

Mirenzi, Federico ; Simionato, Juan Pablo

Desarrollo de vivienda eco-sustentable: Análisis económico-financiero, social y ecológico versus vivienda regular

Trabajo Final de Ingeniería Industrial
Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Mirenzi F, Simionato JP. Desarrollo de vivienda eco-sustentable : análisis económico-financiero, social y ecológico versus vivienda regular [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería Industrial. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, 2015. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/desarrollo-vivienda-eco-sustentable.pdf> [Fecha de consulta:.....]



Pontificia Universidad Católica Argentina

Santa María de los Buenos Aires

Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería

INGENIERIA INDUSTRIAL

Trabajo Final

Desarrollo de vivienda eco-sustentable

**“Análisis Económico-financiero, social y ecológico
versus vivienda regular”**

Alumnos:

Mirenzi, Federico.

Simionato, Juan Pablo.

2015

INDICE

INDICE	1
1. Introducción	3
2. Proposito – Resumen Ejecutivo	6
2.1. Propuesta	6
2.2. Presentacion Case Base: Casa Regular	8
3. Desarrollo	13
3.1. Ubicación de la vivienda	13
3.2. Estructura y Materiales de construccion	19
3.2.1. <i>Muros Externos</i>	20
3.2.2. <i>Techos</i>	26
3.2.3. <i>Ventanas</i>	33
3.2.4. <i>Puerta</i>	36
3.2.5. <i>RESUMEN DE LA ESTRUCTURA DE LA COBERTURA DE LA VIVIENDA Y LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS</i>	38
3.3. Uso de Energias Alternativas Renovables	40
3.3.1. <i>ENERGIA SOLAR</i>	40
3.3.2. <i>ENERGÍA ELÉCTRICA</i>	66
3.4. Sistemas de Calefaccion, Refrigeracion y Ventilacion	104
3.5. Sistemas de Circulacion de Agua, Desagues pluviales y Cloacales	116
3.5.1. <i>Elección de artefactos y griferías</i>	116
3.5.2. <i>Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia</i>	127
3.5.3. <i>Analisis Economico uso Sustentable del Agua</i>	134
3.6. Iluminacion Natural y Artificial	136
3.6.1. <i>Iluminación Natural</i>	136
3.6.2. <i>Iluminación Artificial</i>	138
3.7. Eficiencia Energetica	142
3.8. Politicas de Concientizacion	145
4. Comparación de Alternativas – Analisis Economico-Financiero, Social y Ecológico	152
5. Conclusión	154

1. INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XXI se estudió y se planteó un modelo de desarrollo que implicaba el agotamiento de muchos recursos, incluyendo el petróleo, minerales y alimentos con el consecuente agravante de crecientes impactos, directos e indirectos, de la polución generada por el hombre. Dicha proyección de desarrollo no sostenible actualmente se confirma en el modo de vivir de muchas sociedades y se refleja por ejemplo en la creciente demanda de energía, en particular de aquellas provenientes de fuentes no renovables.

En el marco de las tres áreas de sustentabilidad, social, ambiental y económica, el desarrollo, crecimiento y expansión de las ciudades plantea el desafío de un cambio profundo para lograr proyectos que contribuyan a lograr eficiencia energética, uso racional del agua y energía, conservación de suelos y ecosistemas en un marco de factibilidad económica y equidad social. Si bien el desarrollo urbano implica procesos de construcción, producción, uso de materiales, uso de energía y producción de emisiones, el problema radica en fortalecer las capacidades de diseño de manera responsable e inteligente como instrumento fundamental en la puesta en práctica de la sustentabilidad en proyectos, a través de estrategias bioambientales en variables como el agua, uso y calidad del suelo, energía, materiales, vegetación y paisaje, gestión y calidad ambiental. Las decisiones de diseño juegan un rol importante en el desarrollo del hábitat construido, que influyen sobre los usuarios e impactan en el ambiente.

Los impactos ambientales de los edificios, en términos generales, implican:

- Gran demanda de energía: 36% a nivel mundial y 35% en la Argentina.
- Importante proporción de la generación de residuos sólidos (tierra, construcción y demolición).
- Gran demanda de agua y crecientes descargas de aguas servidas y aguas pluviales.
- 20% de polución aérea.
- Modificación del microclima con polución térmica e isla de calor.

El efecto acumulativo provoca serias consecuencias en todas las escalas:

- Mundial: Las emisiones producidas por los edificios contribuyen al fenómeno de cambio climático y de calentamiento global.
- Regional: En esta escala, los impactos también contribuyen a aumentar las consecuencias de las lluvias ácidas y de la polución en las zonas de influencia.
- Urbana: Fenómeno de la isla de calor y de la polución real en ciudades
- Local: los edificios y viviendas generan ruidos, modifican el microclima y el régimen de vientos, arrojan sombras y captan sol, canalizan flujos de aire, favorecen u obstruyen la ventilación urbana y provocan turbulencias locales.

Si bien cada escala del hábitat construido produce impactos particulares, la interacción entre ellos, así como la acumulación de efectos y, más aun, la complementación entre efectos y escalas, da por resultado la multiplicación de los impactos al ambiente y su consecuente incidencia por "efecto boomerang" en el tejido

urbano y la masa edilicia, la cual afecta el nivel de habitabilidad, confort, bienestar, productividad y salud de los usuarios.

Por ende entendemos que es sumamente importante lograr un desarrollo urbano sustentable enfocado en la reducción de estos impactos ya descritos, lo cual se logra abarcando múltiples aspectos, siendo los más relevantes:

- Eficiencia energética: Se deberán tener en cuenta la forma edilicia, aislantes térmicos, instalaciones, el uso de energías alternativas, acondicionamiento, ventilación e iluminación natural.
- Uso racional del agua: Con el aporte de reciclaje de agua de lluvia y aguas grises, artefactos de bajo consumo y diseño funcional del paisaje.
- Conservación de suelos y ecosistemas: Evitando sitios vírgenes, favoreciendo la absorción del suelo y el desarrollo de vegetación.
- Micro climatización: Considerando en el diseño urbano la adecuación ambiental de espacios públicos ambientales y de espacios públicos exteriores, sol y sombra, ventilación y brisa, humidificación, etc.
- Calidad ambiental de interiores (IAQ): Cuidando la ventilación natural, el control de emisiones, el uso de materiales sanos y de bajo impacto en la salud de los ocupantes.
- Materiales de bajo impacto: Incluyendo todo el proceso productivo, desde la extracción de materia prima, transporte, colocación en obra y uso en el tiempo, contemplando su reutilización, renovación, reciclaje, deconstrucción y deposición final.

En Argentina, el stock edilicio utiliza más del 34% de la demanda energética y produce el 24% de los GEI (gases de efecto invernadero). A su vez, utiliza la mayor cantidad de agua potable y produce una gran proporción de los desechos urbanos. Las políticas gubernamentales continúan manteniendo bajos costos en la provisión de fuentes de energías no renovables (petróleo, gas (shale oil & gas), energía eléctrica (CC)) en áreas urbanas y subvenciones a las tarifas en las regiones más frías del país con alta demanda energética, mientras que en buenos aires la abundancia del suministro de la red de agua potable se contrapone a las grandes áreas del país con falta de agua y con la presencia de contaminación por arsénico y otras sales. Por el contrario, no hay políticas de fomento e incentivación tendientes al uso racional de los recursos.

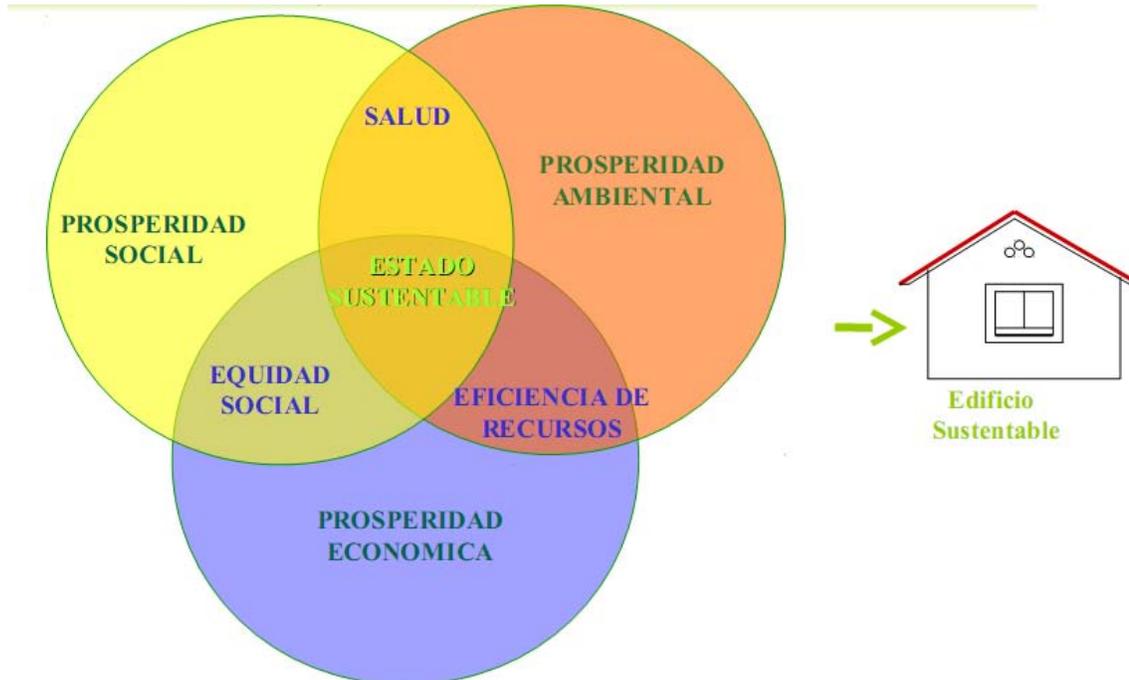
En la actualidad, a fin de reducir el impacto que implica el desarrollo urbano, muchos han optado por diseños de construcciones sustentables a fin de contribuir a la sociedad en todas las escalas. Algunos países ya desarrollaron programas de certificación de viviendas sustentables (Green Home), en los que se verifica que los edificios cumplan con pre-requisitos establecidos y sumen así puntos para obtener distintos niveles de certificación (Hay un mínimo preestablecido por debajo del cual el edificio califica como no sustentable). Esto ya se ha desarrollado en Estados Unidos (Certificación LEED - Leadership in Energy & Environmental Design), Inglaterra (Certificación BREEAM) y Alemania (Certificación DGNB). Otros países son más exigentes en sus reglamentaciones impuestas en el CTE (Código técnico de la edificación) principalmente en exigencias básicas de ahorro de energía, estableciendo contribuciones mínimas para agua caliente sanitaria y electricidad a base de energías renovables, aislación térmica y eficiencia energética en sus instalaciones, siendo el CTE español un buen ejemplo de estas reglamentaciones.

Dada la relevancia que está tomando la sustentabilidad en el desarrollo urbano a nivel global, por más que en Argentina este concepto no esté tan arraigado como en otros países, desde el punto de vista la ingeniería consideramos que si se aplica correctamente, se pueden lograr grandes beneficios a nivel social-económico-ecológico. Dejando de lado las grandes escalas y tomando como punto de partida una propuesta que fomente el cambio a partir del individuo, de la familia, de la casa promedio del país y mundo donde vivimos, el presente documento tiene por objeto proponer el desarrollo de viviendas eco-sustentables, adaptables a la economía, ecología y sociedad en la que la mayoría convive. Propuesta que analizaremos a continuación.

2. PROPOSITO – RESUMEN EJECUTIVO

2.1. PROPUESTA

El trabajo final propone una comparación de alternativas entre una vivienda regular y una vivienda sustentable en una localidad específica elegida en nuestro país. Para dicho análisis entrarán en juego las 3 áreas que involucra el principio de desarrollo sustentable: ecológica, social y económico-financiera.



- Área ecológica: Se compararán a las viviendas teniendo en cuenta el impacto ambiental generado por ambas haciendo foco en el consumo de agua, reutilización de materiales y consumo energético.
- Área Social: Se evaluará como afecta cada tipo de vivienda la calidad de vida humana tanto a nivel interior a la misma como exterior en la sociedad.
- Área económico-financiera: Se tratarán a ambas viviendas como proyectos de inversión a comparar separadamente (método de costo anual equivalente) y como alternativas analizando posibles ahorros en costos y períodos de amortización de la inversión en el escenario actual de nuestro país. Consideraremos también un análisis de sensibilidad de variables para distintos escenarios propuestos para el futuro de la Argentina.

Estas 3 áreas se introducirán constantemente en nuestro trabajo enfocándonos en 8 factores que consideramos primordiales a la hora de la toma de decisión entre una vivienda regular y sustentable.

- 1) Ubicación de la vivienda.
- 2) Estructura y materiales de construcción.
- 3) Uso de energías alternativas renovables.
- 4) Sistemas de circulación de agua, desagües pluviales y cloacales.
- 5) Sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación. Aislantes térmicos.
- 6) Iluminación natural y artificial.
- 7) Política de concientización. Residuos, consumo de agua y energía.
- 8) *Eficiencia energética. Concepto y aplicación.*

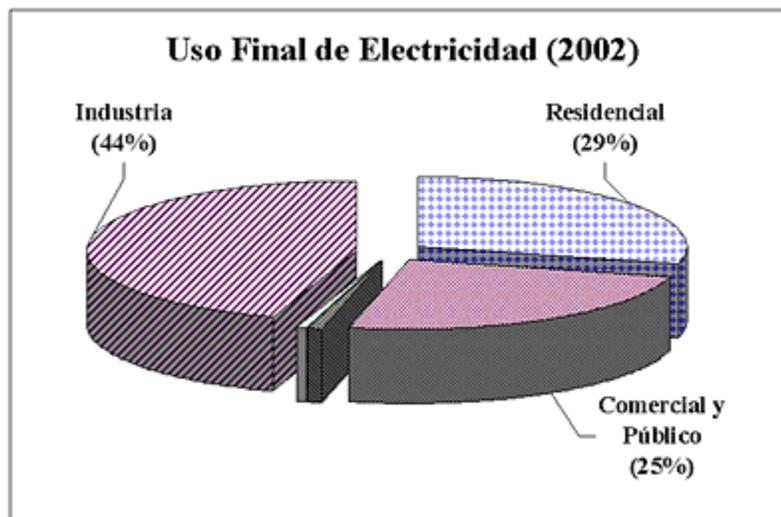
En la siguiente sección procederemos a comparar estos factores con sus correspondientes ventajas y desventajas a fin de justificar la elección de nuestra vivienda sustentable para su posterior comparación con una regular.

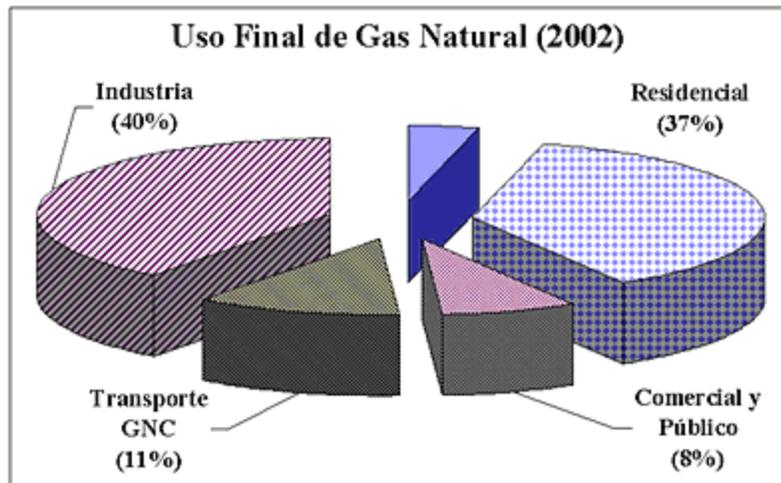
A su vez, la idea también es ahondar en análisis de ahorros energéticos, conseguidos a partir de la implantación de medidas de mejora de la eficiencia energética manteniendo o incluso mejorando las condiciones de confort de una casa, así como en la utilización de fuentes de energías renovables. De esta manera, evaluar consumos energéticos, identificar puntos de mejora de la eficiencia en iluminación, climatización, procesos de frío/calor, motores, aislamiento, etc., analizando la propuesta, estimando ahorros energéticos y económicos y periodos de retorno de la inversión, planteando mejoras y finalmente proponer controles periódicos de la evolución y funcionamiento de las instalaciones, llevando a cabo mediciones y verificaciones y realizar el mantenimiento integral de las instalaciones afectadas, asumiendo, en general, el riesgo de rendimiento de sus soluciones. Existe variedad en los parámetros para la definición del modelo energético en cuanto a reparto de ahorros, financiación del proyecto y duración.

Además, destacamos en todas las aristas de nuestro análisis, el concepto de eficiencia energética y cultura de ahorro de la energía. Los países europeos hacen rato que vienen desarrollando una cultura de la eficiencia energética, tanto en la industria como en otros sectores, ante menor cantidad de recursos disponibles. Hoy en día, en la Argentina, frente a la crisis energética y siendo un país con escasa cultura de ahorro en materia de energía, la eficiencia energética empieza a ser considerada una fuente nueva y es muy importante entenderlo de esta manera ya que con muy poca inversión e implementando sistemas de gestión eficaces es posible generar grandes ahorros. Considerando este escenario, se nos presenta un desafío a la hora de plantear un proyecto de estas características, ya que adicionalmente luchamos con la idea de romper esquemas actuales y realizar un cambio de paradigma al cual el mundo entero quiere apuntar, no solo a nivel económico de ahorro, inversión y financiación, sino también a nivel social y ecológico.

2.2. PRESENTACION CASE BASE: CASA REGULAR

En la actualidad, la hornalla de una cocina doméstica, así como el quemador de una caldera u horno industrial, o el surtidor de una estación de GNC constituyen el final de una compleja cadena que requiere de permanentes inversiones. Dichas inversiones se extienden desde la exploración de reservas de gas natural - que permitan atender las demandas actuales y futuras - hasta la operación de equipos de captación y plantas de tratamiento, las estaciones de compresión, el transporte por grandes gasoductos y la compleja red de distribución con su correspondiente infraestructura de regulación y medición, entre otros puntos. De manera análoga, la electricidad no se reduce al tomacorriente dónde se conectan diversos artefactos que facilitan nuestras vidas. Se trata del último eslabón de una larga cadena que se inicia en las grandes centrales de generación y que reúne determinadas características. Entre ellas, ser generada en grandes y costosas plantas, en el mismo instante en que se requiera; viajar hasta los centros poblados, recorriendo cientos de kilómetros y empleando torres, transformadores y cables; lograr su distribución en bloques menores de energía, utilizando a la vez transformadores, postes y kilómetros de cable, hasta llegar a los hogares; ser entregada con una calidad determinada, medida y facturada, para lo cual se requiere de equipos de medición, herramientas y personal adecuado. Cuando alguno de los eslabones de la cadena productiva falla se afectan la calidad o la cantidad del suministro en los puntos terminales, entre los que además de los hogares se encuentran hospitales y escuelas, supermercados y comercios, industrias, oficinas públicas, establecimientos rurales y transporte de pasajeros. Dicho grupo conforma "la demanda" y sus consumos energéticos dependen no sólo de la actividad económica desarrollada sino también de otras variables. Los siguientes gráficos es un ejemplo de consumo a nivel general.





Tal como puede observarse en los gráficos, los principales consumidores de gas natural y electricidad son los sectores industrial y residencial. En el caso de la electricidad, los sectores comercial y público (oficinas públicas, comercios, alumbrado público, hospitales y escuelas) representan una importante fracción del total, en tanto que para el caso del gas natural uno de los consumos más significativos está representado por el GNC destinado al transporte. Las estadísticas proporcionan información valiosa a los efectos de evaluar los consumos de cada sector, pero poco aportan sobre la eficiencia energética, concepto que si bien adquiere cierta relevancia en momentos críticos, deberían estar siempre presentes en cualquier sociedad que se proyecta hacia el futuro.

Tal como mencionamos en la propuesta, la cultura de ahorro energético en la Argentina es casi nula a nivel doméstico. No solo faltan políticas y sistemas de gestión de índole ambiental sino también un desarrollo social que traspase barreras. El conjunto de acciones destinadas a optimizar los consumos se conoce en el marco internacional bajo el nombre de Demand Side Management (Administración del Lado de la Demanda o ADL). La idea madre que rige este enfoque es que resulta más barato modificar hábitos de consumo y desempeño de equipos que construir nuevas instalaciones destinadas a la producción de combustibles y generación de electricidad. El concepto de ADL ha sido puesto en práctica por numerosos países, los que han comprendido que es absolutamente necesario fomentar la reducción de consumos por medio de diferentes acciones.

Por lo tanto, nosotros apuntamos a este enfoque de evolución sustentable de desarrollo de nuevas formas de vivienda totalmente adaptables a las formas actuales. Expondremos en el presente trabajo, análisis de diferenciales de inversiones, consumos adicionales y ahorros en cuanto a electricidad y gas natural para nuestra propuesta de "caso base" vs "caso propuesto". O sea, a partir del "caso base" (una vivienda para una familia tipo, con consumos, tamaño, estructura, artefactos y demás en cantidades promediadas a nivel global/regional que describiremos a continuación) analizaremos las alternativas de agregar distintos conceptos sustentables a fin de evaluar los beneficios a partir de dichos valores diferenciales.

Consideramos que nuestro "caso base" contará con las siguientes características regulares promedio, lo que sería para nosotros una vivienda regular:

- **Familia:**

Consideramos a los integrantes de una vivienda como una familia tipo de 4 personas: padre, madre y 2 hijos.

- **Consumos:**

Electricidad

Algunos consumos paramétricos:

Consumo indicativo de artefactos eléctricos		
Electrodoméstico	Potencia (W)	Consumo (kWh)
Horno eléctrico	1300	1,04
Aire acondicionado	1350	1,013
Lavarropas	2520	0,882
Cafetera	900	0,72
Plancha	1000	0,6
PC	300	0,3
LED	185	0,185
Termotanque	3100	0,09
TV	70	0,07
Anafe de inducción*	3100	0,19
Extras	0	1
Total	10.920	6,09

Por ejemplo, lo que es el consumo mensual de energía eléctrica en Kwh, por estadísticas, consideramos normal para una casa entre 300-400 Kwh. En verano con AA más, alrededor de 700 Kwh en julio-agosto.

Agua

En USA, el promedio de consumo de agua domiciliar es de 300 Lt./día/persona, mientras que en la Argentina puede variar de entre 400 a 600 Lt./día. Por lo tanto, tomamos en promedio 200 Lt./día/persona, lo que da un consumo total bimestral promedio de 50.000 Litros.

Gas Natural

Según consultas hechas en distintas propiedades de distintos lugares = consumo de 1600 m³ bimestral. Costo del mismo según base de datos del municipio de Bahía Blanca es de 0,216 \$/m³ + \$ 22 fijos (lo cual no importa por evaluamos costos incrementales y en este caso se toma el variable).

- **Tamaño:**

El tamaño de una casa es asunto de primera importancia y no es algo fácil de definir. Hay un ideal de tamaño y también unos promedios de medidas que dan algunas ideas como para especular. El valor de mercado de una casa está fuertemente condicionado por el tamaño de la misma, tanto en metros cuadrados cubiertos como la extensión total de la propiedad. Un tamaño clásico para una familia típica de cuatro integrantes es de unos 60 metros cuadrados y puede ampliarse a 84 m² (Lea el artículo sobre "[La casa grande](#)").

El uso que se le da a una casa y el número de habitantes termina definiendo mejor el tamaño de la vivienda. Pero hay criterios que miran por menos metros cuadrados y otros en sentido opuesto. La vivienda para una persona sola suele tener mayor superficie relativa que una casa mayor con varios ocupantes, dividiendo los metros cubiertos por el número de ocupantes. Varios factores actúan a favor de la reducción del tamaño de las viviendas para familias tipo pero, no hay duda, el espacio dilatado es mejor habitable.

Por ejemplo, una casa de 168 m² puede estar conformada de la siguiente forma:

- Cocina 10 m²
- Espacio abierto lindero a la cocina 4 m²
- Comedor 15 m²
- Salón 25 m²
- Terraza o balcón del salón 10 m²
- Pasillos distribuidores 12 m²
- Dormitorio principal con vestidor 20 m² dormitorios secundarios 15 m² cada uno
- Estudio 15 m²
- Baño 4 m² y 8 m²
- Habitación de trastes 15 m²

De acuerdo a estos datos consideramos que nuestra casa promedio tendrá 100 m² aproximadamente, donde habitarán 4 personas (familia tipo de padre y madre y 2 hijos). Los datos que tomamos como parámetro para nuestros análisis son:

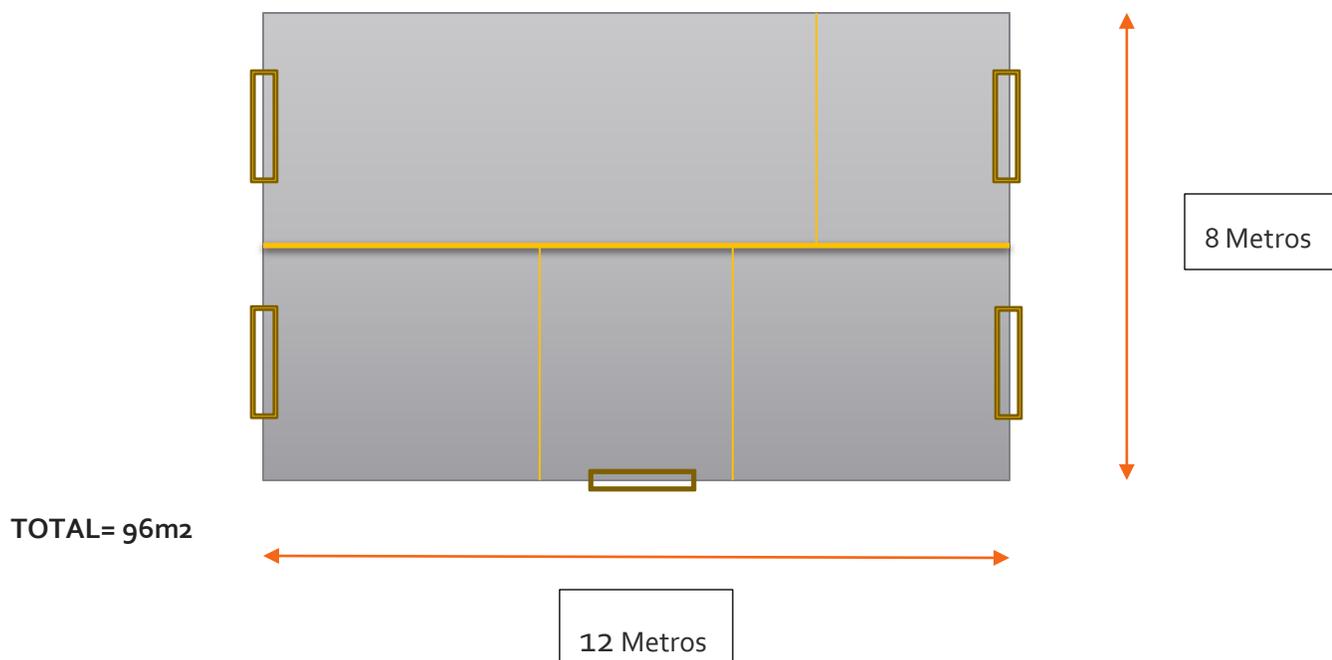
Dimensiones Base: 12 m x 8 m.-

Altura: 4 m.-

Ventanas: 2 al Oeste, 2 al Este, 1 Ventanas al Sur.-

Temperatura interna deseada: entre 22° y 24° C.-

Un croquis descriptivo sobre la idea que tenemos en mente sería lo siguiente:



3. DESARROLLO

En esta etapa analizaremos los puntos más técnicos y relevantes del desarrollo del concepto de la vivienda eco-sustentable, barriendo los factores antes mencionados evaluando la conveniencia, factibilidad y aceptación de acuerdo a la base de la sustentabilidad de la casa a largo plazo.

3.1. UBICACIÓN DE LA VIVIENDA

Para determinar la ubicación de la vivienda analizamos los comportamientos climáticos de las distintas regiones del país, haciendo énfasis principalmente en temperaturas promedio, radiación solar, intensidad y dirección del viento. El objetivo no es lograr preponderancia de un factor sobre otro (por ejemplo radiación solar sobre intensidad del viento), sino que nos enfocamos en la búsqueda de valores aceptables/redituables que nos permitan aprovechar el comportamiento del clima de forma global.

Analizando los datos climáticos de todas las localidades registradas en la Norma Iram 11603 (Acondicionamiento térmico de edificios - Clasificación bioambiental de la República Argentina) en conjunto al análisis de radiación solar del Atlas de Energía Solar de la República Argentina nos hemos decidido por **Bahía Blanca - Bs. As** ya que si bien no presenta los valores óptimos de velocidad del viento (Patagonia Argentina) y radiación solar (Noroeste Argentino), podemos afirmar que la velocidad del viento en la zona es una de las más elevadas registradas por la Norma y que la radiación solar es promedio, dándonos una primera posibilidad de amortización de la inversión considerando la inserción de energías renovables (solar y eólica) a la vivienda sustentable, factores que se analizarán luego.

Las características climatológicas de Bahía Blanca son las siguientes:

Posición Satelital:

Latitud	38° 42' 32,9" S
Longitud	62° 15' 46,9" O

Estación	T _{MED}	T _{MAX}	T _{MIN}	T _{MA}	T _{DMIN}	PREC _{MED}	HR	HEL _{RE}	V _{MED}	GD ₁₆	GD ₁₈	GD ₂₀	GD ₂₀
Invierno	9,60	15,3	4	- 11,8	-5,6	142	73	5	21,8	1059	1477	1966	2524
Verano	22	29,2	14,8	43,8	39	271,9	58,2	9,2	24,4	NA	NA	NA	NA

Fuente: Norma Iram 11603:2011 - Datos climatológicos correspondientes al período 1980/2009

Características Climáticas de la ciudad de Bahía Blanca:

- Invierno: Período comprendido entre el 21 de Junio y el 21 de Septiembre
- Verano: Período comprendido entre el 21 de Diciembre y el 21 de Marzo
- T_{MED}, T_{MAX}, T_{MIN}, T_{MA}, T_{DMIN}: Temperaturas media, máxima media, mínima media, mínima absoluta y de diseño mínima en grados Celsius
- PREC_{MED}: Precipitación media en mm
- HR: Humedad relativa media mensual en por ciento
- HEL_{REL}: Heliofanía relativa, división entre las horas del sol por la cantidad de horas de sol posibles en la localidad
- V_{MED}: Velocidad media del viento, en kilómetros por hora
- GD_A: Grados días de calefacción en función a distintas temperaturas de confort, en grados Celsius. Es la suma, a lo largo de los días de invierno, de las diferencias de temperatura entre la temperatura de confort establecida (A) y la temperatura media diaria (T_{mi}): $GD_A = \sum_{i=1}^n (A - T_{mi}) \cdot X$. X es un coeficiente lógico que valdrá 1 cuando T_{mi} < A y 0 cuando T_{mi} > A

Podemos apreciar en el siguiente cuadro de la Norma IRAM que el recurso eólico de Bahía Blanca representa uno de los mayores valores en comparación al resto de las ciudades:



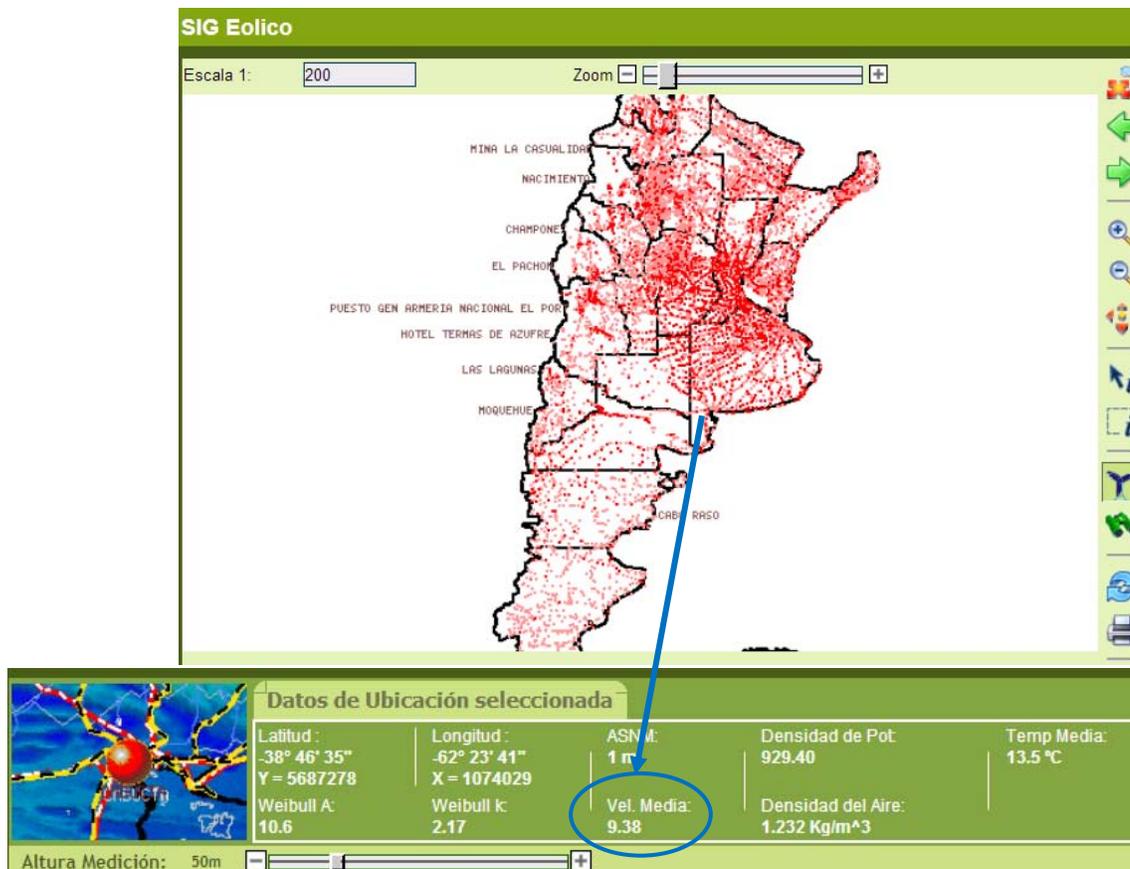
Tabla A.2 - Datos climáticos de verano

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMX	PREC	HR	HELRE	VM
BUENOS AIRES (AEROPARQUE)	BAC	-34,57	-58,42	6	23,33	27,0	19,6	39,6	34,4	451,5	69,3	8,5	16,7
BUENOS AIRES	BAC	-34,58	-58,48	25	23,68	28,5	18,8	40,5	36,5	515,8	67,6	8,2	11,1
PERGAMINO (INTA)	BAP	-33,93	-60,55	65	22,31	28,7	15,9	40,3	37,7	465,9	70,7	8,7	10,2
PEHUAIJO (AERO)	BAP	-35,87	-61,90	87	21,51	28,1	14,9	39,0	36,5	472,5	72,2	9,0	11,9
JUNIN (AERO)	BAP	-34,55	-60,92	81	21,93	28,4	15,4	41,3	36,9	482,3	71,8	8,3	11,5
NUEVE DE JULIO	BAP	-35,45	-60,88	76	22,27	29,0	15,6	41,8	37,4	475,4	67,5	-	10,8
SAN FERNANDO	BAP	-34,45	-58,58	3	22,75	27,8	17,8	39,4	35,6	453,9	69,2	-	13,6
DON TORCUATO (AERO)	BAP	-34,48	-58,62	4	22,98	28,0	18,0	40,0	36,4	444,3	71,0	8,7	12,9
SAN MIGUEL	BAP	-34,55	-58,73	26	22,89	28,5	17,4	40,5	36,5	465,1	72,9	8,7	9,5
EL PALOMAR (AERO)	BAP	-34,60	-58,60	12	22,52	28,3	16,8	39,7	36,4	459,0	69,2	8,1	12,9
EZEIZA (AERO)	BAP	-34,82	-58,53	20	22,42	28,5	16,4	41,2	36,9	422,4	69,8	6,4	13,7
LA PLATA (AERO)	BAP	-34,97	-57,90	23	21,89	27,4	16,4	39,9	35,5	446,2	76,2	8,7	15,1
PUNTA INDIO B.A.	BAP	-35,37	-57,28	22	21,86	26,6	17,1	39,8	35,3	394,9	78,9	8,1	16,6
CORONEL SUÁREZ (AERO)	BAP	-37,43	-61,88	233	19,73	27,0	12,4	39,2	35,5	378,6	67,9	8,6	15,0
TANDIL (AERO)	BAP	-37,23	-59,25	175	19,48	26,4	12,6	37,4	34,9	377,0	71,2	7,7	14,8
BENITO JUÁREZ (AERO)	BAP	-37,72	-59,78	207	20,06	26,8	12,6	39,7	35,6	360,0	72,9	9,2	13,3
PIGÜE (AERO)	BAP	-37,60	-62,38	304	20,17	27,1	13,0	39,5	36,0	373,5	64,0	8,4	9,6
LAPRIDA	BAP	-37,57	-60,77	212	20,17	28,3	12,4	39,7	36,7	391,6	66,9	-	12,1
TRES ARROYOS	BAP	-38,03	-60,25	115	20,16	27,4	13,9	40,5	36,6	344,9	64,2	8,5	13,3
MAR DEL PLATA (AERO)	BAP	-37,93	-57,58	21	19,43	25,2	13,6	39,3	35,6	372,9	76,3	6,0	16,6
BAHÍA BLANCA (AERO)	BAP	-38,73	-62,02	83	22,00	29,2	14,8	43,8	39,0	271,9	58,2	9,2	24,4
SATINOSA (AERO)	BA	-39,08	-69,77	157	23,02	30,2	16,6	47,1	42,4	279,2	69,9	7,9	15,9
PILAR (OBS.)	CD	-31,07	-63,88	338	22,79	28,7	16,9	40,7	37,4	493,0	72,0	8,3	7,5
VILLA DOLORES (AERO)	CD	-31,95	-65,13	569	24,01	31,0	17,1	43,0	39,0	440,8	63,6	8,5	6,8
CÓRDOBA (AERO)	CD	-31,32	-64,22	474	22,35	28,3	16,5	40,0	36,6	541,7	71,3	7,5	11,5
CÓRDOBA (OBS.)	CD	-31,40	-64,18	425	23,65	29,8	17,6	41,0	38,2	493,0	68,0	7,8	5,0
RÍO CUARTO (AERO)	CD	-33,12	-64,23	421	22,18	27,9	16,5	40,3	36,5	486,0	68,8	7,4	15,9
MARCOS JUÁREZ (AERO)	CD	-32,70	-62,15	114	22,93	29,5	16,4	41,2	37,7	482,4	75,5	8,3	10,5
LABOULAYE (AERO)	CD	-34,13	-63,37	137	22,27	29,0	15,5	42,0	37,6	487,3	71,6	8,6	11,8
VILLA MARÍA DEL RÍO SECO	CD	-29,90	-63,68	341	23,21	30,0	16,5	42,7	39,6	524,1	77,3	-	5,8
LAS BRÑAS (INTA)	CHC	-27,08	-61,12	102	26,29	32,3	20,3	42,8	40,5	537,0	-	8,5	-

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMX	PREC	HR	HELRE	VM
RESISTENCIA (AERO)	CHC	-27,45	-59,05	52	26,10	32,1	20,1	41,6	39,8	641,2	73,3	7,1	9,3
ESQUEL (AERO)	CHU	-42,93	-71,15	797	13,89	20,7	7,1	34,0	31,1	85,8	50,7	9,6	25,0
PASO DE INDIOS	CHU	-43,82	-68,88	460	16,65	24,9	8,4	38,8	35,3	38,2	42,6	7,6	18,3
TRELEW (AERO)	CHU	-43,20	-65,27	43	19,87	27,5	12,2	40,8	38,2	69,4	46,5	9,3	26,1
COMODORO RIVADAVIA (AERO)	CHU	-45,78	-67,05	46	18,45	24,5	12,4	39,5	34,9	56,5	41,6	8,4	24,5
CORRIENTES (AERO)	CR	-27,45	-58,77	62	26,11	31,9	20,4	41,1	39,4	656,6	73,3	8,6	12,2
BELLA VISTA (INTA)	CR	-28,43	-58,92	70	25,72	30,9	20,5	40,7	38,5	608,3	74,9	8,1	7,4
PASO DE LOS LIBRES (AERO)	CR	-29,68	-57,15	70	25,30	31,1	19,5	42,0	39,0	566,0	69,6	7,1	12,8
MONTE CASEROS (AERO)	CR	-30,27	-57,65	54	25,31	31,1	19,5	40,3	38,6	577,8	70,0	8,6	7,2
PARANÁ (AERO)	ER	-31,78	-60,48	78	23,86	29,6	18,2	39,5	37,0	529,4	69,2	8,3	11,4
VILL AGUAY (AERO)	ER	-31,85	-59,08	43	23,52	30,0	17,2	40,7	38,1	432,2	70,3	-	10,6
CONCORDIA (AERO)	ER	-31,30	-58,02	38	24,42	30,5	18,3	41,0	38,8	545,0	67,3	6,9	9,4
GUALEGUAYCHÚ (AERO)	ER	-33,00	-58,62	21	23,71	29,9	17,5	41,0	38,2	457,8	68,9	7,6	8,2
LAS LOMITAS	FM	-24,70	-60,58	130	27,00	33,9	20,9	46,0	41,9	552,6	71,4	8,0	8,3
FORMOSA (AERO)	FM	-26,20	-58,23	60	27,15	32,8	21,5	43,5	40,0	596,4	72,9	8,3	13,0
LA QUIACA (OBS.)	JJ	-22,10	-65,60	3459	13,55	20,2	6,9	28,8	26,3	291,2	62,9	8,5	8,9
JUJUY (AERO)	JJ	-24,38	-65,08	905	23,40	29,1	17,7	40,2	37,1	570,8	75,9	6,3	7,8
VICTORICA	LP	-36,22	-65,43	312	22,20	29,8	14,4	43,0	39,5	387,5	-	-	-
GENERAL PICO (AERO)	LP	-35,70	-63,75	145	22,58	29,4	15,8	43,0	38,6	485,6	66,0	5,7	12,3
SANTA ROSA (AERO)	LP	-36,57	-64,27	191	22,21	29,4	15,0	42,1	38,8	380,0	61,6	9,0	12,5
CHILECITO (AERO)	LR	-29,23	-67,43	945	25,04	32,3	17,9	44,3	40,5	116,2	61,6	8,2	9,1
LA RIOJA (AERO)	LR	-29,38	-66,82	429	26,74	33,3	20,0	46,0	42,4	299,7	62,7	7,2	7,1
CHAMICAL (AERO)	LR	-30,37	-66,28	461	25,60	31,9	19,3	44,6	41,0	356,1	61,1	8,1	10,9
CHEPES	LR	-31,03	-66,60	658	25,05	31,6	18,3	43,2	40,0	305,2	62,2	-	8,8
IGUAZÚ (AERO)	MI	-25,73	-54,47	270	25,57	31,3	19,8	40,0	37,0	624,8	78,3	6,1	6,4
BERNARDO DE IRIGOYEN (AERO)	MI	-26,25	-53,65	815	22,92	27,4	18,4	35,7	32,8	741,6	78,9	7,2	12,9
POSADAS (AERO)	MI	-27,37	-55,97	125	26,57	32,2	20,9	42,1	38,6	644,6	69,8	6,4	11,3
SAN MARTÍN (MZA)	MZ	-33,08	-68,42	653	23,60	30,8	16,4	42,7	38,4	150,9	58,3	9,5	6,4
MENDOZA (AERO)	MZ	-32,08	-68,78	704	24,06	30,7	17,3	44,4	39,0	145,2	52,9	9,2	9,2
MENDOZA (OBS.)	MZ	-32,88	-68,85	827	22,90	28,9	16,9	40,2	36,1	153,6	57,0	8,1	5,6
CHACRAS DE CORIA	MZ	-32,98	-68,87	921	21,29	28,0	14,5	41,3	36,8	148,7	59,9	8,7	5,5
MALARGUE (AERO)	MZ	-35,05	-69,58	1425	18,57	26,9	10,2	36,5	34,0	115,2	49,7	10,0	7,2
SAN RAFAEL (AERO)	MZ	-34,58	-68,40	748	21,86	29,6	14,2	43,3	38,0	186,6	56,3	8,3	7,5
NEUQUÉN (AERO)	NQ	-38,95	-68,13	271	21,95	29,9	13,9	42,3	38,5	60,1	42,5	9,6	12,6
CIPOLLETTI	RN	-38,95	-67,97	265	21,90	30,2	13,9	43,0	39,1	97,0	51,7	-	11,9
BARILOCHE (AERO)	RN	-41,15	-71,02	840	13,70	21,4	5,9	35,0	32,0	92,5	56,7	9,8	24,1
MAQUINCHAO	RN	-41,25	-68,73	888	16,41	24,6	8,3	37,0	35,0	67,9	50,6	-	16,6

Fuente: Norma Iram 11603:2011

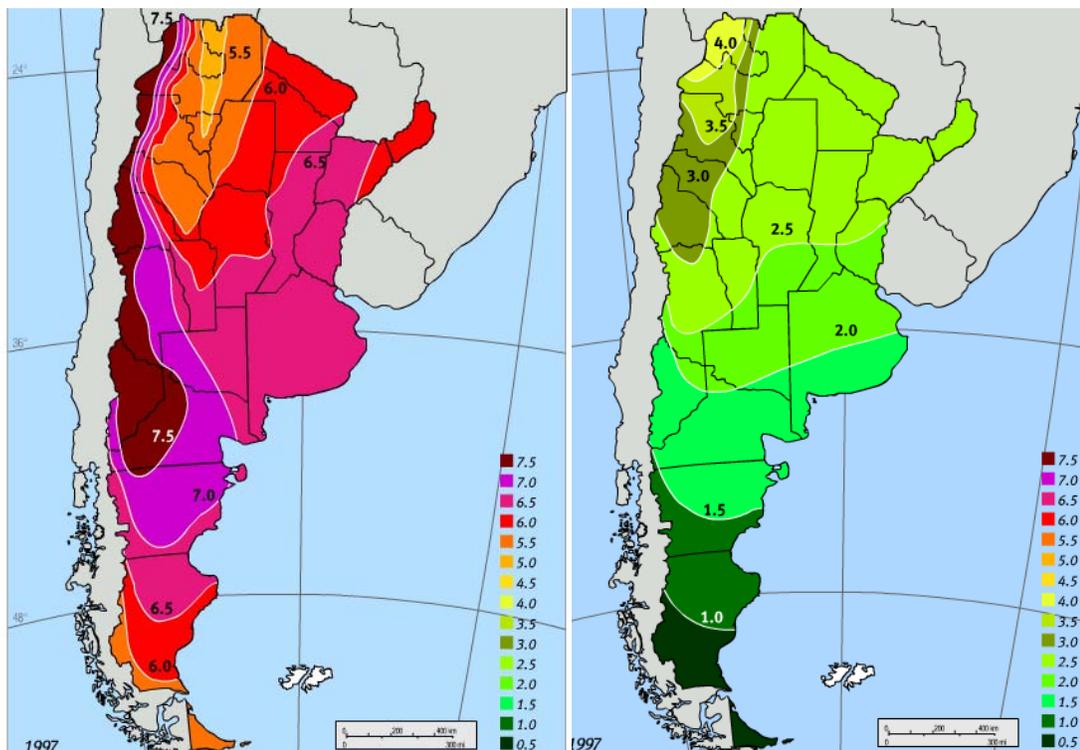
A fin de obtener información más detallada en cuanto al potencial eólico de la zona, nos basamos en el SIG Eólico (Sistema de información geográfico - Mapa eólico nacional), del cual obtuvimos para la zona de Bahía Blanca los siguientes datos:



Sig Eólico - Datos del potencial eólica de la zona Bahía Blanca - Velocidad Media de 9,38 m/s.

Podemos afirmar que el recurso eólico con que cuenta Bahía Blanca es más que aceptable considerando que la velocidad media del viento por la zona de 9,38 m/s se aproxima y hasta supera en algunos casos al de la Patagonia Argentina, como ser en Trelew - Chubut con 8,9 m/s, San Julián - Santa Cruz con 8,97 m/s y Río Gallegos - Santa Cruz con 10,92 m/s (Segunda Ciudad más ventosa del mundo).

En cuando al potencial del recurso solar, nos basamos en el Atlas de energía Solar de la República Argentina obteniendo la siguiente información para la zona de Bahía Blanca:



Distribución espacial de la irradiación global horizontal promedio diaria en meses de Enero (Izquierda) y Julio (Derecha).

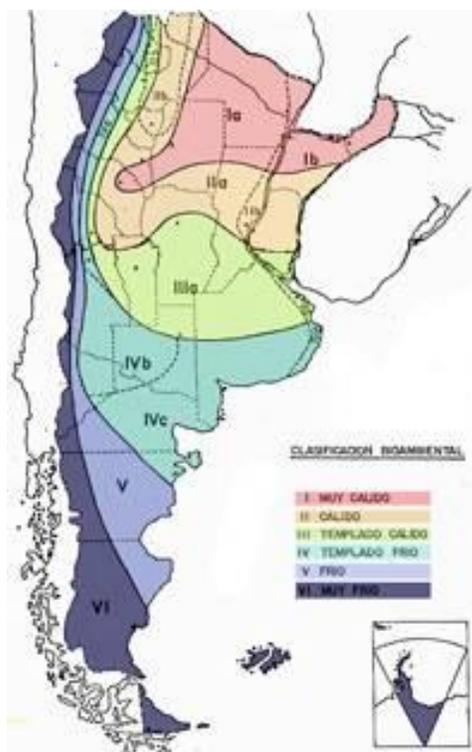
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
I [kwh/m ²]	6,5	6	4,5	3	2	1,5	1,5	2,5	3,5	5	6	7
HEL _{EFE} [Hs]	9	9	7	6	4	4	4	5	6	7	8	8

Irradiación solar global promedio diaria y heliofanía efectiva diaria en Bahía Blanca - Atlas de energía solar de la República Argentina - Hugo Grossi Gallegos y Raul Righini

- I: Irradiación solar global promedio diaria sobre plano horizontal
- HEL_{EFE}: Heliofanía efectiva, duración del brillo solar u horas de sol

Según la Norma Iram 11603, Bahía Blanca se clasifica en una zona bioambiental del tipo IV C, zona templada fría, en donde los factores a tener en cuenta a la hora del diseño para una vivienda de en esta localidad son las siguientes:

- Vivienda medianamente rectangular o compacta
- Proveer protecciones contra el viento
- Proveer recursos necesarios para el mejoramiento de la inercia térmica debido a la amplitud térmica en verano (15°C) y en invierno (12°C) con aprovechamiento de radiación solar sobre el Norte - Muro Trombe
- Orientación para aprovechamiento de la radiación solar: Norte



FACTOR SOCIAL:

Por otro lado, es nuestro deseo poder demostrar y probar la factibilidad de este proyecto a realizarse en una sociedad o comunidad de sector urbano, pudiendo resaltar que se pueden corregir estas ineficiencias energéticas mediante la modificación de comportamiento humano y no solo mediante el uso de tecnologías, equipos y artefactos más eficientes desde la perspectiva energética. Es por eso que decidimos elegir a la Ciudad de Bahía Blanca también desde el punto de vista social, ya que se puede transmitir estos conceptos a gran escala, para poder contagiar y contribuir socialmente.

FACTOR ECONOMIA:

Continuando con lo expuesto anteriormente se destaca la elección de dicha ubicación debido a la posibilidad de acceder a materiales, herramientas, equipos, etc, necesarios cumplir con los objetivos propuestos con mayor facilidad y contar con la cercanía frente a proveedores de soluciones, servicios y productos relacionados con el sector ambiental. Esto abarataría costos y tiempos en cuanto a la obtención de los recursos necesarios para poder implementar nuestras ideas.

A su vez, creemos que nos pueden acompañar con más dinamismo acciones del sector público como pueden ser programas gubernamentales, el establecimiento de marcos regulatorios, la vigencia de tarifas promocionales, campañas públicas de concientización, formación y entrenamiento de recursos humanos, asistencia técnica y desarrollo de equipos y artefactos más eficientes. Contando con la infraestructura de un sector urbanizado amplio podemos acceder con mayor facilidad a los recursos y a las operaciones logísticas.

3.2. ESTRUCTURA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

Al analizar el diseño de la estructura de la vivienda, lo más importante es la elección de los materiales de construcción, y más aún cuando tenemos el requisito de seguir la línea de la sustentabilidad.

Hay elementos que facilitan más las pérdidas de energía hacia el exterior que otros, y en general esto se debe a dos motivos:

- 1- Los coeficientes de transmitancia térmica son elevados
- 2- Los elementos poseen una gran superficie.

Esto nos lleva a reflexionar acerca de la forma de reducir estas pérdidas de energía que llevadas a valor monetario pueden ser de importancia a lo largo de la vida útil de la vivienda.

Cada edificio recoge, conserva y disipa el calor de forma diferente según la calidad térmica de los materiales con los que está hecho, y sobre todo según la cantidad y la calidad del aislamiento térmico. Para reducir las dispersiones de calor en el período invernal y para no dejar entrar el calor en verano, es oportuno utilizar además de materiales de alta inercia térmica, un buen grosor de material aislante, utilizando las técnicas oportunas para evitar que se forme la condensación

Si se analizan las pérdidas energéticas que se producen en un edificio podemos establecer en forma general el siguiente cuadro.

Muros	25%
Pisos	10%
Ventanas	20%
Infiltración	15%
Techos	30%

Aproximadamente el 80% del calor o del frío pasa a través de las paredes y el techo. Esto se puede combatir aumentando la resistencia térmica de paredes, suelos, puertas y ventanas.

En esta etapa, desarrollaremos un estudio de las opciones de los materiales críticos que contamos a la hora de la construcción de muros externos, internos, piso y techo. No ahondaremos sobre temas arquitectónicos y detalles constructivos profundos, sino solamente en la elección de los materiales más convenientes y que efectivamente estén alineados con la realidad de nuestro proyecto. Nos enfocaremos en la capacidad aislante de los materiales, su costo y características ambientales y estéticas.

Al final del análisis de cada ítem evaluado, se presentará resumen de inversión costos y resultado financiero de las propuestas versus los beneficios que se obtienen.

3.2.1. Muros Externos

El sistema constructivo más popular en Buenos Aires y otras áreas similares se basa en la mampostería de ladrillos. Es indiscutible la amplia disponibilidad, la versatilidad, la sencillez de ejecución y la belleza posible de lograr en obras elevadas con ladrillos macizos. En la actualidad, se encuentran las opciones más tradicionales de muros simple con ladrillo común o ladrillo portante, muros dobles, etc. Sin embargo, en nuestro país y desde hace varios años se producen y comercializan bloques de hormigón celular curado en autoclave (sus siglas son HCCA), la cual es una alternativa de uso relativamente nueva y que ofrece varias ventajas. En Argentina se lo identifica fácilmente por su nombre comercial "Retak".

En la siguiente tabla podremos observar los distintos tipos de muros a contemplar con su respectiva información de transmisión térmica:

Descripción del Muro	Espesor	Transmitancia Térmica k°
	cm	w/m2.°C
Muro de Ladrillos HCCA	20	0,54
Muro de Ladrillos HCCA	17,5	0,62
Muro de Ladrillos HCCA	15	0,7
Muro doble LH12 + cámara de aire 2 cm + LH12 revocado en ambas caras 2 cm.	30	0,91
Muro doble LH12 + cámara de aire 2 cm + LH12 revocado en ambas caras 2 cm.	30	1,01
Muro de ladrillo cerámico Portante de 18 cm revocado en ambas caras 1 cm	20	1,31
Muro de ladrillo cerámico Portante de 12 cm revocado en ambas caras 1 cm	15	1,55
muro de ladrillo hueco 12 cm revocado en ambas caras 1,5 cm	15	1,74
Muro de ladrillo común de 12 cm revocado ambas caras	15	2,68

Podemos Observar que los bloques de HCCA son los más eficientes a la hora de la aislación térmica. Este material fue desarrollado por un arquitecto sueco llamado Axel Eriksson, buscaba un material con las ventajas de la madera pero sin los inconvenientes de combustibilidad y mantenimiento. Por su excelente aislamiento térmico y resistencia tuvo éxito en gran parte del mundo.

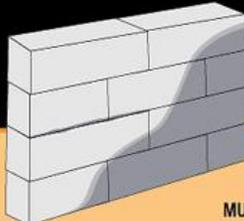
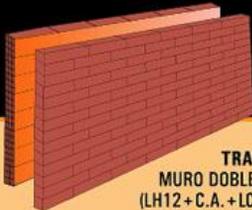


Ventajas y características del Retak:

- **Ecológico:** es un material inorgánico, libre de sustancias tóxicas. Su producción genera escasos desechos que son reutilizados en un 90%, el agua también es reutilizada. No se eliminan gases a la atmósfera, solo vapor de agua. Requiere poca energía. Se obtiene un volumen final mucho mayor que el volumen de materias primas por el desarrollo de burbujas de aire. Es por lo tanto un material liviano que reduce las emisiones durante el transporte y los requerimientos estructurales. No afecta la salud de los constructores ni usuarios finales de la vivienda o edificio porque no desprende olores ni polvo nocivo. Es reciclable.
- **Economía de obra:** La exactitud dimensional de los bloques permite utilizar una delgada capa mortero adhesivo para elevar la mampostería. Se obtiene un muro perfectamente aplomado y plano que permite prescindir del revoque grueso y revestir directamente la pared en mínimos espesores, colocar cerámicos directamente sobre los bloques, o realizar el tomado de junta y posterior pintado si se desea un aspecto rústico. En todos los casos se reducen considerablemente los materiales, tiempos de obra y desperdicios.
- **Resistencia:** a partir de los 15 cm de espesor se los considera portantes y permiten ejecutar hasta tres pisos si necesidad de columnas y vigas independientes, con la precaución de colocar los refuerzos de hierros en los bloques especiales para tal fin. De todas maneras también se puede optar por ejecutar estructura independiente.
- **Baja absorción de agua:** Su estructura celular disminuye el paso del agua por lo cual no es necesario realizar el azotado hidrófugo, disminuyendo el costo y tiempo de obra. Sin embargo son muy permeables al vapor, evitándose la condensación de agua y los consecuentes problemas de humedad, moho, hongos y discomfort que podrían afectar la salud.
- **Aislamiento térmico:** su comportamiento térmico es excelente. Esto se debe a que las millones de microburbujas de aire incorporadas en su masa actúan como pequeñas "cámaras de aire". Es por ello que tiene un coeficiente de conducción térmica muy bajo respecto a otros materiales de construcción.
- Además son resistentes al fuego y estancos frente al humo y a los gases tóxicos. En caso de incendio, un muro de hormigón celular de 15 cm de espesor tiene una capacidad cortafuego de 6h.

Costos:

En cuanto a la economía podemos analizar los costos de los materiales (sin hacer hincapié en los tiempos ni en el costo del agua) tomando como referencia la siguiente información:

MATERIALES NECESARIOS Y COMPARATIVA DE CONSTRUCCIÓN DE 1 M ²			
	retak MURO DE 15 cm		TRADICIONAL MURO DOBLE DE 30 cm (LH12 + C.A. + LC revocado)
	TRADICIONAL MURO SIMPLE DE 15 cm LH12)		
MAMPOSTERÍA	8 un	15 un (LH 12) + 51 un (LC) = 66 un	15 un
MEZCLA ADHESIVA	6 kg de mezcla: 4,70 kg de Mortero Adhesivo retak + 1,3 lts de agua	100 kg de mezcla: Arena: 0,06 m ³ , Cal: 7 kg, Cemento Portland: 3 kg, Agua: 10 lts	35 kg de mezcla: Arena: 0,02 m ³ , Cal: 3,70 kg, Cemento 1,85 kg, Agua 3 lts
AISLACIÓN HIDRÓFUGA	NO REQUIERE AZOTADO HIDRÓFUGO	REQUIERE AZOTADO HIDRÓFUGO	REQUIERE AZOTADO HIDRÓFUGO
REVOQUE EXTERIOR	REVOQUE GRUESO: NO NECESITA REVOQUE FINO: 6 kg (REV. FIBRADO retak)	LADRILLO VISTO	REVOQUE GRUESO: A la cal: 40 kg REVOQUE FINO: Enlucido a la cal: 8 kg
REVOQUE INTERIOR	6 kg (YESO)	15 kg (YESO)	15 kg (YESO)
TIEMPO DE EJECUCIÓN	24 minutos *	4 y 1/2 horas *	40 minutos *
AISLACIÓN TÉRMICA	K = 0,70 W/m ² °C	K = 1,01 W/m ² °C	K = 1,55 W/m ² °C
RESISTENCIA AL FUEGO	FR 240 ** (sin revoques)	DESCONOCIDO	FR180 ** (revocado)

*Tiempo estimado con un sólo oficial levantando pared. ** Son los minutos que resiste una pared expuesta al fuego, manteniendo su capacidad portante, sin emitir ni propagar gases.

Por otro lado, los siguientes valores son los referenciales de mercado de las principales páginas web de ventas del país y los principales corralones de construcción de la región. Se tomaron valores promedios según la investigación de mercado (Dic 2014):

Recurso	Unidad de referencia	Precio
Ladrillo HCCA	un.	\$ 35,00
Ladrillo Comun	un.	\$ 5,00
Ladrillo Hueco 12	un.	\$ 15,00
Arena	m3	\$ 300,00
Cemento	50 kg.	\$ 100,00
Cemento Portland	25 Kg.	\$ 220,00
Cal	25 Kg.	\$ 40,00
Mortero Adhesivo	30 Kg.	\$ 100,00
Revoque Grueso	Mezcla 25 Kg.	\$ 70,00
Revoque fino a la cal	Mezcla 25 Kg.	\$ 80,00
Yeso	40 Kg.	\$ 130,00

Muro HCCA 15cm:

$$C_{HCCA\ 15cm} = 8\ un.\ HCCA \times 35 \frac{\$}{un.\ HCCA} + 4,7\ Kg \times 100 \frac{\$}{Kg} + 6\ Kg \times \frac{80\$}{20\ Kg} + 6\ Kg \times \frac{130\$}{40\ Kg} = 340\ \$$$

Muro doble de 30cm:

$$C_{MD\ 30cm} = 15\ un.\ LH \times 15 \frac{\$}{un.\ LH} + 51\ un.\ LC \times 5 \frac{\$}{un.\ LC} + 0,06\ m3 \times \frac{300\$}{20\ m3} + 7\ Kg \times \frac{40\$}{25\ Kg} + 3\ Kg \times 220 \frac{\$}{25\ Kg} + 15\ Kg \times \frac{130\$}{40\ Kg} = 867\ \$$$

Muro simple 15cm:

$$C_{MS\ 15cm} = 15\ un.\ LH \times 15 \frac{\$}{un.\ LH} + 0,02\ m3 \times \frac{300\$}{20\ m3} + 3,7\ Kg \times \frac{40\$}{25\ Kg} + 1,85\ Kg \times \frac{100\$}{50\ Kg} + 40\ Kg \times \frac{70\$}{25\ Kg} + 8\ Kg \times \frac{80\$}{25\ Kg} + 15\ Kg \times \frac{130\$}{40\ Kg} = 427\ \$$$

Por lo tanto, los muros HCCA de 15 cm, además de ser económicamente más fiables, es un sistema de construcción rápido, limpio, sin grandes desperdicios y ejecución de sistemas de construcción en seco, con la misma versatilidad de la construcción tradicional.

Un muro de bloques de HCCA de tan sólo 15 cm de espesor supera la aislación térmica de un muro doble de mampostería tradicional con cámara de aire intermedia. A mayor aislación térmica se logra igual nivel de acondicionamiento térmico con equipos de calefacción/refrigeración más chicos. El ahorro se produce tanto en el costo de los materiales y equipamiento y en el consumo de gas/electricidad. Además evita los costos excesivos de los gremios de construcción, al simplificar el método constructivo, lo cual no es un punto menor.

Es por estas características que lo consideramos actualmente como la **mejor opción de construcción sustentable aplicable en la ciudad.**

Aislamiento Adicional Muros externos:

Por otro lado, un punto adicional a tener en cuenta es el aislamiento adicional de las paredes exteriores. Ya que gran parte del frío y del calor de una habitación fluye a través de las paredes externas, es conveniente determinar si es posible intervenir para mejorar la resistencia térmica de estas estructuras. El aislamiento de las paredes de un edificio se puede realizar desde el exterior (sistema de techo invertido) o desde el interior.

Una vez elegido el Muro Retak como el favorable, se comparará el mismo versus muro Retak + aislante adicional.

Opción A: Muro de ladrillos HCCA, el cual cuenta con un coeficiente K de:

$$K_{Retak} = \frac{K}{e} = 0,54 \frac{W}{m^2.K}$$

Opción B:

Al muro de ladrillo le agregamos Isolteco. Isolteco es un revoque premezclado, de elevado poder termoaislante, ideal para aislar térmicamente paredes, medianeras y cielorrasos.



Rendimiento x bolsa	
Espesor	m2
2 Cm	3,0 m2
3 Cm	2,0 m2
4 Cm	1,5 m2
5 Cm	1,2 m2
6 Cm	1,0 m2

Datos Técnicos	
Densidad en seco	250 Kg/ m³
Coefficiente de conductividad térmica λ	0,076 W/m.K
Resistencia a la compresión *	1,16 MPa
Resistencia a la flexión*	0,42 MPa
Coefficiente de permeabilidad al vapor de agua	0,07 g/mhkPa
Capacidad de aislamiento acústico en pared (4cm de espesor)	39 dB

Si consideramos 2 cm de espesor adicionales de Isolteco, tenemos entonces:

$$K_{Isolteco} = 2,53 \frac{W}{m^2.K}$$

El K total como resultado de considerar ambas capas de "resistencias térmicas", tenemos:

$$K_{Total} = \frac{K_1 \times K_2}{K_1 + K_2} = 0,45 \frac{W}{m^2.K}$$

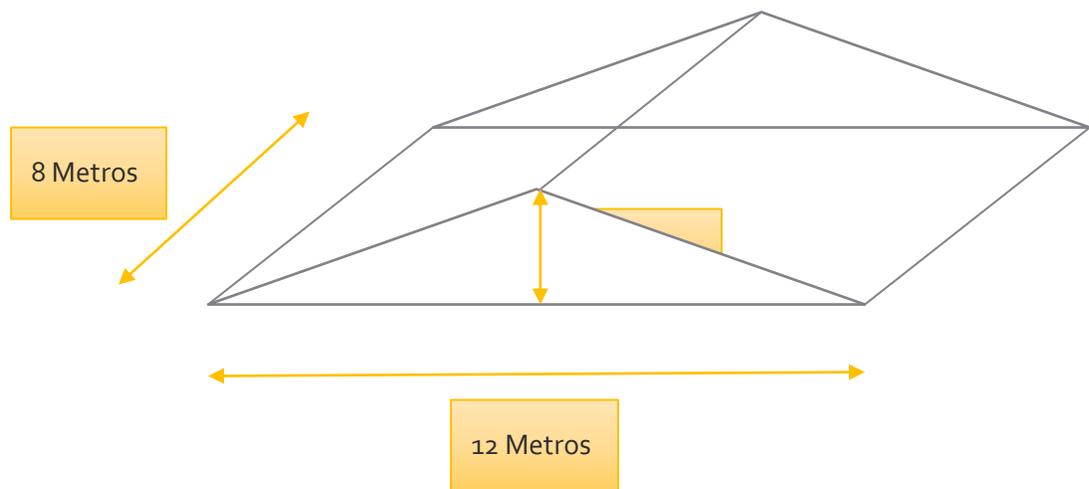
Costo: 260\$ bolsa de 60kg, para 3 m² de 2 cm de espesor, por lo tanto el costo de m² es de + 87 \$

Total: 340 + 87 = 427\$

El resultado indica que el costo de la inversión incremental de metro cuadrado de muro Retak con aislación aumenta un 20% a expensas de contar con una mejora de aislación del 70% versus un muro simple de ladrillo, por lo que es un arreglo que conviene.

3.2.2. Techos:

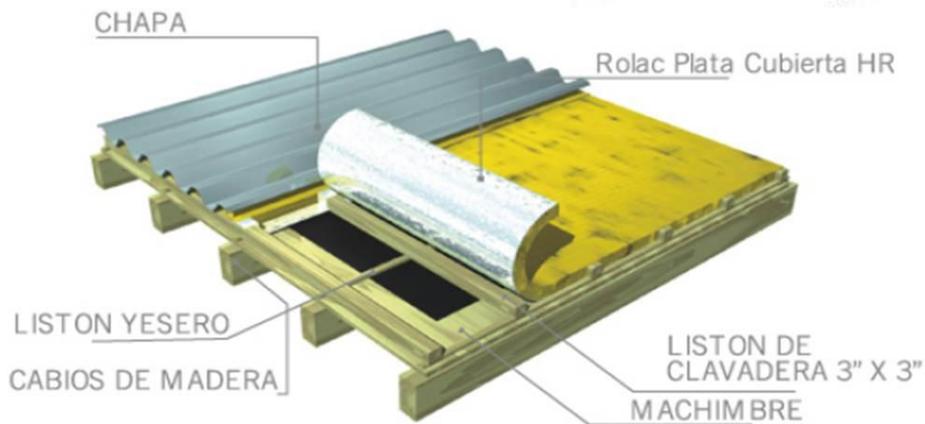
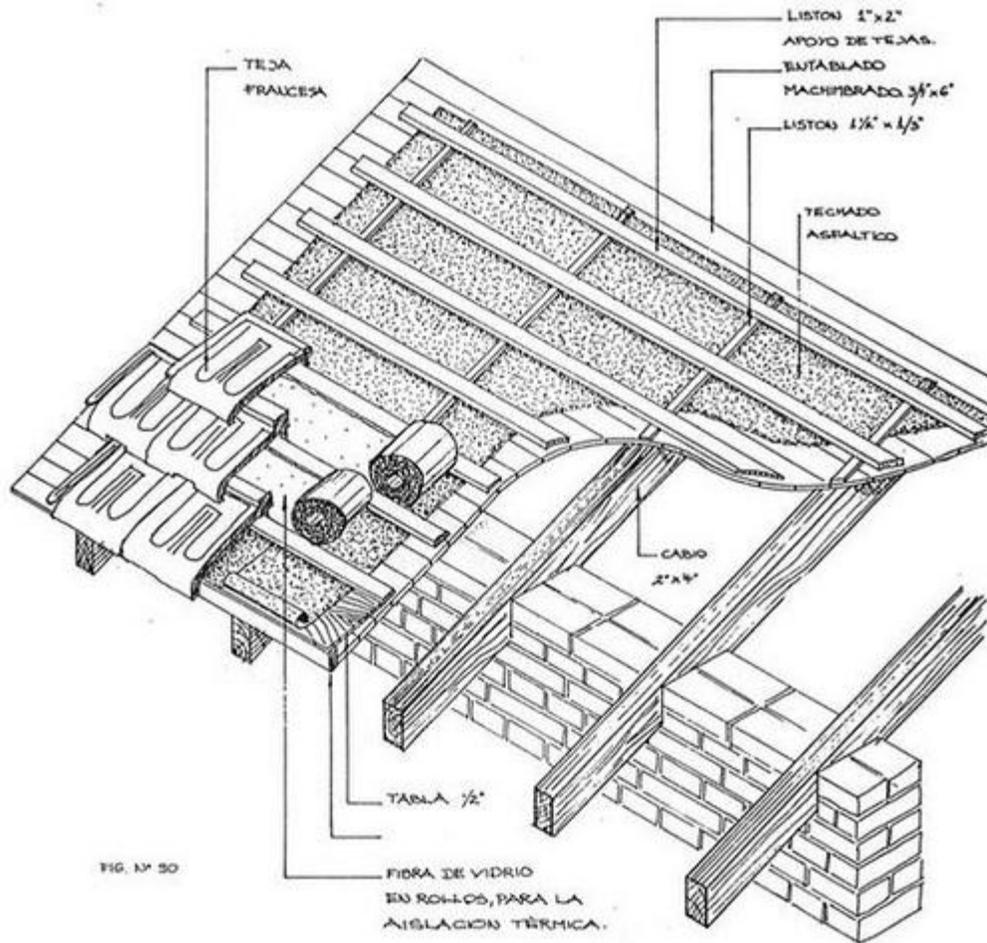
Si consideramos un techo a dos aguas, con una inclinación de 30 ° (factor que será determinante para paneles solares que discutiremos más adelante), contamos con las siguientes dimensiones.



El área total del techo será de: 112 m².

Para estos tipos de techos entramos en la disyuntiva de contar con techos de chapa o cerámicas, para luego ver de sumar la aislación en cualquiera de los casos elegidos siguiendo la línea de la economización en todo aspecto y evitar pérdidas de calor. Entre las superficies exteriores de un edificio, a menudo, las cubiertas o techos es el elemento más permeable al calor. Aislarlo no es difícil y normalmente resulta poco costoso.

En esta instancia, nuestro caso base sería una estructura de machimbrado de madera con sus respectivas vigas y listones de madera, y lo único que alteraría la estructura sería la aislación y la terminación (ver imagen ejemplo a continuación).



1. Colocar el machimbre.
2. Opcional: para proteger el machimbre durante su instalación, fijar la barrera hidrófuga con el listón yesero.
3. Desenrollar el fieltro Rolac Plata Cubierta HR. Sobre las clavaderas, con el aluminio hacia abajo.
4. Por último colocar las chapas cubriendo todo el techo, utilizando tornillos autorroscantes con arandela de neoprene.

Para el caso de la terminación es más fácil definirlo ya que las opciones viables son techos de chapa o de tejas cerámicas, donde ambos procesos de construcción son similares. O sea, luego de la estructura de madera y sumada la aislación, solo se deben colocar y ensamblar las tejas o los planchones de chapa. En este caso, más allá de que la instalación de un techo de tejas operativamente puede ofrecer desventajas por ser más compleja, vamos a concentrarnos en el factor económico y las ventajas energéticas (aislación).

Teja vs Chapa

Para el caso de la teja tipo francesa se cuenta con la siguiente información:

- $K = 0,76 \text{ W/K.m}$
- $e = 15 \text{ mm}$
- Precio x m² (14 tejas) = 210 \$/m²
- Transmitancia térmica total:

$$K_{teja} = \frac{K}{e} = 0,76 \frac{W}{K.m} \times \frac{1}{0,015m} = 50,67 \frac{W}{K.m^2}$$

Para el caso de la chapa (material Zinc) se cuenta con la siguiente información:

- $K = 0,112 \text{ W/K.m}$
- $e = 1 \text{ mm}$
- Precio x m² = 130 \$/m²
- Transmitancia térmica total:

$$K_{chapa} = \frac{K}{e} = 0,112 \frac{W}{K.m} \times \frac{1}{0,001m} = 112 \frac{W}{K.m^2}$$

Es fácil observar que el valor K de la chapa es más del doble que el de la teja, pero como contraparte, el precio es casi la mitad. Como veremos a continuación, al involucrar el material aislante térmico, la transmitancia de la chapa o la teja no será ítem de discusión a la hora de la selección del más adecuado.

Aislamiento Techos:

Para las aplicaciones de aislación en techos, es casi imbatible la lana de vidrio principalmente por su costo-beneficio y su fácil instalación. El caso más práctico, comercial y de gran alcance es ISOVER Filtro Rolac. El mismo posee un revestido en una de sus caras con un complejo de foil de aluminio que actúa como una barrera de vapor, para ser instalado en cubiertas de chapa o teja sobre machimbre.



Aplicación: Aislamiento térmico y acústico, de cubiertas metálicas o techos donde se pueda instalar el producto apoyado sobre una superficie, ejemplo machimbre o cielorraso. Evita la condensación intersticial y la superficial. El aluminio siempre va instalado hacia abajo. Posee una solapa de 10 cm en uno sus bordes para asegurar la continuidad a la barrera de vapor.

Sustentabilidad: Mejora y disminuye sensiblemente los consumos de calefacción y refrigeración dado que se minimizan las pérdidas de energía y las emisiones de CO₂. Ahorro de energía >66% en facturas de gas y electricidad.

En la fabricación de las lanas de vidrio se utiliza un 70% de vidrio reciclado.

Dimensiones			Resistencia Térmica		
espesor	ancho	largo			
mm	m	m	m ² h°C/Kcal	m ² K/W	Pie h °F f/BTU
50	1.20	18	1.4	1.2	6.8
80		12	2.2	1.9	10.9
100		11	2.8	2.4	13.6

Algunos ejemplos de configuraciones de aislación.

Datos según norma IRAM	Clasificación de niveles		Transmitancia térmica w/m ² k	Zonas bioclimática	
				III	IV
	Nivel A			0.19	0.19
	Nivel B			0.48	0.48
Nivel C		0.76	0.76		
Tipo de techo	e (cm) cubierta	e (mm) lana de vidrio	K Cálculo		
	Chapa + machimbre	50mm	0.68	C	C
		80mm	0.46	B	B
		100mm	0.38	B	B
	Losa 12 suspendido aplicado	50mm	0.62	C	C
		80mm	0.43	B	B
		100mm	0.36	B	B
	Tejas + machimbre	50mm	0.67	C	C
		80mm	0.46	B	B
		100mm	0.37	B	B

Costos: Algunos costos que obtuvimos de investigación de mercados:

50 mm ; 1,2 m x 18 m (21,6 m²) ; \$ 600 x placa

100 mm ; 1,2 m x 11 m (13,2 m²) ; \$ 1000 x placa

$$K_{lv\ 50mm} = \frac{K}{e} = 0,02 \frac{W}{K \cdot 0,0125m^2} = 1,6 \frac{W}{K \cdot m^2}$$

Ahora comparemos la resistencia total que se obtiene para los casos de teja y chapa:

$$\frac{1}{K_{Teja\ Total}} = \frac{1}{K_{madera}} + \frac{1}{K_{Lv}} + \frac{1}{K_{Teja}} = 2,13\ m^2 \cdot K/W$$

$$\frac{1}{K_{Chapa\ Total}} = \frac{1}{K_{madera}} + \frac{1}{K_{Lv}} + \frac{1}{K_{Chapa}} = 2,126\ m^2 \cdot K/W$$

Consideramos $K_{madera} = 0,02$, entonces tenemos:

$$K_{Teja\ Total} = 0,46$$

$$K_{Chapa\ Total} = 0,48$$

Por lo tanto, y como anticipamos, básicamente la aislación la define la Lana de vidrio por lo que define la selección es el costo, y la chapa es más barata.

Aislación adicional: Evaluaremos si es conveniente agregar una capa de Isover adicional (100mm). Si seguimos los mismos pasos, llegamos a:

$$K_{Chapa\ Total\ (100mm\ Lv)} = 0,37$$

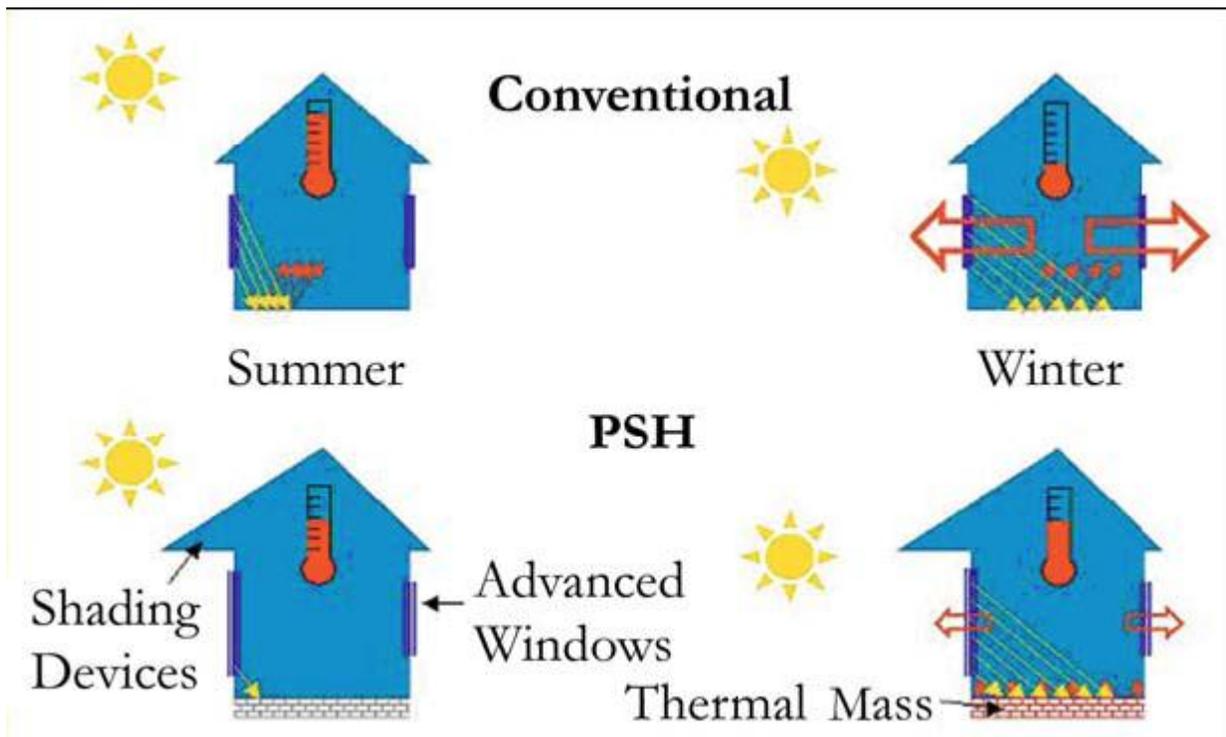
Para 50 mm necesitas (112 m² / 21,6 m² = 6) aprox. 6 placas, a un valor de 600 \$/placa, se tiene \$ 3.600.

Para 100 mm necesitas (112 m² / 13,2 m² = 9) aprox. 9 placas, a un valor de 1000\$/placa, se tiene \$ 9.000.

Lo que indica una ganancia de aislación del 44% y donde el costo incremental total es de \$ 5.400. Siguiendo una misma línea de beneficios vs. Inversión, contamos con un buen porcentaje de ganancia de aislación por lo que damos pie a avanzar con dicha propuesta.

3.2.3. Ventanas:

A través de las ventanas se puede ganar calor, el concepto de Calentamiento Solar Pasivo (PSH por sus siglas en inglés) describe este comportamiento. La demanda anual de calentamiento de una vivienda puede ser reducida significativamente, si se utilizan ventanas de alta performance con baja pérdida de calor y alta transmisión solar, y también orientándolas hacia el ecuador, en nuestro caso al norte. Estudios arquitectónicos han demostrado que viviendas que utilizan principios de PSH requieren menos de la mitad de energía para calentar una misma casa pero usando ventanas convencionales y con una orientación aleatoria. Diseños solares pasivos no solo también pueden aprovechar mejor la luz solar natural para iluminación, sino que contribuyen a convertir el espacio en uno más placentero, si a su vez se seleccionan bien las posiciones de los elementos de sombra. Es importante notar que para que una ventana sea eficiente, en cuanto al control solar, durante períodos climáticos de cálidos, será necesario disminuir el calor solar que atraviesa el vidrio por radiación debido a su condición de material transparente. La instalación de elementos de sombreado tales como aleros, parasoles, toldos, cortinas o persianas, será importante para conseguir tal objetivo, el cual no se analizará en este estudio, pero se puede observar en la siguiente figura:



El principio básico de operación del diseño solar pasivo, comparándolo con un diseño convencional se puede observar en los siguientes ejemplos de las siguientes figuras:

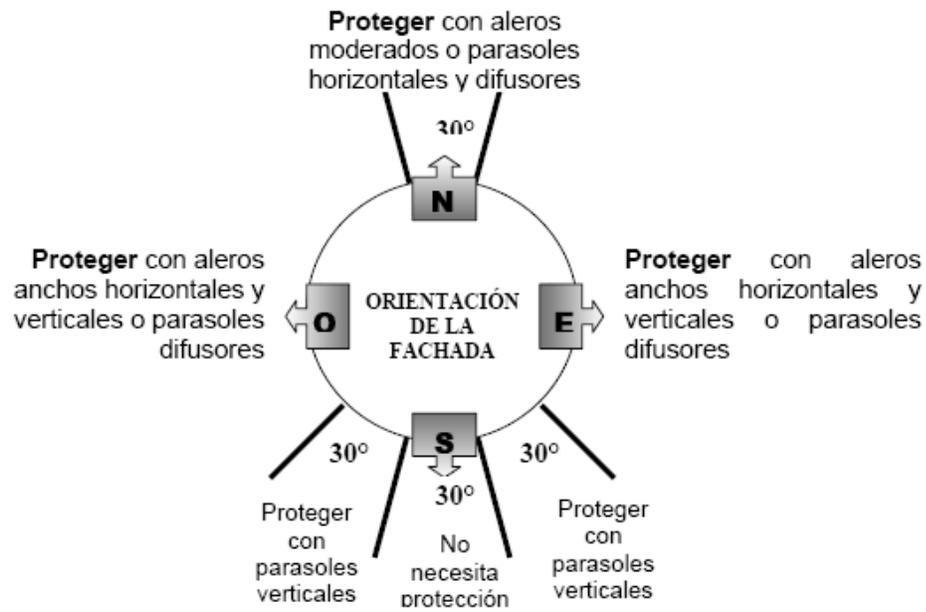


Figura 9.- Indicación sobre los distintos tipos de protección a utilizar sobre las ventanas para evitar deslumbramientos según orientación de la fachada en donde el aventanamiento esta emplazado.

Pero como veremos más adelante, utilizaremos la orientación norte para ganar más en calentamiento y ventilación a través de otro sistema (Sollarwall), por lo tanto en nuestro caso nos concentraremos en la aislación de las ventanas.

Caso Base

Consideramos que el caso base sería utilizar ventanas de vidrio común. Y la distribución sería la siguiente:

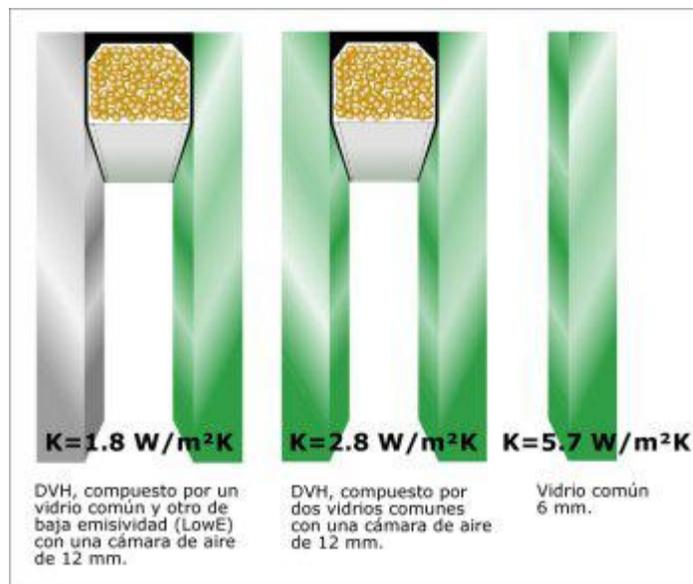
		N	E	S	O
	Ventanas	0	1,5m ² + 2m ²	1m ²	1,5m ² + 2m ²
	Porcentaje Ocupación	0%	11%	2%	11%

Caso Propuesto

El caso propuesto sería la utilización de de Doble Vidrio Hermético (DVH). El empleo de Doble Vidriado Hermético constituye el modo más avanzado para mejorar el desempeño térmico y acústico de las superficies vidriadas de una casa o un edificio. Por el hecho de tener 2 vidrios separados por una cámara de aire quieto y seco, todas las unidades constituyen una barrera aislante de calor. Esta propiedad es independiente del tipo y/o espesor de sus vidrios. Disminuye la intensidad del flujo de calor entre las temperaturas del aire a ambos lados del vidriado. Un DVH brinda un aislamiento térmico 100% mayor que un vidriado simple.

Para que un DVH pueda disminuir aún más el paso de calor solar radiante, el vidrio exterior del DVH debe tener propiedades de control solar. El empleo de vidrio coloreado en su masa y/o revestidos con tratamientos reflectivos, permite disminuir hasta en un 70% la luminosidad y las molestias de un asoleamiento excesivo. En clima frío el buen aislamiento térmico de cualquier superficie vidriada tiene una importancia fundamental, ya que disminuye significativamente la pérdida de calor de calefacción hacia el exterior, mejorando la climatización y el confort de la habitación.

Medimos el valor del aislamiento térmico de un elemento constructivo con el coeficiente K, el cual una imagen que compara dichos valores entre distintas ventanas es la siguiente:



Para obtener las máximas ventajas en el empleo de DVH, se recomienda utilizar aberturas de alta prestación de aluminio, madera o pvc. Además, utilizando DVH pueden plantearse mayores superficies vidriadas y aumentar el confort de los ambientes de edificios o viviendas, mejorando a su vez la eficiencia en la climatización.

Al observar la tabla con ventanas tipo DVH de diferentes características, seleccionares las ventanas tipo DVH con capa de 12 mm de aire:

Tipo de vidrio	Denominación	Transmisión luz	Transmitancia W/m ² K	Factor solar
Float incoloro	4+12+4	80 %	2.8	74 %
Float verde	6+12+6	67 %	2.8	50 %
Float gris	6+12+6	39 %	2.8	45 %
Reflectivo gris	6+12+6	16 %	2.8	32 %
Solar E	6+12+6	55 %	1.8	44 %

Por lo tanto en resumen y comparando ambos casos:

	K (W/m ² .K)	\$/m ²	FS
Vantana vidrio comun	5,7	\$ 1.500,00	0,75
Ventana DVH	1,8	\$ 2.500,00	0,45

Si contamos con un área total que cubren las ventanas de 8 m², entonces contamos con un costo incremental de \$ 8.000 a expensas de una ganancia 70% en aislación térmica, altamente beneficioso.

3.2.4. Puerta:

El caso de la puerta de entrada es simple y rápido. En la actualidad., cerca del 80% de las puertas de entrada de las viviendas son de madera con distintas implicancias estéticas. Realizando una rápida investigación de mercado, hemos descubierto que en promedio las puertas de madera son sustancialmente más caras que otras opciones más eficientes como puertas de placas de aluminio rellenas de aislante tipo lana de vidrio o poliuretano inyectado.



mercado libre

Regístrate

Puerta Doble Chapa Inyectada Sol Marco Angosto Me gusta

Artículo nuevo 263 vendidos



\$ 1.570⁰⁰

Finaliza en 5 d 4 h

12 cuotas de \$ 200¹⁶ con 

VISA  

Más opciones

 **Envío a acordar con el vendedor.**
Ubicado en Pilar (Buenos Aires)
[Consultar costos](#)

El coeficiente K de la madera es de $1,67 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, mientras que una puerta como el ejemplo mencionado es de $0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. A su vez, en promedio y siendo generosos, una puerta de madera (dependiendo de la estética) cuesta aproximadamente \$ 2.000 más que una puerta como la de doble chapa inyectada de poliuretano. Por lo tanto, dejando la estética de lado y pensando en el beneficio económico y ecológico elegimos esta opción.

3.2.5. RESUMEN DE LA ESTRUCTURA DE LA COBERTURA DE LA VIVIENDA Y LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Nuestra evaluación concluye en que si queremos contar con una temperatura de calefacción ambiental de 22°C aprox. Durante todo el año y contando con un factor de ocupación del 100% (24-7), llegamos al siguiente resumen de ganancias térmicas y costos incrementales de los distintos factores de la cobertura de la vivienda, según nuestra herramienta soporte RETScreen:

RETScreen

Cobertura de edificios: 1 2 3 4 5

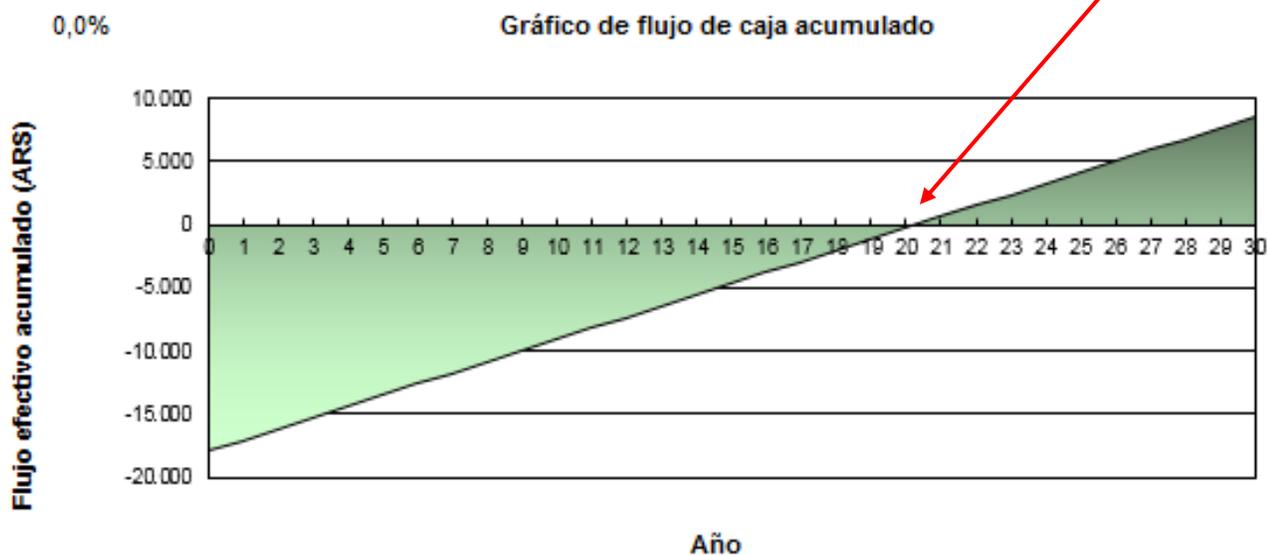
Descripción: Aislamiento casa

	Caso base				Caso propuesto					
Norte del edificio	0				0				<input checked="" type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto	
Horario	Horario 1				Horario 1					
Descripción	24/7				24/7					
Cobertura de edificios	Norte	Este	Sur	Oeste	Norte	Este	Sur	Oeste	Costos iniciales incrementales	
Paredes	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	m ²	48	32	48	32	48	32	48		
Valor-U	(W/m ²)/°C	1,55	1,55	1,55	1,55	0,45	0,45	0,45	0,45	
		ARS 6.536								
<input checked="" type="checkbox"/> Ventana	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	%	0	11	2	11	0	11	2	11	
Valor-U	(W/m ²)/°C	5,7	5,7	5,7	5,7	1,8	1,8	1,8	1,8	
Coefficiente de ganancia de calor solar		0,75	0,75	0,75	0,75	0,45	0,45	0,45	0,45	
		ARS 8.000								
<input type="checkbox"/> Sombreado solar - temporada de uso										
<input checked="" type="checkbox"/> Puertas	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	%	5	6	0	0	5	6	0	0	
Valor-U	(W/m ²)/°C	1,67	1,67	0	0	0,22	0,22	0,22	0,22	
		ARS -2.000								
<input checked="" type="checkbox"/> Techo	<input type="checkbox"/> Caso base = caso propuesto									
Área	m ²	112				112				
Valor-U	(W/m ²)/°C	0,67				0,37				
		ARS 5.400								

En cuanto a ahorros incrementales anuales de operación y mantenimiento, y pago simple de retorno de capital de la inversión hecha se llega a:

Temperatura de cambio calentamiento/enfriamiento	°C	20,0							
Duración de la temporada de calefacción	d	243							
Duración de la temporada de acondicionamiento de aire	d	122							

Características de la instalación <input checked="" type="checkbox"/> Mostrar datos									
Mostrar:	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Costos iniciales incrementales	Ahorros en costo de combustible	Ahorros incrementales O y M	Pago simple de retorno del capital	¿Incluye medición?	
	GJ	GJ	GJ	ARS	ARS	MARS	año		
Combustible ahorrado									
Sistema de calefacción	0	-	-	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sistema de enfriamiento									
Cobertura de edificios									
Aislamiento casa	0	0	-	17.936	0	884	20,3	<input checked="" type="checkbox"/>	



NOTA IMPORTANTE: Notar que en este caso no consideramos la inflación como influyente en los ahorros a los largo del tiempo, por consiguiente si la misma es tomada en cuenta el período de recupero será sustancialmente menor, cerca de 16 años en total como aproximación.

3.3. USO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS RENOVABLES

Como introducción a este factor, podemos comentar que lo consideramos como uno de los ítems más relevantes e influyentes en nuestro estudio ya que es el pilar ecológico del proyecto y del concepto de sustentabilidad que nosotros queremos fomentar y desarrollar. El principal objetivo del uso de estas fuentes de energías renovables es la reducción del consumo energético global de la vivienda (energía eléctrica y gas natural) y consecuentemente la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Las energías que proponemos barrer en este análisis son:

- Energía solar térmica para ACS.
- Energía solar fotovoltaica para generación de energía eléctrica.
- Energía eólica para generación de energía eléctrica.

3.3.1. ENERGIA SOLAR

Nuestra vivienda regular obtendrá el agua caliente para dos funciones:

- Obtención de ACS (Agua caliente sanitaria). Agua utilizada en forma diaria para limpieza, duchas, etc.
- Obtención de agua caliente para calefacción mediante sistema de losa radiante. Uso periódico en tiempos de climas fríos.

Ambos sistemas se abastecerán por una caldera con termostato utilizando como combustible principal al gas natural.

La vivienda propuesta implica la inserción del uso de la energía solar como combustible a fin de sacar provecho del calentamiento del agua obtenido por la radiación solar y lograr así ahorros importantes en el consumo de gas natural para satisfacer la demanda de ACS y de calefacción.

Debido a que en la práctica no existen condiciones climáticas ideales (días soleados sin nubosidad de alta temperatura continuos para colectores solares), para cubrir las necesidades energéticas de agua caliente, la instalación de un sistema de colectores solares debe ser complementaria a la regular de la vivienda - caldera a gas natural.

Recordamos que el concepto de sustentabilidad implica un equilibrio entre las áreas ecológica, social y económica. Si se dimensiona un sistema de colectores solares para cubrir enteramente las necesidades energéticas, el mismo implicará un elevado costo (no cumpliendo con uno de los principios de la sustentabilidad), agregando que no necesariamente en la práctica pueda lograrse al depender de un "combustible" - el sol - no siempre disponible por condiciones climáticas diarias.

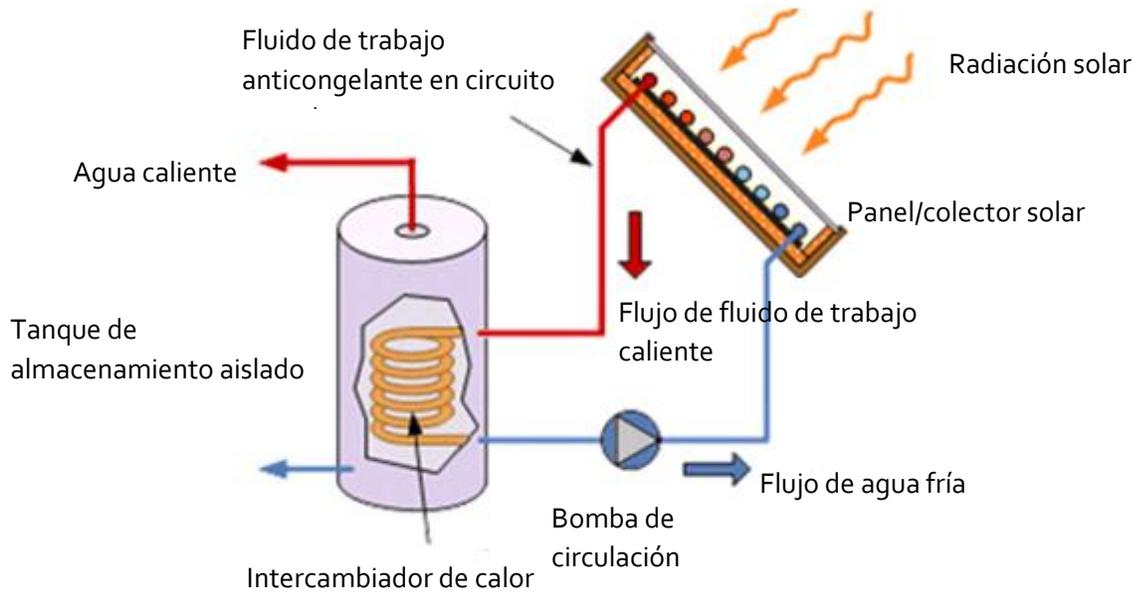
Es por esto que el sistema de colectores solares será dimensionado a fin de satisfacer prácticamente el 100% de las necesidades energéticas en meses de verano mientras que durante los meses de invierno se logrará una cobertura parcial de la demanda, siendo el resto complementado con el consumo de gas natural - caldera.

Modelo

Los sistemas de calefacción por energía solar utilizan colectores solares y una unidad de intercambio/transferencia de calor hacia la carga, generalmente a través de un tanque de almacenamiento. Esta unidad de intercambio de calor incluye bomba (utilizada para hacer circular el fluido de trabajo desde los colectores hacia el tanque de almacenamiento) y equipos de seguridad-control. El sistema de calefacción por energía solar se resumen en los siguientes componentes:

1. **Estructura de soporte** para los paneles/colectores solares.
2. **Tanque de almacenamiento** de agua caliente.
3. **Unidad de transferencia de calor**, que incluye una bomba requerida para transferir el fluido de trabajo desde los colectores solares hasta el tanque de almacenamiento, a excepción de los sistemas termosifónicos donde la circulación es natural. También incluye válvulas y filtros.
4. **Controlador**, que activa la circulación únicamente cuando el calor útil es disponible de los colectores solares.
5. **Protección contra heladas**, requerida para el uso durante operaciones bajo clima frío. Esta protección es típica para climas cuya temperatura ambiente puede ser inferior a 0°C donde el agua corre riesgo de congelamiento. Como en Bahía Blanca esto es una posibilidad, debemos utilizar otro fluido de trabajo distinto de 100% de agua, eligiendo el glicol, fluido especial anticongelante utilizado para transferencia de calor. El fluido de trabajo (agua + glicol) es separado del agua caliente en un tanque de almacenamiento de intercambio de calor.

A continuación se muestra una imagen de este modelo:

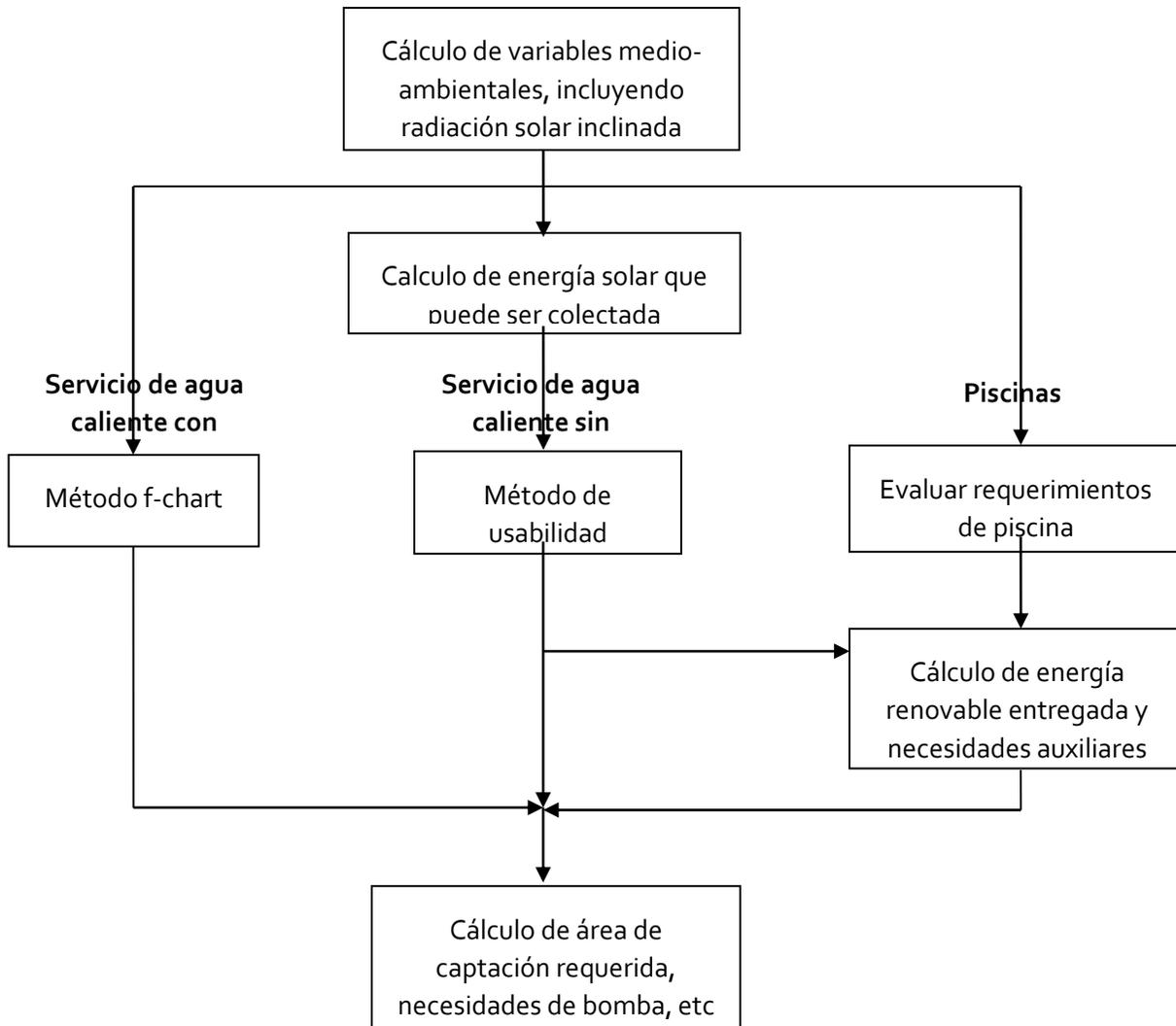


Modelo de sistema de calefacción - RETSCREEN

Para el dimensionamiento del sistema utilizaremos el software RETSCREEN - Clean Energy Management Software - utilizado en forma global para proyectos de eficiencia energética y energía renovable. Hay 3 aplicaciones básicas que puedan ser evaluadas a través del RETSCREEN:

- Calentamiento de agua con almacenamiento - Método f-chart
- Calentamiento de agua sin almacenamiento
- Piscinas (interiores y exteriores)

A continuación se mostrarán los algoritmos utilizados por el sistema para calcular los ahorros de energía basados en calentamiento de agua por energía solar, a través del siguiente flujograma:



Nuestro sistema se trata de un **servicio de agua caliente con almacenamiento**, ya que para alimentar tanto el ACS como la de calefacción por losa radiante necesitaremos de un tanque de almacenamiento aislado térmicamente que funcione como reservorio de agua caliente para atender la demanda.

Las limitaciones del modelo son las siguientes:

- Se asume que la carga/demanda volumétrica diaria es constante durante la temporada de uso
- Limitación en sistema de pre-calentamiento del agua
- No considera sistema autosustentables que provean 100% de la carga/demanda.

Cálculo de la demanda/carga de consumo

Para calcular la demanda de calor necesaria para satisfacer los requerimientos energéticos de calentamiento de agua, definimos los siguientes parámetros:

- **Número de ocupantes:** 4
- **Uso de agua caliente:** 350 l/d - estimado entre ACS y calefacción. El consumo diario de agua caliente promedio por persona y por día es aproximadamente de 40l/persona.día. De esta manera, para una familia tipo de 4 integrantes (Padre, madre y dos hijos) el consumo diario será de 160 l/día. Considerando que en tiempos de clima frío se activará el sistema de calefacción, la demanda de agua caliente se incrementará por lo que estimamos para el dimensionamiento del sistema una demanda diaria de aproximadamente el doble - **350l/día, es decir 0,350 m³/día.**
- **Temperatura:** 45°C. Para el diseño de la instalación consideramos que la temperatura a cual se distribuirá agua caliente en la vivienda será de 45°C. Para ACS es suficiente una temperatura de 45°C mientras que para calefacción por losa radiante es suficiente con que el agua alcance temperaturas entre los 35°C-45°C. Por ende para el dimensionamiento del sistema utilizaremos una temperatura de distribución de 45°C.
- **Días de operación por semana:** 7

Las temperaturas mensuales medias en que se encontrará el agua sanitaria en Bahía Blanca se obtiene de la misma base de datos del RETSCREEN:

RETScreen

Pais - Región: Argentina

Provin./Estado: n/a

Ubicación de datos climáticos: Bahía Blanca (Mil)

Latitud: °N -38,7

Longitud: °E -62,2 Fuente

Elevación: m 83 Fuente: Suelo

Temperatura de diseño de la calefacción: °C -0,7 Fuente: Suelo

Temperatura de diseño del aire acondicionado: °C 33,4 Fuente: Suelo

Amplitud de la temperatura del suelo: °C 19,1 Fuente: NASA

	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento	Días-grado de enfriamiento
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Ene	23,0	53,1%	6,67	100,0	7,0	26,7	0	403
Feb	21,9	59,6%	5,83	100,1	6,6	25,1	0	333
Mar	18,7	64,3%	4,44	100,3	6,0	21,8	0	270
Abr	14,6	68,4%	3,92	100,5	6,0	16,2	102	138
May	11,0	73,5%	2,78	100,5	5,7	10,9	217	31
Jun	7,9	74,1%	1,83	100,6	6,2	7,3	303	0
Jul	7,6	71,5%	1,78	100,7	6,1	6,3	322	0
Ago	9,1	67,8%	2,28	100,7	6,2	9,0	276	0
Sep	11,4	64,6%	3,08	100,8	6,3	12,2	198	42
Oct	14,4	63,8%	4,14	100,5	6,3	17,0	112	136
Nov	18,4	58,4%	5,58	100,2	6,5	21,7	0	252
Dic	21,4	53,4%	6,53	100,0	7,2	25,4	0	353
Anual	14,9	64,4%	4,06	100,4	6,3	16,6	1.530	1.959
Fuente	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo

Medido a: m 10 0

De esta manera se calcula el salto térmico necesario para que el agua alcance los 45°C y la cantidad de calor necesario para lograrlo según la siguiente ecuación:

$$Q = k \cdot M \cdot C \cdot (T_H - T_C) \quad [\text{KJ/kg}]$$

$$Q = k \cdot \rho \cdot V \cdot C \cdot (T_H - T_C) \quad [\text{KJ/kg}]$$

Siendo:

- $C = 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. Calor específico del agua.
- $T_H = 45^\circ\text{C}$. Temperatura deseada en agua caliente para distribución.
- T_C = Temperatura mensual promedio del agua de entrada [$^\circ\text{C}$].
- M = Masa de agua a calentar [kg] calculada como el producto entre la densidad del agua y el volumen necesario a calentar.
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Densidad del agua.
- V . Volumen de agua a calentar.
- Q = Energía/Calor necesario [KJ].
- k = Nivel de ocupación. Representa el % del tiempo en que la vivienda estará ocupada por los integrantes.

En la siguiente tabla procedemos a hacer el cálculo mensual de la necesidad energética/calor demandado por el sistema:

Mes	Nivel de ocupación [%]	Consumo mensual [m^3]	T media de red [$^\circ\text{C}$]	Salto térmico [$^\circ\text{C}$]	Necesidad energética [MWh]
Enero	100	10,85	26,7	18,3	0,23
Febrero	75	9,8	25,1	19,9	0,23
Marzo	100	10,85	21,8	23,2	0,29
Abril	100	10,5	16,2	28,8	0,35
Mayo	100	10,85	10,9	34,1	0,43
Junio	100	10,5	7,3	37,7	0,46
Julio	75	10,85	6,3	38,7	0,49
Agosto	100	10,85	9	36	0,45
Septiembre	100	10,5	12,2	32,8	0,40
Octubre	100	10,85	17	28	0,35
Noviembre	100	10,5	21,7	23,3	0,28
Diciembre	100	10,85	25,4	19,6	0,25
Anual Acum	-	127,75	-	-	4,21
Anual Prom	96	-	16,63	28,36	

Tabla 3. Cálculo de necesidades energéticas para ACS

La necesidad energética total anual es de **4,21MWh**.

El salto térmico necesario se calculó tomando como temperatura deseada de agua caliente de distribución a 45°C. La necesidad energética mensual se calculó según la ecuación, calculando la masa mensual como el producto entre la densidad del agua (1000 kg/m³) y su volumen (consumo mensual en m³). Con respecto a la ocupación se considera del 100% en todos los meses a excepción de Julio y Febrero donde tomamos en cuenta que la familia se tomará una semana de vacaciones para invierno y verano respectivamente, siendo el nivel de ocupación promedio del 75%. En el siguiente gráfico se muestra la necesidad energética mensual a fin satisfacer las necesidades de consumo de agua caliente en cantidad y temperatura:

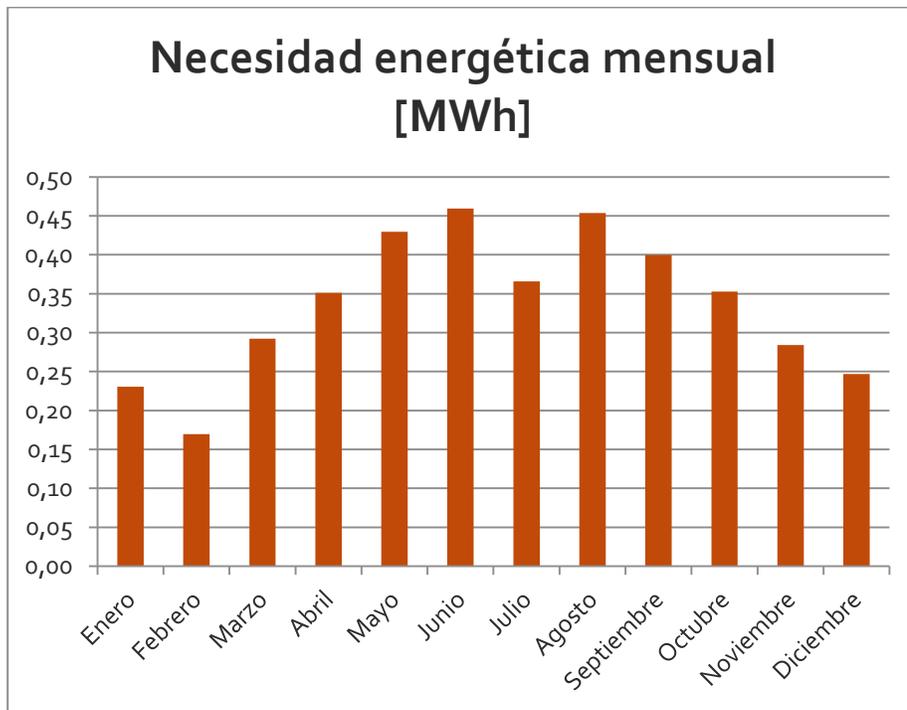


Gráfico 1. Necesidad energética para ACS

En el gráfico se aprecia que los picos de demanda de energía se darán durante los meses de invierno, con excepción del mes de Julio donde la necesidad energética es menor debido al nivel de ocupación de la vivienda tomado en un 75% considerando una semana de vacaciones para la familia.

Dimensionado de la superficie de captadores

En esta etapa procederemos a elegir el tipo de colector, superficie necesaria de captación y cantidad de colectores solares necesarios para satisfacer las necesidades energéticas para obtención de ACS y de calefacción.

1. Tipo de colector

La elección del tipo del panel se basará en dos factores:

- Eficiencia requerida
- Relación costo - calidad

La eficiencia de un colector solar está dada por una curva cuadrática de la siguiente expresión:

Ecuación 2:
$$\eta = \eta_o - \frac{\alpha_1}{I} \cdot \Delta T - \frac{\alpha_2}{I} \cdot \Delta T^2 \quad [\%]$$

Ecuación 2':
$$\text{Eta} = \text{Fr}(\text{tau alpha}) - [\text{Fr UL}] \cdot \text{DT}/\text{G} - [\text{Fr UL}_T] \cdot \text{DT}^2/\text{G} \quad [\%]$$

La ecuación 2' es la misma que la ecuación 2, a diferencia que está expresada según términos del software RETSCREEN. Los parámetros involucrados en la ecuación se detallan a continuación:

- **Eta = η** : Rendimiento de un colector. Es la proporción de luz incidente que puede ser convertida en Q útil (Calor útil).
- **Fr (tau alpha) = η_o** : Eficiencia óptica del colector. Cuando no hay diferencia de temperatura entre el ambiente y el agua del panel o fluido calo-portador sólo son determinantes para la eficiencia las **pérdidas ópticas**, las cuales se vinculan al tipo de material utilizado en el panel, principalmente la transparencia de la placa de vidrio y el grado de absorción de la capa selectiva.
- **Fr UL = α_1** : Es el coeficiente lineal de **pérdidas térmicas** (conducción y convección) [(W/m²)/°C]. Mientras mayor sea la diferencia de temperatura, mayores son las pérdidas por transferencia de calor entre el fluido calo-portador o el agua y el ambiente, por ende la eficiencia del colector disminuye (Menor proporción de luz incidente puede convertirse en Q útil).
- **Fr UL_T = α_2** : Es el coeficiente cuadrático de **pérdidas térmicas**. Expresa la curvatura de la curva de eficiencia definitiva. [(W/m²)/°C²].
- **DT = ΔT** : Es la diferencia de temperatura entre el fluido de trabajo a la salida del colector y la de entrada (temperatura ambiente) [°C]
- **G = I**: Es la incidencia de radiación solar o Intensidad de radiación que expresa la potencia por unidad de superficie de la luz incidente. [W/m²] Para un mismo colector, a mayor I, mayor será su rendimiento (Un panel puede tener distintas curvas dependiendo del valor de I del lugar)

Para la obtención de agua caliente actualmente suelen utilizarse tres tipos de colectores solares:

- Colector de placa plana
- Colector de tubos de vacío o "evacuado"
- Colectores absorbedores - utilizados para piscinas (no corresponden a nuestro caso)

A continuación se muestran la curva de eficiencia general de un colector y la comparación entre curvas de eficiencia de colectores de placa plana, tubos de vacío (utilizados ambos para calefacción de agua) y colectores absorbedores (utilizados para piscina):

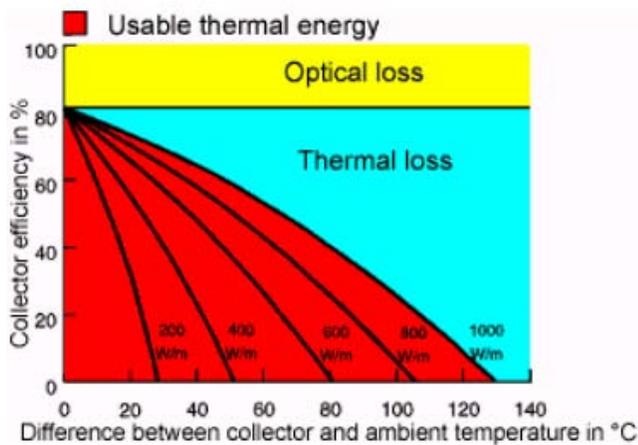


Gráfico 2. Curva de eficiencia general de colector solar

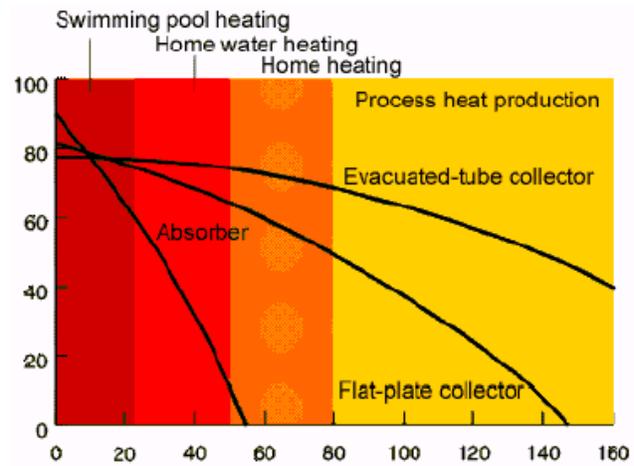


Gráfico 3. Curvas de eficiencia por tipo de colector

Las curvas grafican la eficiencia del colector en función de la diferencia de temperatura ΔT entre el agua a la salida del colector y la temperatura ambiente. Como podemos apreciar, las curvas de eficiencia para colectores de placa plana y tubos de vacío o "evacuados" difieren en que el colector de tubos de vacío es más eficiente para climas fríos (implican ΔT elevado) mientras que para climas templados ambos trabajan a niveles de eficiencia similares.

Para nuestro caso, el salto térmico promedio requerido es de $28,36^{\circ}\text{C}$ mientras que el máximo es para el mes de Julio de $37,8^{\circ}\text{C}$ (Ver Tabla 3. Cálculo de necesidades energéticas para ACS). Podemos afirmar al ver el gráfico 3. Curvas de eficiencia por tipo de colector que para estos saltos térmicos requeridos (debido a las características del clima de Bahía Blanca siendo templado frío), los colectores de placa plana o de tubos de vacío/evacuados tendrán niveles de eficiencia similares. Por esto mismo, la elección del tipo de panel para la vivienda estará dada principalmente por la relación costo-calidad del colector.

A continuación se muestra una tabla de propiedades de diferentes colectores solares que se comercializan en nuestro país (parámetros de eficiencia tomadas de la base de datos de RETSCREEN y fichas técnicas de proveedores nacionales):

Tipo	Modelo	Marca	Proveedor	η_o [%]	α_1 [W/m ² .°C]	Área bruta [m ²]	Área captación [m ²]
Placa plana	CR 90	Chromagen	Sapolin S.A.	0,74	5,37	1,7	1,5
Placa plana	CR 100	Chromagen	Sapolin S.A.	0,74	5,37	2,1	1,9
Placa plana	CR 110	Chromagen	Sapolin S.A.	0,74	5,37	2,4	2,2
Placa plana	CR 120	Chromagen	Sapolin S.A.	0,74	5,37	2,82	2,61
Placa plana	S-SPC 18	Baxi	Triangular S.A.	0,7	4,46	2	1,87

Tabla 4. Colectores solares comercializados en Argentina

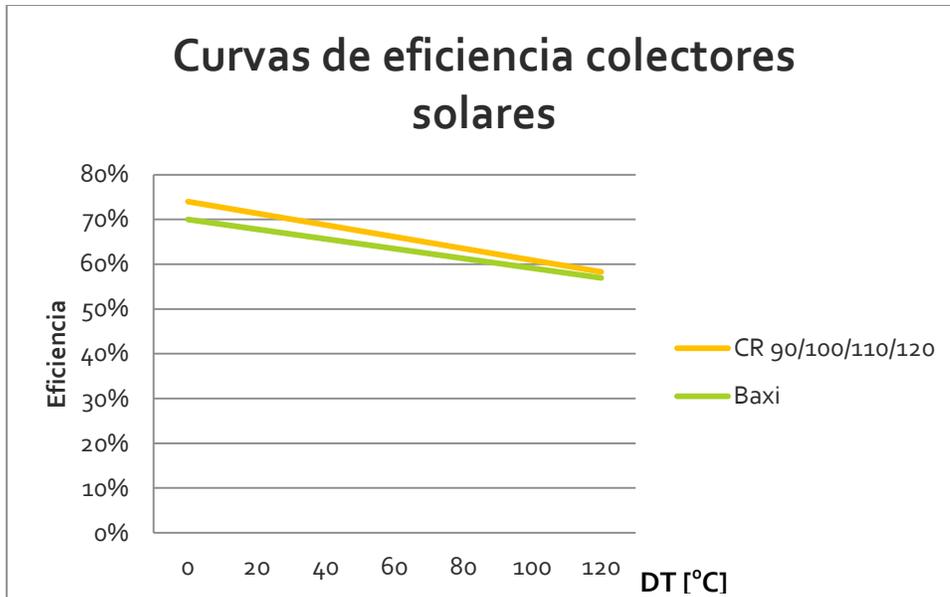
Estos son los únicos paneles solares en el mercado nacional del cual se conoce los parámetros de eficiencia óptica η_o y coeficiente lineal de pérdidas térmicas α_1 , siendo del tipo placa plana. Si bien hay varios proveedores de otros paneles, sobre todo chinos de tubos de vacío/evacuados, se desconoce en forma técnica dichos parámetros por lo que no podremos hacer un análisis adecuado del aporte solar teórico que brindarían.

A continuación se muestra la tabla de precios de los colectores solares evaluados:

Tipo	Modelo	Marca	Proveedor	Precio unitario [\$/u]
Placa plana	CR 90	Chromagen	Sapolin S.A.	\$4836.-
Placa plana	CR 100	Chromagen	Sapolin S.A.	\$5590.-
Placa plana	CR 110	Chromagen	Sapolin S.A.	\$6055.-
Placa plana	CR 120	Chromagen	Sapolin S.A.	\$6588.-
Placa plana	S-SPC 18	Baxi	Triangular S.A.	\$11.620.-

Tabla 5. Tabla de precios - Colectores solares comercializados en Argentina

En el siguiente gráfico mostramos las curvas de eficiencia para los distintos colectores solares propuestos, considerando una intensidad de radiación promedio en Bahía Blanca de 4,1kWh/m² (Atlas de la energía solar).



Como podemos concluir a partir de esta curva, los modelos de colectores solares plano CR son más eficientes que el Baxi. De todas maneras, considerando que el salto térmico promedio necesario es de 28°C, la diferencia en eficiencia es mínima (menor al 4%). Considerando que en calidad ambos productos son reconocidos, hemos optado por el CR 120, de menor costo y mayor área de captación, que nos será beneficioso al calentar agua tanto para ACS como de calefacción (losa radiante).

A continuación mostramos una imagen del Colector de placa plana Chromagen CR 120:



Colector placa plana Chromagen CR 120.

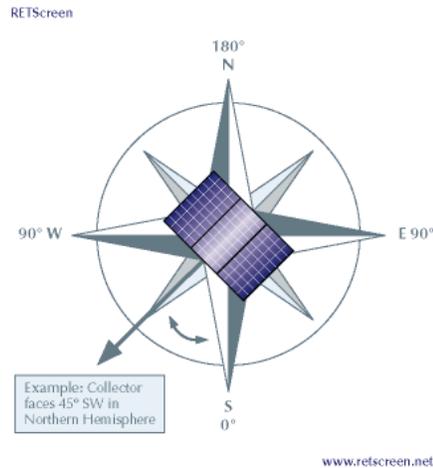
2. Cálculo de la radiación solar en el plano de colectores solares

El programa RETSCREEN cuenta con una base de datos meteorológica de varias localidades alrededor del mundo. Para el caso de Bahía Blanca los datos de radiación solar horizontal diaria promedio [kWh/m².dia] son los siguientes:

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d
Enero	23,0	53,1%	6,67
Febrero	21,9	59,6%	5,83
Marzo	18,7	64,3%	4,44
Abril	14,6	68,4%	3,92
Mayo	11,0	73,5%	2,78
Junio	7,9	74,1%	1,83
Julio	7,6	71,5%	1,78
Agosto	9,1	67,8%	2,28
Setiembre	11,4	64,6%	3,08
Octubre	14,4	63,8%	4,14
Noviembre	18,4	58,4%	5,58
Diciembre	21,4	53,4%	6,53
Anual	14,9	64,4%	4,06
Medido a	m		

A fin de calcular la radiación solar en el plano de los colectores solares, conocida como "radiación solar inclinada", definimos los siguientes parámetros:

- **Modo de rastreo solar: Fijado.** Los paneles solares serán montados en una estructura fija.
- **Inclinación: 53,7°.** Inclinación óptima = $|-34,6| + 15^\circ = 53,7^\circ$. Esta es la inclinación que maximiza la incidencia solar en el invierno para el colector. Esto es lo que deseamos ya que es la estación en donde habrá mayor demanda energética para calentamiento de agua.
- **Azimut: 180°.** La orientación preferencial debe ser orientada al ecuador, siendo en este caso un ángulo de azimut de 0° en el Hemisferio Norte y de 180° en el Hemisferio Sur.



En función de estos datos el RETSCREEN procede a calcular la radiación solar diaria promedio inclinada en el plano de los colectores solares ($53,7^\circ$ de inclinación en un Azimut de 180°), resultando:

	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado
Mes	kWh/m²/d	kWh/m²/d
Enero	6,67	5,23
Febrero	5,83	5,19
Marzo	4,44	4,66
Abril	3,92	5,35
Mayo	2,78	4,93
Junio	1,83	3,36
Julio	1,78	2,92
Agosto	2,28	3,04
Setiembre	3,08	3,31
Octubre	4,14	3,82
Noviembre	5,58	4,54
Diciembre	6,53	4,98
Anual	4,06	4,27
Radiación solar anual - horizontal	MWh/m²	1,48
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m²	1,56

La radiación solar horizontal ($1,48 \text{ MWh/m}^2$) e inclinada ($1,56 \text{ MWh/m}^2$) anual son las radiaciones incidentes sobre los colectores solares en MWh/m^2 para todo el año. Se calculan haciendo la sumatoria de las radiaciones horizontales e inclinadas promedio diarias para todos los días del año.

3. Superficie de captación necesaria - Método F-Chart

El performance del sistema de calentamiento de agua caliente con almacenamiento es estimado por el método f-chart. El propósito del método es calcular f (**fracción solar**), la fracción de la demanda de agua caliente que es provista por el sistema de colectores solares. Una vez que f es calculada, la cantidad de energía renovable que reemplaza a la energía convencional para calentamiento de agua puede ser determinada. Para ello, en el método se definen dos grupos dimensionales X e Y :

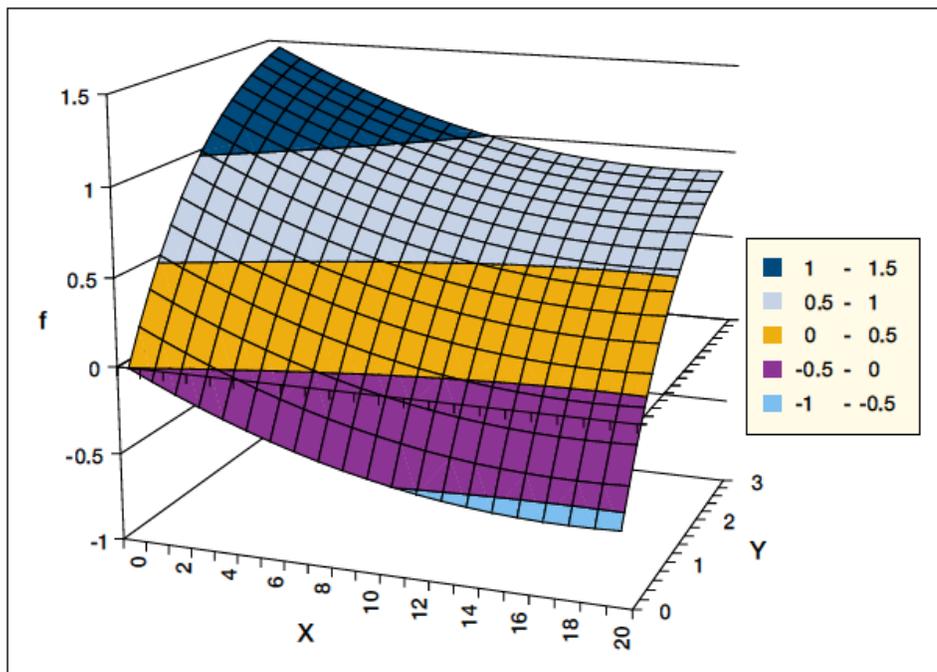
$$X = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

$$Y = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{Carga calorífica mensual}}$$

En función de X e Y se calcula la fracción solar mensual f según la siguiente ecuación:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,018X^2 + 0,0215Y^3$$

Hay algunas limitaciones sobre el rango donde esta fórmula tiene validez. Sin embargo, como muestra la figura siguiente, la superficie descrita por la ecuación anterior es suave, por lo que extrapolación no debería ser un problema. Si la formula predice un valor de f menor a 0, un valor de 0 es tomado. Si f es mayor que 1, un valor de 1 es utilizado.



Correlación f-chart.

3.1 Cálculo de X

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente ecuación:

$$E_c = S_c \cdot F'_{r.}(\tau\alpha) \cdot R_i \cdot N$$

Siendo:

- S_c : Superficie del captador (m^2) = 2,59 m^2 . Haciendo simulaciones con el software, a fin de lograr una mayor fracción solar, es decir provisión de energía por los paneles solares, elegimos la disposición de 2 captadores solares, logrando una superficie de captación total de **5,18 m^2** .
- R_i : Radiación diaria promedio inclinada incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (Kwh/m^2). La misma depende tanto de la inclinación del panel solar como de la época del año. La tabla con los valores promedio mensuales fue presentada anteriormente.
- N : Número de días al mes.
- $F'_{r.}(\tau\alpha)$: Factor adimensional que viene dado por la siguiente expresión.

$$F'_{r.}(\tau\alpha) = F_{r.}(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \frac{F'_r}{F_r}$$

Donde:

- $F_{r.}(\tau\alpha)_n$: Factor de eficiencia óptica del captador = **0,74 (74%)**
- $\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$: Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble). En nuestro caso tomaremos **0,96**.
- $\frac{F'_r}{F_r}$: Factor de correlación del conjunto captador-intercambiador. En general se toma un valor de **0,95**.

Por ende para nuestro caso el valor del factor adimensional es:

$$F'_{r.}(\tau\alpha) = 0,74 \cdot 0,96 \cdot 0,95 = 0,675$$

A continuación procedemos a calcular los valores de X mensuales como el cociente entre la energía captada por los paneles solares E_c y la necesidad energética mensual para calentamiento de agua Q .

Mes	N	R _i (kWh/m ² d)	E _c (MWh)	Q (MWh)	X
Enero	31	5,23	0,57	0,23	2,46
Febrero	28	5,19	0,51	0,17	2,99
Marzo	31	4,66	0,51	0,29	1,73
Abril	30	5,35	0,56	0,35	1,60
Mayo	31	4,93	0,53	0,43	1,24
Junio	30	3,36	0,35	0,46	0,77
Julio	31	2,92	0,32	0,37	0,87
Agosto	31	3,04	0,33	0,45	0,73
Septiembre	30	3,31	0,35	0,40	0,87
Octubre	31	3,82	0,41	0,35	1,17
Noviembre	30	4,54	0,48	0,28	1,68
Diciembre	31	4,98	0,54	0,25	2,18

Método f-Chart - Calculo de X.

3.2 Cálculo de Y

El parámetro Y expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes.

La energía perdida por el panel solar viene dada por la siguiente ecuación para sistema combinado de calefacción - ACS:

$$E_P = S_c \cdot F'_r \cdot U_L (100 - T_o) \cdot \Delta t \cdot K_1$$

Siendo:

- S_c : Superficie del captador (m²)
- $F'_r \cdot U_L = F_r \cdot U_L \cdot \frac{F'_r}{F_r}$ donde:
 - $F_r \cdot U_L$: Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador). En nuestro modelo coincide con α_1 : Coeficiente lineal de pérdidas térmicas (conducción y convección) [(W/m²)/°C]. Para nuestro panel solar seleccionado, el valor de $\alpha_1 = F_r \cdot U_L = 5,37$ (W/m²)/°C.

- T_o : Temperatura media mensual ambiente ($^{\circ}\text{C}$). Estas temperaturas son propias de Bahía Blanca y tomadas de la base de datos del RETSCREEN.
- Δt : Período de tiempo considerado en segundos (s).
- K_1 : Factor de corrección por almacenamiento que se obtiene de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [kg \text{ acumulación} / (75 S_c)]^{-0,25}$$

Para nuestro caso, considerando un tanque de almacenamiento para 388,4 litros de agua (388,4 kg) manteniendo una relación de 75L/m² y siendo la superficie del captador de 2,82 m² (5,64 m² en total al ser dos captadores) resulta:

$$K_1 = [388 / (75 \cdot 5,64)]^{-0,25} = 1,02$$

A continuación procedemos a calcular los valores de Y mensuales como el cociente entre la energía pérdida por los paneles solares E_p y la necesidad energética mensual para calentamiento de agua Q .

Mes	T_o ($^{\circ}\text{C}$)	Δt^* (s)	K_1	E_p (MWh)	Q (MWh)	Y
Enero	23,00	1004400,00	1,02	0,58	0,23	2,51
Febrero	21,90	907200,00	1,02	0,53	0,17	3,12
Marzo	18,70	781200,00	1,02	0,48	0,29	1,63
Abril	14,60	648000,00	1,02	0,41	0,35	1,18
Mayo	11,00	446400,00	1,02	0,30	0,43	0,69
Junio	7,90	432000,00	1,02	0,30	0,46	0,65
Julio	7,60	446400,00	1,02	0,31	0,37	0,84
Agosto	9,10	558000,00	1,02	0,38	0,45	0,84
Septiembre	11,40	648000,00	1,02	0,43	0,40	1,07
Octubre	14,40	781200,00	1,02	0,50	0,35	1,42
Noviembre	18,40	864000,00	1,02	0,53	0,28	1,86
Diciembre	21,40	892800,00	1,02	0,53	0,25	2,13

Cálculo de Y. Método f-chart.

* Este tiempo se refiere al transcurso en segundos durante las horas de sol útiles a lo largo del mes analizado (Heleofanía efectiva). La Heleofanía efectiva se obtiene del *Atlas de Energía Solar de la República Argentina* - datos que se mostraron al principio de este trabajo para Bahía Blanca - Bs. As.

3.3 Cálculo de f y energía renovable generada

Para calcular la fracción solar f procedemos a utilizar la ecuación del método f-chart en base a los valores de X e Y obtenidos:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,018X^2 + 0,0215Y^3$$

Dado que la fracción solar representa la fracción de la demanda energética que será cubierta por los colectores solares, la energía renovable generada se calculará como:

$$E_r = Q \cdot f$$

Siendo:

- E_r : Energía renovable generada
- Q : Necesidad energética
- f : Fracción solar calculada por método f-chart

A continuación se presenta la tabla con los cálculos realizados:

Mes	X	Y	f	Q (MWh)	E_r (MWh)
Enero	2,46	2,51	1,33	0,23	0,31
Febrero	2,99	3,12	1,45	0,17	0,25
Marzo	1,73	1,63	1,06	0,29	0,31
Abril	1,60	1,18	0,85	0,35	0,30
Mayo	1,24	0,69	0,55	0,43	0,24
Junio	0,77	0,65	0,53	0,46	0,24
Julio	0,87	0,84	0,66	0,37	0,24
Agosto	0,73	0,84	0,66	0,45	0,30
Septiembre	0,87	1,07	0,81	0,40	0,32
Octubre	1,17	1,42	0,98	0,35	0,34
Noviembre	1,68	1,86	1,15	0,28	0,33
Diciembre	2,18	2,13	1,23	0,25	0,30
Total	-	-	-	4,04	3,48

Como podemos apreciar, 3,48 MWh son generados en energía renovable cubriendo prácticamente un 86% de la demanda energética. No obstante debemos considerar pérdidas a fin de calcular la energía neta generada.

3.4 Cálculo de energía neta generada

La energía neta generada se calculará en base a la energía renovable considerando un factor de pérdidas δ :

$$E_n = E_r \cdot \delta$$

- δ : Factor de pérdidas. Incluye las pérdidas del captador solar y misceláneas.
 - Las pérdidas del panel solar son debidas a obstrucciones de la placa colectora por nieve o suciedad. El valor de este parámetro depende de las condiciones climáticas, la inclinación del panel y de la presencia de personal en sitio para remover la nieve o suciedad. El valor se encuentra entre 2%-5% para tubos evacuados y entre 3%-10% para otros paneles. En nuestro caso tomaremos un **5%**.
 - Las pérdidas misceláneas incluyen las pérdidas de calor desde tuberías y/o el tanque de almacenamiento hacia el ambiente. En sistemas con almacenamiento como el nuestro, debemos considerar las pérdidas por tuberías (dependen del largo de las mismas - entre el 1% y 2% para distancias cortas entre tuberías y colectores y 4% al 8% para distancias largas) y pérdidas por almacenamiento - transferencia de calor desde el tanque deben ser tenidas en cuenta - 5% al 10%. Tomamos un total de pérdidas del **15%**.

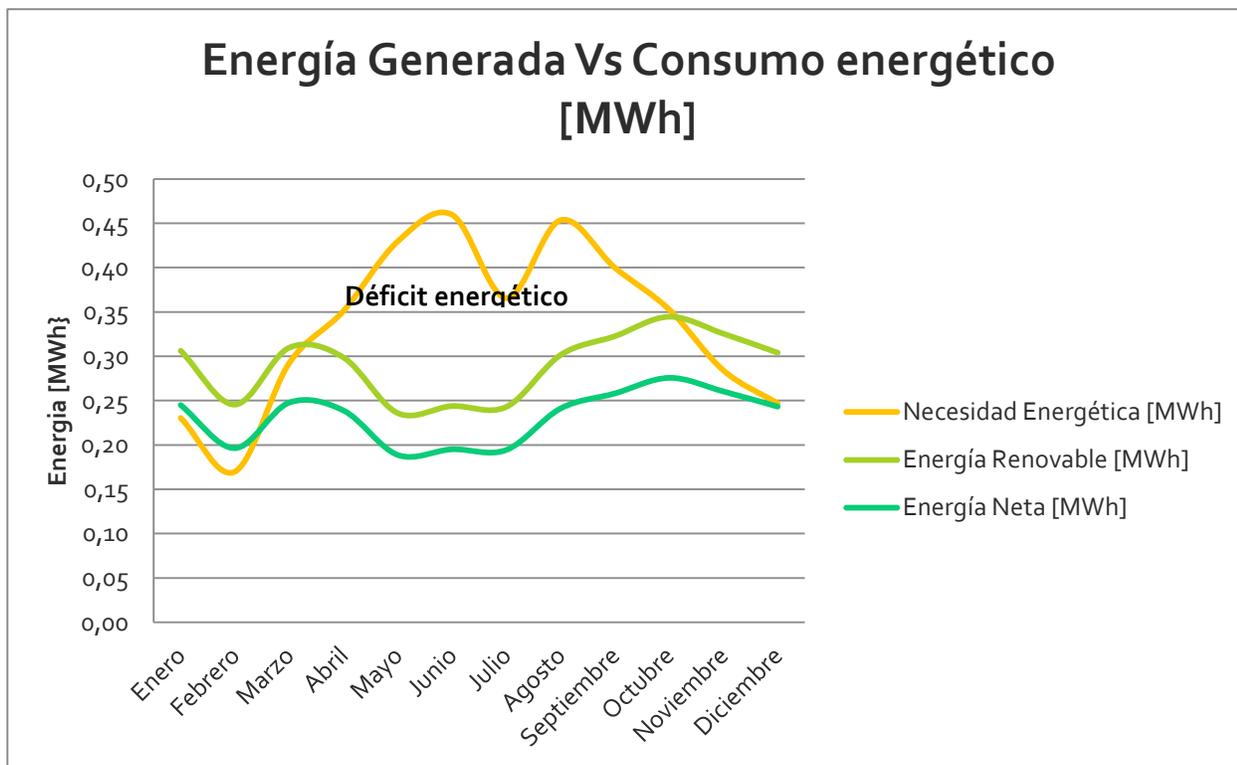
Tomando un factor de pérdidas del 20% procedemos a calcular en la siguiente tabla la energía neta generada:

Mes	Q (MWh)	E_R (MWh)	E_N (MWh)	f_N	f'_n
Enero	0,23	0,31	0,25	106,29%	100,00%
Febrero	0,17	0,25	0,20	115,66%	100,00%
Marzo	0,29	0,31	0,25	84,77%	84,77%
Abril	0,35	0,30	0,24	68,04%	68,04%
Mayo	0,43	0,24	0,19	43,94%	43,94%
Junio	0,46	0,24	0,20	42,45%	42,45%
Julio	0,37	0,24	0,19	53,16%	53,16%
Agosto	0,45	0,30	0,24	53,18%	53,18%
Septiembre	0,40	0,32	0,26	64,55%	64,55%
Octubre	0,35	0,34	0,28	78,16%	78,16%
Noviembre	0,28	0,33	0,26	91,66%	91,66%
Diciembre	0,25	0,30	0,24	98,50%	98,50%
Total	4,04	3,48	2,78*	68,88%	67,99%

Como podemos apreciar, la demanda durante los meses de Enero, Febrero y Diciembre están prácticamente provistas por los colectores solares.

Los valores de f'_n (fracción solar neta ajustada) corresponden al ajuste de fracción solar f_N , ya que como mencionamos anteriormente, el método f-chart cuenta con limitaciones sobre el rango donde tiene validez. Los valores de f superiores a 100% son ajustados al valor 100%.

A continuación procedemos a graficar la necesidad energética, energía renovable y neta generada a lo largo de los meses:



-**Demanda total:** 4,04 MWh

-***Energía neta generada:** 2,74 MWh. Considerando que durante los meses de Enero y Febrero la energía neta generada coincidirá con la demanda, la energía neta resultante es de 2,74MWh y no 2,78MWh.

-***Cobertura de la demanda:** 67,99% considerando a la energía neta generada durante meses de Enero y Febrero de igual valor a la demanda.

- **Déficit energético:** 32,01%, correspondiendo a 1,30 MWh que serán provistas por gas natural (combustible) utilizado en el tanque de almacenamiento/intercambiador de calor.

A continuación se muestran estos mismos resultados provistos por el RETSCREEN. La fracción solar resultante es del **60%** ya que este modelo implica el agregado de una bomba para lograr una circulación del fluido intercambiador (agua + glicol), a la vez que considera la eficiencia del intercambiador de calor:

- *Potencia Bomba / Área colector:* 13W/m². El RETSCREEN propone unos valores típicos de bombas utilizados para circulación forzada en sistemas de colectores solares. Nuestro caso implica colectores solares de 5,60 m² netos, estimando una relación de 13W/m² de potencia de bomba por área de colector.

Typical Solar Pumps

RETScreen

Collector aperture area (m ²)	Solar pump (W)	Specific pump power range (W/m ²)
2 to 6	20 to 45	3 to 20
6 to 12	85	7 to 15
12 to 35	185	5 to 15
35 to 60	205	3.5 to 6

www.retscreen.net

- *Demanda de electricidad:* La bomba demandará en forma anual 0,1 MWh. En función de la potencia por unidad de área de colector se calcula el consumo anual de la bomba eléctrica.

- *Eficiencia del intercambiador de calor = 80%.* Valores típicos se encuentran entre 50% y 85% dependiendo del tipo de intercambiador de calor. Nosotros tomamos un valor del 80%, sugerido por el RETSCREEN para un primer análisis. La eficiencia del intercambiador no está relacionada con las pérdidas por calor, sino que una mayor eficiencia caracteriza la posibilidad de un intercambiador de calor de transferir una misma cantidad de calor desde el fluido térmico al agua caliente pero con una menor diferencia de temperatura.

Considerando todos estos parámetros, llegamos a los siguientes resultados finales:

Calentador solar de agua

Tipo	Vidriado	
Fabricante	Chromagen Solar Energy Systems	
Modelo	CC-A/F (CR-120)	
Área bruta por colector solar	m ²	2,80
Área de captación de colector solar	m ²	2,59
Coefficiente Fr (tau alfa)		0,74
Coefficiente Fr UL	(W/m ²)/°C	4,89
Coefficiente de temperatura para Fr UL	(W/m ²)/°C ²	0,000
Número de colectores		2
Área del colector solar	m ²	5,60
Capacidad	kW	3,62
Pérdidas varias	%	5,0%

2

Balance del sistema y misceláneos

Almacenamiento		Sí
Capacidad de almacenamiento / área de colector solar	L/m ²	75
Capacidad de almacenamiento	L	388,4
Intercambiador de calor	si/no	Sí
Eficiencia del intercambiador de calor	%	80,0%
Pérdidas varias	%	15,0%
Potencia de bomba / área de colector solar	W/m ²	13,00
Tarifa de electricidad	ARS/kWh	0,622

Resumen

Demanda de electricidad - bomba	MWh	0,1
Calentamiento entregado	MWh	2,5
Fracción solar	%	60%

Análisis de Emisiones

El caso propuesto de vivienda genera un ahorro directo en emisiones de GEI al reemplazar aproximadamente un 60% del gas natural utilizado combustible en caldera por energía solar (energía limpia que no genera emisiones de GEI).

Este ahorro es cuantificado por el RETSCREEN en:

$$\text{Ahorro Emisiones GEI} = \left(\frac{0,483 \text{ tCO}_2}{\text{MWh}} \right) (2,5 \text{ MWh}) = 1,20 \text{ tCO}_2$$

El factor $\frac{0,483 \text{ tCO}_2}{\text{MWh}}$ corresponde el factor de emisiones de GEI para Argentina considerando como combustible al gas natural. El ahorro anual es de 1,20 ton de CO₂, equivalente al ahorro de 498 lts. de gasoil no consumidos y 2,7 Barriles de petróleo crudo no consumidos.

Análisis de Emisiones

Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
Pais - Región	Tipo de	tCO ₂ /MWh	%	tCO ₂ /MWh
Argentina	Gas natural	0,483		0,483

Emisiones GEI

Caso base	tCO ₂	1,2		
Caso propuesto	tCO ₂	0,0		
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO ₂	1,2		
Derechos de transacción por créditos GEI	%			
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO ₂	1,2	es equivalente a	1,2 tCO ₂

Análisis Financiero

Para el análisis financiero, el RETSCREEN calcula el repago de capital, es decir el tiempo para el cual se recupera la inversión inicial. Los parámetros que se utilizan para este análisis son:

- Inversión/Costos iniciales incrementales:** La inversión inicial incremental respecto al sistema propuesto para la casa base implicará la compra de los dos colectores solares de placa plana Chromagen CR120, tanque de almacenamiento solar/intercambiador de calor y conexiones, en conjunto a la mano de obra para instalación. Luego de consultar precios con el proveedor y analizando costos de mano de obra, se estima una inversión inicial incremental de:

Elementos	Costos
Colectores Solares Chromagen CR 120 (2)	\$13.000.-
Tanque intercambiador calor solar + conexiones	\$32.000.-
Mano de obra	\$15.000.-
Total	\$60.000.-

- **Tasa de inflación anual:** 30%
- **Tiempo de vida del proyecto:** 20 años. Vinculada directamente a la vida útil de los paneles solares
- **Costos anuales:** Considerando que 0,1MWh de consumo anual de electricidad son generados por la incorporación de una bomba para circulación del fluido térmico agua-glicol, esto implica un costo anual incremental de **\$33,24** considerando una tarifa subsidiada en Bahía Blanca de \$0,3324/kWh.
- **Ahorros anuales en consumo de gas:** Los ahorros anuales en consumo de gas para calefacción y ACS son de 2,5 MWh generados en forma neta por los colectores solares. El ahorro equivalente en consumo de gas es en 240m³, del orden del 60% del consumo en m³ total para ACS y calefacción. Considerando una tarifa de gas actual (consumo variables) de \$0,45/m³ (CAMUZZI GAS PAMPEANO), el ahorro es de **\$110** anuales.

Nota: Para el cálculo del ahorro solo consideramos la carga variable de la tarifa ya que es la única que varía según la cantidad consumida.

Luego de cargar estos parámetros financieros al RETSCREEN obtenemos:

Inversión inicial: \$60.000.-

Ahorros anuales: \$110.-

Costos anuales: \$33.-

TIR (Incluye inflación): 1,8%

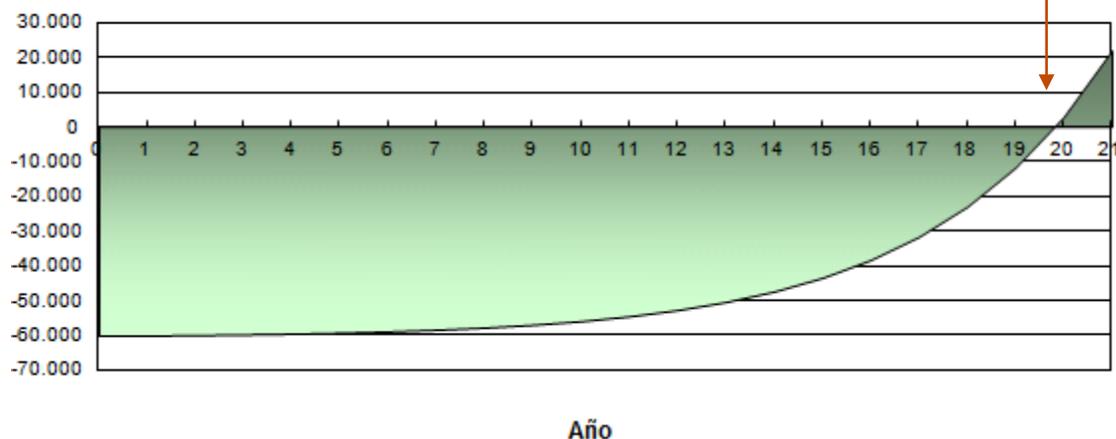
Recuperación de la inversión: 19,8 años

Análisis Financiero

Parámetros financieros			
Tasa de inflación	%	30,0%	
Tiempo de vida del proyecto	año	21	
Relación de deuda	%	0%	
Costos iniciales			
Sistema eléctrico de potencia	ARS	60.000	100,0%
Otro	ARS		0,0%
Costos iniciales totales	ARS	60.000	100,0%
Incentivos y donaciones			
	ARS	0	0,0%
Costos anuales/pagos de deuda			
Costo de O y M (ahorros)	ARS	33	
Costo de combustible - caso propuesto	ARS	0	
	ARS		
Costos anuales totales	ARS	33	
Ahorros y renta anuales			
Costo de combustible - caso base	ARS	0	
Ahorro consumo eléctrico anual	ARS	110	
Total renta y ahorros anuales	ARS	110	
Viabilidad financiera			
TIR antes - impuestos - activos	%	1,8%	
Pago simple de retorno del capital	año	781,7	
Repago - capital	año	19,8	

Flujo efectivo acumulado (ARS)

Gráfico de flujo de caja acumulado



Como podemos apreciar, el resultado del análisis no es muy beneficioso. Parece que esta etapa no es económicamente factible, ya que la inversión individual del sistema se recupera en casi 20 años y los ahorros anuales no son considerables. Este punto está fuertemente relacionado con el costo del m³ de gas natural para consumo en hogares de nuestro país. Considerando las políticas energéticas actuales en la Argentina de los últimos 10 años, podemos evaluar la posibilidad de que esta tarifa no sea referencial en perspectiva al valor que efectivamente debería ser. Por ejemplo, según un artículo actual sobre la economía nacional, desde el año 2003 al día de hoy, hubo una inflación acumulada aproximada del 900%, mientras que el aumento

acumulado de los precios de servicios de energía y de transporte público en el país fue del 300%. Es decir, podríamos de alguna manera afirmar que el precio del gas debería costar mínimamente 3 veces más.

De todas maneras, y fomentando la sustentabilidad del proyecto, hay un ahorro considerable de consumos de m³ (ahorro del 60% de consumo anual) y reducciones de CO₂ (1,2 ton al año). Por lo tanto, desde el punto de vista cualitativo el sistema nos parece altamente aceptable.

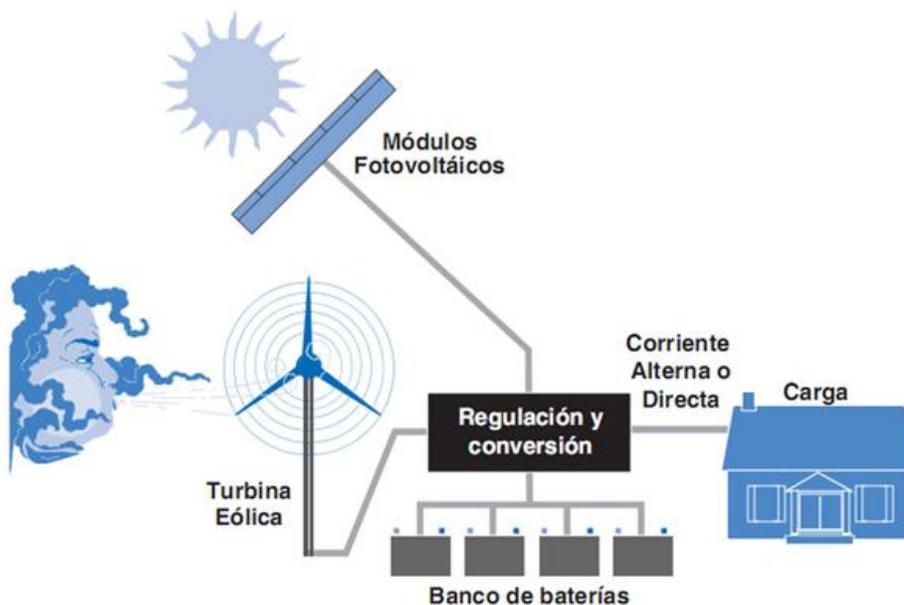
A su vez, cabe destacar que este análisis es particular del sistema de calefacción de agua por energía solar. Considerando que hay otro proyecto de calefacción de aire por muros solares, ambos se complementan logrando un ahorro aún mayor del consumo de m³ de gas anual, por lo que desde el punto de vista integral analizado como un único proyecto para cubrir la calefacción de la vivienda, el mismo se amortizará en menos de 20 años. Dicho análisis lo haremos hacia el final del trabajo.

3.3.2. ENERGÍA ELÉCTRICA

Si bien la vivienda propuesta estará conectada a la red central de energía eléctrica, analizaremos la posibilidad de inserción de un **sistema híbrido eólico-fotovoltaico** que garantice un ahorro de consumo eléctrico desde la red lo suficientemente considerable para justificar la inversión incremental en este sistema respecto a una vivienda tipo (caso base). Tanto el sistema fotovoltaico como eólico generarán ahorros en la tarifa eléctrica hacia el consumidor final que deberán ser traducidos en un período de recuperación de la inversión, aspecto vinculado a uno de los eslabones de la sustentabilidad: equilibrio económico.

Modelo

En la siguiente imagen se puede visualizar el modelo del sistema híbrido que se propone para la vivienda sustentable:



Los componentes principales son:

- Turbina eólica
- Módulos fotovoltaicos
- Regulación de carga
- Banco de baterías.
- Conversión/Inversor de CC a CA

No todos los sistemas requieren de todos estos componentes. En nuestro caso, al tratarse de una vivienda conectada a red central eléctrica, la misma red actúa como el medio de almacenamiento y las baterías no son necesarias. Si es necesario un inversor ya que los módulos FV generan corriente continua que debe convertirse en alterna.

Carga de consumo

La carga de consumo en kW-h dependerá de los electrodomésticos y equipos con que cuenta la casa. La secretaría de energía (ENRE.GOV.AR) propone los siguientes consumos por hora por electrodoméstico/equipo:

Consumo indicativo de artefactos eléctricos		
Electrodoméstico	Potencia (W)	Consumo (kWh)
Horno eléctrico	1300	1,040
Aire acondicionado	1350	1,013
Lavarropas c/calent. agua	2520	0,882
Cafetera	900	0,720
Plancha	1000	0,600
PC	300	0,300
LED	185	0,185
Heladera con Freezer	195	0,098
TV	70	0,070
Anafe de inducción*	3100	0,19
Total	10.920	5,098

*El anafe de inducción fue elegido en comparación a un anafe de resistencias eléctricas dado que si bien la potencia nominal del anafe de inducción es mayor, es más eficiente (menor pérdidas de calor) logrando iguales temperaturas deseadas con menor consumo. Las ventajas pueden resumirse en:

- **Mayor eficiencia energética**

Toda la energía es aprovechada, ya que sólo se emite la energía necesaria para calentar el recipiente, no el cristal ni aquellas zonas no cubiertas por el recipiente. La ausencia de focos caloríficos de temperatura elevada provoca un incremento de la eficiencia al reducir las pérdidas de calor al ambiente. El cuadro a continuación presenta la comparación de eficiencia entre diferentes tecnologías de cocción.

- **Rapidez de calentamiento**

La producción de calor en el propio material da lugar a un calentamiento más rápido que en otros sistemas.

- **Mayor seguridad**

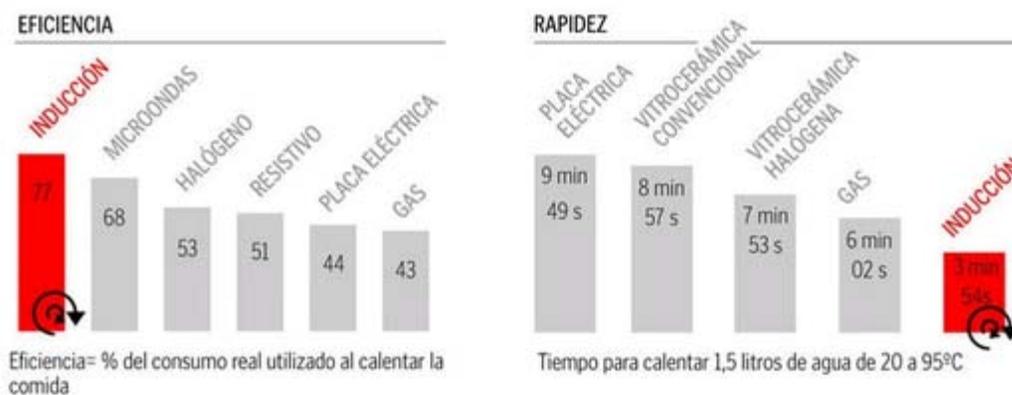
El riesgo de sufrir quemaduras es más reducido debido a la menor temperatura de la zona de cocción. El cristal no alcanza temperaturas peligrosas sólo la del calor que emana del recipiente. Además, los inductores sólo trabajan cuando hay un recipiente sobre la zona de cocción con un diámetro mínimo de 10 cm. Así se evita que los inductores actúen sobre un objeto pequeño olvidado sobre la zona de cocción.

- **Mayor facilidad de limpieza**

La menor temperatura de la superficie de cocción previene la combustión de restos de alimentos, redundando en una limpieza más fácil

- **Detección automática del recipiente**

El sistema electrónico de las placas de inducción incorpora la funcionalidad de detectar automáticamente el recipiente, evitando consumos energéticos innecesarios y adaptándose al tamaño del mismo.



A modo de ejemplo comparamos el consumo de un anafe de inducción vs. el consumo de una vitrocerámica convencional para calentar 1,5 litros de agua de 20 a 95°C.

$$\text{Consumo Inducción} = E = P \cdot \Delta t = 3100W \cdot 234s = 725,4 \text{ kJ}$$

$$\text{Consumo Vitrocerámica convencional} = E = P \cdot \Delta t = 2000W \cdot 537s = 1074 \text{ kJ}$$

Como observamos el consumo del anafe de inducción es menor ya que al ser más eficiente logra calentar el agua más rápidamente que la placa eléctrica o vitrocerámica convencional.

El sistema eólico-fotovoltaico se desarrollará inicialmente para abastecer una carga de consumo de hasta 2kW. Por ende, del total de electrodomésticos con que cuenta la casa, se eligen abastecer únicamente los que están remarcados en color azul en la tabla anterior de *Carga de consumo* siendo:

Consumo indicativo de artefactos eléctricos		
Electrodoméstico	Potencia (W)	Consumo (kWh)
Horno eléctrico	1300	1,040
PC	300	0,300
LED	185	0,185
Heladera con Freezer	195	0,098
TV	70	0,070
Total	2050	1,693

Si bien la potencia nominal supera los 2050W, el sistema híbrido se dimensionará para una potencia máxima admisible superior a esta.

Luego haremos un análisis de sensibilidad para analizar en qué medida el aumentar los kW de capacidad del sistema afectan la recuperación de la inversión. De todas maneras, cabe mencionar que debido a las limitaciones del mercado argentino en cuanto a venta de sistemas eólicos para viviendas, el mismo se dimensionará para 1kW. Por ende haremos este análisis de sensibilidad sobre el FV.

Dimensionamiento de inversor CC/CA

El inversor de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) deberá dimensionarse para el sistema híbrido eólico-FV de 2000W de potencia nominal. A fin de proteger el inversor frente a subidas de tensión, se multiplica la potencia nominal del sistema por un factor de 1,25 obteniendo la "salida mínima de seguridad":

2000W.1,25 = 2500W **Salida mínima de seguridad**

Considerando una eficiencia máxima del inversor del 95% procedemos a calcular la potencia de salida verificando que sea superior a la salida mínima de seguridad. Para ello tomamos la potencia nominal la del catálogo del inversor de 3300W:

$$P_{out} = 0,95.(3300W) = 3100W > 2500W$$

Como la potencia de salida del inversor supera a la salida mínima de seguridad, procedemos a elegir este inversor siendo:

Marca: Qmax

Modelo: QM-33324SP

Potencia de salida nominal: 3300W

Tensión de salida CA: 220V

Eficiencia Máxima: 95%

Tensión de entreda CC: 24V

Costo: \$18.000

INVERSORES DE 12V O 24V A 220V 50HZ

Especificaciones del Inversor	QM-3324SP	QM-2024SP	QM-1724SP	QM-1024SP	QM-2512SP	QM-2012SP	QM-1512SP	QM-1012SP
Potencia de Salida Nominal Continua	3300 W	2000 W	1700 W	1000 W	2500 W	2000 W	1500 W	1000 W
Potencia de salida Máxima por 2 seg.	11500 W	7000 W	5900 W	3500 W	8700 W	7000 W	5200 W	3500 W
Frecuencia de Salida Nominal	50 Hz +/- 0,05%							
Tensión de Salida AC RMS	220 Vac							
Forma de Onda de Salida	Senoidal Pura							
Eficiencia Máxima	95%							
Consumo en Modo Inversor sin carga	< 20W							
Consumo en Modo de Búsqueda	< 2W							
Tensión de Entrada DC Nominal	24 Vdc				12 Vdc			
Rango de Tensión de Entrada DC	18-29 Vdc				9-15 Vdc			
Especificaciones Generales	QM-3324SP	QM-2024SP	QM-1724SP	QM-1024SP	QM-2512SP	QM-2012SP	QM-1512SP	QM-1012SP

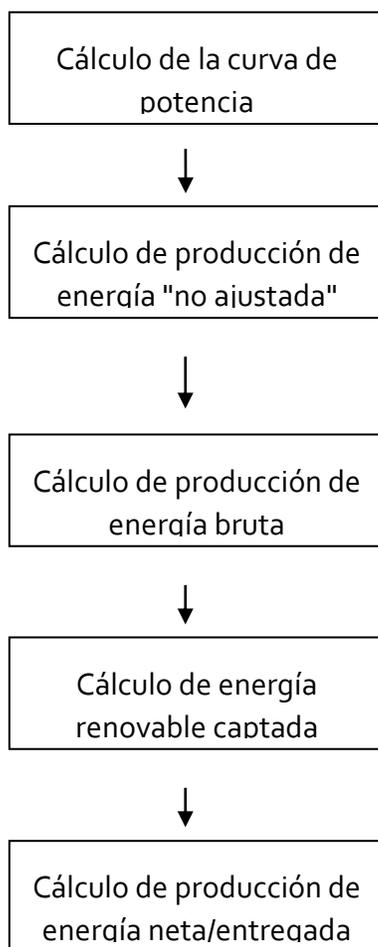
Nota: Al ser el inversor igualmente compartido tanto por el generador eólico como FV, sus costos se dividan a la mitad al prorratarlos en los proyectos, cuando los analicemos individualmente, por ende el costo del inversor para cada uno de estos proyectos es de **\$9.000** aproximadamente.

Dimensionamiento del sistema eólico

Los proyectos de energía eólica son, desde el punto de vista financiero, más viables en áreas ventosas debido a que la energía potencial del viento está relacionada con el cubo de la velocidad del viento. No obstante, la performance de producción de energía de una turbina eólica es más proporcional al cuadrado del promedio de la velocidad del viento. Esta diferencia está dada por las pérdidas en transformación de la energía y al límite de Betz. Por ende, la energía producida por una turbina eólica aumentará un 20% por cada 10% de incremento de velocidad del viento. El sitio donde se instalará un molino eólico es clave para el proyecto, y en el caso de nuestra vivienda propuesta, las velocidad promedio del viento por mes en Bahía Blanca son bastante competitivas para lograr que esta inversión incremental sea razonable.

La inversión en el sistema eólico, consecuente instalación y generación de energía eléctrica será tomado como un proyecto de inversión que será simulado en el software RETSCREEN INTERNACIONAL - Wind Energy Project Model.

El software utiliza varios algoritmos para calcular en forma anual la producción de energía del sistema eólico. A continuación se procede a describir un diagrama de flujo de los algoritmos utilizados:



Limitaciones del modelo:

- El modelo no ha sido validado aún para molinos eólicos de eje vertical
- No evalúa tecnologías que estén en desarrollo

1. Producción de energía "no ajustada"

Se calcula en base a la curva de energía de la turbina eólica seleccionada y en la velocidad del viento promedio a la altura del rotor para el sitio propuesto.

Evaluación de recursos

1.1 Distribución de velocidad del viento

La velocidad del viento es calculada en el RETSCREEN como una función de probabilidad de Weibull. Esta distribución es usualmente utilizada en proyectos de ingeniería de energía eólica, ya que se asemeja bien a distribuciones de velocidades del viento para varios sitios. En algunos casos, el modelo también utiliza la distribución de probabilidad de Rayleigh, que es un caso especial de la distribución de Weibull, donde el factor de forma es igual a 2.

La función densidad de distribución de probabilidad de Weibull expresa la probabilidad $p(x)$ de tener una velocidad del viento x durante el año, de la siguiente manera:

$$p(x) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^k} \quad k > 1; x \geq 0; c > 0 \quad \text{Distribución de Weibull: Velocidad del viento}$$

Factor de forma k: Es el factor de forma con valores típicos entre 1,3 y 4,3. Se define como la relación entre la energía obtenida en un año, y la energía que se obtendría en ese año si la velocidad del viento se mantuviera constante e igual a la velocidad media. Es decir, en dos lugares donde la velocidad media es la misma, se tendrá más energía disponible en la localidad donde el factor k sea mayor.

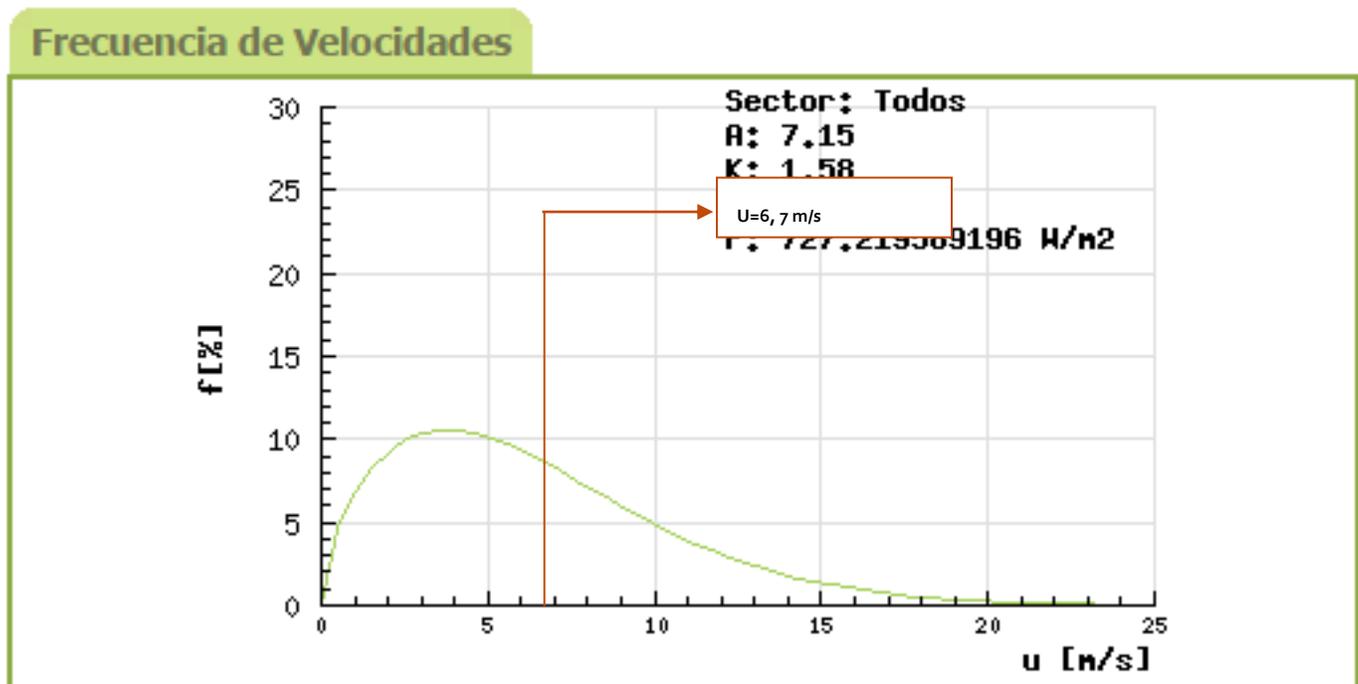
Para una velocidad del viento promedio, un factor k más bajo indica una distribución de velocidades más ancha alrededor de este valor promedio. Un factor k más elevado indica una distribución de velocidades más angosta alrededor de la velocidad del viento promedio. Un factor de forma k más bajo llevará normalmente a una mayor producción de energía para un determinada velocidad del viento promedio.

C es el factor de escala que se calcula de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\bar{x}}{\gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)} \quad \bar{x} \text{ es la velocidad del viento promedio y } \gamma \text{ es la función gamma.}$$

Según el SIG eólico (Sistema de información geográfico - Mapa Eólico Nacional), el factor k para la distribución de Weibull en Bahía Blanca es de **1,58**. Al ser próximo al valor 1 vemos que la distribución de velocidades alrededor de la velocidad promedio es ancha logrando una mayor producción de energía de la turbina eólica a seleccionar. A continuación se muestra la distribución de velocidades del viento en Bahía Blanca:

Datos de Ubicación seleccionada				
Latitud : -38° 41' 42" Y = 5696108	Longitud : -62° 21' 52" X = 1077331	ASNM: 4 m	Densidad de Pot: 727.22	Temp Media: 13.5 °C
Weibull A: 9.67	Weibull k: 2.1	Vel. Media: 8.57	Densidad del Aire: 1.231 Kg/m ³	
Altura Medición: 35m	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>			
Marca y Modelo:	Bonus Energy A/S-Bonus 450 kW MkIII			



Distribución de probabilidades de Weibull: Velocidades del viento (m/s) en Bahía Blanca.

La velocidad del viento promedio indicada por el SIG eólico es de 6,32 m/s mientras que la base de datos del RETSCREEN también indica que la velocidad promedio mensual es de **6,3 m/s**. Los valores de velocidad promedio por mes se tomarán del RETSCREEN ya que este es el software utilizado para el análisis del proyecto:

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento	Días-grado de enfriamiento
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	23,0	53,1%	6,67	100,0	7,0	26,7	0	403
Febrero	21,9	59,6%	5,83	100,1	6,6	25,1	0	333
Marzo	18,7	64,3%	4,44	100,3	6,0	21,8	0	270
Abril	14,6	68,4%	3,92	100,5	6,0	16,2	102	138
Mayo	11,0	73,5%	2,78	100,5	5,7	10,9	217	31
Junio	7,9	74,1%	1,83	100,6	6,2	7,3	303	0
Julio	7,6	71,5%	1,78	100,7	6,1	6,3	322	0
Agosto	9,1	67,8%	2,28	100,7	6,2	9,0	276	0
Setiembre	11,4	64,6%	3,08	100,8	6,3	12,2	198	42
Octubre	14,4	63,8%	4,14	100,5	6,3	17,0	112	136
Noviembre	18,4	58,4%	5,58	100,2	6,5	21,7	0	252
Diciembre	21,4	53,4%	6,53	100,0	7,2	25,4	0	353
Anual	14,9	64,4%	4,06	100,4	6,3	16,6	1.530	1.959
Medido a					10,0	0,0		

Velocidades del viento promedio mensuales (m/s) en Bahía Blanca medidas a 10 m de altura - RETSCREEN.

Turbina eólica

El mercado local cuenta con varias ofertas en cuanto a turbinas eólicas de gran potencia (MW) siendo los principales actores Vestas, General Electric, Gamesa, Impsa Wind, etc. En cuanto a turbinas eólicas de baja potencia el mercado es chico, siendo mucho de ellos fabricados artesanalmente sin industrialización por quienes quieren aprovechar dicha tecnología en su propio hogar. Elegimos entre los siguientes proveedores para la compra de la turbina eólica:

Proveedor	Potencia (W)
Solar y eólica S.R.L	1100
ST Charger	1100
Giafa TG Power 2000	2000
Hummer	1000

Luego de hacer un análisis entre costos y curva de potencia de cada turbina hemos elegido a la turbina eólica **Hummer de 1000W** cuyos datos técnicos son los siguientes:

- Potencia nominal: 1000W
- Potencia máxima: 2000W
- Ø aspas: 3,1 m
- Potencia máxima: 2000W
- Viento arranque: 3 m/s
- Viento nominal: 9 m/s
- Eficiencia generador: 80%
- Coeficiente de potencia: 45%
- Altura mástil: 8 m
- Baterías: 5 de 12V
- Freno mecánico: Superador los 25m/s [90km/h]
- Aspas de plástico reforzado con fibra de vidrio
- Curva de potencia*

* Se detalla a continuación en "Curva de energía".



Imagen del generador eólico a instalar.

1.2 Curva de energía

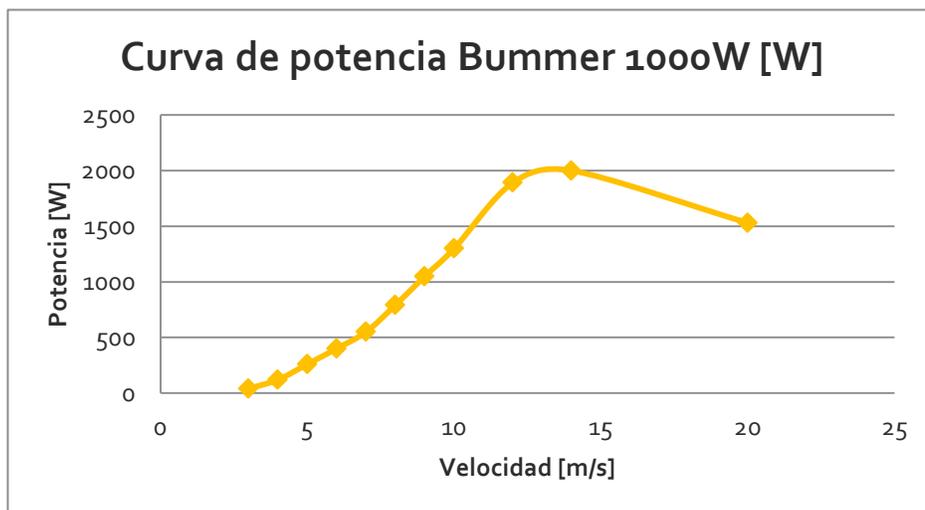
La curva de energía es el total de energía acumulada que una turbina eólica produce para un determinado rango anual de velocidades del viento promedio. En el RETSCREEN, la curva de energía se especifica en un rango de 3 a 15 m/s de velocidad promedio del viento.

Para calcular la curva de energía el modelo utilizado:

- Curva de potencia de la turbina eólica
- Distribución de probabilidad de Weibull

Curva de potencia y coeficiente de potencia

La curva de potencia de un aerogenerador es un gráfico que representa la potencia eléctrica disponible en la turbina eólica a diferentes velocidades del viento. Para el Hummer, dicha curva comienza una velocidad de arranque (a los 3 m/s), luego alcanza un máximo (a los 14 m/s), después se estabiliza o desciende levemente hasta llegar a una velocidad de freno (a los 25 m/s), momento en que la turbina eólica se desconecta para evitar daños que pueden ocasionar fuertes ráfagas. A continuación se muestra el gráfico de la curva de potencia del Hummer:



Velocidad (m/s)	Potencia [W]
3	40
4	120
5	260
6	400
7	550
8	792
9	1050
10	1300
12	1892
14	2000
20	1530

El coeficiente de potencia señala la eficiencia con la que el aerogenerador convierte la energía del viento en electricidad. Dicho coeficiente tiene un valor máximo teórico de **59,3%** denominado límite de Betz. En este caso, el coeficiente de potencia para el aerogenerador Bummer es del 45%.

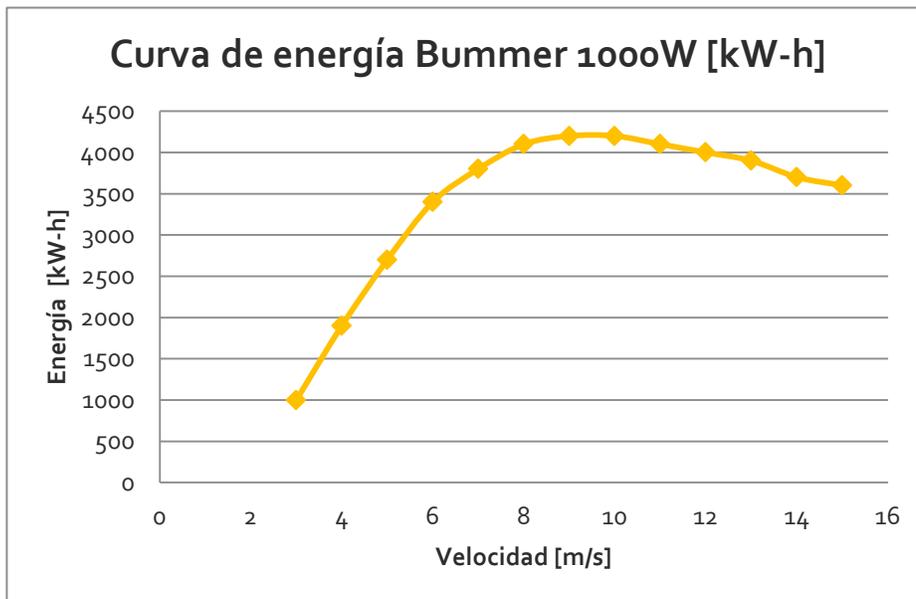
Curva de energía

En función de la curva de potencia y de la distribución de probabilidades de Weibull, cada punto de la curva de energía se calcula de la siguiente manera:

$$E_{\bar{v}} = 8760 \cdot \sum_{v=0}^{25} P_x \cdot p(x)$$

- $E_{\bar{v}}$: Energía a la velocidad promedio considerada
- \bar{v} : Velocidad promedio considerada
- P_x : Potencia de la turbina a la velocidad x
- $p(x)$: Probabilidad de Weibull para una velocidad del viento x , calculada para una velocidad promedio \bar{v}

Como mencionamos la curva de energía se calcula por RETSCREEN en un rango de 0 m/s a 15 m/s. Según el modelo, la curva de energía para el aerogenerador Bummer 1000W es la siguiente:



Velocidad (m/s)	Energía [kW-h]
3	1000
4	1900
5	2700
6	3400
7	3800
8	4100
9	4200
10	4200
11	4100
12	4000
13	3900
14	3700
15	3600

Producción de energía no ajustada

La energía no ajustada es la energía producida por la turbina a condiciones estándar de presión y temperatura. El cálculo se basa en la velocidad promedio del viento a la altura del rotor para el sitio propuesto. La velocidad del viento varía con la altura según la ley exponencial de Hellman en base a un coeficiente de cizallamiento del suelo. A continuación procedemos a explicar este concepto:

α = Coeficiente de cizallamiento del suelo (Exponente de Hellman): Consiste en un número dimensional que expresa la tasa a la cual la velocidad del viento varía con la altura sobre el piso.

La velocidad del viento varía con la altura siguiendo aproximadamente una ecuación del tipo estadístico, conocida como ley exponencial de Hellman. Para calcular la producción de energía no ajustada utilizaremos esta ley en base a la velocidad promedio del viento a la altura del rotor.

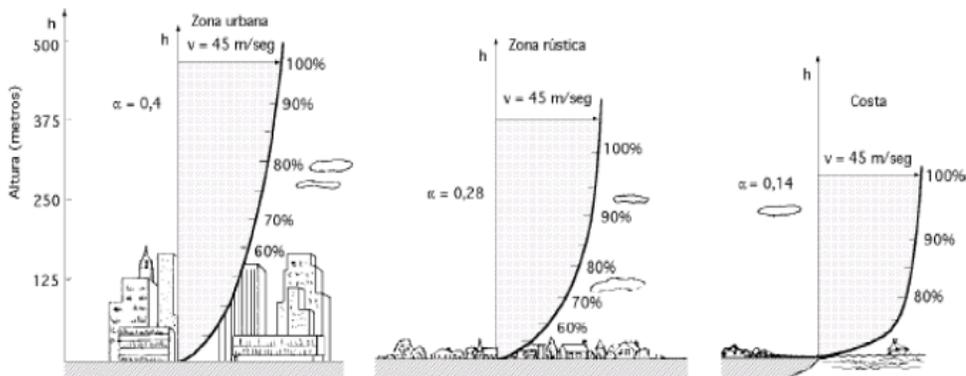
$$\bar{V}(z) = \bar{V}(z_{ref}) \cdot \left(\frac{z}{z_{ref}} \right)^\alpha$$

Siendo:

- $\bar{V}(z)$: Velocidad promedio del viento a la altura del rotor
- z : Altura a la que se desea calcular la velocidad: Altura del rotor
- $\bar{V}(z_{ref})$: Velocidad del viento a la altura de referencia - anómetro
- z_{ref} : Altura a la que se conoce la velocidad de referencia - anómetro
- α : Exponente de Hellman que varía según la rugosidad del terreno

Un exponente de Hellman bajo corresponde a un terreno suave mientras que un exponente alto es típico de un terreno con obstáculos de gran tamaño. Este valor es utilizado para calcular la velocidad del viento promedio a la altura del rotor de la turbina eólica. Varía generalmente entre 0.10 y 0.40 de la siguiente manera:

Lugares llanos con hielo o hierba	$\alpha = 0,08 - 0,12$
Lugares llanos (mar o costa)	$\alpha = 0,14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0,13 - 0,16$
Zonas rústicas	$\alpha = 0,20$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0,20 - 0,26$
Terrenos muy accidentados o ciudades	$\alpha = 0,25 - 0,40$



Velocidad del viento en función de la altura para distintos terrenos - Ley exponencial Hellman.

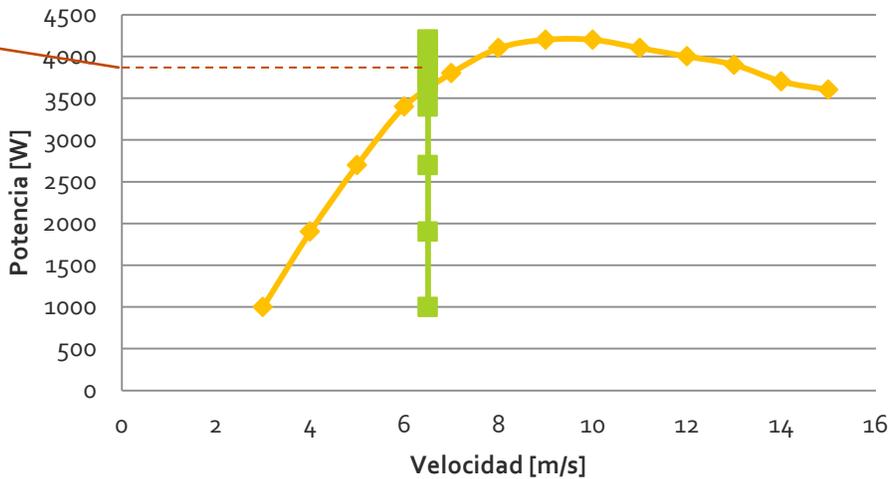
Para la vivienda propuesta consideraremos un terreno poco accidentado por lo que tomamos un exponente del Hellman del valor **0,14**.

El modelo procede a calcular la velocidad promedio anual del viento a la altura del rotor:

$$\bar{V}(z) = 6,5 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad promedio anual a 8 m altura (rotor) - Hummer 1000W}$$

El modelo RETSCREEN interpola la curva de energía de la turbina eólica para esta velocidad para así calcular la producción de energía no ajustada E_U que se muestra en el siguiente gráfico:

**Curva de energía Bummer 1000W
[kW-h]**



Velocidad (m/s)	Energia [kW-h]
6	3400
7	3800

La producción de energía no ajustada es un valor aproximado entre los 3400 kW-h y los 3800 kWh:

$$E_U = \frac{3400+3800}{2} kWh = 3600kWh = \mathbf{3,6MWh} \quad \text{Producción de energía no ajustada turbina eólica}$$

2. Producción de energía bruta

La producción de energía bruta es el total de energía producida anual por la turbina eólica sin considerar pérdidas y a velocidades del viento, presión atmosférica y temperatura propias del sitio (condiciones locales de presión y temperatura). La producción de energía bruta E_G es calculada como:

$$E_G = E_U \cdot c_H \cdot c_T$$

Siendo:

- E_U : Energía no ajustada producida
- c_H : Coeficiente de ajuste de presión
- c_T : Coeficiente de ajuste de temperatura

Los coeficientes de presión y temperatura son la relación entre la presión y temperatura del sitio respecto a los estándares, como indican las siguientes ecuaciones:

$$c_H = \frac{P}{P_o} = 0,991 \qquad c_T = \frac{T}{T_o} = 1,001$$

Para Bahía Blanca los coeficientes de presión y temperatura son de 0,991 y 1,001 respectivamente.

Siendo:

- P : Presión atmosférica anual promedio en Bahía Blanca
- P_o : Presión atmosférica estándar de 101,3kPa
- T : Temperatura absoluta anual promedio en Bahía Blanca
- T_o : Temperatura absoluta estándar de 288,1K

Por ende la producción de energía bruta para el Hummer 1000W será de:

$$E_G = 3,6MWh \cdot 0,991 \cdot 1,001 = 3,57MWh$$

3. Energía renovable captada

La energía neta es la energía producida por la turbina eólica luego de considerar las pérdidas, siguiendo la siguiente ecuación:

$$E_C = E_G \cdot c_L$$

Siendo:

- E_G : Producción de energía bruta del Hummer 1000W
- c_L : Es el coeficiente de pérdidas dado por:

$$c_L = (1 - \delta_a) \cdot (1 - \delta_{s\&i}) \cdot (1 - \delta_d) \cdot (1 - \delta_m)$$

- δ_a : **Pérdidas de arreglo eólico**. Son causadas por la interacción de múltiples turbinas eólicas entre sí a través de sus estelas. Las turbinas en las "sombras" de otras no reciben tanto viento como las que están enfrente y como resultado la producción de energía decrece. Los valores típicos de estas

pérdidas rondan entre 0% al 20% de la producción de energía bruta. Para nuestro caso consideraremos a estas pérdidas del **valor 0%** al no interactuar con otros molinos eólicos - el Hummer 1000W recibirá todo el viento de frente.

- $\delta_{s\&i}$: **Pérdidas de la superficie de sustentación.** Son causadas por la suciedad de las palas o por acumulación de hielo afectando el desempeño aerodinámico de las mismas. Puede ser mejorado lavando las palas regularmente o calentándolas. Las pérdidas por formación de hielo ocurren cuando el hielo fuerza a la turbina eólica a apagarse o la previene de comenzar a trabajar. Las pérdidas típicas de superficie de sustentación son del 1% al 10%. Para nuestra turbina eólica Hummer 1000W tomaremos un **valor promedio del 5%**.
- δ_d : **Pérdidas por tiempo de no disponibilidad.** Son un resultado del mantenimiento programado, fallas de la turbina eólica, etc. Generalmente estas pérdidas rondan entre el 2% y 7% de la producción de energía bruta, es decir la disponibilidad de la turbina eólica ($1 - \delta_d$) ronda entre el 93% al 98%. Para nuestro caso tomaremos una disponibilidad del 93%, es decir **pérdidas por indisponibilidad del 7%**.
- δ_m : **Pérdidas misceláneas/varias:** Representa las pérdidas de producción de energía debido a los inicios y paradas, requerimiento de potencia parásita, entre otros. Los valores típicos son entre el 2% al 6% de la producción de energía bruta. Tomamos para maestro Hummer 1000W unas **pérdidas misceláneas del 5%**.

El coeficiente de pérdidas global resulta:

$$c_L = (1 - 0) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,07) \cdot (1 - 0,05) = 0,84$$

De esta manera, la energía renovable captada resulta ser:

$$E_C = E_G \cdot c_L = 3,57MWh \cdot 0,84 = 3MWh \quad \text{Energía renovable captada}$$

4. Producción de energía renovable entregada/neta

La energía neta/entregada por el sistema se calcula según la siguiente ecuación:

$$E_D = E_C \cdot \mu$$

- E_C : Energía renovable captada por turbina eólica
- μ : **Índice** de absorción de energía eólica. Este índice es el porcentaje de energía eólica captada que puede ser absorbida por la red eléctrica. Para turbinas eólicas conectadas a red eléctrica central, como en nuestro caso, este índice es del 100% ya que la red es lo suficientemente grande para siempre absorber el total de energía producida por la turbina eólica.

Por ende, la energía neta total producida por el Hummer 1000W es de:

$$E_D = E_C \cdot 1 = 3MWh$$

5. Rendimiento específico de la turbina y Factor de capacidad

Rendimiento específico: El rendimiento específico de la turbina se calcula dividiendo la energía renovable captada E_C y el área barrida por las aspas de la turbina A multiplicada por el número de turbinas N , siendo para nuestro Hummer:

$$\text{Rendimiento específico} = \frac{E_C}{N \cdot A} = \frac{3000kWh}{1 \cdot \pi \cdot \frac{(3,1m)^2}{4}} = 400kWh/m^2$$

El área barrida por las aspas se calculó en función al diámetro de las aspas, datos del Hummer 1000W.

Factor de capacidad: El factor de capacidad es la producción anual de energía dividida por la producción teórica máxima, considerando que el equipo estuviese funcionando a su potencia nominal durante las 8760 horas que posee el año.

Para nuestro caso, el factor de capacidad será de:

$$FC = \frac{\text{Producción real energía}}{\text{Producción teórica energía}} \% = \frac{3000kWh}{8760h \cdot 1kW} = 34,3\%$$

El FC depende mucho de la zona, siendo para Bahía Blanca del orden del 35% según fuente de energiasustentables.com.ar, por lo que es una forma de validar que la energía real producida y calculada por el modelo RETSCREEN es la adecuada.

A continuación se resumen los cálculos obtenidos recientemente a través del programa RETSCREEN:

Mostrar datos

	Por turbina	
Producción de energía no ajustada	MWh	4
Coefficiente de presión		0,991
Coefficiente de temperatura		1,001
Producción bruta de energía	MWh	4
Coefficiente de pérdidas		0,84
Rendimiento específico	kWh/m²	407

Pérdidas del arreglo	%	0,0%
Pérdidas de la superficie de sustentación	%	5,0%
Pérdidas varias	%	5,0%
Disponibilidad	%	93,0%

Resumen

Factor de utilización	%	34,8%
Electricidad exportada a la red	MWh	3

Producción de energía neta

Análisis de Emisiones

Como el tanto el caso base de vivienda regular como el propuesto de vivienda sustentable implican el uso del mismo tipo de combustible, siendo electricidad, no hay un ahorro incremental en emisiones de CO₂. Es decir, analizando desde un punto de vista directo, la vivienda no ve ahorros en emisiones.

No obstante, si analizamos la cadena de energía, gran parte de la generación de energía proveniente de EDES S.A. se debe a centrales termoeléctricas, por ende los ahorros de emisiones en las viviendas implican ahorros de consumo de combustible indirectamente en las centrales. Este ahorro es cuantificado por el RETSCREEN en:

$$\text{Ahorro Emisiones GEI} = \left(\frac{0,367 \text{ tCO}_2}{\text{MWh}} \right) (3 \text{ MWh}) = 1,101 \text{ tCO}_2$$

El hummer 1000W genera 3MWh de energía eléctrica en forma anual logrando un *ahorro indirecto* en emisiones de GEI de 1,45 ton. Este valor es equivalente al ahorro de 633 lbs. de gasoil y de 3,4 barriles de petróleo crudo, por ejemplo.

Análisis de Emisiones

Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
Pais - Región	Tipo de	tCO2/MWh	%	tCO2/MWh
Argentina	Todos los tipos	0,367		0,367
Electricidad exportada a la red	MWh	3	Pérdidas T y D	
Emisiones GEI				
Caso base	tCO2	1,1		
Caso propuesto	tCO2	0,0		
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO2	1,1		
Derechos de transacción por créditos GEI	%			
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO2	1,1	es equivalente a	2,6 Barr. de petróleo crudo no consum.
Renta por reducción de GEI				
Tasa crédito reducción de GEI	ARS/tCO2			

Análisis Financiero

Para el análisis financiero, el RETSCREEN calcula el repago de capital, es decir el tiempo para el cual se recupera la inversión inicial. Los parámetros que se utilizan para este análisis son:

- **Inversión/Costos iniciales:** La inversión inicial implicará la compra del kit generador Hummer 1000W, sistema de baterías, inversor y mano de obra obra civil (fundación del molino y colocación de tensores). Luego de consultar precios con el proveedor y analizando costos de mano de obra, se estima una inversión inicial de:

Elementos	Costos
Generador eólico	\$23.000.-
Inversor (Prorratio al 50%)	\$9.000.-
Mano de obra	\$10.000.-
Total	\$42.000.-

- **Tasa de inflación anual:** 30%
- **Tiempo de vida del proyecto:** 20 años. Vinculada directamente a la vida útil del generador eólico.
- **Costos de mantenimiento:** Si bien el proveedor asegura que el generador eólico no requiere de mantenimiento, considerando posibles fallas del sistema durante su vida útil estimamos un costo anual de mantenimiento de \$300.-
- **Ahorros anuales en tarifa eléctrica:** Los ahorros anuales en tarifa eléctrica son de 3MWh generados por la turbina eólica, es decir 3000kWh. En función del cuadro tarifario vigente por la empresa distribuidora de energía en Bahía Blanca (EDES S.A.), la vivienda propuesta entraría en el régimen de consumo T1R - Residencial entrando en la categoría 4 resultando dos tarifas:

- 1) **Sin subsidio.** Cargo variable 4 (400<consumo en kWh Mes<500) **\$0,6471/kWh**
- 2) **Con subsidio.** Cargo variable 4 (400<consumo en kWh Mes<500) **\$0,3324/kWh**

Esto implicará dos ahorros, ya que analizaremos la recuperación de la inversión para el proyecto tanto con la energía subsidiada y suponiendo el caso hipotético que no haya subsidios.

Ahorro anual sin subsidio = (3000kWh).\$0,6471/kWh = \$1941

Ahorro anual con subsidio = (3000kWh).\$0,3324/kWh = \$997,2

Nota: Para el cálculo del ahorro solo consideramos la carga variable de la tarifa ya que es la única que varía según la cantidad consumida.

Luego de cargar estos parámetros financieros al RETSCREEN obtenemos:

Caso 1 - Tarifa sin subsidio

Inversión inicial: \$42.000.-

Ahorros anuales: \$1.941.-

Costos anuales: \$300.-

TIR (Incluye inflación): 27,1%

Recuperación de la inversión: 7,3 años

Análisis Financiero

Parámetros financieros

Tasa de inflación	%	30,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%

Costos iniciales

Sistema eléctrico de potencia	ARS	42.000
Otro	ARS	
Costos iniciales totales	ARS	42.000

Incentivos y donaciones

	ARS	0
--	-----	---

Costos anuales/pagos de deuda

Costo de O y M (ahorros)	ARS	300
Costo de combustible - caso propuesto	ARS	0
	ARS	
Costos anuales totales	ARS	300

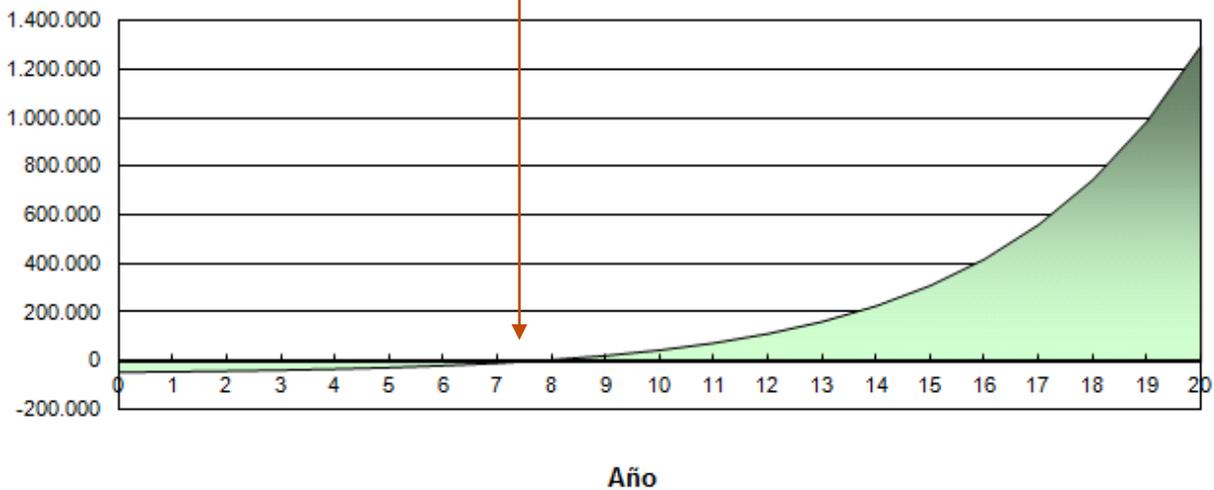
Ahorros y renta anuales

Costo de combustible - caso base	ARS	0
Ahorro consumo eléctrico anual	ARS	1.941
Total renta y ahorros anuales	ARS	1.941

Viabilidad financiera

TIR antes - impuestos - activos	%	27,1%
Pago simple de retorno del capital	año	25,6
Repago - capital	año	7,3

Gráfico de flujo de caja acumulado



Caso 2 - Tarifa con subsidio

Inversión inicial: \$42.000.-

Ahorros anuales: \$997.-

Costos anuales: \$300.-

TIR (Incluye inflación): 18,6%

Recuperación de la inversión: 10,3 años

Análisis Financiero

Parámetros financieros

Tasa de inflación	%	30,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%

Costos iniciales

Sistema eléctrico de potencia	ARS	42.000	100,0%
Otro	ARS	0	0,0%
Costos iniciales totales	ARS	42.000	100,0%

Incentivos y donaciones

	ARS	0	0,0%
--	-----	---	------

Costos anuales/pagos de deuda

Costo de O y M (ahorros)	ARS	300	
Costo de combustible - caso propuesto	ARS	0	
Costos anuales totales	ARS	300	

Ahorros y renta anuales

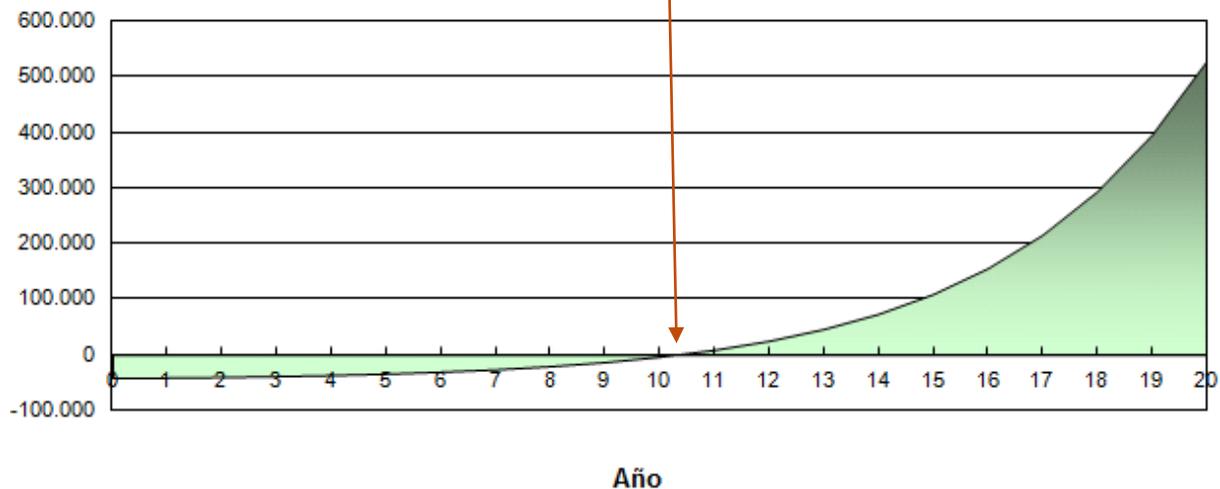
Costo de combustible - caso base	ARS	0	
Ahorro consumo eléctrico anual	ARS	997	
Total renta y ahorros anuales	ARS	997	

Viabilidad financiera

TIR antes - impuestos - activos	%	18,6%
Pago simple de retorno del capital	año	60,3
Repago - capital	año	10,3

Flujo efectivo acumulado (ARS)

Gráfico de flujo de caja acumulado



Como podemos apreciar, el proyecto se amortiza entre 7 a 10 años independientemente si la tarifa eléctrica cuenta con subsidios o no. La inflación impacta favorablemente en el sentido que disminuye la tasa real, generando que los ahorros en los distintos años sean mayores en el tiempo que en período del año "0", haciendo crecer el VAN y disminuyendo el período de recuperación del proyecto.

Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico (FV)

En general los sistemas fotovoltaicos cuentan con los siguientes componentes:

- **Baterías:** Almacenamiento de electricidad para proveer energía durante demandas nocturnas o días no soleados.
- **Inversores:** Requeridos para convertir la corriente continua CC producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna CA.
- **Controladores:** Manejan el almacenamiento de energía hacia la batería y entregan potencia hacia la carga.
- **Estructura:** Requerida para montar o instalar los módulos fotovoltaicos y otros componentes.

No todos los sistemas requieren de todos estos componentes. En nuestro caso, al tratarse de una vivienda conectada a red central eléctrica, la misma red actúa como el medio de almacenamiento y las baterías no son necesarias. Si es necesario un inversor ya que los módulos FV generan corriente continua que debe convertirse en alterna.

Utilizaremos el RETSCREEN para evaluar la producción de energía y desempeño financiero del proyecto fotovoltaico tal como hicimos con el molino eólico Hummer 1000W. Como mencionamos anteriormente, el sistema eólico-fotovoltaico será dimensionado para abastecer una demanda de 2kW por lo que los módulos FV deben dimensionar para 1kW. Haremos un análisis de sensibilidad al final considerando en cuanto variaría el período de amortización de la inversión si aumentamos la capacidad del sistema, es decir siendo superior al 1kW de instalación.

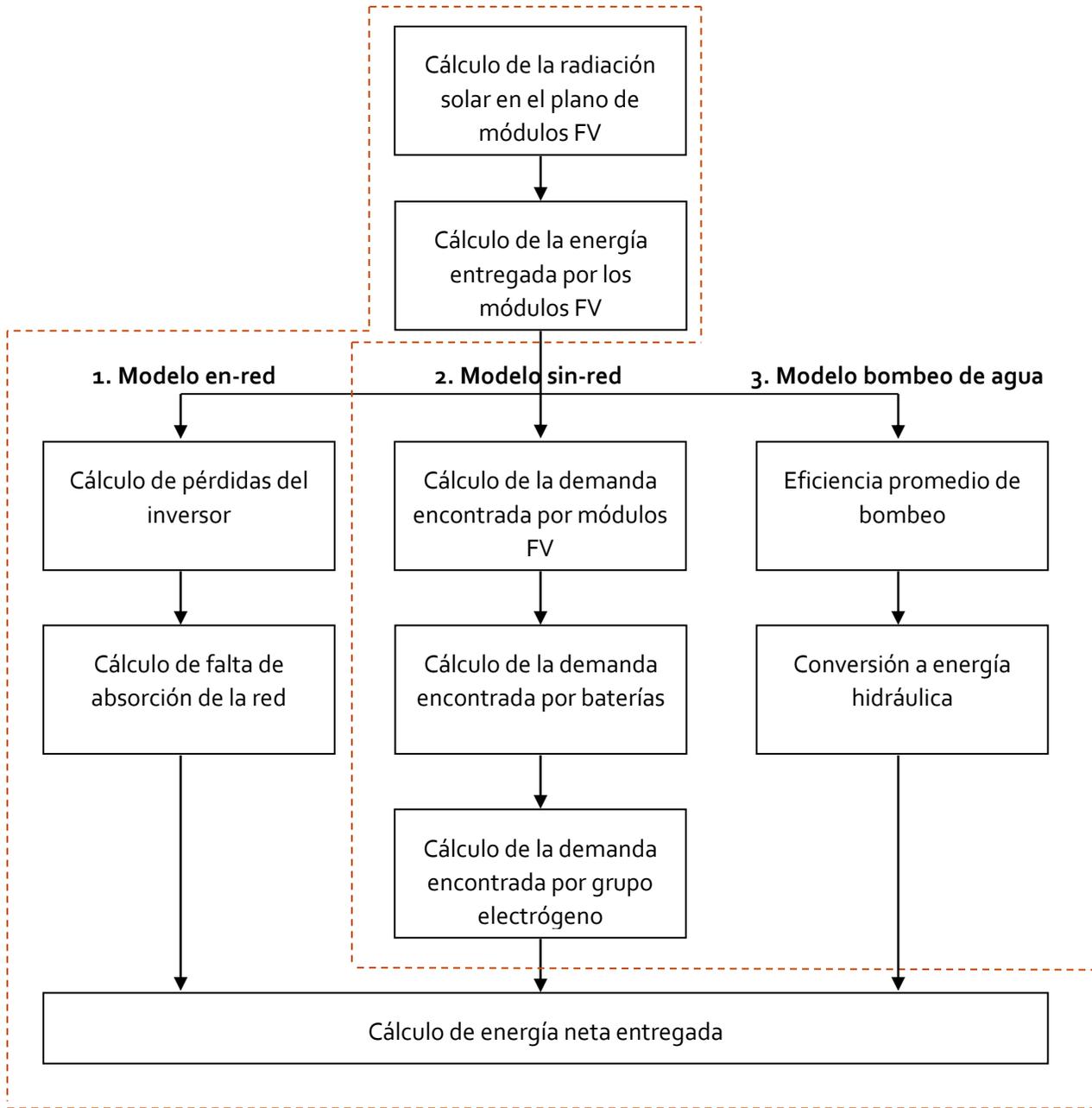
El modelo RETSCREEN permita analizar tres aplicaciones básicas con paneles solares fotovoltaicos:

1. Aplicaciones conectadas a red eléctrica.
2. Aplicaciones fuera de red, que incluyen sistemas autónomos (FV-baterías) e híbridos (FV-baterías).
3. Aplicaciones con sistemas de bombeo de agua.

Limitaciones del modelo:

- No incluye análisis para sistemas de concentradores de energía solar
- No estima pérdidas de carga para sistemas fuera de red.

Los sistemas fotovoltaicos tienen relativamente pocos componentes pero los comportamientos de estos componentes es no-lineal y sus interacciones son complejas. RETSCREEN utiliza algoritmos simplificados que minimizan los requerimientos de ingreso de información y aceleran los cálculos manteniendo un aceptable nivel de exactitud. Un diagrama de flujo de estos algoritmos es mostrado a continuación:



Para nuestro caso propuesto la vivienda estará conectada a la red eléctrica central por lo que los algoritmos a utilizar son del "1.Modelo en-red".

1. Cálculo de la radiación solar en el plano de módulos FV

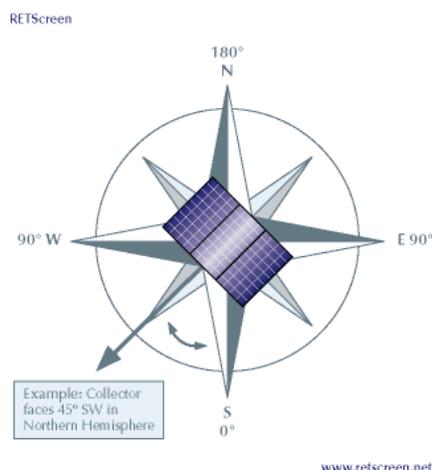
El programa RETSCREEN cuenta con una base de datos meteorológica de varias localidades alrededor del mundo. Para el caso de Bahía Blanca los datos de radiación solar horizontal diaria promedio [kWh/m².dia] son los siguientes:

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal
	°C	%	kWh/m ² /d
Enero	23,0	53,1%	6,67
Febrero	21,9	59,6%	5,83
Marzo	18,7	64,3%	4,44
Abril	14,6	68,4%	3,92
Mayo	11,0	73,5%	2,78
Junio	7,9	74,1%	1,83
Julio	7,6	71,5%	1,78
Agosto	9,1	67,8%	2,28
Setiembre	11,4	64,6%	3,08
Octubre	14,4	63,8%	4,14
Noviembre	18,4	58,4%	5,58
Diciembre	21,4	53,4%	6,53
Anual	14,9	64,4%	4,06

Medido a m

A fin de calcular la radiación solar en el plano de los módulos FV, conocida como "radiación solar inclinada", definimos los siguientes inputs:

- **Modo de rastreo solar: Fijado.** Los módulos FV serán montados en una estructura fija.
- **Inclinación: 39°.** La inclinación fue tomada igual al valor absoluto de la latitud del sitio Bahía Blanca. Este valor de pendiente en general maximiza la radiación solar anual en el plano de los paneles FV. En caso que se quiera maximizar la radiación solar en verano o invierno, se tomar una inclinación de -15° o +15° respecto de latitud. No obstante, como la energía eléctrica se utilizará en general en igual medida durante todo el año se tomó esta inclinación de 39°.
- **Azimut: 180°.** La orientación preferencial debe ser orientada al ecuador, siendo en este caso un ángulo de azimut de 0° en el Hemisferio Norte y de 180° en el Hemisferio Sur.



En función de estos datos el RETSCREEN procede a calcular la radiación solar diaria promedio inclinada en el plano de los módulos FV (39° de inclinación en un Azimut de 180°), resultando:

Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d
Enero	6,67	5,99
Febrero	5,83	5,73
Marzo	4,44	4,91
Abril	3,92	5,31
Mayo	2,78	4,65
Junio	1,83	3,15
Julio	1,78	2,78
Agosto	2,28	3,02
Setiembre	3,08	3,45
Octubre	4,14	4,15
Noviembre	5,58	5,13
Diciembre	6,53	5,74
Anual	4,06	4,49
Radiación solar anual - horizontal	MWh/m ²	1,48
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m ²	1,64

La radiación solar horizontal (1,48 MWh/m²) e inclinada (1,64 MWh/m²) anual son las radiaciones incidentes sobre los módulos FV en MWh/m² para todo el año. Se calculan haciendo la sumatoria de las radiaciones horizontales e inclinadas promedio diarias para todos los días del año.

2. Elección de módulos FV

Luego de analizar varios módulos FV y proveedores en términos precio-calidad, elegimos el siguiente modelo de panel FV:

Modelo FV	Proveedor local	Precio
Solartec KS 100T	Solar y Eolica S.R.L.	\$3590.-

- **Potencia nominal:** 100Wp
- **Material:** poliSi (silicio policristalino)
- **Medidas:** 1028 x 668 x 36 mm
- **Corriente a PN:** 5,46 A
- **Tensión PN:** 18,30 V
- **Tensión a circuito abierto:** 22,1 V
- **Peso:** 8 Kg
- **Eficiencia de conversión:** 14%

Los módulos Solartec son fabricados en base a celdas fotovoltaicas de silicio policristalino de alta eficiencia producidas en Kyocera en Japón. La eficiencia de conversión de estas celdas es superior al 14%. Para protegerlos de los agentes atmosféricos y aislarlas eléctricamente, las celdas están encapsuladas con material plástico EVA (etil-vinil-acetato) estable a la radiación ultravioleta. El frente expuesto al sol es de vidrio templado de alta transparencia (bajo contenido de hierro) y de 3 mm de espesor, lo que otorga una mayor resistencia al impacto. La cara posterior es de TPE, una lámina plástica compuesta de elevada resistencia mecánica y eléctrica. El marco de aluminio anodizado asegura la rigidez estructural y facilita su instalación.

El proveedor de este modelo es Solar y Eolica S.R.L, residente en Bahía Blanca (proveedor local) ahorrando costos relevantes en fletes. A continuación se muestra una imagen del modelo de panel fotovoltaico elegido:

Solartec KS100T
PANEL SOLAR 100 Wp

ARS3,590.00
(impuestos incluidos)

Precio base: 1.000 piece = ARS3,590.00
Tiempo de entrega: INMEDIATA

[Compra ahora](#)

Descripción

- Potencia Nominal: 100 Wp
- Medidas 1028 x 668 x 36 mm
- Corriente a PN: 5.46 Amper
- Tensión a PN: 18,30 Volts
- Tensión a Circuito Abierto: 22,1 Volts
- Peso: 8,00 Kg

3. Eficiencia promedio

El módulo FV está definido por su eficiencia promedio, η_p , que es función de la temperatura promedio del módulo T_c :

$$\eta_p = \eta_r [1 - \beta_p (T_c - T_r)]$$

Siendo:

- η_r : Eficiencia del módulo FV a temperatura de referencia $T_r=25^\circ\text{C}$
- β_p : Coeficiente de temperatura
- T_c : Temperatura relacionada con la temperatura ambiente mensual promedio T_a a través de la fórmula de Evans (1981):

$$T_c - T_a = (219 + 832\bar{K}_t) \frac{NOCT - 20}{800}$$

- NOCT (Nominal operation cell temperature): Temperatura de operación nominal de célula FV.
- \bar{K}_t : Índice de claridad mensual. Es la relación entre la radiación solar sobre una superficie horizontal situada en la Tierra y la radiación solar sobre una superficie horizontal situada fuera de la atmósfera.

$$\bar{K}_t = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_o}$$

El índice de claridad varía dependiendo de la localidad y tiempo del año, estando generalmente entre 0.3 y 0.8 (localidades muy calurosas). Nosotros tomaremos para Bahía Blanca un valor promedio de 0.5 al ser clima templado frío.

Tanto los valores de β_p como de NOCT dependen del modelo FV elegido. Como no contamos con esta información dada por el fabricante, utilizaremos la siguiente tabla adoptada para "tecnologías estándar" de módulos FV propuesta por RETSCREEN:

Tipo de módulo FV	η_r [%]	NOCT [°C]	β_p [$\frac{\%}{^\circ\text{C}}$]
Mono-Si	13	45	0.40
Poly-Si	11	45	0.40
a-Si	5	50	0.11
CdTe	7	46	0.24
CIS	7.5	47	0.46

Tabla. Características de módulos FV - Tecnologías Estándar.

Los módulos FV elegidos son de Silicio policristalino por lo que las características son de:

- $\eta_r = 14\%$. Dato técnico del proveedor.
- $NOCT = 45^\circ C$. Temperatura normal de operación de celdas.
- $\beta_p = 0,40\%/^\circ C$. Coeficiente de temperatura.

De esta manera la ecuación para eficiencia resulta:

$$1) \eta_p = 0.14[1 - 0.004(T_c - 25^\circ C)]$$

$$2) T_c = T_a + (219 + 832 \times 0.5) \frac{45 - 20}{800}$$

$$3) T_c = T_a + 19,84$$

Reemplazando la ecuación 3 en 1 obtenemos:

$$\eta_p = 0.14[1 - 0.004(T_a - 5,16^\circ C)]$$

En base a esta ecuación y a las temperaturas mensuales promedio del aire T_a , procedemos a calcular la eficiencia de los módulos FV en forma mensual:

Mes	T_a : Temperatura del aire [$^\circ C$]	η_p : Eficiencia promedio mensual [%]
Enero	23	13
Febrero	21,9	13,06
Marzo	18,7	13,24
Abril	14,6	13,47
Mayo	11,0	13,67
Junio	7,9	13,85
Julio	7,6	13,86
Agosto	9,1	13,78
Septiembre	11,4	13,65
Octubre	14,4	13,48
Noviembre	18,4	13,26
Diciembre	21,4	13,09

4. Energía bruta entregada

La energía bruta entregada por los módulos FV se calcula según la siguiente ecuación:

$$E_p = S \cdot \eta_p \cdot \bar{H}_t$$

- **S**: Área de los módulos FV. Considerando con que el modelo KS100T cuenta con **0,69 m²** de superficie de captación y que cada uno cuenta con una potencia nominal de 100W, para dimensionar el sistema de 1kW de potencia necesitaremos 10 módulos de este tipo, siendo el área de módulos FV de aproximadamente **S = 7 m²**
- **η_p** : Eficiencia promedio mensual. Calculada en punto anterior.
- **\bar{H}_t** : Radiación solar inclinada mensual promedio. La calculamos multiplicando la radiación solar inclinada diaria (dato proveniente de la base de datos RETSCREEN) por la cantidad de días que cuenta cada mes.

Mes	Eficiencia promedio	\bar{H}_t [kWh/m2 mes]	Energía bruta [kWh/mes]
Enero	13,00%	185,69	168,98
Febrero	13,06%	160,49	146,72
Marzo	13,24%	152,24	141,09
Abril	13,47%	159,42	150,32
Mayo	13,67%	144,27	138,05
Junio	13,85%	94,41	91,53
Julio	13,86%	86,27	83,70
Agosto	13,78%	93,54	90,23
Septiembre	13,65%	103,58	98,97
Octubre	13,48%	128,61	121,36
Noviembre	13,26%	153,93	142,88
Diciembre	13,09%	178,01	163,11
Total [MWh]			1,54

5. Energía neta entregada

A fin de calcular la energía entregada por el sistema FV debemos partir de la energía bruta calculada anteriormente considerando las siguientes pérdidas:

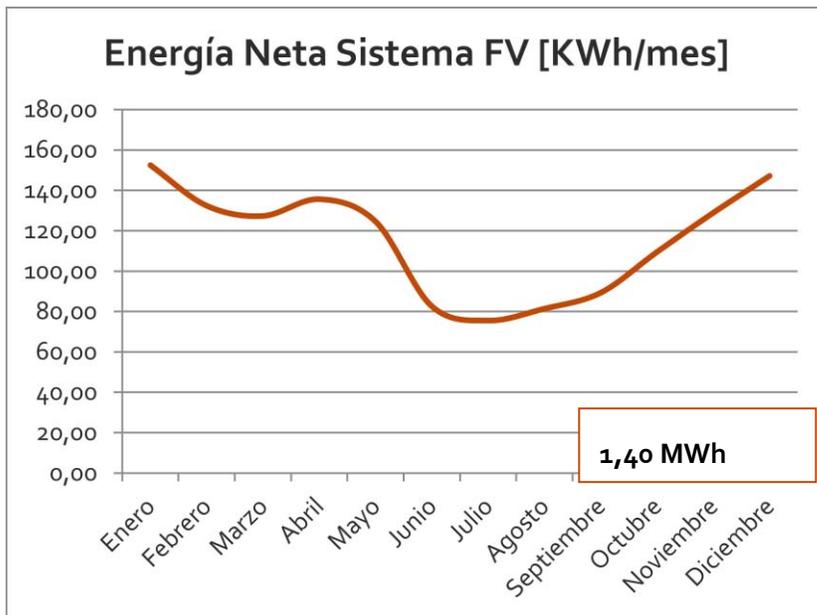
- δ_m : **Pérdidas misceláneas.** Pérdidas varias que no son tomadas en cuenta anteriormente en el modelo. Esto incluye, por ejemplo, pérdidas debidas a la presencia de suciedad o nieve en los módulos FV o pérdidas eléctricas en cables. Los valores típicos rondan entre bajo porcentaje hasta el 15%. Nosotros tomaremos un valor del **5%** para nuestro sistema.
- η_{inv} : **Eficiencia del inversor.** El dimensionamiento del inversor se realizó anteriormente para el sistema general híbrido eólico-FV siendo un QMAX QM-33324SP de 3300W de potencia de salida nominal. La eficiencia de este inversor es del 95%.
- η_{abs} : **Eficiencia de red.** Este índice representa el porcentaje de energía eléctrica captada que puede ser absorbida por la red eléctrica. Para módulos FV conectados a red eléctrica central, como en nuestro caso, este índice es del 100% ya que la red es lo suficientemente grande para siempre absorber el total de energía producida por los paneles.

La energía neta producida por los módulos FV será:

$$E_{neta} = E_p \cdot (1 - \delta_m) \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{abs}$$

$$E_{neta} = E_p \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,9025 \cdot E_p$$

Al aplicar esta ecuación obtenemos los siguientes resultados de energía neta entrega por el sistema FV:



Mes	Energía neta [kWh/mes]
Enero	152,50
Febrero	132,41
Marzo	127,34
Abril	135,66
Mayo	124,59
Junio	82,60
Julio	75,54
Agosto	81,43
Septiembre	89,32
Octubre	109,53
Noviembre	128,95
Diciembre	147,20
Total [kWh]	1.387,08

6. Rendimiento específico del sistema FV y Factor de capacidad

Rendimiento específico: El rendimiento específico del sistema FV se calcula dividiendo la energía renovable captada E_A (Energía bruta considerando pérdidas misceláneas) y el área de los módulos FV S multiplicada por la radiación solar inclina total anual \bar{H}_t , siendo para nuestro caso:

$$\text{Rendimiento específico} = \frac{E_A}{S \cdot \bar{H}_t} = \frac{E_p \cdot (1 - \delta_m)}{S \cdot \bar{H}_t} = \frac{1,54 \text{ MWh} \cdot (1 - 0,05)}{7 \text{ m}^2 \cdot 1,640 \text{ MWh/m}^2} = 12,74\%$$

Factor de capacidad: El factor de capacidad es la producción anual de energía dividida por la producción teórica máxima, considerando que los módulos FV estuviesen funcionando a su potencia nominal durante las 8760 horas que posee el año.

Para nuestro caso, el factor de capacidad será de:

$$FC = \frac{\text{Producción real energía}}{\text{Producción teórica energía}} \% = \frac{1400 \text{ kWh anual}}{8760 \text{ h} \cdot 1 \text{ kW anual}} = 16\%$$

A continuación se resumen los cálculos obtenidos recientemente a través del programa RETSCREEN:

Fotovoltaico			
Tipo		poliSi	
Capacidad de generación eléctrica	kW	1,00	
Fabricante		Solartec	
Modelo		KS 100 T	1 unidad(es)
Eficiencia	%	14,0%	
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45	
Coefficiente de temperatura	% / °C	0,40%	
Área del colector solar	m ²	7	
Pérdidas varias	%	5,0%	
Inversor			
Eficiencia	%	95,0%	
Capacidad	kW	2,5	
Pérdidas varias	%	0,0%	
Resumen			
Factor de utilización	%	16,2%	
Electricidad exportada a la red	MWh	1,417	← Producción de energía neta

Análisis de Emisiones

Como el tanto el caso base de vivienda regular como el propuesto de vivienda sustentable implican el uso del mismo tipo de combustible, siendo electricidad, no hay un ahorro incremental en emisiones de CO₂. Es decir, analizando desde un punto de vista directo, la vivienda no ve ahorros en emisiones.

No obstante, si analizamos la cadena de energía, gran parte de la generación de energía proveniente de EDES S.A. se debe a centrales termoeléctricas, por ende los ahorros de emisiones en las viviendas implican ahorros de consumo de combustible indirectamente en las centrales. Este ahorro es cuantificado por el RETSCREEN en:

$$\text{Ahorro Emisiones GEI} = \left(\frac{0,367 \text{ tCO}_2}{\text{MWh}} \right) (1,40 \text{ MWh}) = 0,50 \text{ tCO}_2$$

El sistema FV genera 1,40 MWh de energía eléctrica en forma anual logrando un *ahorro indirecto* en emisiones de GEI de 0,50 ton. Este valor es equivalente al ahorro de 223 lbs. de gasoil y de 1,2 barriles de petróleo crudo.

Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
Pais - Región	Tipo de	tCO ₂ /MWh	%	tCO ₂ /MWh
Argentina	Todos los tipos	0,367		0,367

Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO ₂	0,5		
Derechos de transacción por créditos GEI	%			
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO ₂	0,5	es equivalente a	1,2 Barr. de petróleo crudo no consum.

Análisis Financiero

Para el análisis financiero, el RETSCREEN calcula el repago de capital, es decir el tiempo para el cual se recupera la inversión inicial. Los parámetros que se utilizan para este análisis son:

- **Inversión/Costos iniciales:** La inversión inicial implicará la compra de 10 módulos FV Solartec KS100T, inversor y mano de obra. Luego de consultar precios con el proveedor y analizando costos de mano de obra, se estima una inversión inicial de:

Elementos	Costos
Módulo FV Solartec KS100T (10 unidades)	\$36.000.-
Inversor (Prorratio al 50%)	\$9.000.-
Mano de obra	\$10.000.-
Total	\$55.000.-

- **Tasa de inflación anual:** 30%
- **Tiempo de vida del proyecto:** 20 años. Vinculada directamente a la vida útil de los módulos FV.
- **Costo Mantenimiento:** Si bien el proveedor de los módulos FV asegura que dicho sistema no requiere de mantenimiento, supondremos un costo anual de **\$300.-** considerando que durante el año pueden ocurrir problemas tanto en los módulos FV como en el sistema eléctrico.
- **Ahorros anuales en tarifa eléctrica:** Los ahorros anuales en tarifa eléctrica son de 1,41 MWh generados por los módulos FV, es decir 1400 kWh. En función del cuadro tarifario vigente por la empresa distribuidora de energía en Bahía Blanca (EDES S.A.), la vivienda propuesta entraría en el régimen de consumo T1R - Residencial entrando en la categoría 4 resultando dos tarifas:
 - 3) **Sin subsidio.** Cargo variable 4 (400<consumo en kWh Mes<500) **\$0,6471/kWh**
 - 4) **Con subsidio.** Cargo variable 4 (400<consumo en kWh Mes<500) **\$0,3324/kWh**

Esto implicará dos ahorros, ya que analizaremos la recuperación de la inversión para el proyecto tanto con la energía subsidiada y suponiendo el caso hipotético que no haya subsidios.

Ahorro anual sin subsidio = (1400kWh).\$0,6471/kWh = \$905,94

Ahorro anual con subsidio = (1400kWh).\$0,3324/kWh = \$465,36

Nota: Para el cálculo del ahorro solo consideramos la carga variable de la tarifa ya que es la única que varía según los kWh consumidos.

Luego de cargar estos parámetros financieros al RETSCREEN obtenemos:

Caso 1 - Tarifa sin subsidio

Inversión inicial: \$55.000.-

Ahorros anuales: \$905,94.-

Costos anuales: \$300.-

TIR (Incluye inflación): 15,1%

Recuperación de la inversión: 11,7 años

Análisis Financiero

Parámetros financieros

Tasa de inflación	%	30,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%

Costos iniciales

Sistema eléctrico de potencia	ARS	55.000	100,0%
Otro	ARS		0,0%
Costos iniciales totales	ARS	55.000	100,0%

Incentivos y donaciones

	ARS		0,0%
--	-----	--	------

Costos anuales/pagos de deuda

Costo de O y M (ahorros)	ARS	300
Costo de combustible - caso propuesto	ARS	0
	ARS	
Costos anuales totales	ARS	300

Ahorros y renta anuales

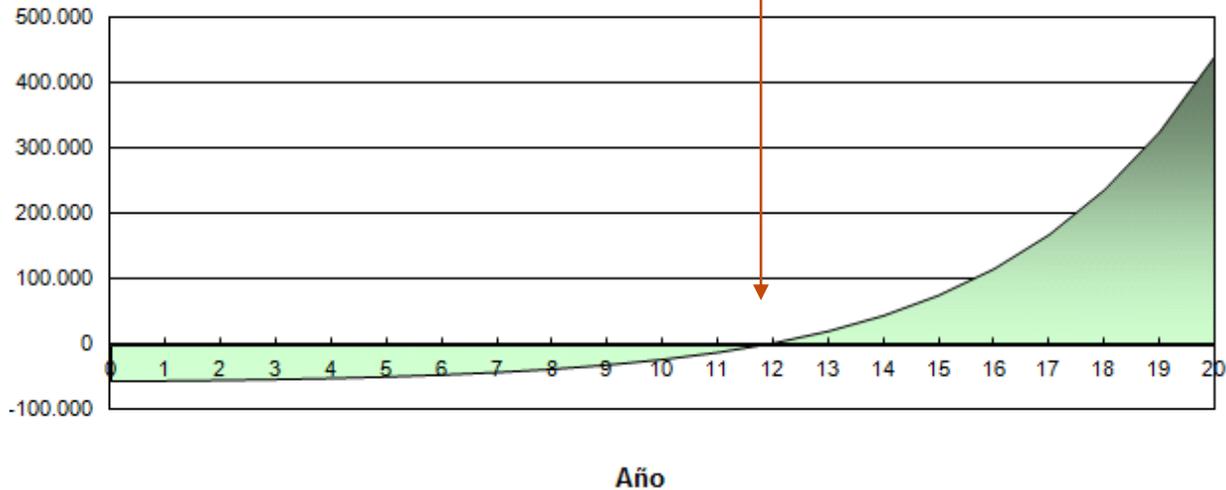
Costo de combustible - caso base	ARS	0
Ahorro de energía eléctrica anual	ARS	906
Total renta y ahorros anuales	ARS	906

Viabilidad financiera

TIR antes - impuestos - activos	%	15,1%
Pago simple de retorno del capital	año	90,8
Repago - capital	año	11,7

Flujo efectivo acumulado (ARS)

Gráfico de flujo de caja acumulado



Caso 2 - Tarifa con subsidio

Inversión inicial: \$55.000.-

Ahorros anuales: \$465,36.-

Costos anuales: \$300.-

TIR (Incluye inflación): 5,7%

Recuperación de la inversión: 16,6 años

Análisis Financiero

Parámetros financieros

Tasa de inflación	%	30,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%

Costos iniciales

Sistema eléctrico de potencia	ARS	55.000	100,0%
Otro	ARS		0,0%
Costos iniciales totales	ARS	55.000	100,0%

Incentivos y donaciones

ARS		0,0%
-----	--	------

Costos anuales/pagos de deuda

Costo de O y M (ahorros)	ARS	300
Costo de combustible - caso propuesto	ARS	0
Costos anuales totales	ARS	300

Ahorros y renta anuales

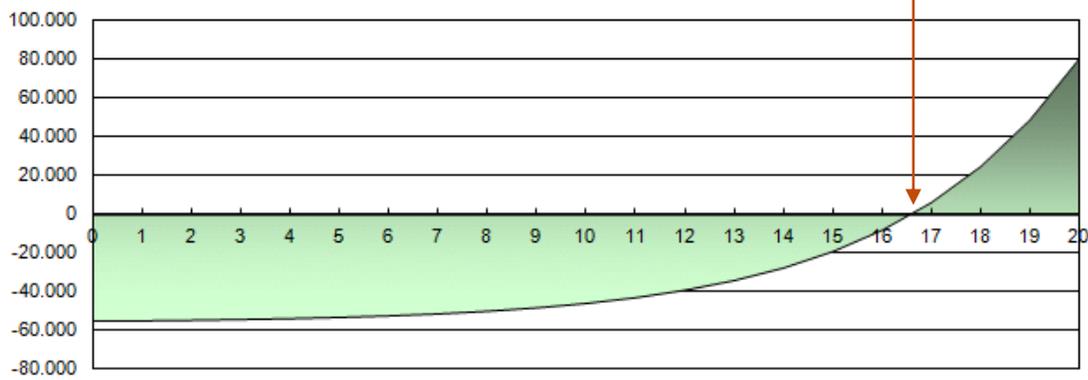
Costo de combustible - caso base	ARS	0
Ahorro de energía eléctrica anual	ARS	465
Total renta y ahorros anuales	ARS	465

Viabilidad financiera

TIR antes - impuestos - activos	%	5,7%
Pago simple de retorno del capital	año	332,6
Repago - capital	año	16,6

Flujo efectivo acumulado (ARS)

Gráfico de flujo de caja acumulado



Año

Como podemos apreciar, el proyecto se amortiza entre 11 a 16 años independientemente si la tarifa eléctrica cuenta con subsidios o no. En el caso de tarifa sin subsidios, si bien la inversión se amortiza y es conveniente, recién se logra a los 16 años, 4 años anteriores a la vida útil del producto. En este sentido, el molino eólico logra una recuperación de la inversión más acelerada dado al potencial de viento de Bahía Blanca. No obstante, al considerar todas las energías renovables en conjunto lograremos un período de amortización promedio entre los 10 y 16 años. La inflación impacta favorablemente en el sentido que disminuye la tasa real, generando que los ahorros en los distintos años sean mayores en el tiempo que en período del año "0", haciendo crecer el VAN y disminuyendo el período de recuperación del proyecto.

3.4. SISTEMAS DE CALEFACCION, REFRIGERACION Y VENTILACION

Los paneles solares que solemos ver en nuestras viviendas suelen servir para calentar el agua caliente sanitaria, incluso pueden servir como apoyo para un sistema de calefacción por suelo radiante a baja temperatura, pero pocas veces vemos un panel que se utilice para calentar el aire del interior de un edificio.

Lo cierto es que la energía del sol puede aprovecharse de múltiples formas, desde hornos solares hasta para generar energía fotovoltaica.

En esta etapa consideraremos la inserción de un sistema de calentamiento de aire al proyecto conocido por SAH, por sus siglas en Inglés (Solar Air Heating system).

SAH

El sistema SAH, conocido comercialmente por "Solarwall®" es utilizado para calentar o precalentar aire en distintas aplicaciones. Usualmente se utiliza para generación ventilación de aire caliente en edificaciones industriales, residenciales, de oficinas, etc., pero por ejemplo también se aplica en procesos de secado de cosechas donde calentar el aire es un importante requerimiento.



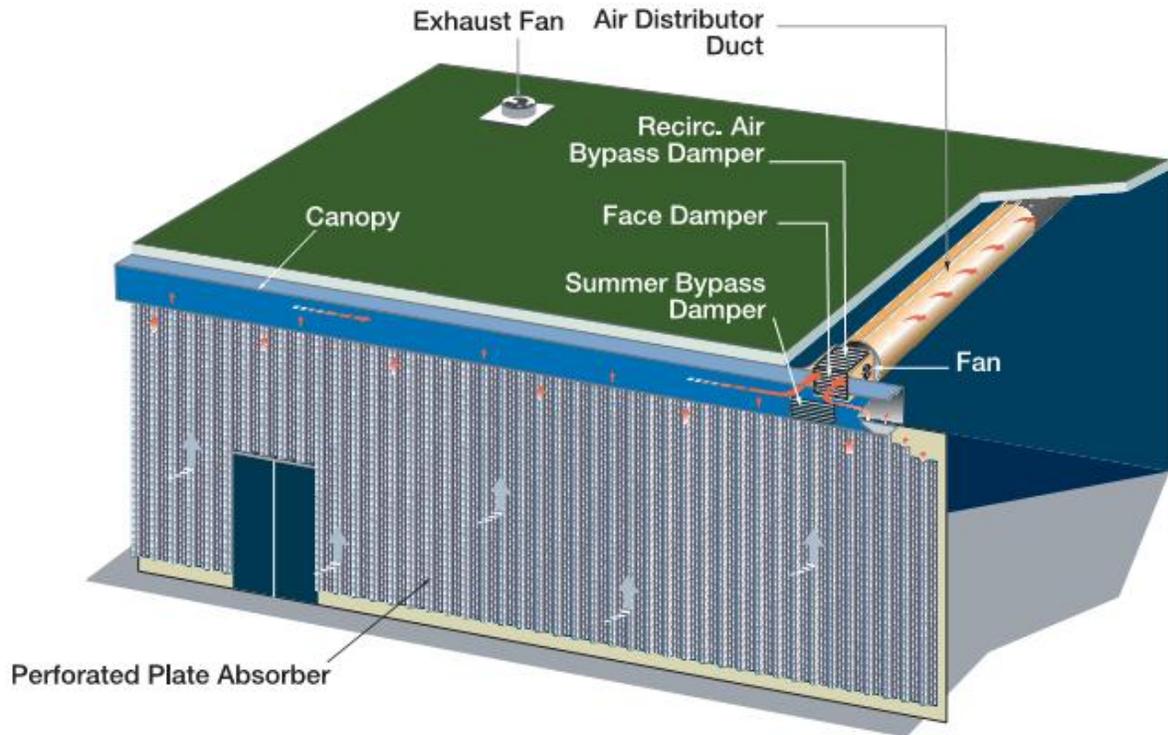
La demanda mundial de esta relativamente nueva, innovadora y única tecnología para calentar el aire a través de energía solar, ha aumentado considerablemente en la última década, especialmente para consideraciones constructivas donde se utiliza cada vez más en fachadas de paredes exteriores de naves, edificios o casas mediante la instalación de paneles y/o revestimientos de colectores solares.



Como los costos de sistemas de calefacción son en general altos, sistemas SAH son financieramente atractivos, donde a su vez se intenta mejorar la calidad del aire indoor, agregar ventilación o equilibrar los aires de escape.

Descripción de sistemas SAH

El Sistema de calefacción de aire por energía solar consiste en 2 partes: colector solar montado en la parte exterior del edificio mirando al Ecuador y un sistema de ventilador y ductos instalados adentro del edificio, como lo describe la siguiente figura:

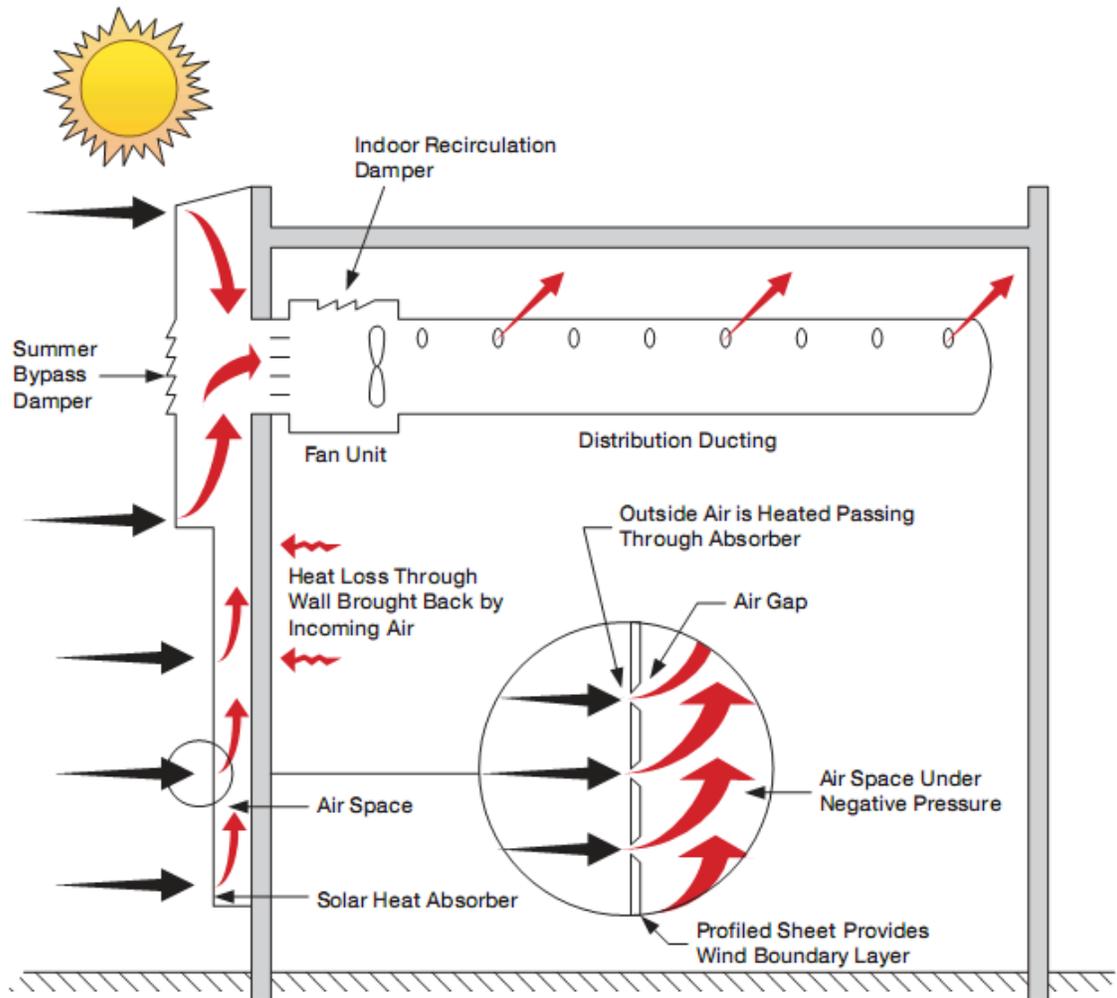


Uno de los componentes únicos de Solarwall es que usa placas perforadas (o placas de transpiración) como colector solar. El aire ingresa por los "poros" o pequeñas rendijas de las placas oscuras que atraen radiación solar, por lo tanto el aire es calentado cuando va pasando por los pequeños agujeros y por dentro de la placa. El aire se calienta entre la placa y la pared externa del edificio, y es succionado adentro de la estructura. Altas eficiencias son posibles ya que hay bajas pérdidas de calor y casi toda la radiación solar es transferida al aire.



Ventilación

Por otro lado, el sistema cuenta con un artefacto llamado "Compuertas de Bypass", que permiten que el aire del ambiente sea alimentado directamente a los ductos sin ser calentado, cuando la calefacción no se necesita, sino más bien ventilar y hasta refrigerar levemente el interior de la casa. En estos casos, en general se cuenta con un termostato que te mide la temperatura y controla la posición de las compuertas bypass. La siguiente figura lo esquematiza.



El tamaño de la "sollarwall" depende de la tasa de ventilación y el área de pared disponible para la instalación del sistema. Estos sistemas de calefacción de aire por energía solar son típicamente dimensionados para generar un fuerte salto incremental en la temperatura o más bien para generar una alta eficiencia de captación solar. Sería nuestro objetivo desarrollar un diseño de fuerte salto de temperatura ya que nos es necesario para las épocas de frío (invierno) y durante las épocas calurosas (al tener Bahía Blanca un clima templado) se cierra la compuerta Bypass para ventilación fresca. Se diferencia de un sistema de alta eficiencia en que los ahorros energéticos anuales se incrementan y

posiblemente el tamaño de los colectores solares disminuya, aunque el incremento promedio de la temperatura del aire será más reducido.

A su vez, el sistema depende de en qué tipo de edificio sería instalado. En nuestro caso, para una residencia o vivienda, donde como comentamos antes, el aire se puede precalentar, para luego calentarse nuevamente y ser succionado a través de los ductos y adentro de la casa. Una ventaja adicional de hacer del colector solar parte de la fachada de la casa, es que se puede recuperar el calor perdido por transferencia en las paredes. Como para globalizar, el sistema calefacciona los espacios de la casa, genera ventilación, re-acondiciona el aire del interior entre un 10% y un 20% del flujo total del aire y como alternativa hasta refrigera.

Modelo de RETScreen International SAH

A través del programa que utilizamos para modelos de proyectos, nos facilita analizar los ahorros energéticos, los costos de ciclo de vida del sistema, reducciones de emisiones, etc. para los sistemas de colectores solares de placas de transpiración. Se puede salvar la energía convencional a través de 3 maneras distintas:

- Captación de energía solar a través de calefacción solar activa del aire.
- Recapturar el calor perdido a través de la paredes y reutilizarlo para volver a ingresar el aire calefaccionado a la vivienda.
- Destratificación del aire en edificios con techos altos (no aplica en nuestro caso).

Tal como comentamos anteriormente, para modelos de edificios residenciales se benefician de los dos primeros modos de eficiencia energética: colectores solares y reutilización de las pérdidas. Por otro lado, el modelo ofrece ciertas limitaciones:

- El modelo de ventilación no detalla consumos energéticos ni re-acondicionamiento del aire dentro del edificio.
- No incluye análisis de tecnologías avanzadas de recuperación de calor.
- Específicamente analiza el sistema Solarwall, el cual se encuentra presente en el mercado, al igual que otros que no se analizan en el modelo.

Ahorros energéticos por captación solar

En primer lugar, debemos establecer el monto total de energía solar utilizable, donde el programa, según base de datos climáticos de la ciudad de Bahía Blanca, los calcula mes a mes. El modelo deriva en calcular la cantidad de radiación solar en la superficie horizontal en MWh/m², anual. El cálculo se realiza utilizando el algoritmo de Liu and Jordan, el cual toma en cuenta el cronograma operativo del sistema SAH.

Para nuestro caso, contamos con los siguientes datos de características de carga y de radiación solar:

Características de la carga
 Aplicación Ventilación Proceso

Unidad	Caso base	Caso propuesto
	Residencial	
Tipo de instalación		
Temperatura interior	22,0	22,0
Temperatura del aire - máximo	30,0	30,0
Valor-R - pared	2,2	2,2

Unidad	Caso base	Caso propuesto
Velocidad de diseño de flujo de aire	144	144
Días de operación por semana - días de semana	5,0	5,0
Horas de operación por día - días de semana	16,0	16,0
Días de operación por semana - fines de semana	2,0	2,0
Horas de operación por día - fines de semana	16,0	16,0

Porcentaje del mes usado

Unidad	Caso base	Caso propuesto	Energía ahorrada	Costos iniciales incrementales
Demanda de calor	2	2	0%	ARS -

Evaluación de recursos

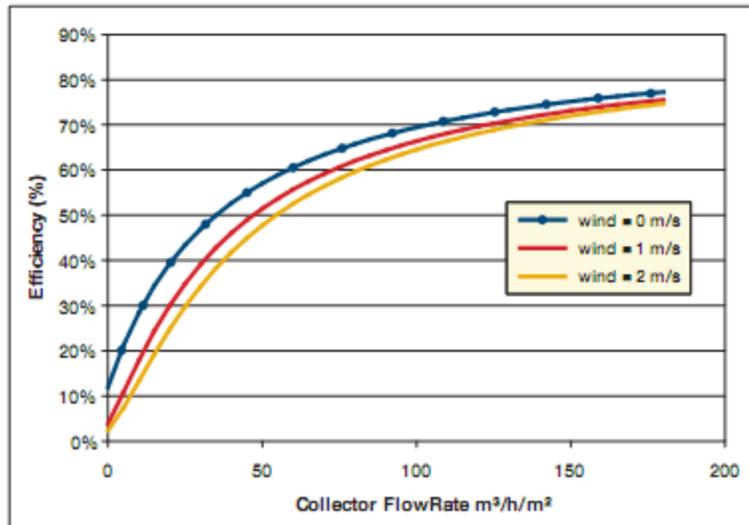
Modo de rastreo solar	Fijado
Inclinación	90,0
Azimut	180,0

Mostrar datos

Mes	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado
	kWh/m ² /d	kWh/m ² /d
Enero	6,67	2,80
Febrero	5,83	3,09
Marzo	4,44	3,20
Abril	3,92	4,27
Mayo	2,78	4,41
Junio	1,83	3,10
Julio	1,78	2,61
Agosto	2,28	2,49
Setiembre	3,08	2,41
Octubre	4,14	2,45
Noviembre	5,58	2,58
Diciembre	6,53	2,64
Anual	4,06	3,00

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m ²	1,48
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m ²	1,10

Para poder calcular el calentamiento útil entregado a partir de la información descrita anteriormente sobre el cronograma operativo del sistema SAH, se debe considerar la elección de la eficiencia promedio del colector solar de aire. La misma depende de distintas variables, donde las más dominantes son el flujo de aire del colector y la velocidad en la superficie del colector. El siguiente gráfico muestra la relación eficiencia del colector y el flujo de aire a diferentes velocidades del viento.



Según lo que buscamos y los datos que arroja el programa RETScreen, la información que consideramos es la siguiente:

Calefactor solar de aire

- Tipo
- Objetivo del diseño
- Fabricante
- Modelo
- Absortancia del colector solar
- Factor de desempeño
- Área del colector solar
- Sombreado del colector solar - temporada de uso
- Potencia suplementaria de ventilación
- Tarifa de electricidad

Placa porosa		
Fuerte incremento de temperatura		
Conserval Engineering		
Solarwall - Black		
	0,94	
	1,00	
m²	4	4
%	0%	<i>Velocidad del Viento</i>
W/m²	5,0	
ARS/kWh	0,622	

Para definirlo, consideramos colector solar de placa porosa, la cual es la tecnología de calefacción que mejor cumple con costo-beneficio para nuestro proyecto (se valida a continuación). Tal como explicamos con anterioridad, el objetivo de diseño sería de Fuerte incremento de temperatura. Luego proponemos el artefacto que más se ajusta a nuestro requerimiento de la base de datos de modelos de colectores del programa, que automáticamente arrojan valores de absortancia y factor de performance del colector, parámetros de las especificaciones del modelo.

Por otro lado, el modelo te sugiere una cierta área del panel según los criterios de diseño. Además sugiere montar los paneles en aquellas paredes que apuntan a las direcciones NE y NO, para locaciones al hemisferio Sur. Para el sombreado del colector solar, esto corresponde a la sombra que pueden brindar estructuras adyacentes o cercanas a la vivienda que puedan intervenir en el flujo solar. Suponemos que no hay obstáculos edilicios que nos obstruyan la luz solar. En cuanto a la potencia suplementaria de ventilación, es aquella necesaria para activar el ventilador, potencia que será parte de la especificación del producto que adquiriríamos para el sistema (se detalla más adelante).

El panel que consideramos cuenta con los requerimientos y especificaciones técnicas necesarias, y el cual se corresponde con el fabricante del programa:

CONSERVAL SW-100-4 SOLARWALL 4-PANEL KIT



Los datos que arroja el programa relacionados al panel:

Flujo de ventiladores del colector solar	m ³ /h/m ²	32,6
Flujo del colector solar	m ³ /h/m ²	32,6
Temperatura del aire - incremento promedio	°C	05
Calefactor solar de aire - eficiencia estacional		13,6%

Por lo tanto el modelo calcula el calentamiento entregado en base a las siguientes fórmulas:

$$Q_{sol} = \sum_{i=1}^{12} [\eta_i G_{coll,i} f_{util,i}]$$

Donde:

Q_{sol} : energía solar entregada,

G_{coll} : total de la energía utilizable por el colector,

f_{util} : factor de desempeño,

η_i : rendimiento del colector,

Además, el modelo calcula la pérdida de calor del edificio recuperada, dada por la siguiente fórmula:

$$Q_{recap} = \sum_{i=1}^{12} \left[(Q_{recap,op, daytime,i} + Q_{recap,op, nighttime,i}) f_{sys,i} + Q_{recap, shutdown,i} \right]$$

Donde:

$Q_{recap,op, daytime,i}$: calor recuperado durante el día mientras el Sistema está operando en mes i ,

$Q_{recap,op, nighttime,i}$: calor recuperado durante la noche mientras el Sistema está operando en mes i ,

$Q_{recap, shutdown,i}$: calor recuperado mientras el sistema no está operando durante mes i .

El resultado de calor entregado por colector solar es calculado por el modelo es el siguiente:

Resumen		
Demanda de electricidad suplementaria - ventilación	MWh	0,1
Calentamiento entregado	MWh	0,9
Pérdida de calor del edificio recuperada	MWh	0,1

Análisis Financiero

Para el análisis financiero, el RETSCREEN calcula el repago de capital, es decir el tiempo para el cual se recupera la inversión inicial. Los parámetros que se utilizan para este análisis son:

- **Inversión/Costos iniciales:** La inversión inicial implicará la compra del panel SollarWall según las características que necesitábamos. Luego de consultar precios con el proveedor y analizando todos los costos directos e indirectos, se estima una inversión inicial de:

Elementos	Costos
Panel SollarWall 4 m2 (*)	\$36.000.-
Ventilador	\$2.000.-
Ducto 40 cm Diam. (22 m)	\$5.950.-
Codos (x3) + Rejillas (x18)	\$6.250.-
Total	\$50.200.-

(*) Panel SollarWall según pricing de Mercado (internet) + Shipping cost según international shipping usa + costo de instalación (en US\$ pasados AR\$ a una TC=11,3 AR\$/US\$)



- **Tasa de inflación anual:** 30%
- **Tiempo de vida del proyecto:** 20 años.
- **Ahorros anuales en tarifa gas natural:** Los ahorros anuales en tarifa de gas natural son de 0,9MWh/m² de colector solar. En función del cuadro tarifario vigente por la empresa distribuidora de gas natural en Bahía Blanca (Camuzzi Gas Pampeano), contamos con que el valor del m³ de gas natural es 0,22\$/m³, por lo tanto, a una relación promedio de 1m³ = 10 Kwh, se tienen los siguientes ahorros anuales:

Usuarios Residenciales y SGP sin ahorro en su consumo o con un ahorro menor al 5% respecto de igual bimestre/mes según corresponda del año anterior.

Categoría / Cliente	Sub - Zona	en \$ (pesos)		
Residencial		Cargo fijo	Cargo por m³ de consumo	Factura Minima
R1 (de 0 a 600 m ³ al año)	Bahia Blanca	13.176896	0.356964	24.693560
R2-1 (de 600 a 750 m ³ al año)	Bahia Blanca	13.176896	0.356964	24.693560
R2-2 (de 750 a 950 m ³ al año)	Bahia Blanca	14.306345	0.383587	24.693560
R2-3 (de 950 a 1200 m ³ al año)	Bahia Blanca	15.059310	0.459980	24.693560
R3-1 (1200 a 1500 m ³ al año)	Bahia Blanca	15.812276	0.700352	24.693560
R3-2 (1500 a 1800 m ³ al año)	Bahia Blanca	15.812276	0.822581	24.693560
R3-3 (1800 a 2150 m ³ al año)	Bahia Blanca	18.071172	1.13656	24.693560
R3-4 (Mas de 2150 m ³ al año)	Bahia Blanca	18.071172	1.515207	24.693560

$$\text{Ahorro anual} = 396 \text{ m}^3 \times \$0,4599/\text{m}^3 = \$87,2$$

Luego de cargar estos parámetros financieros al RETSCREEN obtenemos:

Inversión inicial: \$50.200.-

Ahorros anuales: \$182,12.-

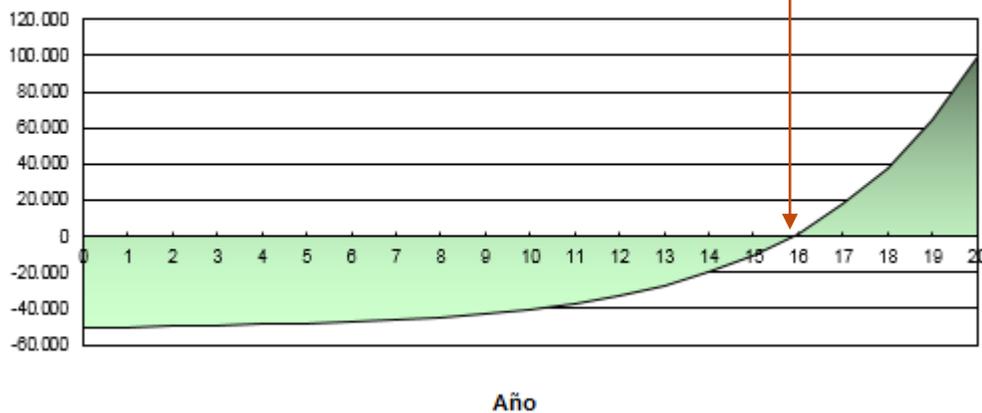
TIR (Incluye inflación): 6,9%

Recuperación de la inversión: 15,9 años.

Análisis Financiero				
Parámetros financieros				
Tasa de inflación	%		30,0%	
Tiempo de vida del proyecto	año		20	
Relación de deuda	%		0%	
Costos iniciales				
Sistema eléctrico de potencia	ARS		50.200	100,0%
Otro	ARS			0,0%
Costos iniciales totales	ARS		50.200	100,0%
Incentivos y donaciones				
	ARS		0	0,0%
Costos anuales/pagos de deuda				
Costo de O y M (ahorros)	ARS		0	
Costo de combustible - caso propuesto	ARS		0	
Costos anuales totales	ARS		0	
Ahorros y renta anuales				
Costo de combustible - caso base	ARS		0	
Ahorro consumo eléctrico anual	ARS		182	
Total renta y ahorros anuales	ARS		182	
Viabilidad financiera				
TIR antes - impuestos - activos	%		6,9%	
Pago simple de retorno del capital	año		275,6	
Repago - capital	año		15,9	

Flujo efectivo acumulado (ARS)

Gráfico de flujo de caja acumulado



Como podemos apreciar, el resultado del análisis no es muy beneficioso. Parece que esta etapa no es económicamente factible, ya que la inversión individual del sistema se recupera en más de 15 años y los ahorros anuales no son considerables. Este punto está fuertemente relacionado con el costo del m³ de gas natural para consumo en hogares de nuestro país. Considerando las políticas energéticas actuales en la argentina de los últimos 10 años, podemos evaluar la posibilidad de que esta tarifa no sea referencial en perspectiva al valor que efectivamente debería ser. Por ejemplo, según un artículo actual sobre la economía nacional, desde el año 2003 al día de hoy, hubo una inflación acumulada aproximada del 900%, mientras que el aumento acumulado de los precios de servicios de energía y de transporte público en el país fue del 300%. Es decir, podríamos de alguna manera afirmar que el precio del gas debería costar mínimamente 3 veces más.

Además, tal como vimos en casos anteriores, la inflación impacta favorablemente en el sentido que disminuye la tasa real, generando que los ahorros en los distintos años sean mayores en el tiempo que en período del año "0", haciendo crecer el VAN y disminuyendo el período de recuperación del proyecto.

De todas maneras, y fomentando la sustentabilidad del proyecto, hay un ahorro considerable de consumos de m³, reducciones de CO₂, y el sistema cuenta con costos de O y M casi nulos y suministra suficiente aire de ventilación como para llegar a cubrir el 50% de las necesidades de calefacción del hogar con una alta eficiencia. Por lo tanto, desde el punto de vista cualitativo el sistema nos parece altamente aceptable.

Análisis de Emisiones

En este caso, la calefacción y el re acondicionamiento del aire, consideran un impacto directo en las emisiones de CO₂, relacionado con la reducción de dichas emisiones frente a la quema de combustibles para generar el efecto de acondicionamiento del aire de la vivienda que estamos buscando. Por lo tanto,

$$\text{Ahorro Emisiones GEI} = \left(\frac{0,483tCO_2}{MWh} \right) (0,9MWh) = 0,4357tCO_2$$

Emisiones GEI		
Caso base	tCO ₂	0,4
Caso propuesto	tCO ₂	0,0
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO ₂	0,4
Derechos de transacción por créditos GEI	%	
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO ₂	0,4

3.5. SISTEMAS DE CIRCULACION DE AGUA, DESAGUES PLUVIALES Y CLOACALES

El uso sustentable del agua en la vivienda implica cumplir con los siguientes puntos:

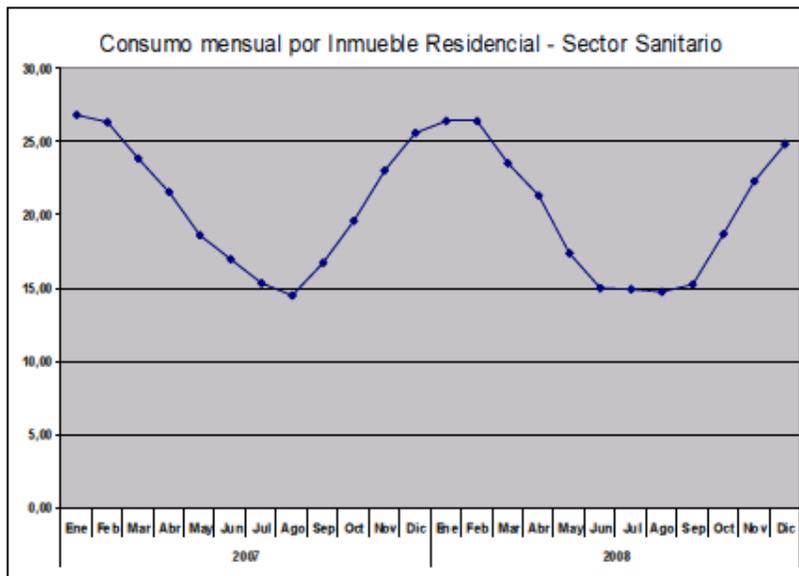
1. **Elección de artefactos y griferías** que promuevan el uso sustentable del agua.
2. **Utilización del agua de lluvia** para los depósitos de inodoro, limpieza y riego.
3. **Análisis económico del proyecto global de agua sustentable**

Todos estos puntos, en combinación con los hábitos del día a día de la familia que vivirá en la casa constituyen los factores principales a la hora de garantizar un uso sustentable del agua.

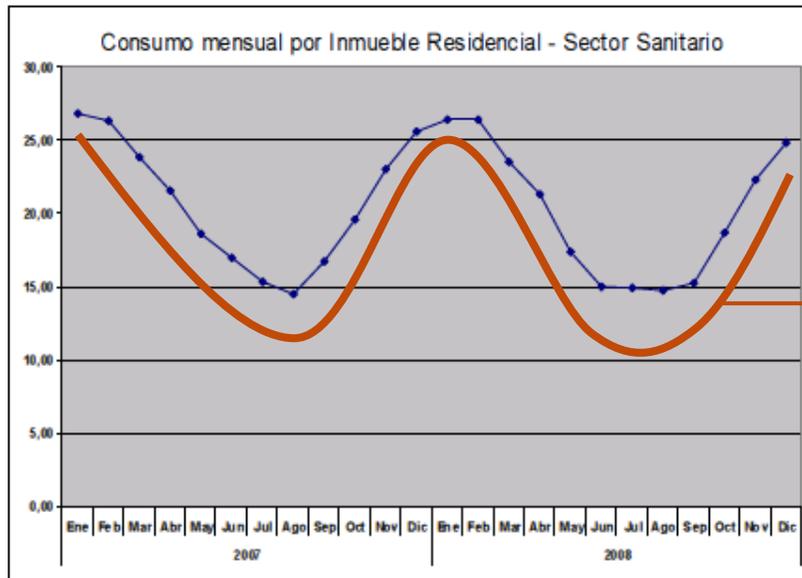
A continuación procedemos a analizar los siguientes puntos:

3.5.1. Elección de artefactos y griferías

En general el consumo de agua residencial tiene una demanda estacional siendo mayor en período de verano (alcanzando los 26 m³ mensuales) y menor en período de invierno (14 m³ mensuales), según valores estimados en un estudio realizado por el SISA (Superintendencia de Servicios Sanitarios) de Chile. El consumo familiar fluctúa entre estos dos valores manteniendo una estabilidad en el tiempo de 20 m³ mensuales, mostrado en el siguiente gráfico:



Para promover el uso sustentable del agua, debemos elegir artefactos y griferías de que impliquen un menor consumo de agua en comparación a los estándares acostumbrados a estar instalados en las viviendas. La curva de consumo de agua mensual mantendrá su forma tal como fue mostrada anteriormente, ya que la demanda estacional se mantendrá siendo mayor en períodos calurosos que invernales. De todas formas, la idea será disminuir los valores de esta curva de consumo tal como se muestra a continuación, desplazando la curva hacia abajo disminuyendo el consumo promedio mensual:



Objetivo. Reducción en consumo.

Para comenzar con la elección de griferías para reducir el consumo de agua, debemos elegir un parámetro/estándar de consumo con el cual comparar. Para ello, tomaremos dos casos, el consumo promedio habitual actual y el establecido por la norma LEED (Norma de certificación de viviendas verdes/sustentables que establece pre-requisitos a cumplir en distintos puntos, uno de ellos en el uso sustentable del agua). Luego de analizar entre varios proveedores locales de artefactos y griferías, hemos decidido quedarnos con los siguientes priorizando ante todo el ahorro en consumo de agua:

Artefactos y griferías	Consumo promedio	Consumo LEED	Consumo Propuesto	Ahorro vs. LEED	Ahorro vs. Promedio	Grifería elegida	Proveedor
Inodoros	13 l/desc.	6 l/desc.	3-6 l/desc.	25%	65%	Depósito con descarga dual SUMA Cod. 9000	Ideal
Lavatorio baño	2,4l/uso	0,945 l/uso	0,378 l/uso	60%	85%	Grifería con fluxer regulable modo lluvia Cod. 54302	Ideal
Ducha	15 l/min	9,5 l/min	4 l/min	56%	75%	Fluxer Ducha Cod. 52080	Ideal
Lavatorio Cocina	12 l/min	8,32 l/min	4 l/min	30%	66%	Fv 0411.01/87	Fv
Bidé	10 l/min	8,32 l/min	3 l/min	17%	64%	Fv 189/87	Fv
Promedio	-	-	-	38%	70%	-	-

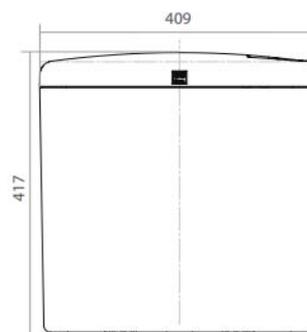
Uso de Inodoros: El consumo promedio para uso del baño es el de mochila de única descarga de aprox. 13 l de capacidad, es decir 13 l/descarga. La base LEED para inodoros es de 6 l/descarga. Actualmente existen mochilas duales de 3-9 l/descarga y 3-6l/descarga. A fin de lograr un ahorro en relación a la base LEED hemos propuesto la mochila de doble descarga SUMA Cod. 9000 con 3-6 l de descarga según el botón elegido. De esta manera logramos un ahorro en comparación a la norma LEED del 25% y del 65% en comparación al promedio. El producto que se eligió fue el siguiente:



PLANOS

• Vista Frontal

Dimensiones expresadas en milímetros



BENEFICIOS

- Depósito mochila con descarga dual para ahorro de agua
- Descarga total de 6 litros (con posibilidad de regulación hasta 9 litros)
- Descarga parcial de 3 litros
- Material ABS – Brillo Loza – Color Blanco
- Accesorios de instalación incorporados
- Para inodoros cortos y largos (consultar compatibilidad en el caso de los inodoros largos)
- Espesor de solo 13.7 cm.

CERTIFICACIÓN LEED



La descarga dual del depósito Mochila SUMA es una característica de ahorro de agua que permite una reducción del consumo de hasta 30% por debajo de lo establecido por LEED en edificación ecológica.

- Base Leed: 1,6 galones por flujo
- Depósito SUMA descarga total: 1,6 galones por flujo
- Depósito SUMA descarga parcial: 0,8 galones por flujo

LEED es marca registrada por el US Green Building Council

Uso del lavatorio - baño: Se considera un consumo promedio de grifería para lavatorio de 12l/min. Dado que la certificación LEED establece un ciclo de uso de 12 segundos, el consumo promedio fue calculado en 2,4 l/uso mientras que el establecido por la norma es de 0,25 gpc (galones por ciclo), es decir 0,945 l/uso. Nuestra propuesta consiste en un a grifería temporizadora, ya que al utilizarse en baño estamos de acuerdo con ciclos de uso de 12 segundos a fin de optimizar el ahorro en consumo. La grifería elegida es la temporizadora con fluxer regulable modo lluvia Cod. 54302.

El caudal de agua que otorga la canilla Tempo con Fluxer es 60% menor al establecido por LEED en edificación ecológica (presión de trabajo 60 psi), siendo de 0,10gpc para ciclos de 12 segundos, es decir 0,378l/uso. El ahorro respecto al promedio alcanza al 85%. Destacamos que este ahorro es considerando para un ciclo de 12 segundos, siendo en una grifería sin temporizador mayor considerando tiempo que se tarda en cerrarla y tiempos muertos en que se vierte agua sin aprovecharla, por lo que en realidad podríamos inducir que el ahorro respecto al promedio es aún mayor al 85% establecido.

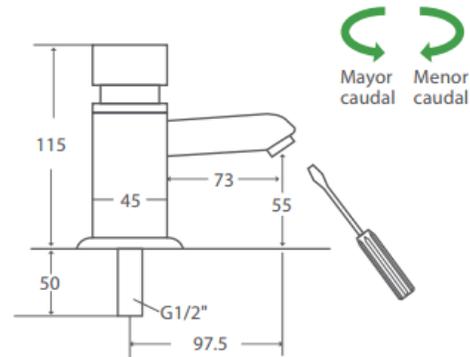


BENEFICIOS

- Canilla de cierre automático temporizado
- Incorporación de aire al chorro de agua para la disminución del caudal
- Sistema Fluxer regulado en origen para optimizar el ahorro de agua
- Ciclos de provisión de agua menores a 15 segundos a 60 psi de presión
- Higiénica (no precisa un accionamiento manual para el cierre)
- Diseño moderno y resistente
- Acabado cromado

PLANOS

• Grifería



CERTIFICACIÓN LEED



El caudal de agua que otorga la canilla Tempo con Fluxer es 60% menor al establecido por LEED en edificación ecológica (presión de trabajo 60 psi)

- **Base Leed:** 0,25 gpc para ciclo de 12 segundos
- **Canilla Tempo con Fluxer:** 0,10 gpc para ciclo de 12 segundos

LEED es marca registrada por el US Green Building Council

Uso de ducha: El consumo promedio de una ducha estándar es de aprox. 15 l/min. La propuesta consiste en un acople IDEAL que se enrosca fácilmente en la ducha que tiene como finalidad reducir el caudal al incorporar aire al chorro de agua. Los ahorros obtenidos en consumo de agua son del 56% en comparación a la norma LEED y del orden del 75% respecto al consumo promedio. A continuación se muestran los datos técnicos del producto:

LÍNEA DUCHAS	FLUXER DUCHAS (4 LITROS/MINUTO)	Cod. 52080
	<p>BENEFICIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Ahorra un 80% de agua en comparación con instalaciones de duchas tradicionales de mercado (con una presión de 4 bar) Exclusivo sistema para el ahorro de agua que se acopla fácilmente a la ducha Diseño moderno y resistente Acabado cromado Rosca de 1/2" 	<p>CRÉDITOS LEED</p> <ul style="list-style-type: none"> WEp1 Reducción del Uso del Agua WEc3 Reducción del Uso del Agua WEc3 2-4 pts.  EAp2 Mínima Eficiencia Energética EAc1 Eficiencia Energética Optimizada EAc1 1-19 pts.  
	<p>CERTIFICACIÓN LEED</p> <p>El caudal de agua que otorga la ducha con el acople IDEAL para duchas es 56% menor al establecido por LEED en edificación ecológica (presión de trabajo 80 psi). LEED es marca registrada por el US Green Building Council</p> <ul style="list-style-type: none"> Base Leed: 2,5 gpm (galones / minuto) Ducha + Dispositivo IDEAL: 1,1 gpm (galones / minuto) 	

Uso de lavatorio cocina: El consumo promedio de grifería en lavatorio de cocina es aprox. de 12 l/min. En base a un catálogo de productos fv con diferentes consumos hemos elegido el artículo 0411.01/87 - Juego monocomando para mesada de cocina con un caudal de 4 l/min, reduciendo el consumo en un 66% sobre el promedio y de un 30% sobre la norma LEED establecida. A continuación mostramos la imagen del producto elegido:

Productos



0411.01/87 (Juego monocomando para mesada de cocina) - 87 Temple Monocomando

0411.01/87
Juego monocomando para mesada de cocina, con pico móvil y rociador manual.

Uso de bidé: El comando para bidé elegido es el fv 189/87 - monocomando para bidé monocromado y desagüe con tapa con un caudal de agua de 3 l/min, logrando un ahorro en consumo del 64% respecto al promedio y del 17% sobre la norma LEED. A continuación mostramos una imagen de la grifería elegida:



0189/87 (Juego monocomando para bidé) - 87 Temple Monocomando

0189/87 Juego monocomando para bidé. Desagüe con tapita.

Concluimos que con los artefactos y griferías elegidas logramos una reducción en consumos de agua del 70% respecto al consumo promedio y del 38% por debajo de lo establecida por Norma LEED. No obstante, estos ahorros se miden en l/min menos de consumo de agua. Para llegar a un ahorro mensual en m³ de agua debemos considerar los tiempos de uso durante el día así como también procederemos a calcular un ahorro en energía, ya que el consumir menos agua en ducha principalmente genera un ahorro en consumo de gas para su calentamiento. Es decir la reducción de consumo de agua viene acompañada de un ahorro energético y por lo tanto también en emisiones de CO₂. A continuación procederemos a realizar el análisis.

1. Ahorro mensual en consumo de agua

En esta parte tendremos en cuenta los ahorros mensuales generados en consumos de agua basándonos en las griferías propuestas versus las generalmente utilizadas (estándar de consumo). Para calcular los consumos mensuales consideramos que la familia tipo es de 4 personas, el consumo se multiplicaría por 4 en todos sus factores a excepción del uso de lavarropas y lavado de platos que se mantiene como indica la tabla en forma diaria, resultando en los siguientes valores:

Tipo de uso	Tiempo promedio de uso	Veces utilizado en el día	Consumo diario promedio por persona	Consumo diario propuesto por persona	Consumo mensual promedio familia	Consumo mensual propuesto familia	Ahorro mensual de agua
Ducha	8 min	1	120 l	32 l	14,4 m ³	3,84 m ³	10,56 m ³
Inodoro	-	3	39 l	12 l	4,68 m ³	1,44 m ³	3,24 m ³
Cepillado de dientes	25 s	3	15 l	2,4 l	1,8 m ³	0,28 m ³	1,52 m ³
Lavado de manos	15 s	5	15 l	2,4 l	1,8 m ³	0,28 m ³	1,52 m ³
Lavado de platos	4 min	2	95 l	32 l	11,4 m ³	3,84 m ³	7,56 m ³
Uso de lavarropas	-	1	100 l	60 l*	3 m ³	1,8 m ³	1,2 m ³
Total			384 l	140,8 l	37,08 m³	11,48 m³	25,6 m³

Ahorro en consumo de agua mensual: 25,6 m³

* El consumo promedio de lavarropas es de 100 l por ciclo. Aprovechando más las cargas (haciendo una al día con carga completa en vez de varias con pocas prendas) se puede reducir el consumo de agua en un 40%.

Concluimos que al incorporar las griferías/artefactos propuestos en la vivienda logramos una reducción en el consumo de agua mensual de 25,6 m³, representando un 70% de ahorro respecto a una vivienda estándar. Debemos mencionar que no todos los consumos de agua fueron considerados, por ejemplo en caso de riego de plantas o lavado de auto, ya que estos serán provistos por un sistema de recolección de agua de lluvia.

2. Ahorro mensual en tarifa de agua

El agua en Bahía Blanca es provista por AGUAS BONAERENSES S.A. (ABSA), siendo la tarifa vigente de \$2,39/m³. El servicio es medido bimestralmente siendo el mínimo de 30 m³. Si el consumo sobrepasa este volumen de agua, se le cobra un excedente al usuario dependiendo de la cantidad consumida. El excedente varía (aumenta en valor) a medida que el consumo de agua aumenta según rasgos especificados. A continuación mostramos una tabla con valores de tarifa vigentes según consumo bimestral:

Servicio de agua medido: (Facturación bimestral)		
El importe a facturar será el que resulte de multiplicar el volumen bimestral de Agua Potable suministrada, de acuerdo a la siguiente metodología:		
Rango	Consumo m ³	Valor m ³
1	hasta 30 m ³	30 m ³ por Vm ³
2	hasta 35 m ³	primeros 30 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 1,60)
3	hasta 40 m ³	primeros 35 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 1,70)
4	hasta 45 m ³	primeros 40 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 1,80)
5	hasta 50 m ³	primeros 45 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 1,90)
6	hasta 60 m ³	primeros 50 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 2)
7	hasta 70 m ³	primeros 60 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 2,10)
8	hasta 80 m ³	primeros 70 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 2,20)
9	hasta 90 m ³	primeros 80 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 2,30)
10	hasta 100 m ³	primeros 90 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 2,40)
11	hasta 125 m ³	primeros 100 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 2,50)
12	hasta 150 m ³ X	primeros 125 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 3,50)
13	más de 150 m ³	primeros 150 m ³ idem anterior (excedente por V m ³ por 4,50)

El costo de Desagües Cloacales es equivalente al costo de Agua Potable.
Costo por mantenimiento de medidor 5 m³ de agua potable.
Costo de reposición de medidor 5 m³ de agua potable.

Tarifa vigente para consumos bimestrales - ABSA.

a) **Caso base:** Consumo bimestral de 75 m³.

Costo de consumo base: \$158,7. El cálculo se realiza en función de los cambios de valores en excedentes según rangos de consumo resultando el siguiente cálculo:

$$[30 * 2,39 + 5 * 1,6 + 5 * 1,70 + 5 * 1,80 + 5 * 1,90 + 10 * 2 + 10 * 2,1 + 5 * 2,2] \text{ m}^3 \cdot \$/\text{m}^3 = \$158,7.$$

b) **Caso propuesto:** Consumo bimestral de 23 m³

Costo de consumo propuesto: \$54,97. Dado que el consumo es inferior a los 30 m³ (valor mínimo establecido por el ABSA sin cambio de tarifa), el costo resulta en función de la tarifa de 2,39 \$/m³ multiplicada por el consumo de 23 m³,

De esta manera el ahorro logrado en función de las tarifas establecidas por ABSA es del orden de los \$100 bimestrales.

Si quisiéramos analizar el período de amortización de la inversión incremental en estos artefactos/griferías, debemos destacar primero que no hay cambios de precios significativos entre un grifo simple y otro con temporizador, o entre un inodoro con mochila simple comparado a otro con mochila dual/doble descarga. En estos casos y en base a la cantidad de oferta encontrada, podemos decir que no hay inversión incremental. Por el otro lado, las griferías fv de bajo consumo para lavatorio de cocina y bidé cuentan con precios similares a las de mayor porte en caudal. En cuanto a los productos IDEAL, los precios son similares a los comercializados por otras marcas, tomando en cuenta que los costos incrementales de los aireadores/fluxers para ducha o grifería son bajos. Por ende podemos concluir que la inversión incremental en artefactos y griferías para promover un uso sustentable del agua, no es considerable, siendo un aspecto muy positivo para nuestra propuesta ya que solo se necesita conciencia por parte del usuario final de la necesidad de ahorrar agua para fomentar el cuidado del agua.

3. Ahorro mensual en calentamiento de agua y emisiones de CO₂

Calentamiento de agua

El ahorro en consumo de agua caliente se traduce en ahorro energético ya que mientras menor sea el caudal de agua calentar, mayores ahorros lograremos. En nuestro caso, este ahorro de energía está directamente vinculado con las reducciones en consumo del agua para lavar los platos y del agua utilizada en duchas.

En la sección anterior obtuvimos las siguientes reducciones en consumo de agua caliente:

a) **Ahorro mensual en consumo de agua para lavar platos:** 7,56 m³

b) **Ahorro mensual en consumo de agua para ducha:** 10,56 m³

Considerando que el agua caliente utilizada en estos dos casos tiene una temperatura aproximada de 45°C, nos ahorramos la energía necesaria para generar el salto térmico de la temperatura ambiente a 45°C de la masa de agua que se hubiera utilizado para lavar platos y para ducha en caso de tratarse de la vivienda estándar. La ecuación para calcular esta energía es la siguiente:

$$Q = \rho \cdot V \cdot C \cdot (T_H - T_C) \text{ [KJ]}$$

Siendo:

- $C = 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. Calor específico del agua.
- $T_H = 45^\circ\text{C}$. Temperatura deseada en agua caliente para distribución.
- $T_C =$ Temperatura mensual promedio del agua de entrada, siendo de $16,63^\circ\text{C}$.
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Densidad del agua.
- V . Volumen de agua a calentar.
- $Q =$ Energía/Calor necesario [KJ].

Aplicamos esta ecuación para los consumos de agua ahorrados a) y b), resultando:

$$\text{a) } Q = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 7,56\text{m}^3 \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \cdot (45 - 16,63) = 896.500 \text{ kJ} = 249 \text{ kWh}$$

$$\text{b) } Q = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10,56\text{m}^3 \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgC}} \cdot (45 - 16,63) = 1.252.274 \text{ kJ} = 348 \text{ kWh}$$

Considerando que la tarifa de gas (consumo variable) para Bahía Blanca es de $\$0,45/\text{m}^3$ (CAMUZZI GAS PAMPEANO), el ahorro mensual total sería de:

$$\text{Ahorro energético} = (249 + 348)\text{kWh} \cdot \frac{\$0,45}{\text{m}^3 \cdot \frac{10\text{kWh}}{\text{m}^3}} = \$30$$

*Como hemos mencionado en secciones anteriormente, un m^3 de gas equivalen en promedio a 10kWh. Podemos apreciar que el ahorro económico no es importante debido al subvaluado valor de la tarifa de gas, al no actualizarse según la inflación económica de los últimos años como hemos explicado en secciones anteriores. De todas maneras, podemos destacar como principal ventaja que prácticamente sin inversión inicial y sola haciendo foco en artefactos/griferías sustentables se logran grandes ahorros en consumos de agua y ahorro económico del orden de los $\$130.-$ mensuales.

De esta manera los ahorros logrados pueden resumirse de la siguiente manera:

Ahorros logrados caso propuesto vs caso base	Valores
Reducción mensual en consumo de agua	25,6 m^3
Reducción mensual en consumo energético	597 kWh
Ahorro mensual económico total	$\$130.-$

Emisiones de CO_2

El análisis de emisiones de CO_2 lo realizamos en base al software RETSCREEN, a través de un factor de emisión de GEI, siendo para gas natural - Argentina, de $0,483 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$.

$$\text{Ahorro Emisiones GEI} = \left(\frac{0,483\text{tCO}_2}{\text{MWh}} \right) (0,597\text{MWh}) = 0,30 \text{ tCO}_2$$

El ahorro anual es de 0,30 ton de CO₂, equivalente al ahorro de 115 lts. de gasoil no consumidos y 0,6 barriles de petróleo crudo no consumidos.

Análisis de Emisiones

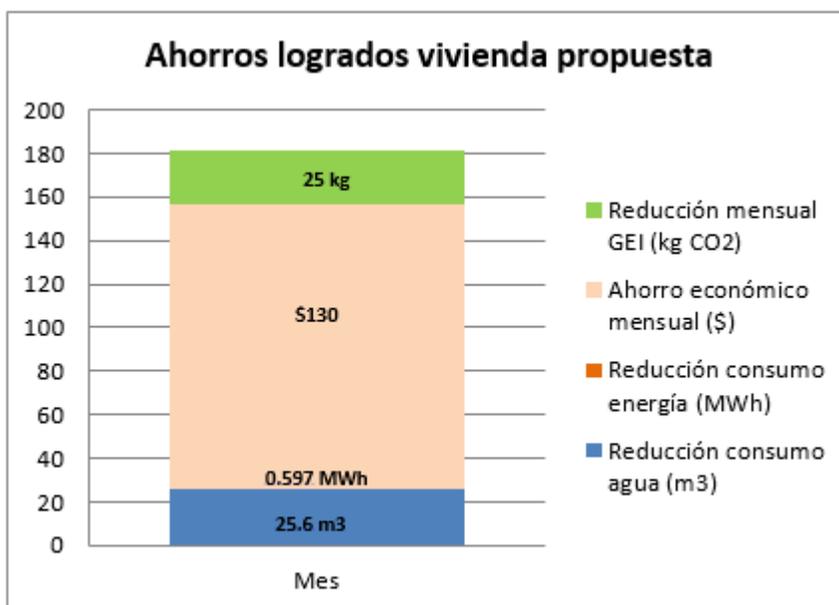
Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
Pais - Región	Tipo de	tCO ₂ /MWh	%	tCO ₂ /MWh
Argentina	Gas natural	0,483		0,483

Emisiones GEI	
Caso base	tCO ₂ 0,3
Caso propuesto	tCO ₂ 0,0
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO ₂ 0,3
Derechos de transacción por créditos GEI	%
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO ₂ 0,3 es equivalente a 0,6 Barr. de petróleo crudo no consum.

Renta por reducción de GEI	
Tasa crédito reducción de GEI	ARS/tCO ₂

A continuación procedemos a graficar un resumen de los resultados obtenidos siendo:

Ahorros logrados caso propuesto vs caso base	Valores
Reducción mensual en consumo de agua	25,6 m ³
Reducción mensual en consumo energético	597 kWh
Ahorro mensual económico total	\$130.-
Reducción anual en emisiones de GEI	300 kg CO ₂



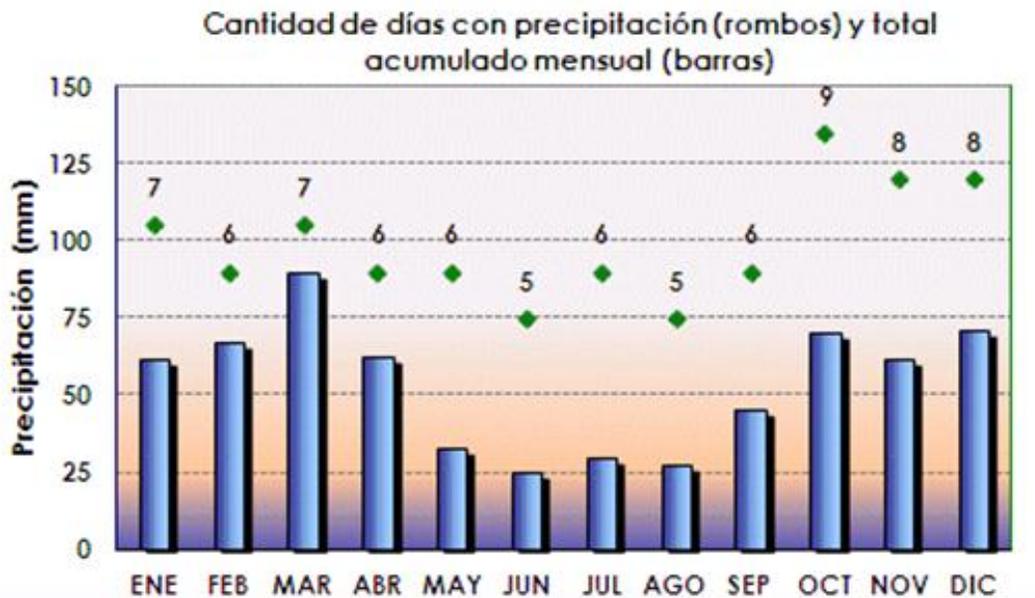
3.5.2. Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia

El objetivo en esta sección es dimensionar un sistema de recolección de agua de lluvia que permita captarla y tratarla, según las necesidades de la casa, para el posterior aprovechamiento en sanitarios, limpieza y riego. Para ello procederemos de la siguiente forma:

1. Análisis de precipitaciones en Bahía Blanca
2. Dimensionamiento del depósito de agua de lluvia y sistema de recolección

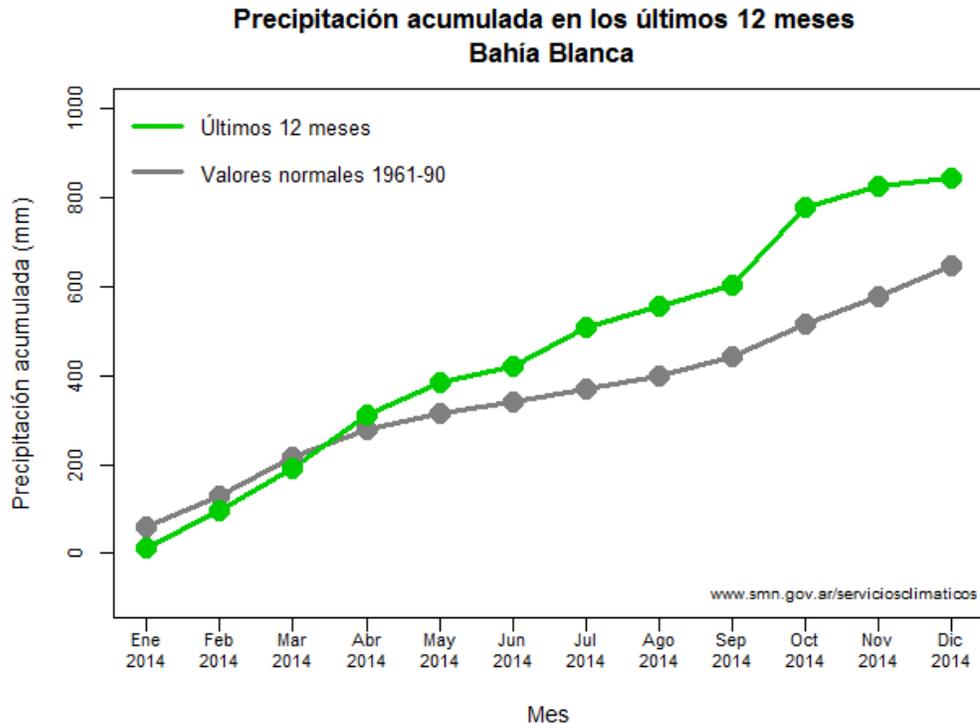
1. Análisis de precipitaciones en Bahía Blanca

El gráfico a continuación representa las precipitaciones medias en Bahía Blanca provistas por el SMN (Servicio Meteorológico Nacional). En el gráfico se presentan la cantidad de días con precipitación mayor o igual a 0,1 mm (rombos verdes) y el total acumulado de precipitación mensual (barras azules) para el período 1961-1990, resultando:



Precipitación (mm) vs cantidad de días con precipitación (días) mensual.

A continuación procedemos a mostrar otro gráfico correspondiente a las precipitaciones acumuladas (mm) en la ciudad de Bahía Blanca durante los últimos 12 meses (color verde) comparado a las precipitaciones del período 1961 - 1990 (color gris).



Precipitación acumulada 2014 vs. período 1961-90 - Bahía Blanca.

Como podemos apreciar la diferencia entre las precipitaciones acumuladas del año pasado y del período de 30 años es de aproximadamente 200 mm. Para facilitar el cálculo nosotros tomaremos un valor acumulado de precipitaciones promedio de 700 mm anual.

2. Dimensionamiento del depósito

Volumen anual de agua provisto por agua de lluvia - Oferta

A continuación procedemos a calcular el volumen de agua que podemos recoger que dependerá de 3 factores:

- **Precipitación media anual de la zona (P):** Este gráfico fue el mostrado arriba para la Ciudad de Bahía Blanca, tomando para los cálculos un valor acumulado promedio de 700 mm anuales, equivalente a 700 l/m².año.
- **Superficie de recogida (A):** Corresponde al área en la planta del edificio donde recogeremos el agua de lluvia (sin tener en cuenta la inclinación del techado), siendo para nuestra vivienda de 100 m².
- **Necesidades de agua no potable a cubrir:** Volumen de agua para cubrir las necesidades de riego, inodoro y limpieza.

De esta manera el volumen de agua que podemos recoger se calcula como:

$$V_1 = P \cdot A \cdot F$$

- F : Factor de aprovechamiento dependiendo del material, siendo:

- Tejado/chapa: 0,9
- Hormigón, grava: 0,8
- Cubierta ajardinada / techo verde: 0,5

En nuestro caso tomaremos un factor de aprovechamiento del 0,9 (techo de chapa) resultando la ecuación como:

$$V_1 = 700 \frac{l}{m^2 \cdot \text{año}} \cdot 100m^2 \cdot 0,9 = 63.000 \frac{l}{\text{año}} = \frac{63 m^3}{\text{año}}$$

Volumen anual de agua necesario - Demanda

En esta parte procederemos a calcular el volumen anual de agua necesario para cubrir las necesidades de riego, inodoro y lavado de auto:

Consumo anual de agua - inodoro = $(1,44 \text{ m}^3/\text{mes}) \cdot 12 \text{ meses} = 17,28 \text{ m}^3/\text{año}$

Consumo anual de agua - riego = $(450 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{año}) \cdot 100\text{m}^2 = 45 \text{ m}^3/\text{año}$

Consumo anual de agua - lavado de auto = $(250 \text{ l}/\text{lavado}) \cdot (12 \text{ lavados}/\text{año}) = 3 \text{ m}^3/\text{año}$

$$V_2 = 17,28 \text{ m}^3/\text{año} + 45 \text{ m}^3/\text{año} + 3 \text{ m}^3/\text{año} = \mathbf{65,28 \text{ m}^3/\text{año}}$$

El consumo promedio mensual del inodoro fue calculado para la familia tipo de 4 integrantes en la sección anterior con la propuesta de la mochila dual de doble descarga (3l - 6l), resultando en $1,44 \text{ m}^3/\text{mes}$. Con respecto al riego tomamos un promedio de consumo de $450 \text{ l}/\text{m}^2$, considerando un jardín aproximado de 100 m^2 , resultando el consumo anual de $45.000 \text{ l}/\text{año}$. Por último, consideramos que la familia lavará su auto con una frecuencia de 1 vez al mes. Tomamos como promedio un consumo de $250 \text{ l}/\text{lavado}$, resultado el consumo de agua anual de 3.000 l . Debemos destacar que este consumo tomado de $250 \text{ l}/\text{lavado}$ es un valor promedio. Si el auto se lava con manguera y no se concientiza sobre el ahorro del agua, este consumo puede aumentar hasta aproximadamente $500 \text{ l}/\text{lavado}$, es decir el doble.

Medida del depósito recolector de agua de lluvia

Para el cálculo de la medida del depósito tomaremos un valor promedio entre el agua que podemos recolectar por aprovechamiento de agua de lluvia y el agua que efectivamente necesitamos. El período de reserva es el tiempo que tendremos agua disponible sin que llueva. De esta manera el cálculo es el siguiente:

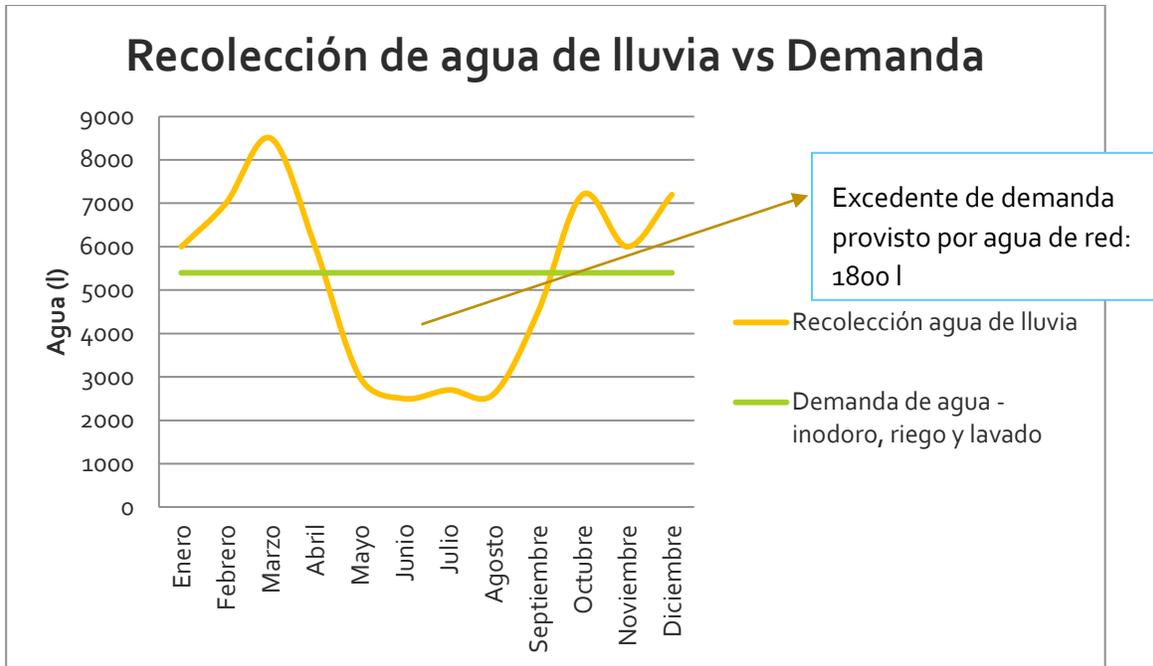
$$V_{\text{Deposito}} = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot \frac{\text{Periodo de reserva (días)}}{365 \text{ días}} = \frac{63m^3 + 65,28 m^3}{2} \cdot \frac{30 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 5,27 m^3$$

$$V_{\text{Deposito final}} = 5,27 m^3 \cdot 1,2 = 6,32 m^3$$

Utilizamos una medida del depósito un 20% superior a la calculada ya que en caso de régimen de lluvias irregular, conviene tener capacidad para almacenar agua en caso de lluvia intensa. El período de reserva es el que tiempo que proponemos a tener agua disponible en tanque sin que llueva, seleccionando para nuestro caso 30 días. De esta manera, resulta que nuestro depósito de agua de lluvia deberá contar con aproximadamente **6.320 l de capacidad**.

A continuación procederemos a realizar un análisis más exacto en forma mensual para comparar las necesidades de agua y la oferta provista por las precipitaciones, para concluir en que meses es más probable cubrir las necesidades y en cuales necesitaremos complementar el consumo con agua de red. La tabla resumiendo esto es la siguiente:

Mes	Precipitación (l/m ²)	Agua recolectada de lluvia (l)	Agua de consumo necesaria (l)	% Satisfacción Demanda
Enero	60	6.000	5.400	100%
Febrero	70	7.000	5.400	100%
Marzo	85	8.500	5.400	100%
Abril	60	6.000	5.400	100%
Mayo	30	3.000	5.400	56%
Junio	25	2.500	5.400	46%
Julio	27	2.700	5.400	50%
Agosto	26	2.600	5.400	48%
Septiembre	45	4.500	5.400	83%
Octubre	72	7.200	5.400	100%
Noviembre	60	6.000	5.400	100%
Diciembre	72	7.200	5.400	100%
Total/Prom	52,6	63.200	65.000	82%

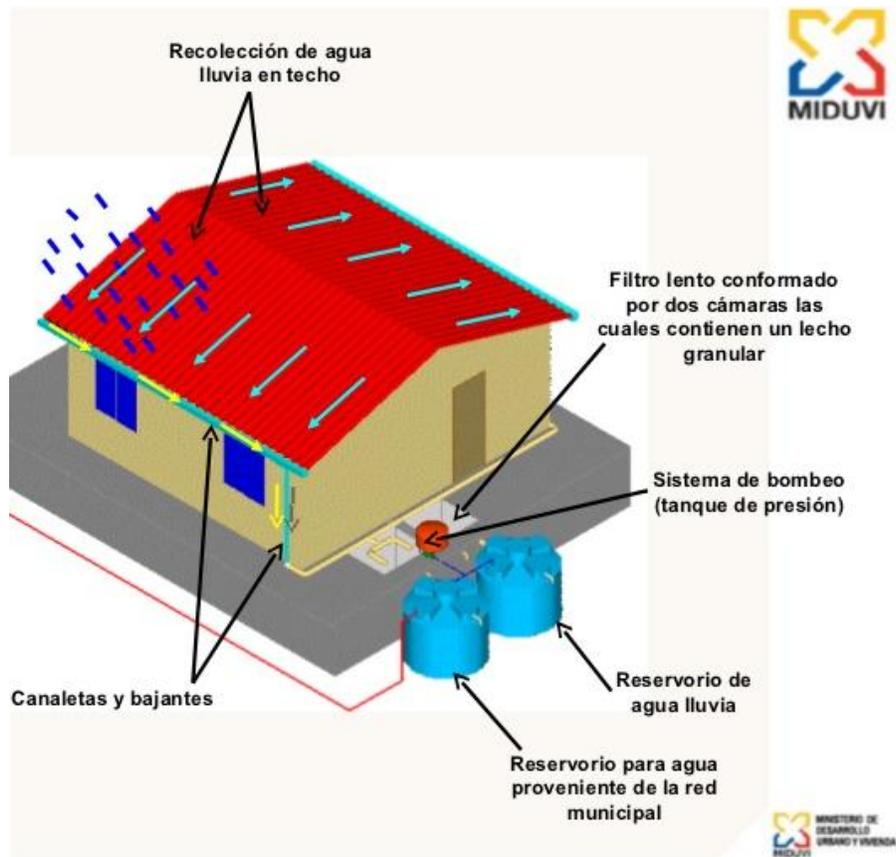


Como muestran la tabla y el gráfico, durante los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Octubre, Noviembre y Diciembre la recolección de agua de lluvia supera en valor a la demanda de agua (inodoro, riego y lavado). El resto de los meses habrá un excedente de consumo de agua (1.800 l) que no podrá ser provisto por el agua de lluvia recolectada, que deberá ser provisto por el agua de red.

Componentes del sistema recolector de agua de lluvia

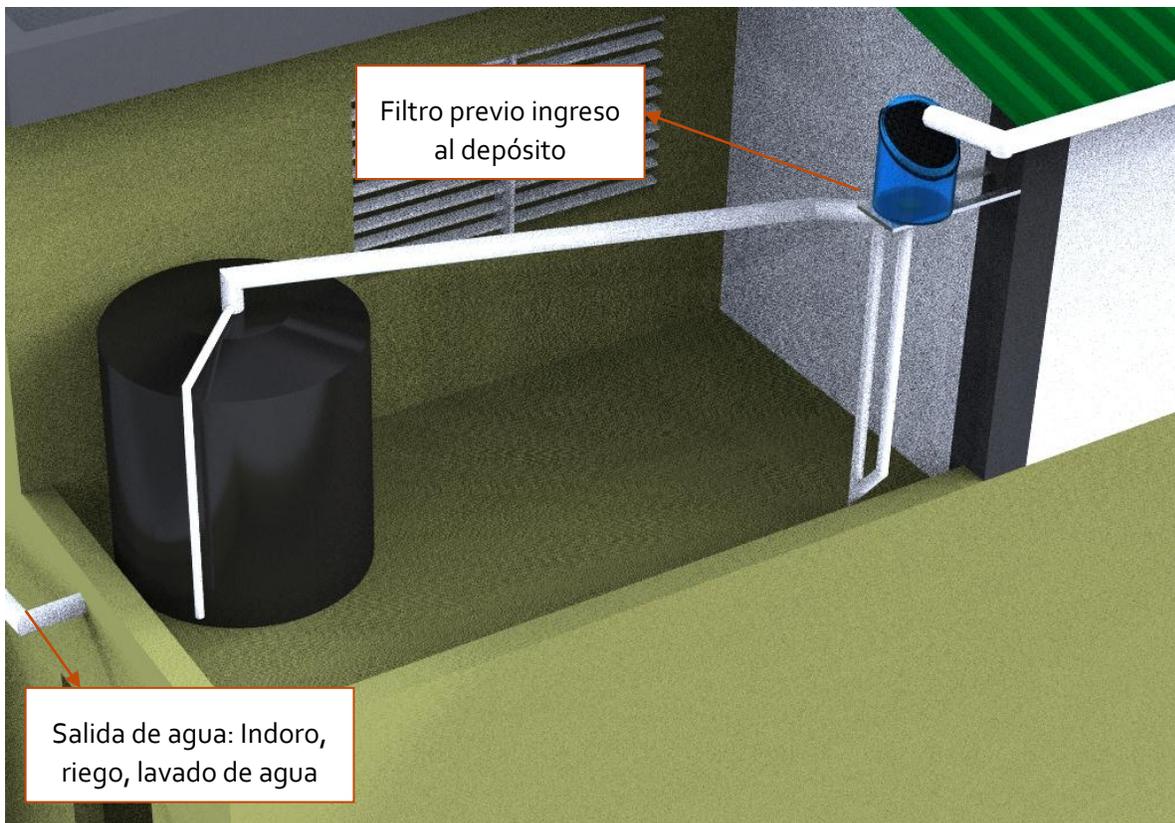
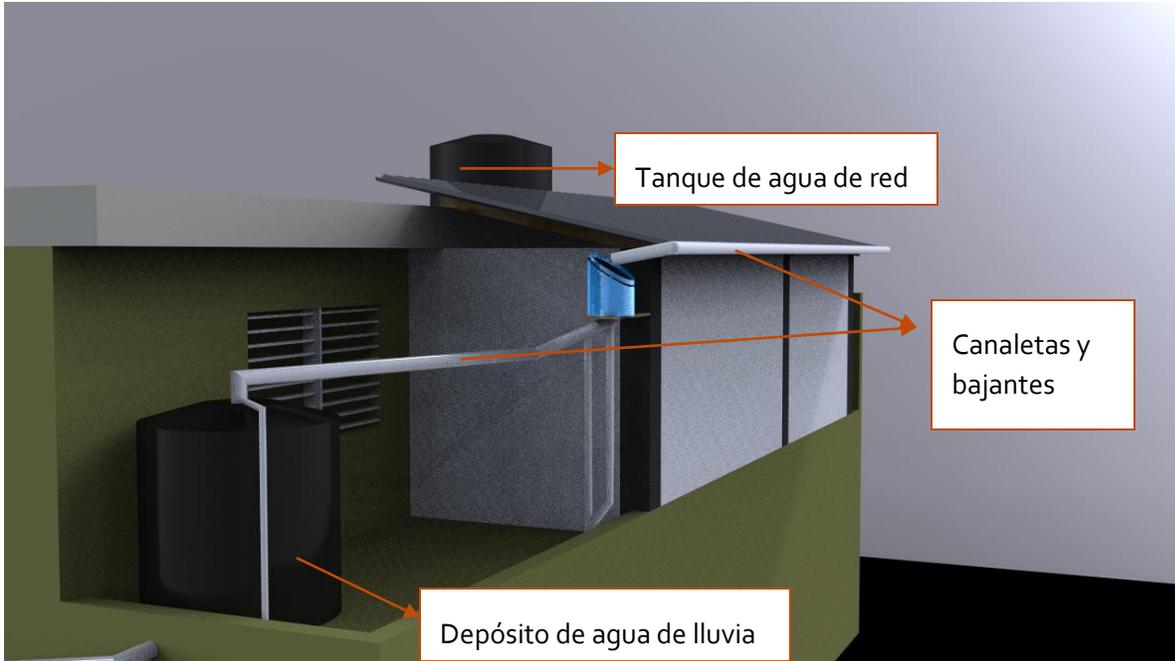
A continuación procedemos a explicar el sistema de distribución propuesto para el aprovechamiento del agua de lluvia. Destacamos que el mismo puede ser básicamente de 2 maneras, dependiendo de la ubicación del depósito de agua de lluvia:

- Depósito ubicado al nivel del piso o soterrado. En este caso será necesario el uso de una bomba para circulación forzada para presurizar el agua hacia las necesidades de consumo.



- Depósito ubicado a altura intermedia. Es cuando el depósito de agua de lluvia se ubica a una altura intermedia entre el nivel del piso y el tanque de agua de red. El objetivo de esto es lograr una circulación hacia la demanda de consumo en forma natural, es decir a través de la gravedad presurizar la red sin necesidad de agregar bombas para circulación forzada.

En nuestro caso proponemos utilizar el depósito de agua a altura intermedia a fin de ahorrarnos la inserción de la bomba que implicará un aumento en el consumo energético de la vivienda. A continuación mostramos imágenes del sistema propuesto:



Ahorro mensual en tarifa de agua

Tal como hicimos en la sección anterior, en base a la tarifa de agua de Bahía Blanca provista por el ABSA, calcularemos el ahorro en consumo de agua para inodoro, riego y lavado del auto logrado por el sistema recolector de agua de lluvia.

De la sección anterior calculamos que el ahorro promedio es del 82% anual, resultando en una reducción de consumo de agua de red de aproximadamente 53.000 l/año. Si traducimos este ahorro en bimestral, será de 8.800 l/bimestre, es decir 8,8 m³/bimestre. De esta manera el ahorro bimestral es de:

Ahorro: $[8,8 * 2,39] \text{ m}^3.\$/\text{m}^3 = \$21/\text{bimestre}$.

3.5.3. ANALISIS ECONOMICO DEL CASO PROPUESTO: USO SUSTENTABLE DEL AGUA

En esta parte haremos un análisis de la viabilidad del proyecto desde el punto de vista económico considerando ahorros generados por griferías propuestas y recolección de agua de lluvia - dicho análisis se realizará en base al RETSCREEN para su cálculo. En forma resumida, los valores obtenidos son los siguientes:

- **Inversión/Costos iniciales incrementales:** La inversión inicial incremental respecto al sistema propuesto para la casa base implicará la compra del tanque de almacenamiento para recolección de agua de lluvia, en conjunto a materiales extras de cañerías para transporte del agua. Luego de consultar precios de distintos proveedores y analizando costos, se estima una inversión inicial incremental de:

Elementos	Costos
Depósito de 6.000 l	\$12.000.-
Tubos y conexiones de PVC	\$1.000.-
Total	\$13.000.-

Destacamos que el costo incremental de la grifería propuesta no es significativa en comparación a estos valores por lo que fue despreciada a la hora de hacer los cálculos.

- **Tasa de inflación anual:** 30%
- **Tiempo de vida del proyecto:** 20 años.
- **Ahorros anuales:** Como mencionamos anteriormente tenemos dos tipos de ahorros.
 - **Ahorro consumo de agua:** Logrado por las griferías y artefactos propuestos más eficientes en conjunto al aprovechamiento del agua de lluvia recolectada. El ahorro total anual es entre ambas propuestas es de 360 m³ representando un ahorro de **\$725/año**.
 - **Ahorro consumo de gas:** Al reducir consumos en ducha y lavado de platos, reducimos el consumo de gas anual logrando una reducción de consumo de

7160 kWh/año, representando \$360/año de ahorro.

- **Ahorro en emisiones de GEI:** Como explicamos anteriormente el ahorro es de 300 kg de CO₂ anuales, el cual no cuantificamos en pesos pero se trata de un ahorro ecológico importante.

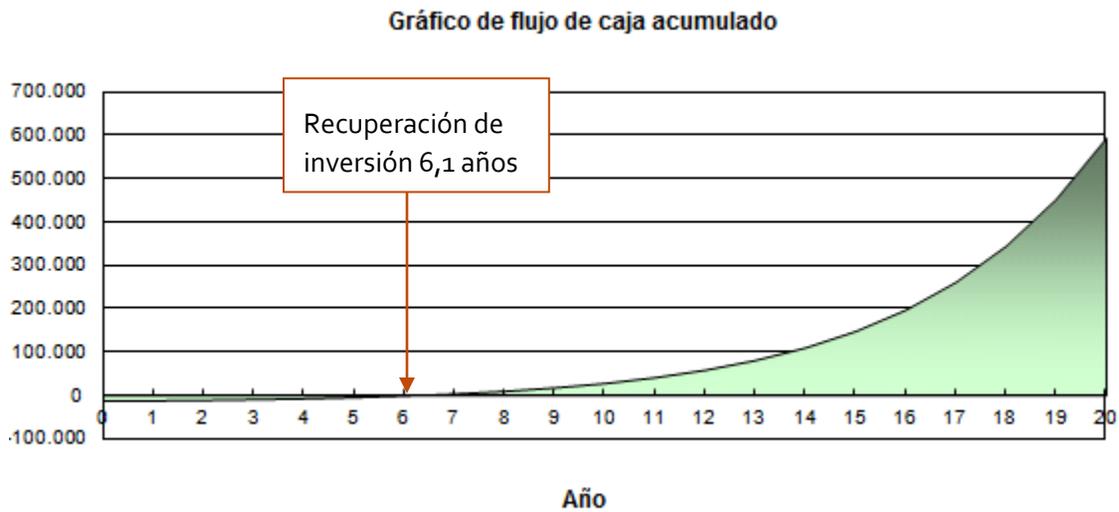
Ingresando estos valores en el RETSCREEN obtenemos los siguientes resultados:

Inversión inicial incremental: \$13.000.-

Ahorros anuales: \$725.-

TIR (Incluye inflación): 31,7%

Recuperación de la inversión: 6,1 años



3.6. ILUMINACION NATURAL Y ARTIFICIAL

Claramente en esta etapa entran en juego dos tipos de iluminación, y las cuales evaluaremos desde el punto de vista de optimizar la iluminación y consecuentemente el gasto energético, ya que las ganancias térmicas se analizaron en etapas anteriores. Los tipos de iluminación a analizar son:

- A) Iluminación natural
- B) Iluminación artificial

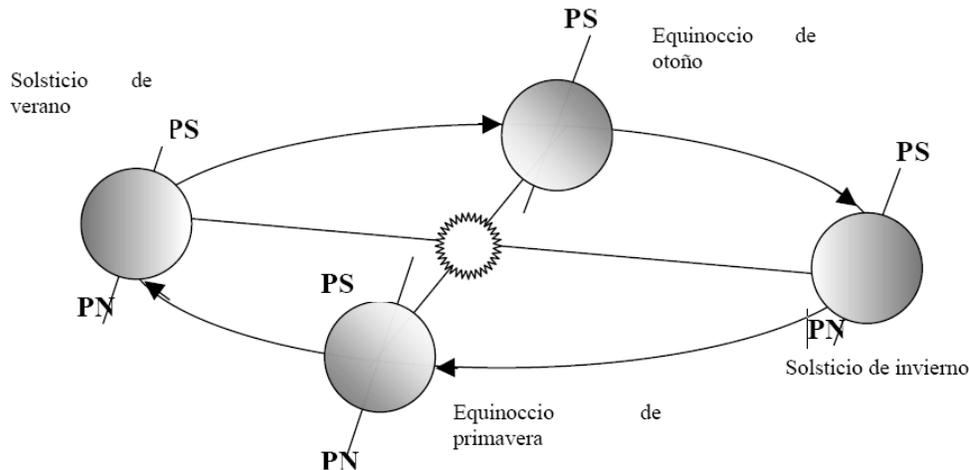
3.6.1. Iluminación natural:

La iluminación natural constituye una alternativa muy válida para la iluminación de interiores y su parte es valioso no sólo en relación de la cantidad sino también en la calidad de la iluminación. En relación a la iluminación artificial presenta las siguientes ventajas:

- Es provista por una fuente de energía renovable.
- Implica ahorros de energía. Una iluminación natural bien diseñada puede cumplir con los suficientes requerimientos de visibilidad y ahorrar hasta un 90% de la energía eléctrica de uso diurno en horas de luz.
- Puede proporcionar niveles de luz más elevados en las horas diurnas para una considerable parte del año, que los obtenidos con luz eléctrica mediante instalaciones económicamente sustentables.
- Tiene la particularidad de ser dinámica, está continuamente cambiando a lo largo del día y de los meses del año. En este sentido es importante destacar que la visión humana está desarrollada de manera que evidencia cierta adaptación a las características de la luz natural y de sus cambios, además, sus continuos cambios son favorables como efecto estimulante.
- Integra otros elementos que favorecen la satisfacción de las necesidades biológicas y psicológicas de ritmos naturales.

El sol y el cielo son las fuentes de las que se dispone para la iluminación natural. De la misma manera que una luminaria filtra y distribuye la luz emitida por la lámpara eléctrica que esta contiene, la luminaria de luz natural es la envolvente edilicia que admite la luz solar en el interior de un espacio por transmisión, dispersión o reflexión de la misma. Esto incluye el cielo (bóveda celeste), así como el ambiente externo natural o construido por el hombre, por lo tanto, el tipo de cielo, las superficies de la tierra, plantas y otros edificios son parte de la "luminaria natural". Estos elementos sumados a otros diferentes factores pueden hacer variar la iluminación. El sol, el cielo, las obstrucciones naturales (plantas, el terreno, montañas, etc.) y las obstrucciones artificiales contribuyen a estas variaciones, las

cuales también pueden cambiar parcialmente debido a las posiciones del sol y sus cambios estacionales. Estas características dependen de los movimientos de la tierra, del ángulo de sus ejes (influencia de la localización geográfica) y del ángulo de la superficie iluminada respecto al ángulo de incidencia del rayo de luz, denominado efecto coseno.



Como ya se ha explicado, la luz natural procedente de la bóveda celeste consta de tres componentes:

- El haz directo procedente del sol.
- La luz natural difundida en la atmósfera (incluidas nubes), que es la componente difusa del cielo.
- La luz procedente de reflexiones en el suelo y objetos en el entorno exterior.

Como base de partida para la consideración de un correcto diseño de iluminación de un edificio, deben resolverse una serie de premisas, de entre las que pueden destacarse las siguientes:

- El haz directo procedente del sol.
- La iluminación debe integrarse en el diseño arquitectónico y de interior; es decir, planificarse desde el principio y no agregarse en una fase posterior.
- Las diversas opciones de forma, color y materiales de la iluminación deben reforzar los objetivos del diseño arquitectónico y de interior en vez de actuar independientemente.
- La iluminación debe crear una sensación y atmósfera adaptadas a las necesidades y expectativas de las personas (formal, íntima, oficial, sobria, económica, brillante, atenuada, hogareña, valiosa, amplia, acogedora, hostil, etc.).

Sobre la base de estas premisas, a fin de controlar la calidad de la luz ambiental, se debe manejar un conjunto de parámetros relevantes, que incluyen:

La elección del lugar, orientación, forma y dimensiones del edificio, para aprovechar las ventajas de la aportación de luz natural e impedir sus inconvenientes inherentes a la presencia del sol y de su trayectoria.

La selección de la abertura de penetración de la luz natural y su orientación, factor esencial para el control de la calidad de iluminación.

Las superficies exteriores de los edificios actúan entre ellas. Los parámetros superficiales, que son una variable de diseño para un edificio, resultan restrictivos para los edificios contiguos; esto es debido al hecho de que el color de la luz reflejada desde las superficies de un edificio está influenciado por el color de las otras superficies reflectantes. En nuestro caso, no influye más que la vegetación circundante.

Las superficies del suelo que rodean al edificio, cuya contribución es importante en días de cielos descubiertos, sin nubes, porque la luz incidente sobre las fachadas es reflejada desde el suelo. Ídem anterior.

En nuestro caso en particular, al ser una vivienda convencional y de diseño simple, lo que más nos interesa estudiar las orientaciones y analizar las opciones que nos den mayor acceso a la iluminación natural para ahorrar energía. La conclusión de las alternativas por las cuales optamos se define a continuación:

- Priorizar la orientación norte debido a que es la que más optimiza la aportación solar. Esta es la razón por la cual el espacio más amplio y el cual tiene la mayor ocupación y utilización, está orientado hacia esta dirección.
- La iluminación lateral establece un límite a la profundidad del mismo para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día. En nuestra vivienda, con una altura de la parte superior de la ventana de 2,5 m y una anchura de sala de 4 m, la luz natural puede penetrar aproximadamente 6 metros, lo cual es suficiente para nosotros.
- Realizar una zonificación para instalar la iluminación que aproveche al máximo la luz natural. Según los usos de la edificación se recomienda un nivel de luminosidad de entre 300 y 700 (lux)

3.6.2. Iluminación artificial

Cuando hablamos de iluminación artificial nos referimos a iluminación mediante cualquiera de los numerosos dispositivos que convierten la energía eléctrica en luz. En base a la experiencia internacional

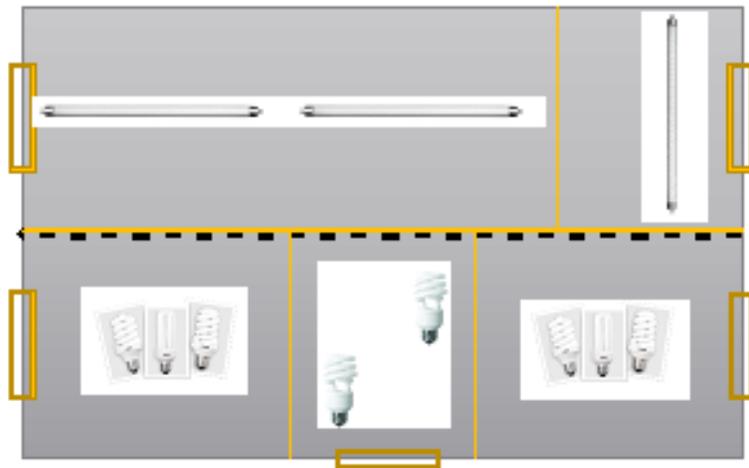
se supone que el 53% del consumo energético es en iluminación. Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica son las lámparas incandescentes y fluorescentes. Se puede reducir la potencia eléctrica necesaria para proveer iluminación mediante el uso de luminarias más eficientes. Además, debido a que el consumo energético está relacionado con las horas de encendido, pueden lograrse ahorros adicionales con el mejor aprovechamiento de la luz natural, como ya vimos.

Para nuestro análisis, vamos a considerar como caso base la utilización de luminarias de bajo consumo y tubos fluorescentes para luego comprobar que utilizando la proporción en luminarias LED's se cuenta con una gran ganancia en cuanto a costos y sustentabilidad.

El modelo sería el siguiente:

Luminarias BC (bajo consumo): x3 en cuartos + x2 en baño.-

Tubos fluorescentes T5: x2 en espacio principal.-



La característica de flujo luminoso, precios y consumo de cada componente es de:

LED (5 W) = 400 lumen ; P = \$ 100 c/u .-

T5 (30 W) = 2300 lumen ; P = \$ 120 c/u.-

BC (20 W) = 1000 lumen ; P = \$ 97 c/u.-

Si consideramos un consumo promedio u horas promedio por día de 6 horas de utilización de energía eléctrica dedicada a luminarias, contamos con los siguientes resultados:

$$LED = 5 W \times 6 \frac{hs}{dia} \times 365 \frac{días}{año} = 10,950 Kwh$$

$$T5 = 30 W \times 6 \frac{hs}{dia} \times 365 \frac{días}{año} = 65,70 Kwh$$

$$BC = 24 W \times 6 \frac{hs}{dia} \times 365 \frac{días}{año} = 52,56 Kwh$$

Nuestra propuesta sería llegar a la misma cantidad de lumens que el caso base, por lo tanto, para ello se requieren de 37 luminarias LED. En base a esto, el consumo unitario de W/m² sería de:

$$\text{Base: } 30W \times 3 + 24W \times 8 = 282W / 96 m^2 = 2,93 W/m^2$$

$$\text{Propuesto: } 5W \times 35 = 185W / 96m^2 = 1,92 W/m^2$$

Y de acuerdo a esta misma base el costo incremental es de \$ 2.564. Claramente se tiene una ganancia de consumo de casi la mitad con la configuración LED invertido dicho costo. Además, las lámparas Led tienen una vida útil de 50.000 hs mientras que las T5 25.000 hs y las BC 8.000 hs, por lo tanto, en 50.000 hs de vida útil las T5 se cambian 1 vez en promedio y las BC 6 veces. Podemos observar que, si el KWh se encuentra en un costo variable de 0,62 \$/Kwh los ahorros en consumo y gastos por mantenimiento y recambio de lámparas de la siguiente manera:

$$\text{Ahorros Kwh} = \$ 152 \text{ al año.}$$

$$\text{OyM} = 6 \times 8 \times \$97 + 1 \times 3 \times \$120 = \$256 \text{ al año.}$$

$$\text{Amortización de la inversión: } \$ 2.564 / \$ 412 = 6,3 \text{ años.}$$

Lo veremos mejor volcado en el siguiente cuadro de resultados:

RETScreen

Luminarias		Descripción		Método	
1	2	3	4	5	
		Luminarias Bajo consumo VS. LED		1 2	
		Caso base	Caso propuesto		
Área del piso	m ²	96			
Carga de iluminación por unidad de área	W/m ²	2,93	1,93		
Horas de operación	h/d	7			
Costos iniciales incrementales	ARS			2.564	
Ahorros incrementales O y M	ARS			256	
Número de unidades		1		1	
Demanda de electricidad	MWh	1	0		34,1%

Características de la instalación								
Mostrar datos								
Mostrar:	Calentamiento	Enfriamiento	Electricidad	Costos iniciales incrementales	Ahorros en costo de combustible	Ahorros incrementales O y M	Pago simple de retorno del capital	¿Incluye medición?
	GJ	GJ	GJ	ARS	ARS	M ARS	año	<input type="checkbox"/>
Combustible ahorrado								<input type="checkbox"/>
Sistema de calefacción	0	-	-	0	0	0	-	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistema de enfriamiento								
Cobertura de edificios								
Aislamiento casa	0	0	-	17.936	0	884	20,3	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventilación								
Luminarias								
Luminarias Bajo consumo VS. LED	-	-	1	2.564	152	256	6,3	<input checked="" type="checkbox"/>
Equipo eléctrico								
Agua caliente								
Recuperación de calor								
Otro								
Total	0	0	1	20.500	152	1.140		

Como conclusión, la inclusión de luminarias LED es altamente beneficiosa y factible desde el punto de vista económico.

En cuanto a las emisiones, el próximo cuadro remarcará una breve reducción de emisión de GEI.

Emisiones GEI

Caso base	tCO2	0,3
Caso propuesto	tCO2	0,2
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO2	0,1
Derechos de transacción por créditos GEI	%	
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO2	0,1

3.7. EFICIENCIA ENERGETICA

Concepto de Eficiencia Energética

Para explicar el concepto de eficiencia energética debemos primer aclarar que difiere del uso racional, es decir uso racional y uso eficiente de la energía son dos conceptos íntimamente ligados que suelen usarse como sinónimos, sin embargo son distintos. La diferencia radica en que el uso racional hace referencia a la reducción del consumo originada en el cambio de conducta de las personas, mientras que el uso eficiente pone en foco la reducción del consumo por mejoras tecnológicas.

El uso responsable y racional de la energía es un tema que trataremos hacia el final de la tesis en la sección "Política de concientización". En esta parte comentaremos sobre la eficiencia energética aplicada a los electrodomésticos.

La etiqueta energética que se encuentra pegada en los electrodomésticos informa los valores de consumo de energía y agua así como de las prestaciones de los mismos, permitiendo conocer de una manera rápida la eficiencia energética de un electrodoméstico. Esta etiqueta es de exhibición obligatoria en cada electrodoméstico puesto a la venta.

Los datos de la etiqueta energética se basan en ensayos determinados por las normas internacionales, a fines de establecer una comparación entre los diferentes equipos, el consumo de energía y las capacidades. Pueden observarse siete clases de eficiencia, las cuales se categorizan por medio de letras y colores, asignándose el color verde y la clase A a los equipos más eficientes, el punto de óptima eficiencia, y el color rojo y la clase G, a los equipos menos eficientes. Estos últimos, pueden llegar a consumir, el triple de energía que los equipos de clase A. A pesar de que algunos modelos resulten más caros, en el largo plazo, ahorran más energía.

La eficiencia energética a elegir es importante desde los puntos de vistas:

- **Ambiental:** Ayuda a elegir los electrodomésticos más eficientes reduciendo los consumos de energía y agua correspondiente y colaborando en las reducción de emisiones de GEI.
- **Económico:** El extra que se paga por electrodomésticos eficientes son ahorrados a lo largo de la vida del aparato.



Etiqueta de eficiencia energética.

A modo de ejemplo tomaremos el caso del lavarropas. La etiqueta del lavarropas está constituido por:

- Eficiencia energética
- Consumo de energía
- Eficacia de lavado
- Eficacia del centrifugado
- Capacidad en kilogramos (kg) de algodón
- Consumo de agua y ruido

<p>1. Identificación del producto</p>	<p>Energía Lavarropas</p> <p>MARCA COMERCIAL: DREAN MODELO: EXCELLENT BLUE! 8.12g ORIGEN: ARGENTINA</p>
<p>2. Eficiencia energética del lavarropas</p> <p>A. Consumo <0,10 kWh/kg.ciclo B. Consumo entre 0,10-0,18 kWh/kg.ciclo C. Consumo entre 0,18-0,26 kWh/kg.ciclo D. Consumo entre 0,26-0,34 kWh/kg.ciclo E. Consumo entre 0,34-0,42 kWh/kg.ciclo F. Consumo entre 0,42-0,50 kWh/kg.ciclo G. Consumo > 0,50 kWh/kg.ciclo</p>	<p>2</p> <p>Eficiencia energética Más eficiente A B C D E F G Menos eficiente</p> <p>A</p>
<p>3. Consumo de energía por ciclo</p>	<p>3</p> <p>Consumo de energía kWh/ciclo Sobre la base del resultado obtenido en un ciclo de lavado de algodón a 40°C El consumo real depende de las condiciones de utilización del aparato.</p> <p>0.62</p>
<p>4. Clase de la eficacia del lavado</p> <p>"q" Índice de eficacia de lavado sobre la base del ciclo de algodón a 40° C</p> <p>A = q mayor a 1,03 .- B = q entre 1,03 y 1 .- C = q entre 1 y 0,97 .- D = q entre 0,97 y 0,94 .- E = q entre 0,94 y 0,91 .- F = q entre 0,91 y 0,88 .- G = q igual o menor a 0,88 .-</p>	<p>4</p> <p>Eficacia del lavado Más eficaz A B C D E F G Menos eficaz</p> <p>A</p>
<p>5. Clase de eficacia del centrifugado</p> <p>"RM" Eficacia de extracción de agua (en %) sobre la base del ciclo de algodón a 40° C.</p> <p>A = RM menor a 45% B = RM entre 45% y 54% .- C = RM entre 54% y 63% .- D = RM entre 63% y 72% .- E = RM entre 72% y 81% .- F = RM entre 81% y 90% .- G = RM igual o mayor a 90% .-</p>	<p>5</p> <p>Eficacia del centrifugado A: más alto G: más bajo</p> <p>Velocidad de centrifugado (rpm) 1200</p> <p>Capacidad en kg de algodón 8.0</p> <p>Consumo de agua en l/ciclo 57.4</p> <p>6</p> <p>Ruido (dB(A) re 1 pW) Lavado Centrifugado</p> <p>IQCC</p> <p>IRAM 2145.3</p>

Si comparamos un lavarropas clase A y clase G en términos de eficiencia energética y considerando 30 ciclos de lavado al mes (1 vez al día con 5 kg de carga), los ahorros al comprar un equipo clase A en consumo eléctrico serán de:

Ahorro Clase A vs Clase F: $[(0,60 - 0,05)\text{kWh/kg.ciclo}] \cdot 5\text{kg} \cdot \$0,62/\text{kWh} \cdot 30 \text{ ciclos/mes} = \$50/\text{mes}$.

Si analizamos este valor a largo plazo, en 10 años se llegaría a un ahorro de \$6.000.-, es decir prácticamente el valor de un lavarropas nuevo (si consideramos tasa de inflación la recuperación sería aun mayor). Es por eso que en el mercado prácticamente la gran mayoría de lavarropas son Clase A o B aunque pueden ser de menor categorías en otros aspectos como ser eficacia de lavado.

Concluimos que para nuestra casa propuesta tomaremos todos los electrodomésticos del tipo clase A o superior (A+, A++, A+++), siendo en nuestro caso:

- Lavarropas
- Heladera/freezer
- Aire Acondicionado

3.8. POLITICAS DE CONCIENTIZACION

Como vimos en capítulos anteriores, y principalmente en el último, en concepto de eficiencia energética se basa en la incorporación de variables sustentables para el desarrollo y uso del sistema energético, la capacidad de alcanzar mayores beneficios finales con menos recursos y con el menor impacto sobre el medio ambiente y además un conjunto de acciones que nos llevan a consumir menos energía, ya sea eléctrica o combustible en todas nuestras actividades. Por lo tanto, el objetivo no es sólo promover el uso de tecnologías limpias y/o alternativas para la generación de energía, sino también implementar medidas que permitan la reducción del consumo de energía eléctrica y de combustibles, cambiar hábitos y actitudes de uso para lograr una mayor eficiencia en el uso de la energía y concientizar en el uso racional de los recursos energéticos y preservación de nuestro medio ambiente a los habitantes de cualquier tipo de vivienda.

En la actualidad, toda institución y ciudadano deba y ha de comprometerse a ahorrar energía, no sólo para mejorar la calidad del medio ambiente, sino también porque la factura energética contribuye en forma importante a los gastos y en el futuro aún más. Por lo tanto, en este trabajo no sólo focalizamos en la incorporación de artefactos que funcionan a energías renovables, selección y mejor utilización de la energía eléctrica para iluminar, elección y utilización racional de electrodomésticos, así como conceptos a tener en cuenta en la etapa de construcción. Sino también que indicaremos e incorporaremos en esta etapa comportamiento éticos y criterios sencillos para ahorrar energía y consumo de agua y electricidad, calefaccionar y refrigerar edificios de forma económica y racional, así como la correcta gestión de los residuos.

Algunos consejos útiles para ahorrar en calefacción y refrigeración sin renunciar al confort:

- Para que el calor pueda ir en la dirección correcta, las fuentes de calor no deben taparse con obstáculos como por ejemplo muebles.
- Reducir la dispersión de calor por ventanas y lugares donde puede haber infiltraciones, como por ejemplo utilizando cortinas y manteniendo bien cerradas las ventanas y puertas. A su vez, arreglar todas las ventanas y puertas que puedan producir corrientes de aire. La instalación de doble cristal (DVH como vimos), es un gran beneficio.
- El frío máximo en épocas de calor no siempre es la mejor solución del entorno. No es tanto la baja temperatura sino el buen equilibrio entre temperatura y humedad del aire, lo que produce el confort.
- No obstruir el flujo de aire en las bocas de salida y entrada de los sistemas.
- Con la instalación de toldos o algún sistema de sombra en las ventanas orientadas al este y al oeste se eliminará en verano la radiación solar, con lo que disminuirán las necesidades de climatización.
- Las alfombras reducen pérdidas de calor por el suelo.
- Regule la temperatura de climatización en torno a 22°C y el agua caliente a 45°C.
- Emplear la vestimenta adecuada a la temperatura y época del año, evitando que los equipos de climatización trabajen a rendimiento elevado.

Pequeños consejos útiles para ahorrar en iluminación:

- Es útil saber que la luz indirecta obtenida cuando un aparato se dirige hacia el techo o una pared clara, crea una luz difuminada con un efecto muy agradable, pero presenta el inconveniente de un bajo rendimiento y por lo tanto un mayor consumo de energía eléctrica.
- Es aconsejable instalar luminarias en grupos sobre diferentes circuitos, permitiendo así el encendido independiente de acuerdo a las necesidades. Este punto en espacios muy chicos, no es tan relevante.
- Apagar las luces siempre que se sale de una habitación.
- Mantener las lámparas limpias, el polvo reduce su capacidad de iluminación.
- Utilizar luces fluorescentes en vez de incandescentes.
- Usar fuentes de luz de alta eficiencia.
- Diseñar la iluminación para la actividad planeada (más luz en el área que se desarrolla la actividad, que en sus alrededores).
- Pintar paredes y techos con colores claros ayuda a un mejor aprovechamiento de las luminarias, logrando el mismo resultado con menor consumo.

Aplicar criterios y medidas para el control de consumo y ahorro de energía y agua:

- Al comprar un electrodoméstico, seleccionar el de menor consumo de agua y electricidad. Solicitar siempre que le informen de estos consumos y no comprar ningún electrodoméstico sin leer las condiciones técnicas.
- Asegurar que la capacidad de la instalación y equipo eléctrico sea el adecuado para la carga a suministrar, evitando pérdidas por calentamiento o bajas en la eficiencia. Desenchufar los aparatos que queden en modo "stand y" al apagarlos.
- Evitar abrir la puerta de la heladera frecuentemente. Asegurar que la puerta selle bien. Y utilizar agua de lluvia o no potable, mediante un sistema de captación y aprovisionamiento de agua de lluvia (ver punto 3.6)
- Transmitir a los habitantes sobre buenas prácticas en el uso de agua, por ejemplo, identificar malos hábitos y fugas, reservar el agua potable para usos en los cuáles esta sea imprescindible
- Limpieza con sistemas que permitan el ahorro de agua, tales como lavado por agua a presión, evitando en lo posible el uso de mangueras. Si es necesaria la utilización de mangueras, asegurar que dispongan de llave de paso a la entrada y a la salida de agua para evitar el consumo que se produce al tener que desplazarse desde el punto de uso hasta el de toma de agua.
- No dejar correr el agua mediante el lavado de dientes, enjabonado de manos, etc.
- No utilizar el inodoro para tirar desechos que pueden ser depositados en papeleras o tachos de basura.

Por otro lado, es importante la eficacia de políticas de reciclaje y reutilización, no sólo en residuos, sino también en actividades como la limpieza de la vivienda. Es importante generar buenos hábitos, y también puede ayudar ciertos elementos visuales como imágenes o carteles que indiquen ciertos recordatorios en lugares claves que generen la acción. Estas medidas pueden ser fomentadas y potenciadas por leyes y medidas gubernamentales públicas.

Algunos criterios sostenibles en la gestión de residuos y en tareas como limpieza e higiene:

- Disponer contenedores para la recogida selectiva de las siguientes fracciones: - Contenedor azul, para papel y cartón. - Contenedor verde, para vidrio. - Contenedor amarillo, para envases ligeros. - Contenedor gris, para la fracción resto. - Contenedores específicos para otros residuos (como pilas, toners, aparatos electrónicos, etc.) que requieren de una gestión especial.



Gráfico 54. Detalle de contenedores de recogida selectiva de residuos asimilables a urbanos

- Adoptar las siguientes buenas prácticas específicas para la gestión de los distintos tipos de residuos, algunas referencias importantes: - ENVASES VACÍOS: Utilizar siempre que sea posible, envoltorios reutilizables y traer la comida en tarteras reutilizables. - PAPEL Y CARTÓN: Utilizar el correo electrónico preferentemente para enviar y recibir información. Evitar utilizar mucho papel, para reducir el consumo. Reutilizar papel y sobres para imprimir por ejemplo. Utilizar, siempre que sea posible, papel reciclado. - RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS (RAEE): Siempre que sea viable, dar una utilidad alternativa a los equipos informáticos obsoletos, utilizándolos en procesos que requieran menos prestaciones. En lo posible, cambiar los dispositivos de los equipos informáticos que estén estropeadas manteniendo o reutilizando el resto del equipo. - PILAS Y ACUMULADORES: Utilizar pilas/baterías recargables para reducir la cantidad generada de este residuo. No exponer las pilas a fuentes de calor ya que pueden acortar su vida útil.
- Menor consumo de agua para la limpieza y la higiene, con un litro de agua se preparan las mopas para fregar 3 habitaciones.
- Menor generación de aguas residuales: En ningún momento se emplean cubos de agua, que una vez sucia debería ser sustituida y vertida por los desagües. Actualmente, con los 16 litros de agua de un cubo de fregado de suelos, se limpian entre 2 y 3 habitaciones
- Utilizar agua no potable en la limpieza de exteriores y aparcamientos. No vaciado de aguas sucias sobre suelo desnudo o rejillas de alcantarillado de aguas de lluvia.
- Utilizar, en la medida de lo posible, productos biodegradables. Desconectar los aparatos de limpieza cuando no se estén usando para evitar el consumo innecesario de energía.
- Aplicar las dosis recomendadas por los fabricantes en los productos de limpieza. Cerrar adecuadamente los envases de los productos de limpieza (lejías, amoniacos, etc.) para evitar derrames y emisiones de compuestos volátiles.
- Utilizar preferentemente como trapos telas en desuso para generar el mínimo de residuos debido a esta actividad.
- Utilizar imágenes, etiquetas, carteles visuales que motiven las correctas prácticas sustentables y concientizar a los habitantes de la vivienda:

Si separamos, cuidamos nuestra ciudad y el planeta

¿Sabés cómo tenés que separar tus residuos?

RECICLABLES
Siempre limpios, siempre secos.

Cartón y Papel
Plástico
Metal
Vidrio

BASURA
Todo el resto
Residuos húmedos, restos de comida.
Si están sucios: papeles, cartones, plásticos, metales y vidrios rotos.

Cuando separás los residuos estás ayudando a reciclar
Los recuperadores urbanos llevan los residuos reciclables a los centros verdes donde son procesados para su reciclaje.

Buenos Aires Ciudad **EN TODOO ESTÁS VOS**



RECICLABLES

Cartón
Papel
Vidrio
Plástico
Metal

Buenos Aires Ciudad

BASURA

Residuos húmedos
Restos de comida
Papeles sucios
Cartones sucios
Plásticos sucios
Metales sucios
Vidrios rotos.

Buenos Aires Ciudad

Imagen visual sobre gestión de residuos.

SI QUERES VER EL FUTURO, APAGA LA LUZ

El 50% de la energía que se consume, proviene de las oficinas.
Para ser un NYK Grupo Multinacional debemos tomar conciencia y hacer cambios a las oficinas.

ERJECITA HABITOS DE CONSUMO SUSTENTABLE
Reserva responsabilidad social empresarial después de la campaña
TOMANDO CONCIENCIA ESTAMOS AVANZANDO

SI QUERES VER EL FUTURO, APAGA LA LUZ

Si hay luz extra, apaga la energía eléctrica.
Comparte siempre con la oficina, apaga las luces.
Comenzá a utilizar las luces naturales de la oficina.

ERJECITA HABITOS DE CONSUMO SUSTENTABLE
Reserva responsabilidad social empresarial después de la campaña
TOMANDO CONCIENCIA ESTAMOS AVANZANDO

SI QUERES VER EL FUTURO, APAGA LA LUZ

Apaga la luz al salir de la oficina o habitaciones.
Evita usar el ascensor entre paises consecutivos. Subir o bajar compartiendo, reduce sus viajes, los vehículos y ahorra energía.

ERJECITA HABITOS DE CONSUMO SUSTENTABLE
Reserva responsabilidad social empresarial después de la campaña
TOMANDO CONCIENCIA ESTAMOS AVANZANDO

SI QUERES VER EL FUTURO, APAGA LA LUZ

Desconectá todo tipo de computación cuando no los utilizas.
Por tu salud los equipos conectados a redes, consumen demasiado energía.
Apagar todos los equipos no oficina. Según estadísticas, los servidores apagados que se mantienen conectados son responsables de un 35% del consumo eléctrico total.

ERJECITA HABITOS DE CONSUMO SUSTENTABLE
Reserva responsabilidad social empresarial después de la campaña
TOMANDO CONCIENCIA ESTAMOS AVANZANDO

SI QUERES VER EL FUTURO, APAGA LA LUZ

El ahorro de agua es esencial. Mantén los puertos de los urinarios y váteros limpios al menor consumo. Evita fugas y evita consumo de energía.
Mantén la temperatura del aire acondicionado entre 22° y 24°. Temperaturas ambiente superiores mayor consumo de energía.

ERJECITA HABITOS DE CONSUMO SUSTENTABLE
Reserva responsabilidad social empresarial después de la campaña
TOMANDO CONCIENCIA ESTAMOS AVANZANDO

Imagen visual sobre ahorro en consumo energético.



Imagen visual sobre el ahorro en consumo de agua.

PELIGROS PARA LA SALUD	
	<p>Calavera y tibias cruzadas</p> <p>Producen efectos adversos para la salud, incluso en pequeñas dosis. Pueden provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.</p>
	<p>Corrosión</p> <p>Pueden causar daños irreversibles a la piel u ojos, en caso de contacto o proyección.</p>
	<p>Signo de exclamación</p> <p>Estos productos producen efectos adversos en dosis altas. También pueden producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Provocan alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.</p>
	<p>Peligro para la salud</p> <p>Se pueden referir a: Productos cancerígenos, pudiendo provocar cáncer; productos mutágenos, que pueden modificar el ADN de las células y pueden provocar daños a la persona expuesta o a su descendencia; productos tóxicos para la reproducción, pueden producir efectos nefastos en las funciones sexuales, perjudicar la fertilidad o provocar la muerte del feto o producir malformaciones; productos que pueden modificar el funcionamiento de ciertos órganos, como el hígado, el sistema nervioso, etc.; productos que pueden entrañar graves efectos sobre los pulmones; productos que pueden provocar alergias respiratorias.</p>

PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE	
	<p>Medio ambiente</p> <p>Estos productos provocan efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, otras plantas acuáticas, etc.). Símbolo en el que no suele existir la palabra de advertencia negro cuando existe es siempre: "Atención"</p>

Algunos símbolos que se pueden utilizar como etiquetas.

Las personas pueden ser alentadas a seguir simples reglas para ayudar a ahorrar energía y gestionar los recursos naturales de manera sustentable, cada día más personas comprenden lo importante que es cuidar nuestros recursos y colaboran gustosamente para lograrlo, desarrollando tareas responsables ayudando a disminuir el impacto sobre el medio ambiente.

No parece un gran cambio al principio pero realmente el ahorro total se compone de pequeños ahorros, que sumados muestran importantes efectos en la economía de la energía utilizada, reduciendo el consumo y el impacto sobre el medio ambiente que, como vimos antes, se dejaría de emitir varios millones de toneladas de CO₂ por año, principal gas responsable del cambio climático.

4. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS – ANALISIS ECONOMICO-FINANCIERO, SOCIAL Y ECOLÓGICO

En base a los resultados anteriores de los proyectos individuales procederemos a unificarlos en único proyecto global e integral en el que se compare la vivienda sustentable con todas sus tecnologías/elementos/sistemas propuestos respecto al caso base, una vivienda típica regular, el definimos al comienzo de este trabajo.

El análisis se evaluará en 2 aspectos generales que engloban el concepto de la sustentabilidad que desarrollamos a lo largo de todo el estudio. Por un lado, el análisis económico-financiero integral del resultado de la obtención de la vivienda eco-sustentable. Y por otro lado, un desarrollo de principios ecológicos y sociales fomentados por este tipo de vivienda.

Análisis Económico-Financiero Global:

Inflación	30%					
Tecnología/Sistema	Inversión incremental	Ahorros anuales incrementales	Costos anuales incrementales	TIR	Payback Simple	Discount Payback
Aislación	\$ 17.936,00	\$ 884,00	\$ -	29,8%	20,3	6,6
Energía Solar Termica	\$ 60.000,00	\$ 110,00	\$ 33,00	1,8%	781,7	19,8
Energía Eólica	\$ 42.000,00	\$ 1.941,00	\$ 300,00	27,1%	25,6	7,3
Energía Fotovoltaica	\$ 55.000,00	\$ 906,00	\$ 300,00	15,1%	90,8	11,7
Sistema SAH	\$ 50.200,00	\$ 182,00	\$ -	6,9%	275,6	15,9
Agua	\$ 13.000,00	\$ 725,00	\$ -	31,7%	17,9	6,1
Iluminación	\$ 2.564,00	\$ 408,00	\$ -	49,4%	6,3	3,4
Proyecto Integral	\$ 240.700,00	\$ 5.156,00	\$ 633,00	19,7%	53,2	9,8

Podemos observar simplemente que se recupera la inversión incremental en menos de 10 años, considerando una tasa de inflación anual del 30% (aunque impredecible). Como comentario adicional, remarcamos que la recuperación es sustancialmente inferior a la vida útil de una vivienda, la cual podemos estimar en el peor de los casos en 50 años aproximados.

Análisis Socio-Ecológico Global:

Vamos a poder observar en la próxima tabla un resumen del resultado de reducciones anuales de consumo energético, de emisiones de CO₂ y reducción de consumo de agua, de manera anual.

Tecnología/Sistema	Reducción anual de consumo energético (MWh)	Reducción anual de emisiones GEI (ton CO₂)	Reducción anual de consumo de agua (m³)
Aislación	33,0	15,9	0,0
Energía Solar Termica	2,5	1,2	0,0
Energía Eólica	3,0	1,1	0,0
Energía Fotovoltaica	1,4	0,5	0,0
Sistema SAH	0,9	0,4	0,0
Agua	7,4	2,7	360,0
Iluminación	0,3	0,1	0,0
Proyecto Integral	48,5	22,0	360,0

Desde el punto de vista social y ecológico cuantificable, se puede fácilmente observar que contamos con un gran beneficio versus el caso base. Para realizar los cálculos consideramos los datos de factor de emisión de GEI para Argentina, según nuestra herramienta RETScreen. Los dos valores que aplican son:

Factor de Emisión de GEI para Argentina y Gas Natural: 0,483 tCO₂/MWh

Factor de Emisión de GEI para Argentina y Electricidad: 0,367 tCO₂/MWh

Tal como describimos en algunos de los proyectos individuales, el primero castiga netamente al consumo de gas natural, mientras que el segundo aplica un promedio de combustibles tomados por el sistema del RETScreen (gas natural, carbón, fuel oil, entre otros) que serían indirectos debido a su utilización para la generación de energía eléctrica en general (en Argentina en general se emplean centrales térmicas).

5. CONCLUSIÓN

Como conclusión de nuestro trabajo, podemos decir que en Argentina, el stock edilicio utiliza aproximadamente más del 34% de la demanda energética y produce el 24% de los GEI (gases de efecto invernadero). A su vez, utiliza la mayor cantidad de agua potable y produce una gran proporción de los desechos urbanos. Las políticas gubernamentales continúan manteniendo bajos costos en la provisión de fuentes de energías no renovables (petróleo, gas (shale oil & gas), energía eléctrica (CC)) en áreas urbanas y subvenciones a las tarifas en las regiones más frías del país con alta demanda energética, mientras que en buenos aires la abundancia del suministro de la red de agua potable se contrapone a las grandes áreas del país con falta de agua y con la presencia de contaminación por arsénico y otras sales. Por el contrario, no hay políticas de fomento e incentivación tendientes al uso racional de los recursos.

Como propuesta para resolver esta problemática, fomentar el cambio y demostrar que se puede lograr la sustentabilidad en el actual stock edilicio, pudimos concluir que con el análisis realizado sobre nuestra vivienda eco-sustentable, efectivamente logramos los objetivos deseados de:

- Incremento de la eficiencia de las instalaciones y el diseño.
- Reducción de emisiones en CO₂ en ton/año
- Reducción de consumo de recursos energéticos, en forma de gas, electricidad y otros combustibles
- Reducción de demanda y consumo de agua en m³ x persona/año
- Aprovechamiento del nivel de iluminación natural
- Reducción de la demanda o dependencia de iluminación artificial
- Mejora de las condiciones ambientales de temperatura
- Concientización en el comportamiento de los ocupantes y eficacia de políticas de reciclaje y reutilización.

Si bien nuestro caso fue evaluado y aprobado para una vivienda en la ciudad de Bahía Blanca (espacio urbano), y fuese replicado a nivel país y potenciado a través de políticas nacionales concretas, estaríamos en vía a un país más sustentable y en sintonía con una de las tendencias y preocupaciones más importantes del mundo de hoy en día.