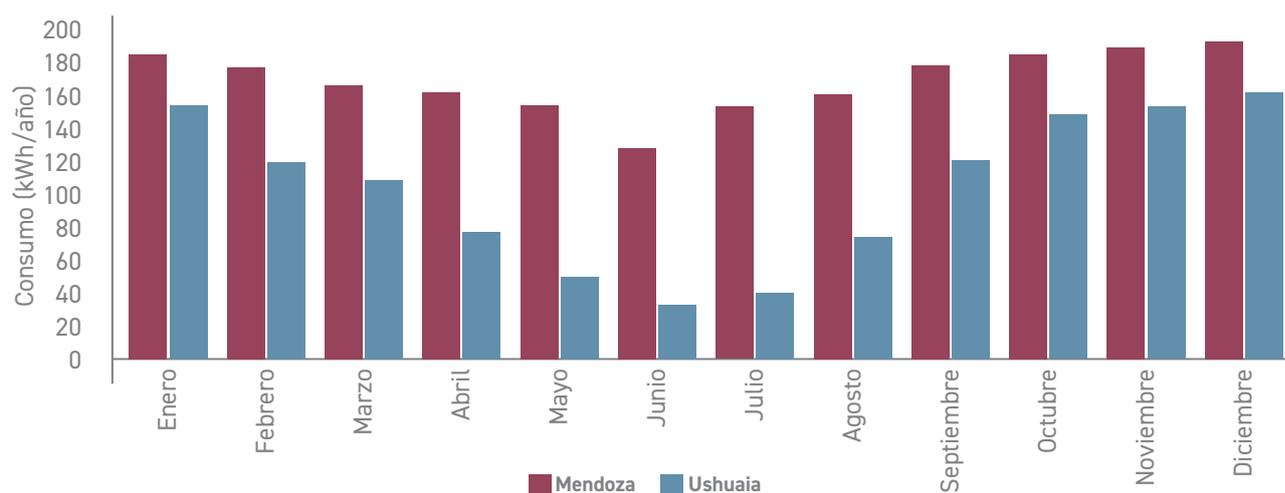


Gráfico 46. Productividad mensual para un sistema On-Grid en Mendoza y Ushuaia.

CRÉDITO FISCAL

El 26 de septiembre de 2019, a través de la modificación del Anexo 2 de la disposición 83/2019 de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética, se aprobó un beneficio equivalente a \$ 30 por cada unidad de potencia instalada expresada en Watt, para aquellos usuarios generadores que hayan instalado un equipo de generación distribuida renovable con conexión a la red de distribución, entregado a través de un crédito fiscal.

En las viviendas residenciales pequeñas una instalación típica fotovoltaica se encuentra en el orden de 1000-1500Wp, lo cual implica un crédito fiscal de entre \$30.000 y \$45.000. A los valores actuales, esto cubre alrededor del 20% al 25% de sistema FV de unos 1,16 kWp. Estos valores fueron utilizados en el análisis para estimar el repago de los equipos.

TARIFA DE INYECCIÓN

Debido a que este proyecto trata de viviendas sociales en zonas urbanas, las instalaciones estudiadas son de tipo On-Grid. Estos sistemas están conectados directamente con la red eléctrica local a través de un medidor bidireccional.

Bajo el mecanismo net billing (reglamentación según Ley N° 27.424), los excedentes generados por los paneles fotovoltaicos inyectados a la red eléctrica, serán vendidos a tarifa mayorista, mientras que la energía suministrada por la red se realiza bajo una tarifa minorista. De esta manera, los flujos de energía son constantemente medidos y contabilizados a precios distintos, y al final del periodo de facturación se calcula el pago correspondiente en función de las diferencias monetarias entre la energía inyectada y consumida.

En la tabla 6 se encuentran representadas las tarifas de inyección establecidas por el ENRE mediante la Resolución 189/2019.

TARIFA DE INYECCION SEGÚN LEY DE GENERACION DISTRIBUIDA

Residencial	2,062 \$/kWh
General	2,206 \$/kWh
T2	2,206 \$/kWh

Tabla 6. Tarifas de inyección de energía eléctrica según Ley N° 27.424

Se puede observar que en las provincias adheridas a la ley de generación distribuida las tarifas de inyección residenciales son de 2,06 \$/kWh. En la Figura 69, en cambio, se puede observar que la tarifa de inyección de energía eléctrica fotovoltaica en Santa Fe se encuentra en el orden de los 11 \$/kWh. Esto demuestra que es fundamental estudiar la legislación vigente de cada región para determinar si es conveniente instalar estos equipos.

TARIFA DE INYECCION SEGÚN EPE

Hasta 2kW	11,39 \$/kWh
Hasta 5kW	10,52 \$/kWh
Hasta 10kW	9,63 \$/kWh
Hasta 15kW	8,76 \$/kWh

Tabla 7. Tarifas de inyección de energía eléctrica en Santa Fe.

CUADRO TARIFARIO

La disminución de los consumos eléctricos de las redes, ya sean logrados por equipos eficientes, o por la incorporación de energías fotovoltaicas, no solamente generan un ahorro por el costo variable de cada unidad ahorrada, sino que también pueden dar lugar a un cambio en los cargos fijos de las facturas, como también en los costos variables de la energía.

En la tabla 8 se muestra el cuadro tarifario de EDENOR, en el cual se puede observar que, al incrementar los consumos mensuales, los costos fijos y variables aumentan.

TARIFA 1 (PEQUEÑAS DEMANDAS)

Uso residencial

Consumo mensual menor que 150 kWh

Cargo fijo	41,75 \$/Mes
Cargo variable	2,84 \$/kWh

Consumo mensual menor de 151 a 325 kWh

Cargo fijo	74,62 \$/Mes
Cargo variable	2,84 \$/kWh

Consumo mensual menor de 326 a 400 kWh

Cargo fijo	124,78 \$/Mes
Cargo variable	2,91 \$/kWh

Consumo mensual menor de 401 a 450 kWh

Cargo fijo	147,78 \$/Mes
Cargo variable	3,02 \$/kWh

Consumo mensual menor de 451 a 500 kWh

Cargo fijo	224,15 \$/Mes
Cargo variable	3,13 \$/kWh

Consumo mensual menor de 501 a 600 kWh

Cargo fijo	443,46 \$/Mes
Cargo variable	3,208 \$/kWh

Tabla 8. Cuadro tarifario EDENOR. Se observa el incremento de los costos fijos y variables al aumentar los consumos mensuales.

Ya que los costos de la energía en el área de Capital Federal son bajos en comparación con el promedio del país, la inversión en solar fotovoltaica posee tiempos de repago más elevados que en otras regiones. Este tiempo depende fundamentalmente de tres puntos clave:

1. Radiación

2. Costo de instalación

3. Cuadro tarifario regional

Asumiendo por simplicidad costos de instalación constantes a lo largo del país, se dividieron las provincias según sus potenciales fotovoltaicos en 3 categorías, donde los umbrales corresponden a valores medios de radiación y tarifa:

- *Potencial fotovoltaico Bueno: Consiste en todas las provincias que poseen radiación superior a 1500 kWh/kWp, y una tarifa eléctrica superior a 4 \$/kWh (sin impuestos).*
- *Potencial fotovoltaico Regular: Consiste en todas las provincias que poseen radiación superior a 1500 kWh/kWp, y una tarifa eléctrica inferior a 4 \$/kWh (sin impuestos).*
- *Potencial fotovoltaico Malo: Consiste en todas las provincias que poseen radiación inferior a 1500 kWh/kWp.*

Los resultados se observan a continuación.

Potencial fotovoltaico Bueno:

- *Formosa*
- *Salta*
- *Mendoza*
- *Córdoba*
- *Jujuy*

- *San Luis*
- *San Juan*
- *La Pampa*
- *Entre Ríos*
- *Santa Fe*
- *Chubut*
- *Regiones de Rio Negro*
- *Neuquén*

Potencial fotovoltaico Regular:

- *Capital Federal*
- *Catamarca*
- *Misiones*
- *La Rioja*
- *Chaco*
- *Santiago del Estero*
- *Corrientes*
- *Buenos Aires*

Potencial fotovoltaico Malo:

- *Tierra del Fuego*
- *Santa Cruz*

CURVAS DE CARGA

Debido a que existe una diferencia entre la tarifa de inyección y la de consumo, el repago de los equipos fotovoltaicos depende de la cantidad de energía autoconsumida, y la cantidad de energía inyectada a la red. En el gráfico 47 se encuentran representadas las curvas de carga residencial y la curva de generación

fotovoltaica estándar. La curva de carga residencial está tomada de la curva de carga de Cammesa para el GBA, aplicando un factor de escala tal que refleje la demanda promedio anual de una vivienda. En función de las áreas superpuestas, es posible estimar un porcentaje de autoconsumo y un porcentaje de inyección,

los cuales influyen directamente en el repago de la instalación. En este caso, la fracción auto-consumida, es decir la abastecida por la generación FV es del orden del 40%(±15%).

La energía auto-consumida se da cuando el usuario consume directamente la energía generada del panel, reduciendo la demanda de la red eléctrica. Se puede decir entonces que el área de superposición de ambos gráficos se “valoriza” a una tarifa minorista.

La energía excedente, en cambio, es energía generada que no fue demandada por el usuario, la cual fue vendi-

da a la red eléctrica a la tarifa de inyección vigente de la región. Se puede decir entonces que el área de la curva de generación que se encuentra por encima de la curva de carga se “valoriza” a la tarifa de inyección local.

Nuevamente, las tarifas regionales, así como la distribución del consumo pueden influenciar el repago de los equipos fotovoltaicos. En caso de poseer una tarifa de inyección menor a la tarifa de consumo, la conveniencia es máxima cuando se auto-consume toda la energía generada.

GENERACIÓN DIARIA Y CURVA DE CARGA

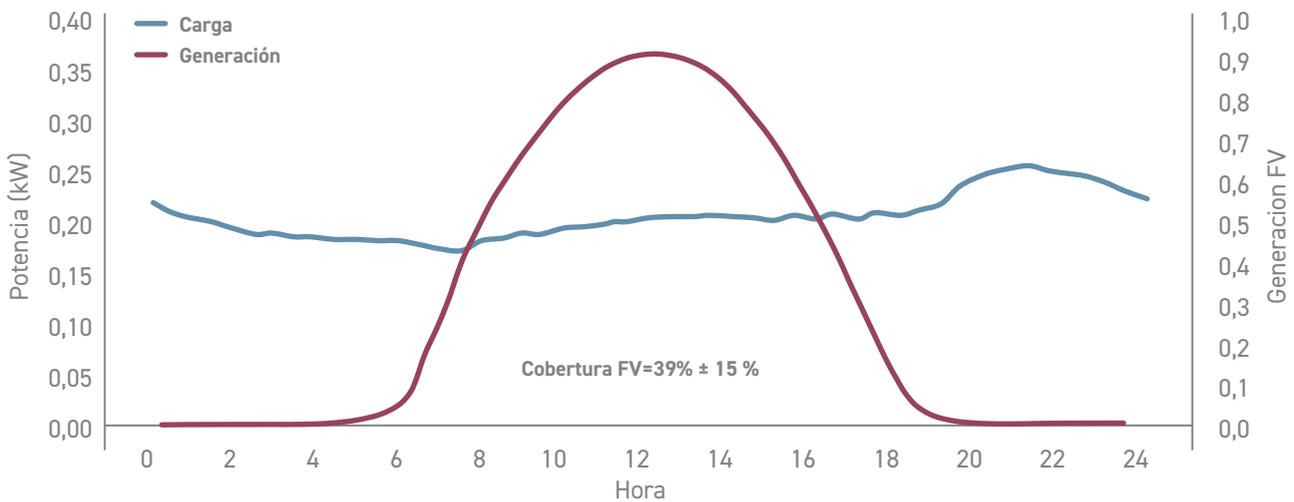


Gráfico 47. Ejemplo de curva de generación y de carga de una vivienda tipo.

ECONOMÍA DE ESCALA

Otro punto de importancia en las instalaciones solares fotovoltaicas se da por su economía de escala, es decir que el precio de la instalación por Watt instalado depende del tamaño de la instalación, con lo cual una instalación pequeña (1-5 kWp) puede tener un precio de 2000-2500 USD/kWp mientras que una instalación más grande (50-

100kWp) puede tener un precio de 1.700-1.900 USD/kWp. Debido a esto, se analiza el caso de realizar una instalación solar fotovoltaica comunitaria.

VOLATILIDAD DE LA ECONOMÍA NACIONAL

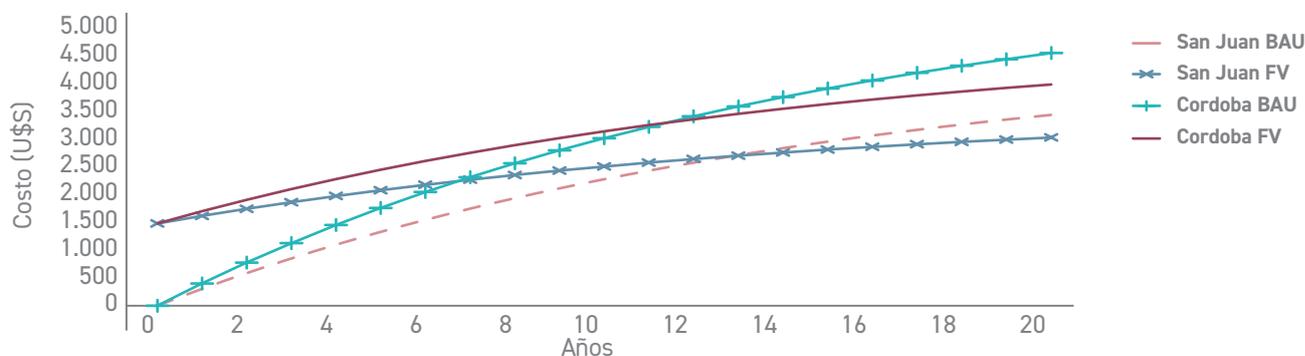
La mayor parte de los insumos utilizados en las instalaciones fotovoltaicas son importados, y por lo tanto se rigen por el valor del dólar, mientras que el valor de las tarifas eléctricas tiene una componente fuerte ligada a las políticas públicas. En los escenarios de devaluación

sin reajustes tarifarios, los tiempos de repago de los equipos fotovoltaicos empeoran. Por ejemplo, en agosto de 2019 el dólar aumentó aproximadamente un 30% sin una contrapartida tarifaria.

En el gráfico 48 se puede observar el repago de una instalación de 1kWp en San Juan, antes y después de la devaluación de agosto 2019. Se puede observar que la devaluación hizo que la instalación pase de repagarse

en 13 años a pagarse en 20. Asimismo, la misma instalación en julio del 2018 tenía un repago de 11 años, que podría considerarse atractivo teniendo en cuenta la vida útil de la instalación.

REPAGO JULIO VS. OCTUBRE



COSTO AL CABO DE 20 AÑOS

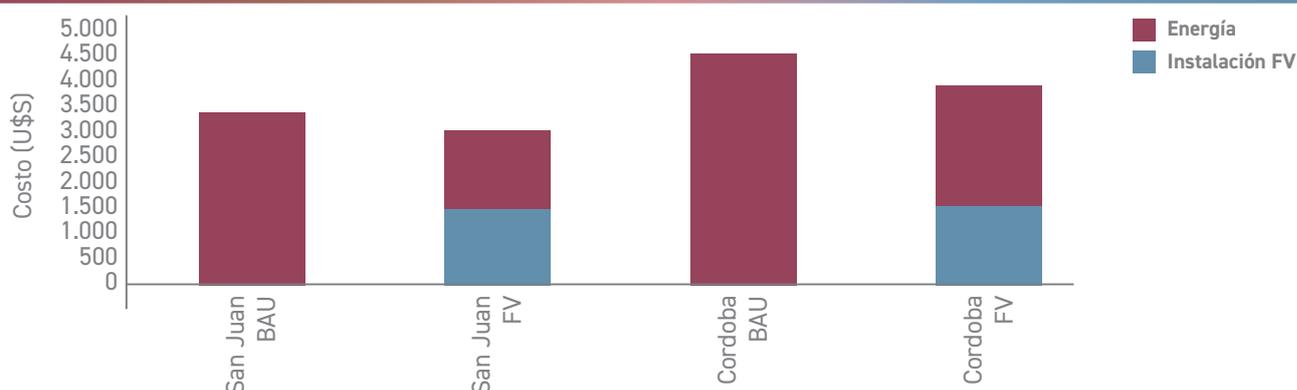


Gráfico 48. Comparación entre el costo de la energía a 20 años para una vivienda BAU contra una equipada con una instalación fotovoltaica de 1kW instalado en San Juan para distintos momentos del último año, utilizando una tasa de descuento del 7%.

SOLAR FOTOVOLTAICA COMERCIAL

En los puntos anteriores se describen una serie de razones por las cuales actualmente no es económicamente rentable la generación fotovoltaica residencial de pequeña escala. En este apartado se propone un ejemplo de instalación con mejor rentabilidad económica, basado en los siguientes puntos:

- Debido a la economía de escala de la tecnología solar fotovoltaica, se propone una instalación de 50kW. Un único inversor de 50 kW (AC), tiene un costo 75% menor al de los 50 inversores individuales de 1 kW (AC). Asimismo, hay ahorros en

los materiales eléctricos como interruptores, cables y protecciones, y en el montaje.

- Se plantea que los equipos se monten sobre una estructura cubierta elevada, la cual genera un espacio útil aprovechable por el resto de los ciudadanos.
- Dado que los centros comerciales poseen una demanda de energía alineada con la generación se reduce la cantidad de energía inyectada a la red, mejorando el repago de los equipos.

- *Se plantea que la instalación se realice en Entre ríos, utilizando el cuadro tarifario del EPRE (Ente Provincial Regulador de la Energía de Entre Ríos), el cual posee tarifas eléctricas más elevadas que en la Capital Federal.*

la imagen 22 encuentra ilustrado el ejemplo de un centro comercial comunitario, sobre el cual fueron montados 50kWp.

En el grafico 49 se puede observar la comparación entre los costos asociados a la energía eléctrica para un comercio estándar de 200MWh/año, comparados contra el costo de instalar una planta fotovoltaica de 50kWp, con el ahorro energético que la misma produce al abastecer parte de los consumos del mismo. El valor utilizado para la construcción de la planta fotovoltaica es de 1700USD/kWp, con lo cual la inversión inicial es de 85.000 USD, el cual se ve reducido en 25.000 USD debido al crédito fiscal explicado anteriormente. Debido a la distribución de consumos en un centro comercial, se supone un autoconsumo del 80% de la energía generada.

Se puede observar que el repago de la instalación se produce en el año 9, y que el ahorro producido durante los 20 años de funcionamiento de la planta fotovoltaica representa una ganancia actual de 50.000 USD.

Como conclusión de este anexo, se obtiene que las instalaciones fotovoltaicas tienen un rendimiento económico muy variado en función de la localización geográfica, los fomentos regionales y el tamaño de la instalación. Se recomienda que las instalaciones sean del mayor porte posible, realizadas en zonas de alta radiación y preferentemente en zonas donde los costos de la electricidad sean altos. Estas son las razones principales por la cual los resultados obtenidos el capítulo "Evaluación económica" son negativos, ya que se tratan de instalaciones chicas, en una zona de radiación media y bajos costos de los servicios eléctricos.

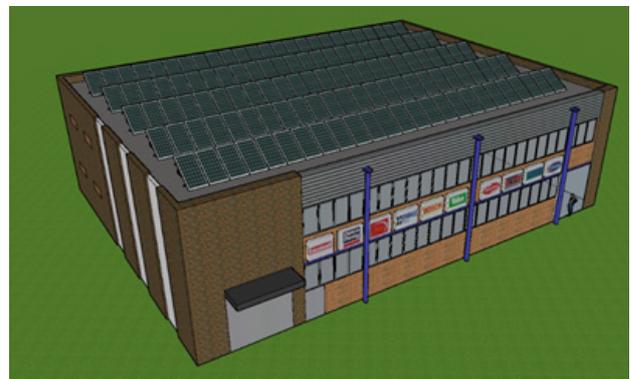
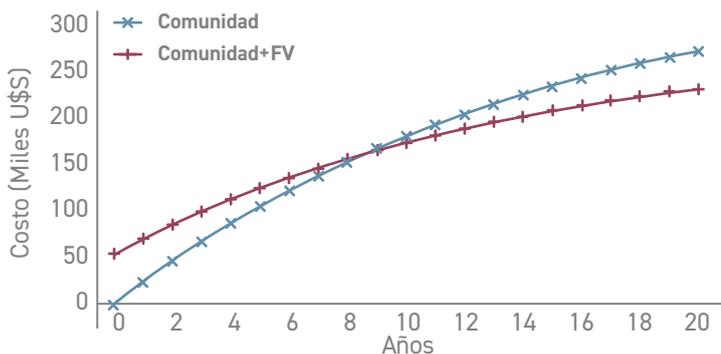


Imagen 22. Instalación solar fotovoltaica comunitaria de 50kWp, montado sobre un centro comercial.

COSTO DE LA ENERGÍA EN UNA INSTALACIÓN COMERCIAL



COSTO AL CABO DE 20 AÑOS

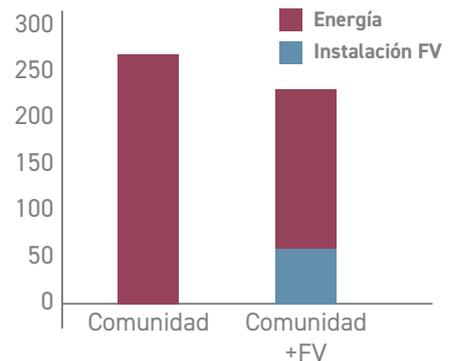


Gráfico 49. Comparación entre el costo de la energía a 20 años para un comercio equipado con una planta fotovoltaica de 50kWp, contra el costo de la energía en un caso tradicional.

Cámara Argentina de la construcción

VIVIENDA SOCIAL SOSTENIBLE

autor Silvina Carrizo
Pablo Azqueta
Damián Strier
Salvador Gil

diseño Hey, Baires!