

Especialización en Arquitectura y Hábitat Sustentable  
Universidad Nacional de La Plata

## **M2-3 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN SUSTENTABLE**

---

**CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA UNIFAMILIAR EN  
LA CIUDAD DE RÍO GALLEGOS, PROVINCIA DE  
SANTA CRUZ. REPÚBLICA ARGENTINA.**

---

**Docente: Dr. José Antonio Ferrer  
Alumna: Arq. Valeria Diaz Bustamante**



---

# Índice

1	Introducción	3
2	Caracterización del recurso solar disponible en la ciudad de Río Gallegos	4
3	Caso de estudio: Vivienda Unifamiliar	6
4	Planimetría del proyecto	7
5	Análisis de la radiación solar en el proyecto	11
6	Análisis de las sombras arrojadas sobre el proyecto	13
7	Análisis de los sistemas de ACS	16
8	Análisis de los sistemas de climatización	19
9	Conclusiones	23
10	Bibliografía consultada	24

---

# 1. Introducción

---

Previo al desarrollo del Trabajo Práctico de la materia, es necesario brindar un panorama general sobre el grado de implementación de las energías renovables en las instalaciones de climatización de los edificios en la República Argentina.

En lo relativo a la Energía Solar Térmica, se puede decir que la potencia instalada se ha triplicado en los últimos 10 años a nivel mundial. Actualmente se producen  $472 \text{ GW}_{th}$  contra  $105 \text{ GW}_{th}$  que se generaban en el año 2007. La Argentina no está al margen de esta tendencia y lo demuestra el Censo Nacional Solar Térmico realizado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial en el año 2018 que arrojó datos muy alentadores al respecto.

El estudio sostiene que el sector experimentó un incremento del número de empresas fabricantes, instaladores, importadores, distribuidores, instituciones de capacitación y de certificación. En el año 2017 se relevaron 7.018 instalaciones solares térmicas nuevas, lo cual representa un crecimiento del 21,7 % con respecto al año 2015. Asimismo, se comercializaron 35.141 metros cuadrados de colectores solares térmicos para agua caliente sanitaria, lo que contribuyó a reducir las emisiones de dióxido de carbono en 5.520 toneladas, lo cual equivale a los gases que generan mil automóviles en un año.

Los nuevos equipos instalados significaron una reducción en el consumo de gas natural de 4 millones de metros cúbicos.

Por otra parte, el censo aporta datos en cuanto al tipo de instalaciones más difundidas. En este sentido, se puede decir que del total de los equipos comercializados para ACS, el 88% corresponde a equipos compactos, y el 12% a sistemas split. Además, de los equipos vendidos, el 70% corresponde a colectores de tubo de vacío y el 30% a colectores de placa plana.

En lo que respecta a la utilización de la energía geotérmica en Argentina, sólo se disponen de datos que dan cuenta de la construcción de centrales geotérmicas de alta y media entalpía en regiones cordilleranas del país para la generación de energía eléctrica. Si bien, hay varios ejemplos de la aplicación de la energía geotérmica en proyectos de baja entalpía, no he encontrado estadísticas fehacientes que demuestren el nivel de crecimiento del uso de esta tecnología.

En el proyecto que se tomará para la realización del trabajo práctico se evaluará la implementación de las tecnologías mencionadas precedentemente y se determinará cual de ellas resulta ser la más eficiente para ser aplicada al sistema de climatización sustentable del edificio.

## 2. Caracterización del recurso solar disponible en la ciudad de Río Gallegos

Río gallegos se ubica en el sector sur de la Patagonia argentina, más precisamente en la latitud  $-51^{\circ} 38' S$  y  $-69^{\circ} 14'$  de longitud oeste. La ciudad se encuentra en la zona bioambiental VI que corresponde a clima muy frío. Las temperaturas en el mes de enero oscilan entre los  $20^{\circ}C$  de máxima y los  $8^{\circ}C$  de mínima. En junio, las temperaturas no superan los  $5^{\circ}C$  y la mínima promedio es de  $-2^{\circ}C$ . Los vientos predominantes son de dirección oeste y sudoeste, los cuales soplan con considerable intensidad gran parte del año. Según la clasificación climática Koppen el clima es semiárido templado. La zona posee los índices de irradiación global diaria más bajos del país  $5.5 \text{ KWh/m}^2$  en enero (Fig.2) y  $0,5 \text{ KWh/m}^2$  en julio (Fig.3). Asimismo, los promedios mensuales de cielo cubierto superan el 50%. Los meses de verano son los que poseen la mayor cantidad de días nublados (Fig.5).



Fig.1- Imagen satelital de la República Argentina. Ubicación geográfica de Río Gallegos

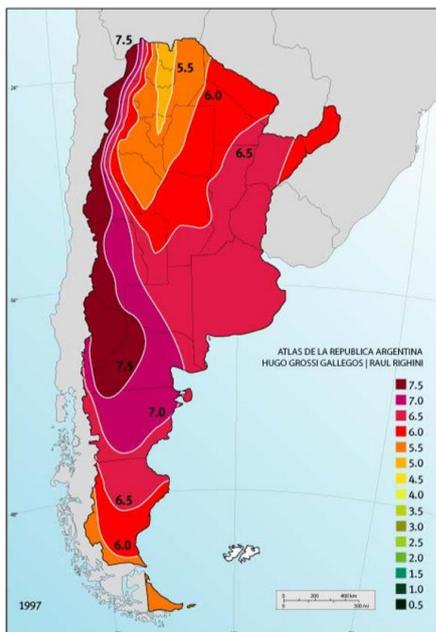


Fig.2- Mapa de irradiación global sobre el plano Horizontal mes de enero. Fuente: Anexo I de la Guía del Recurso Solar.

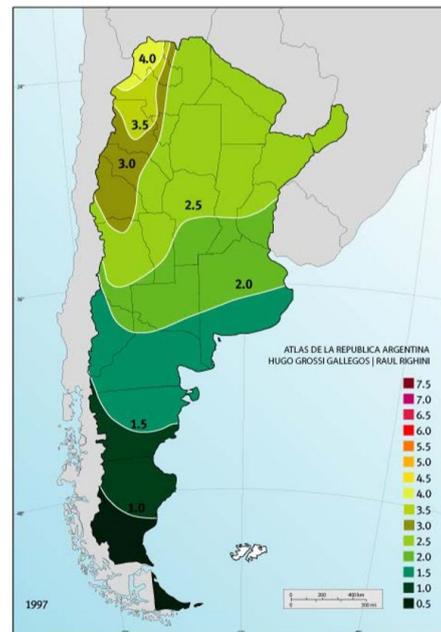


Fig.3- Mapa de irradiación global sobre el plano Horizontal mes de julio. Fuente: Anexo I de la Guía del Recurso Solar.

En la Fig.4 se puede observar que de noviembre a marzo se registran los valores más altos de radiación solar en la ciudad. Sin embargo, se advierte que en los meses de primavera y especialmente en el verano la mayor parte de la radiación solar que se percibe es difusa. En el invierno se recibe más radiación directa que difusa.

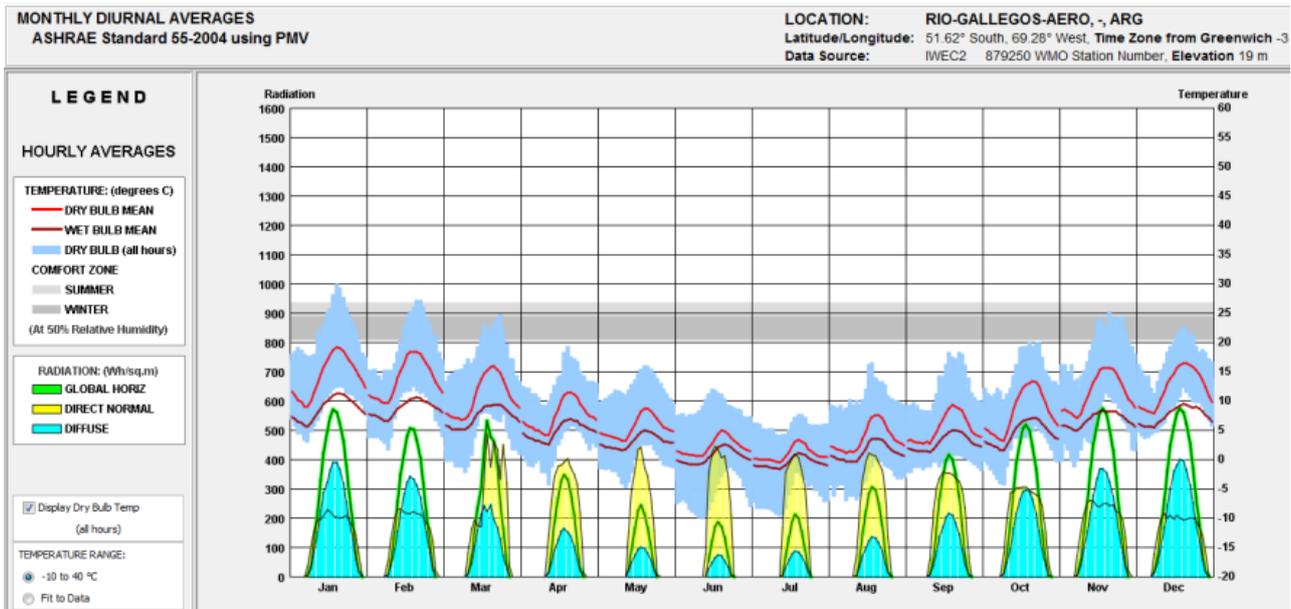


Fig.4- Gráfico de radiación promedio diurna mensual. Fuente: Climate Consultant.

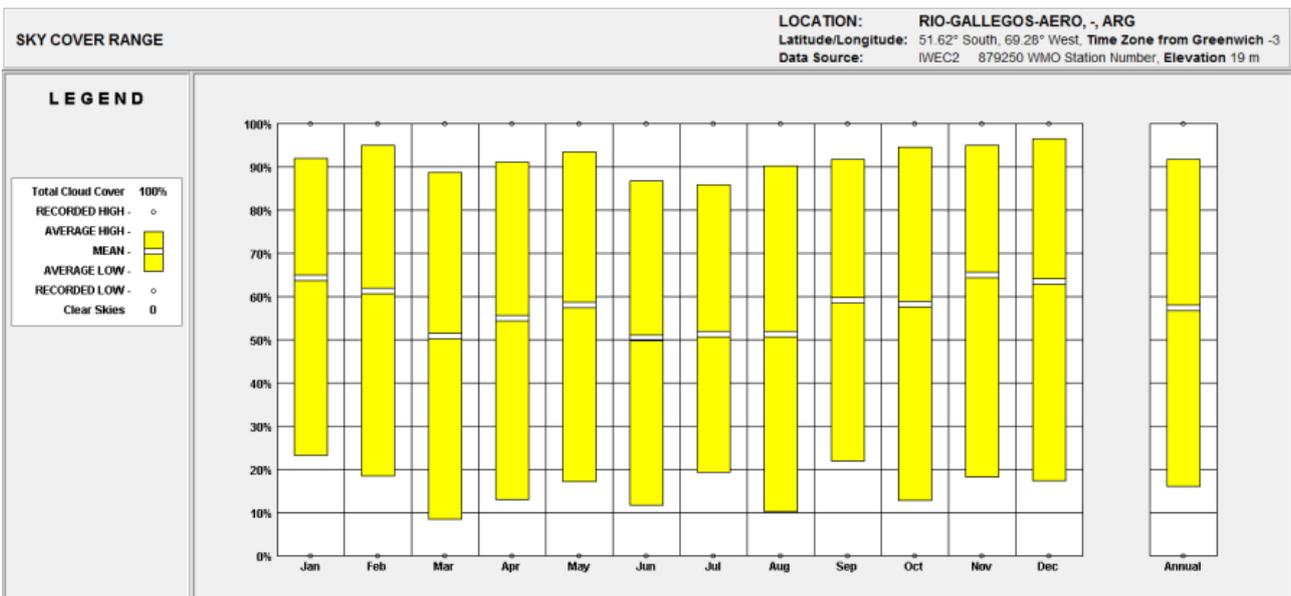


Fig.5- Gráfico de rango de cobertura del cielo. Fuente: Climate Consultant.

### 3. Caso de estudio: Vivienda Unifamiliar

---

El proyecto que voy a utilizar para la realización del presente trabajo práctico corresponde a una vivienda unifamiliar prefabricada en sistema constructivo Ballon Frame, la cual fue adquirida por mi cliente en junio de 2019, con un 40% de obra ejecutada.

El terreno en el cual se emplaza la construcción posee una superficie de 415 m<sup>2</sup> y se encuentra entre medianeras. Su orientación es sudeste. El proyecto arquitectónico, que consta de 93 m<sup>2</sup>, plantea la construcción de un estar-comedor, una cocina, un lavadero, tres dormitorios y dos baños completos en una sola planta.

Al momento de hacerme cargo de la obra se encontraban ejecutados las fundaciones, los muros exteriores, la estructura de los tabiques interiores, el techo y las carpinterías. En el relevamiento oportunamente efectuado detecté varios defectos de diseño y de construcción, entre los cuales se incluían el mal emplazamiento de la vivienda dentro del lote y el poco espesor de los materiales que conformaban la envolvente edilicia.

En este sentido, las intervenciones planteadas en el proyecto apuntan a mejorar sustancialmente el cerramiento del edificio para alcanzar valores de transmitancia térmica que cumplan con la normativa IRAM vigente en materia de eficiencia energética en las construcciones. Además, se busca mejorar la distribución espacial de los ambientes y corregir los defectos constructivos.

A la fecha no se han ejecutado la instalación sanitaria de provisión de agua y la instalación de gas. Por este motivo, el objetivo del trabajo práctico es elaborar una propuesta factible para la incorporación de energías renovables al proyecto, en la cual se contemple el aprovechamiento del recurso solar y/o de la energía geotérmica para la obtención de agua caliente sanitaria y de calefacción.

A continuación, se agregan las fotografías tomadas durante el relevamiento inicial de la obra.



Fig.6- Fachada sobre calle Fitz Roy



Fig.7- Fachada sudoeste



Fig.8- Vista del contrafrente



Fig.9- Fachada sobre calle Fitz Roy



Fig.10- Vista del patio y construcciones linderas



Fig.11- Fotografía satelital del terreno y de la vivienda. Fuente: Google Earth

## 4. Planimetría del proyecto

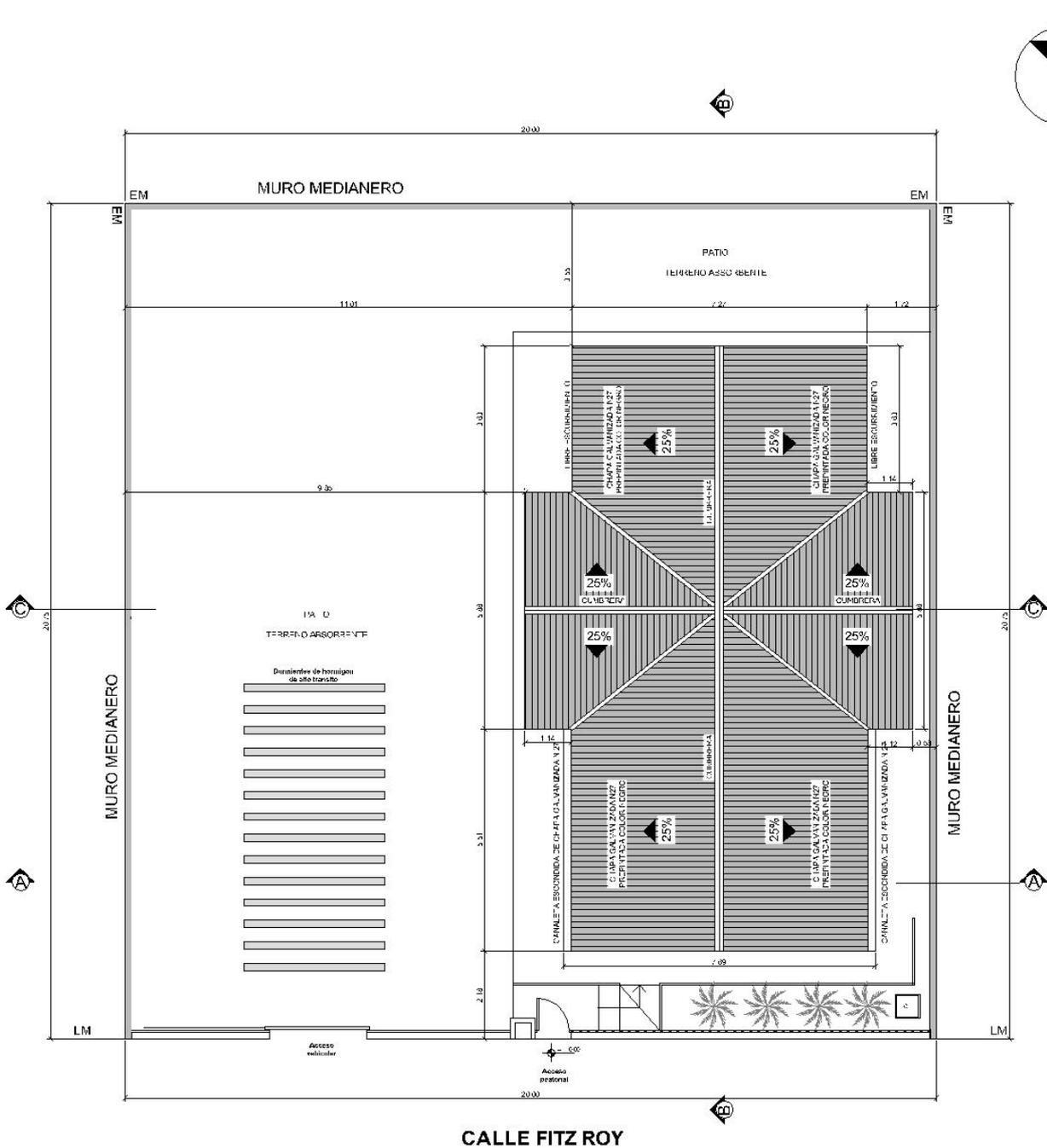


Fig.12- Planta de techos

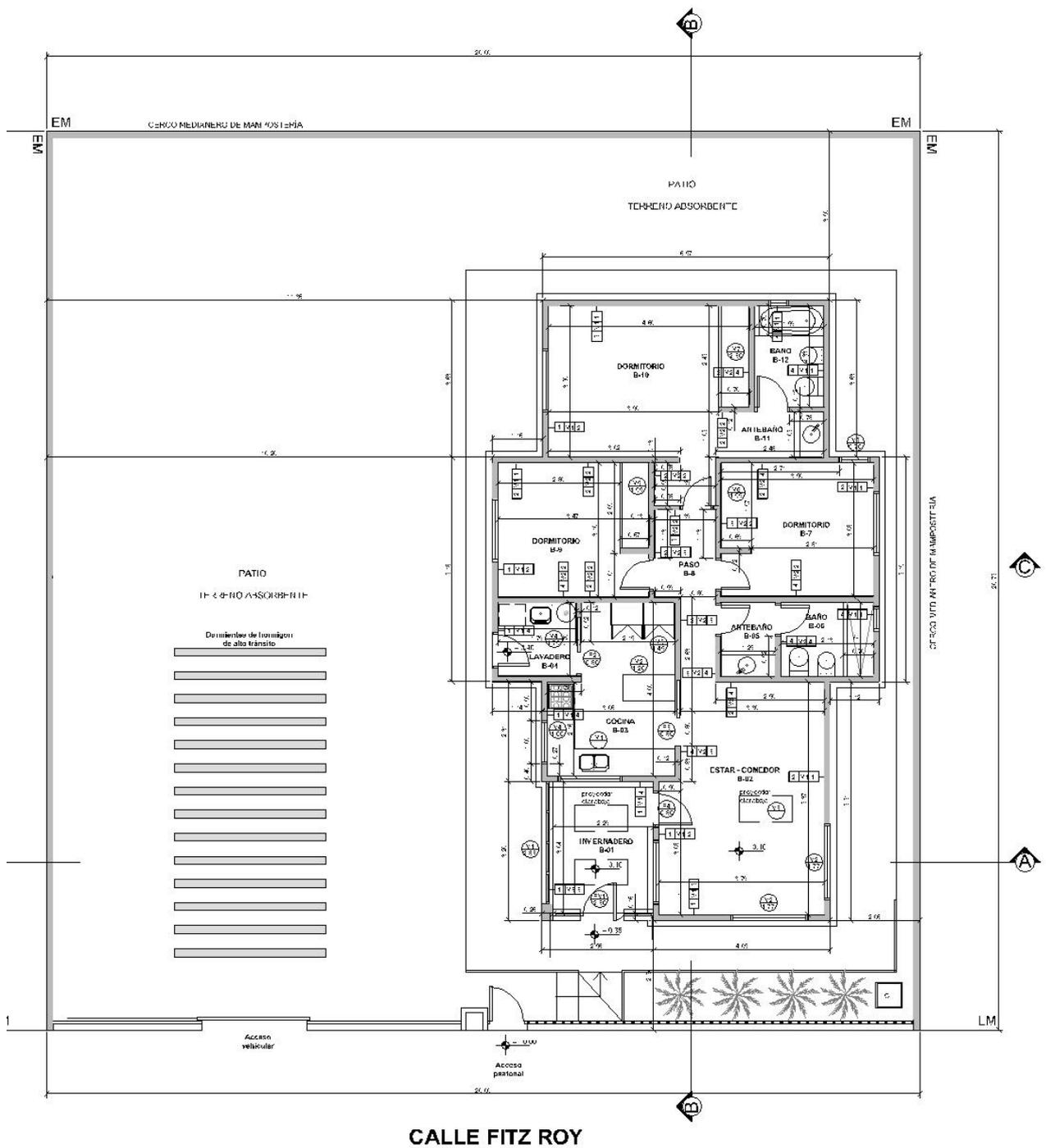


Fig.13- Planta de arquitectura.

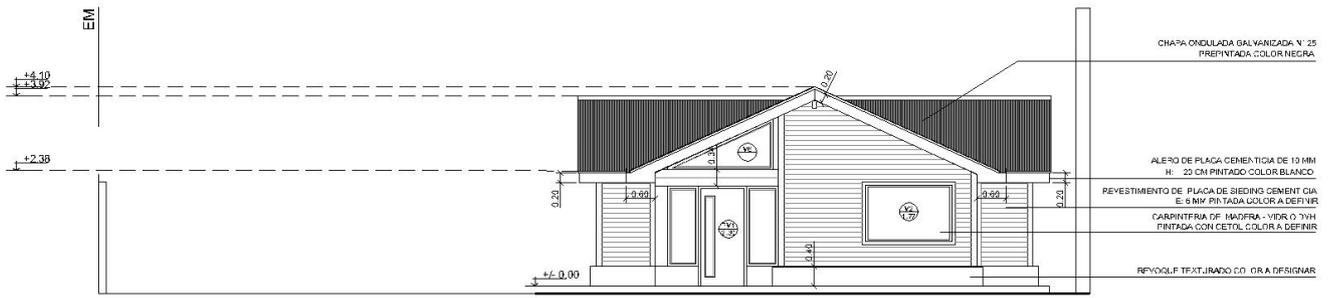


Fig.14- Vista desde calle Fitz Roy

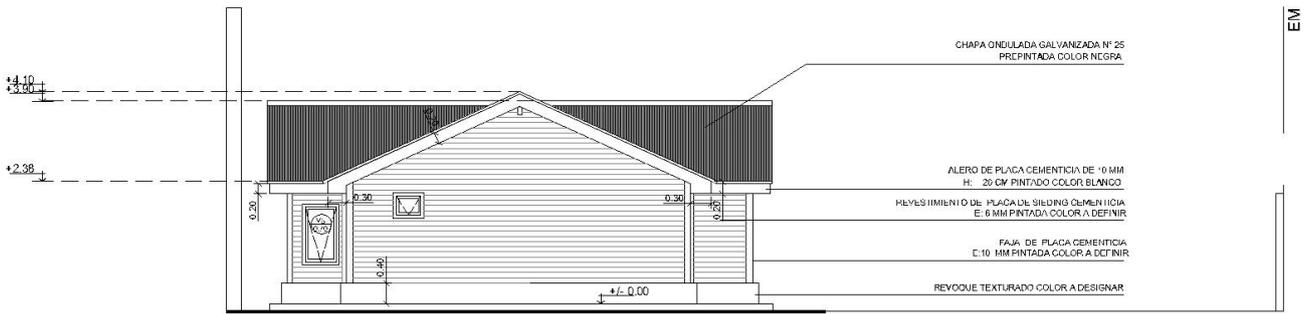


Fig.15- Vista del contrafrente



Fig.16- Vista interior desde el patio. Orientación sudoeste.



Fig.17- Vista interior desde el patio. Orientación noreste.

## 5. Análisis de la radiación solar en el proyecto

Uno de los principales desafíos en cuanto a la incorporación de energías renovables en el proyecto es el logro del máximo aprovechamiento de la energía solar disponible teniendo en consideración los obstáculos que se presentan. Como se mencionó en apartados anteriores, los obstáculos son: la poca conveniente orientación del lote y el deficiente diseño inicial del proyecto el cual desaprovecha el recurso solar al implantar la construcción hacia la medianera noreste. La incorrecta implantación posibilita que la construcción lindera arroje significativas sombras sobre el edificio en cuestión.

Sin embargo, gracias al análisis realizado de las sombras que proyectan las edificaciones vecinas, se logró identificar un sector de la cubierta de la vivienda que permanece con buen asoleamiento la mayor parte del año y que es propicia para la instalación de los captadores solares.

Entonces, los captadores solares estarán orientados con un acimut de  $35^\circ$  y tendrán una inclinación de  $25^\circ$  coincidente con la pendiente de la cubierta del edificio. (Fig.18)

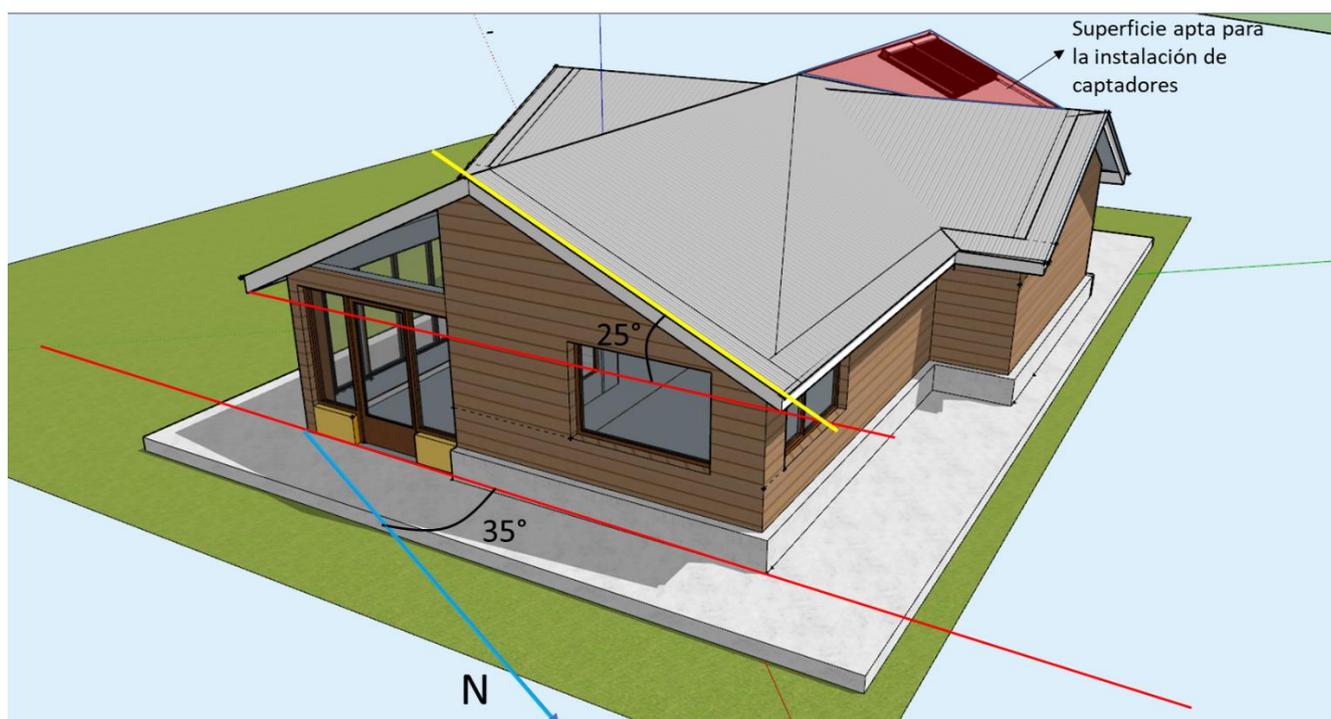


Fig.18- Perspectiva axonométrica del proyecto con determinación de la orientación e inclinación de los captadores solares.

En las tablas que a continuación se exponen se detallan los valores de irradiación media diaria mensual en el plano horizontal H (Tabla 1) y de irradiación media diaria mensual solar en el plano inclinado HT. (Tabla 2). El cálculo se realiza por medio de la determinación de los coeficientes de transposición que relacionan el ángulo azimutal con el ángulo de inclinación de los captadores solares. Para su determinación se utilizaron las tablas de transposición de la Guía del recurso solar en Argentina.

Tabla 1: valores de irradiación media diaria mensual en el plano horizontal.

H [ kWh/(m2.día)]														
Provincia	Localidad/Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Santa Cruz	Río Gallegos Aero	5,20	4,10	3,00	1,80	1,00	0,70	0,80	1,60	2,80	4,00	4,70	4,90	2,88

Tabla 2: coeficientes de transposición.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>R</b>	1,01	1,02	1,10	1,31	1,63	1,93	1,77	1,45	1,20	1,07	1,02	1,00	1,28

Tabla 3: valores de irradiación media diaria mensual en el plano inclinado.

HT [ kWh/(m2.día)]														
Provincia	Localidad/Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Santa Cruz	Río Gallegos Aero	5,25	4,18	3,30	2,36	1,63	1,35	1,42	2,32	3,36	4,28	4,78	4,89	3,69

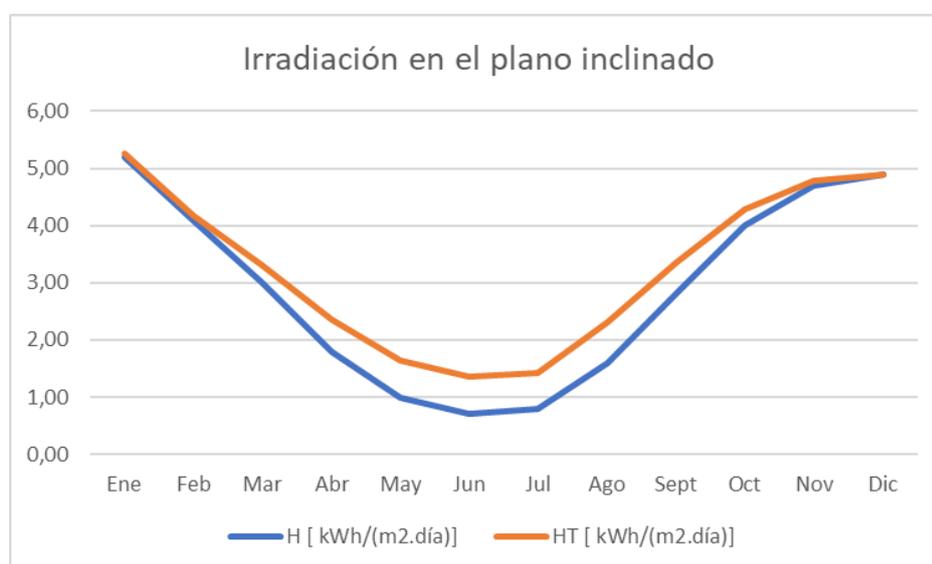


Fig.19- Gráfico de irradiación solar del proyecto

El próximo paso es determinar el porcentaje de pérdidas de energía anuales por no cumplimentar con la orientación y la inclinación óptima para la zona. Para ello, utilizo el disco de irradiación solar de la provincia de Santa Cruz que brinda la Guía del Recurso Solar en Argentina. El área gris del disco nos indica la orientación y la inclinación más favorables. En este caso, la orientación óptima sería la norte (0°) y en cuanto a la inclinación se observa que el valor se encuentra cercano a los 50°.

Al volcar los datos del proyecto sobre el disco de irradiación solar, se puede observar que las pérdidas de energía anuales se encuentran en el rango del 85% al 90%. (Fig.20). A los efectos de poder mejorar estos porcentajes, teniendo en cuenta que ya no es posible modificar la orientación, se debería variar la inclinación de los captadores. Pero a los fines de la realización del trabajo práctico conservaré la inclinación dada por la pendiente del techo, osea los 25°.

## SANTA CRUZ

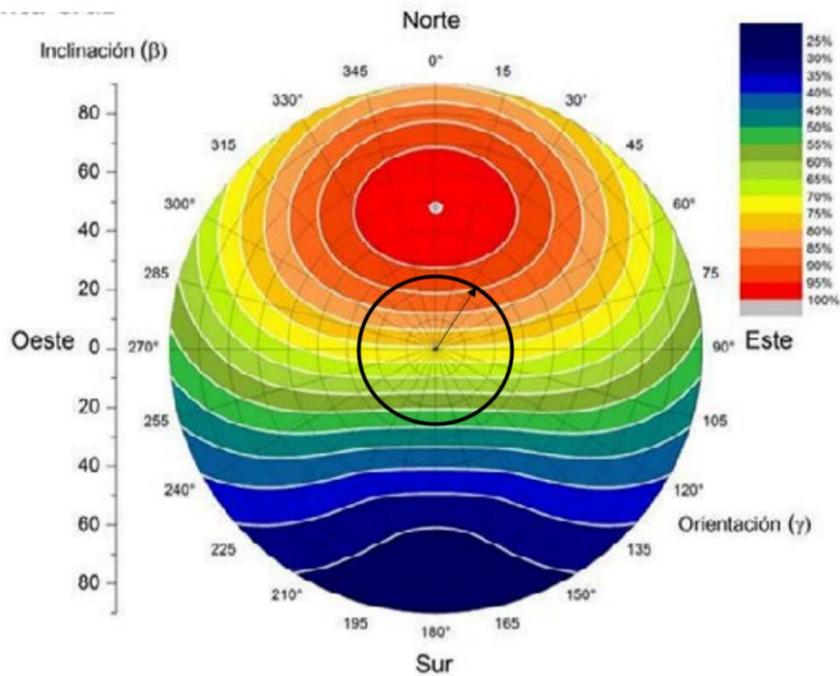


Fig.20- Disco de irradiación solar de la provincia de Santa Cruz

### 6. Análisis de las sombras arrojadas sobre el proyecto

En primer término, se determinan los volúmenes que potencialmente arrojarían sombras sobre el faldón noreste de la cubierta de la vivienda, en especial donde definimos que se ubicarían los captadores solares (Fig.21). Luego, mediante el Software Sketchup Pro, se estudian las sombras incidentes a lo largo del año, para así poder establecer si se seleccionó correctamente la posición de los paneles. (Fig.22-33).

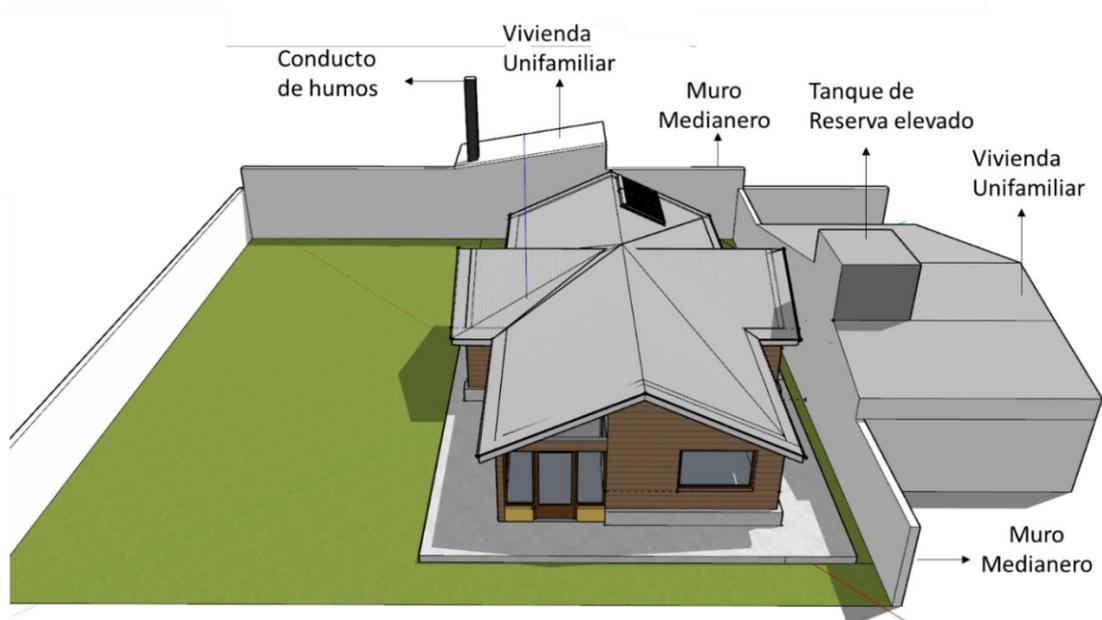


Fig.21- Perspectiva del proyecto con indicación de construcciones linderas

## Situación de Verano

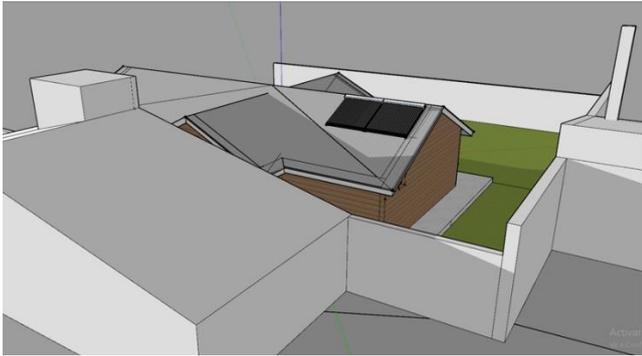


Fig.22- día: 21 de diciembre hora: 5:00 hs AM

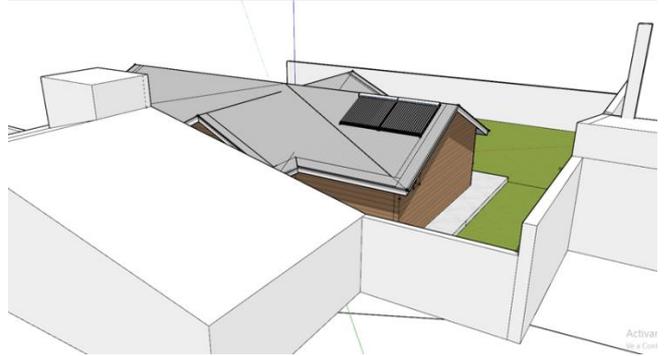


Fig.23- día: 21 de diciembre hora: 12:00 hs AM

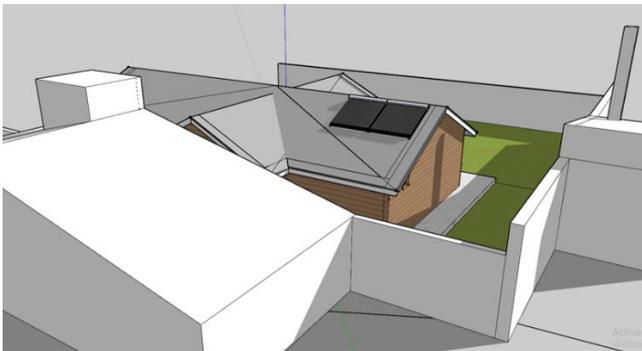


Fig.24- día: 21 de diciembre hora: 16:30 hs PM

Se observa que, en la situación de verano, el sol comienza a incidir sobre la zona de los captadores solares desde muy temprano por la mañana. No se generan sombras durante gran parte del día contando con 11 horas de asoleamiento pleno.

## Situación de otoño

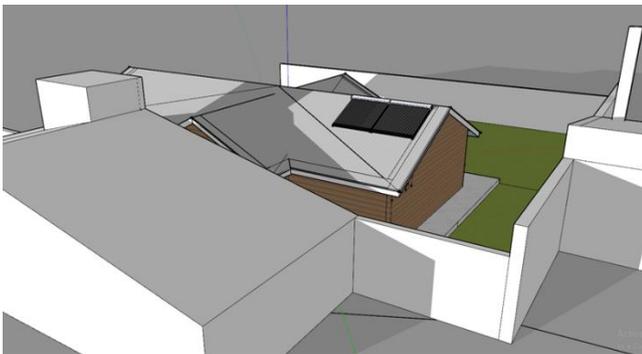


Fig.25- día: 21 de abril hora: 8:00 hs AM

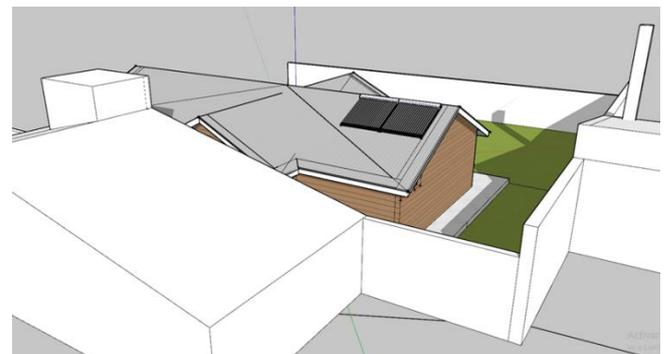


Fig.26- día: 21 de abril hora: 12:00 hs AM

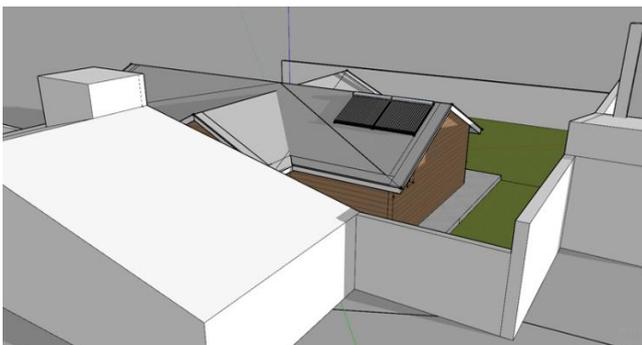


Fig.27- día: 21 de abril hora: 16:30 hs PM

Se observa que, en la situación de otoño, el sol comienza a incidir sobre la zona de los captadores solares desde las 8 de la mañana. A partir de las 16:30 horas la vivienda lindera comienza a proyectar su sombra sobre la cubierta en estudio.

## Situación de invierno

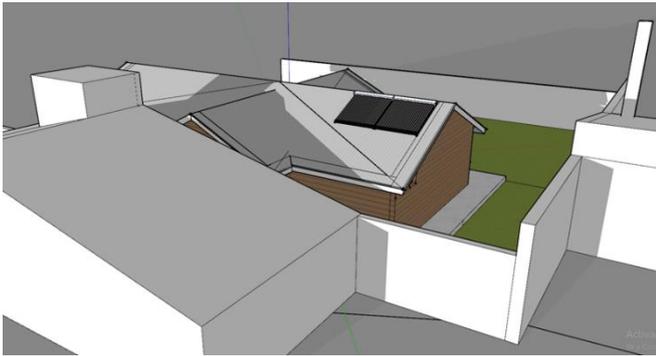


Fig.28- día: 21 de julio hora: 9:00 hs AM

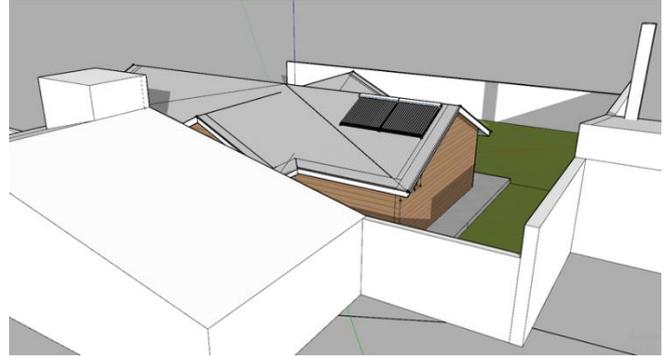


Fig.29- día: 21 de julio hora: 12:00 hs AM

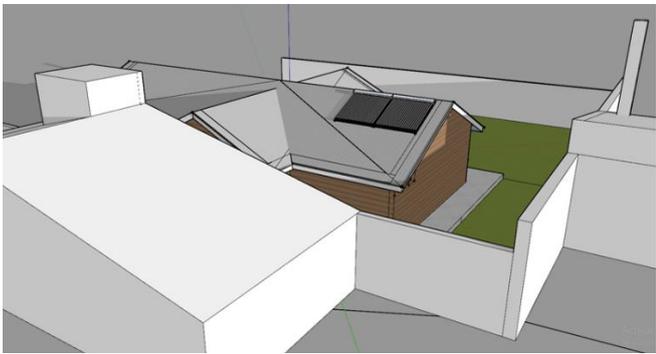


Fig.30- día: 21 de julio hora: 16:00 hs PM

Se aprecia que, en la situación de invierno, el sol comienza a incidir sobre la zona de los captadores solares a partir de las 9 de la mañana y a las 16:00 horas la vivienda lindera junto con el muro medianero empiezan a ensombrecer significativamente la cubierta.

## Situación de primavera

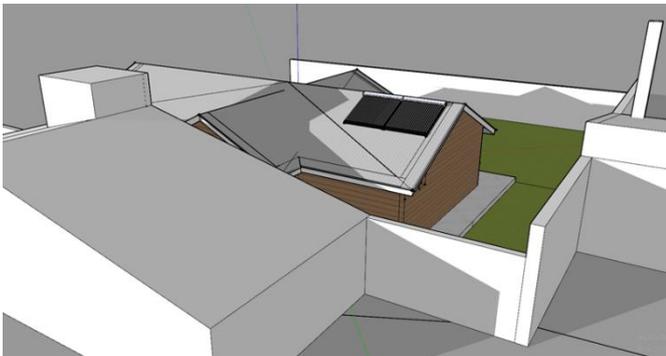


Fig.31- día: 21 de septiembre hora: 9:00 hs AM

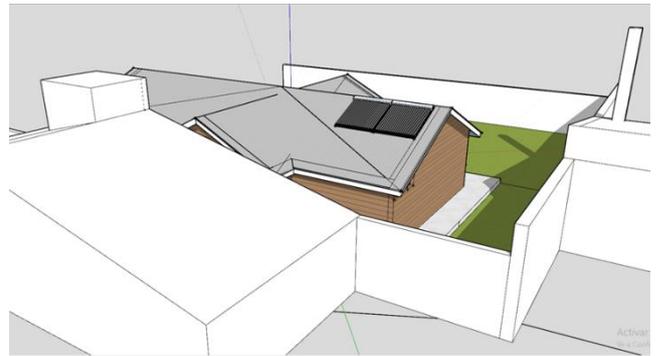


Fig.32- día: 21 de septiembre hora: 12:00 hs AM

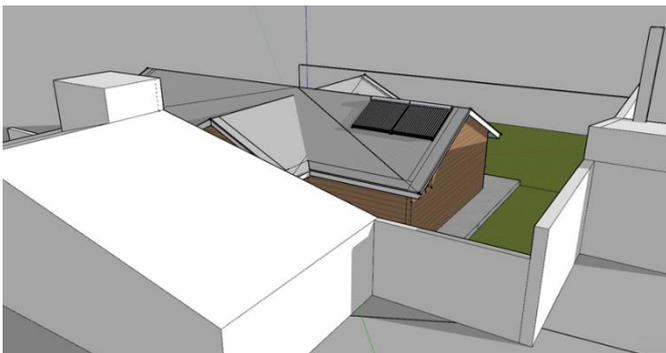


Fig.33- día: 21 de septiembre hora: 16:30 hs PM

Se aprecia que, en la primavera, el sol ilumina la zona de los captadores solares a partir de las 9 de la mañana y a las 16:00 horas la vivienda lindera junto con el muro medianero empiezan a ensombrecer la cubierta.

## 7. Análisis de los sistemas de ACS

A fin de poder cubrir la demanda de ACS de la vivienda en estudio, se analizarán dos clases de captadores solares. Las alternativas seleccionadas pertenecen al sistema de colectores de tubos evacuados, los cuales resultan ser muy ventajosos para climas fríos y nublados ya que el vacío de los tubos funciona como aislante térmico y además absorben radiación difusa. Asimismo, se reducen las pérdidas de calor por conducción y convección al estar la placa absorbidora dentro del tubo de vacío.

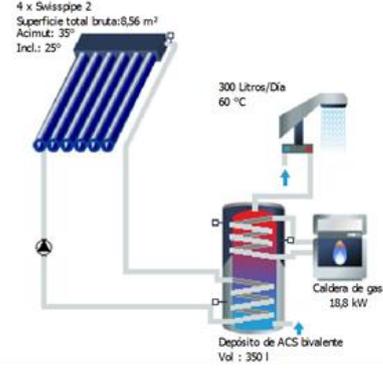
La primera opción a considerar corresponde a un captador de tubos de vacío de flujo directo con termotanque solar o denominado también sistema termosifónico. La segunda opción a analizar es la instalación de un captador del tipo Heat Pipe. Las simulaciones de ambas alternativas contemplarán la incorporación de un sistema de apoyo auxiliar para el calentamiento de agua en caso que las condiciones climáticas no permitan brindar agua caliente a la temperatura deseada.

La idea, en un principio, es comparar ambos sistemas para determinar el nivel de pérdidas térmicas del sistema compacto (termotanque solar) con respecto al sistema desintegrado conformado por el colector heat pipe y el tanque de acumulación en el interior de la vivienda. De esta forma, comprobaremos cual de los dos sistemas es más eficiente para la región de la Patagonia Austral.

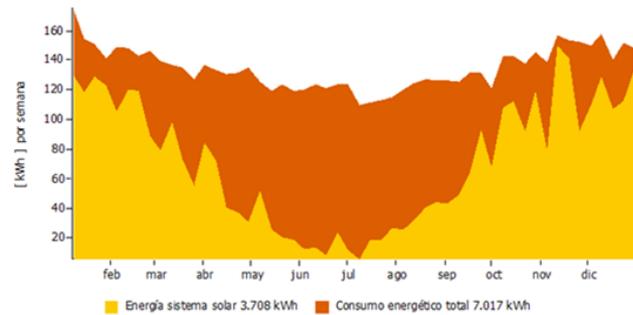
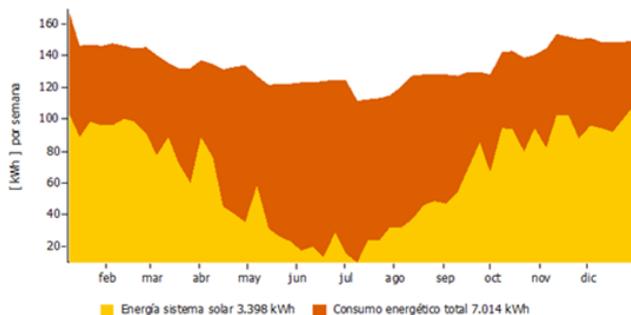
Por último, se procurará de no sobrepasar la cantidad de cuatro captadores solares, esto se debe a razones de espacio disponible en el techo de la vivienda y de evitar cargar de manera excesiva la estructura del mismo.

A continuación, se transcriben los datos obtenidos en la simulación realizada con el Software Tsol 2018 (R3).

<b>Datos climáticos</b>	
Ubicación	Río Gallegos, provincia de Santa Cruz. República Argentina.
Suma anual de la radiación global	1.203,007 kWh/m <sup>2</sup>
Latitud	-51,62°
Longitud	69,28°
<b>Agua Caliente Sanitaria</b>	
Consumo medio diario	0,3 m <sup>3</sup>
Temperatura deseada	60°C
Perfil de carga	Casa unifamiliar. Punta en la tarde.
Temperatura de agua fría en febrero	9,5° C
Temperatura de agua fría en agosto	5,5° C

Resultados de la simulación anual		
Sistema de captación	Sistema termosifónico con sistema de apoyo auxiliar	Sistema desintegrado con colector Heat pipe y apoyo auxiliar
Esquema de la instalación		
Potencia de colectores instalada	5,96 kW	5,99 kW
Sup. de colectores instalada	8,52 m2	8,56 m2
Irradiación a la sup.del colector	6.502,14 kWh 1.332,41 kWh/m2	6.971,14 kWh 1332,41 kWh/m2
Energía suministrada por colectores	3.849,08 kWh 788,75 kWh/m2	4.576,25 kWh 874,67 kWh/m2
Sum. de energía para la producción de agua caliente	6.610,21 kWh	6.610,21 kWh
Energía del sistema solar para el ACS	3.398,22 kWh	3.708,09 kWh
Energía suministrada por la calefacción auxiliar	3.616,1 kWh	3.309,3 kWh
Ahorro gas natural	593 m3	453,9 m3
Emisión de CO2 evitada	1.253,88 Kg	959,82 Kg.
Fracción solar ACS	48,4 %	52,8 %
Ahorro relativo de energía adicional(DIN 12.997)	52,3%	53,2%
Instalación		
Cantidad de colectores	4	4
Superficie de referencia	4,88	5,23
Tipo	VRK-12	B.Schweizer Energie AG Swisspipe
Ángulo de inclinación	25°	25°

Acimut	35°	35°
Volumen de acumulación	0,15 m3	0,35 m3
Calefacción auxiliar	Caldera a gas – 18,8 kW	Caldera a gas – 18,8 kW
<b>Cálculo de la eficiencia económica</b>		
Superficie de referencia	4,88 m2	5,23 m2
Renndimiento del sistema	3.398,22 kWh	3.708,09 kWh
Ahorro anual de gas natural H	593 m3	453,9 m3
Costo		
<b>Balance energético</b>		
Irradiación a la sup. del colector	6.502,14 kWh	6.971,14 kWh
Pérdidas ópticas del colector	1.081 kWh	1.114 kWh
Pérdidas térmicas del colector	1.572 kWh	1.280kWh
Energía del campo colectores	3.849 kWh	4.576 kWh
Energía solar al depósito	3.398 kWh	3.867 kWh
Pérdida de tubería al interior	366 kWh	619 kWh
Pérdida de tubería al exterior	85 kWh	90 kWh
Pérdidas del depósito	403 kWh	559 kWh
Energía final	1.939 kWh	4.058 kWh
AC- Energía del depósito	5.544 kWh	6.610 kWh
<b>Fracción de energía solar en el consumo energético</b>		
Sistema termosifónico con sistema de apoyo auxiliar	Sistema desintegrado con colector Heat pipe y apoyo auxiliar	



## 8. Análisis de los sistemas de climatización

Dada la latitud en la que se encuentra la ciudad de Río Gallegos, resulta innecesario proyectar sistemas de refrigeración para acondicionar las viviendas en verano. Por este motivo, solo me avocaré a comparar dos sistemas de calefacción de diferente tecnología a fin de elegir el más adecuado para incorporar al proyecto de la vivienda unifamiliar.

La carga anual de calefacción del edificio fue establecida en el Trabajo práctico denominado “La Envoltente Térmica” realizado en el marco de la Especialización de Arquitectura y Hábitat Sustentable. En el mencionado trabajo, se introdujeron las mejoras en el cerramiento del edificio logrando transmitancias térmicas acordes a lo establecido en las normas IRAM de ahorro energético en las edificaciones.

El primer sistema que consideraré será el de energía solar térmica con captadores de baja temperatura y con apoyo auxiliar de caldera de combustibles fósiles. Básicamente, utilizaré el mismo tipo de instalación que simulé para la obtención de ACS, la correspondiente a captadores solares Heat Pipe, con la salvedad de que en esta oportunidad, se agregarán al sistema un tanque acumulador adicional para el fluido de calefacción y radiadores como unidades terminales.

La segunda alternativa a analizar será la introducción de un sistema geotérmico con bomba de calor.

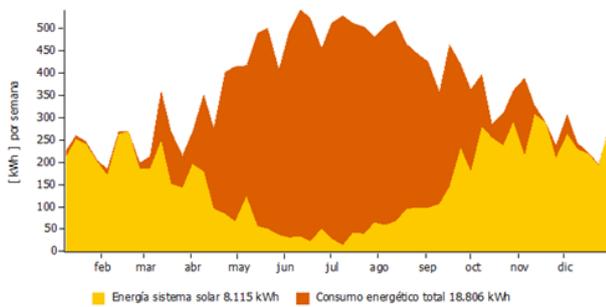
A continuación, se transcriben los datos obtenidos en la simulación realizada con el Software Tsol 2018 (R3).

Datos climáticos	
Ubicación	Río Gallegos, provincia de Santa Cruz. República Argentina.
Suma anual de la radiación global	1.203,007 kWh/m <sup>2</sup>
Latitud	-51,62°
Longitud	69,28°
Calefacción	
Demanda estándar de calor de calefacción del edificio	3,27 KW
Temperatura del ambiente interior	18°C
Temperatura estándar del proyecto al exterior	2,83°C
Temperatura del proyecto (impulsión/retorno)	60° C/ 25°C

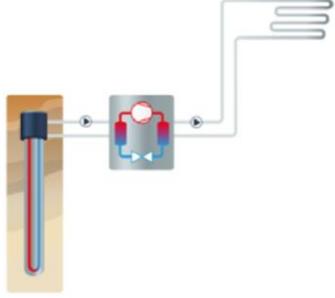
## Resultados de la simulación anual

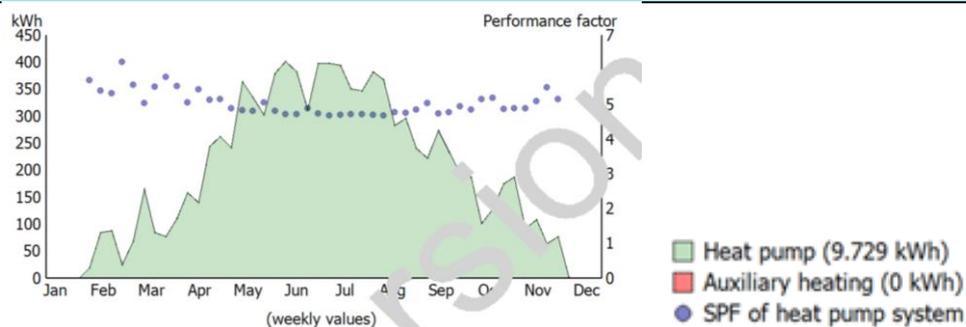
Sistema de captación	Sistema desintegrado con colector Heat pipe y apoyo auxiliar
Esquema de la instalación	
Potencia de colectores instalada	16,48 kW
Sup. de colectores instalada (bruta)	23,54 m <sup>2</sup>
Irradiación a la sup.del colector (sup.de referencia)	19.170,64 kWh 1332,41 kWh/m <sup>2</sup>
Energía suministrada por colectores	11.705,97 kWh 813,59 kWh/m <sup>2</sup>
Suministro de energía para calefacción	11.726,13 kWh
Energía del sistema solar para calefacción	2.867,68 kWh
Energía suministrada por la calefacción auxiliar	10.691,3 kWh
Ahorro gas natural	1.011,6 m <sup>3</sup>
Emisión de CO <sub>2</sub> evitada	2.139,06 Kg.
Fracción solar calefacción	24,5 %
Ahorro relativo de energía adicional(DIN 12.997)	43,8%
<b>Instalación</b>	
Cantidad de colectores	11
Superficie de referencia	14,39
Tipo	B.Schweizer Energie AG Swisspipe
Ángulo de inclinación	25°
Acimut	35°
Volumen del depósito intermedio para calefacción	1 m <sup>3</sup>

Calefacción auxiliar	Caldera a gas – 43 kW
<b>Cálculo de la eficiencia económica</b>	
Superficie de referencia	14,39 m <sup>2</sup>
Renndimiento del sistema	8.114,71 kWh
Ahorro anual de gas natural H	1.011,6 m <sup>3</sup>
Costo	
<b>Fracción de energía solar en el consumo energético</b>	
Sistema desintegrado con colector Heat pipe y apoyo auxiliar	



Seguidamente se transcriben los datos obtenidos en la simulación realizada con el Software GeoTSOL 2019 (R3) para instalaciones geotérmicas

Datos climáticos	
Ubicación	Río Gallegos, provincia de Santa Cruz. República Argentina.
Suma anual de la radiación global	1.203,007 kWh/m <sup>2</sup>
Latitud	-51,62°
Longitud	69,28°
Calefacción	
Área a calefaccionar	93 m <sup>2</sup>
Temperatura del ambiente interior	18°C
Límite de temperatura de calefacción	15°C
Carga de calefacción	3,3 kW
Potencia de calefacción resultante	6.946 kWh
Resultados de la simulación anual	
Sistema de captación	Pozos geotérmicos con bomba de calor
Esquema de la instalación	
Energía para calefacción requerida	9.803 kWh
Energía provista por la bomba de calor	9.729 kWh
Energía consumida por la bomba de calor	2.016 kWh
Ahorro de energía primaria	6.649 kWh
Emisión de CO2 evitada	1.646 Kg.
Máxima potencia extraída del suelo	3,60 kW
Componentes del sistema	
Cantidad de pozos geotérmicos	4
Profundidad de perforación	86,2 m
Diámetro de perforación	150 mm
Tipo de construcción	Doble U pipe
Temperatura de la tierra	10°C
Potencia de bomba de calor	9 kW
Energía generada y factor de rendimiento	



---

## 9. Conclusiones

---

Luego de comparar las dos alternativas planteadas en el proyecto de instalación de ACS, se concluye que la opción más conveniente para la vivienda unifamiliar es la instalación de cuatro captadores solares del tipo Heat Pipe con tanque de acumulación en el interior del edificio. En la simulación efectuada, se comprobó que se cubre un 52,8 % de la demanda de agua caliente con energía solar contra un 48,4% que ofrece la instalación del sistema termosifónico. La ventaja obtenida con el sistema de captadores Heat Pipe se ve claramente reflejada en los gráficos denominados “Fracción de energía solar en el consumo energético” ubicados al pie de la página 18 del presente documento.

Sin embargo, hay dos desventajas notables. La primera tiene que ver con el consumo de gas, el sistema termosifónico ahorra más gas que el sistema con captadores Heat Pipe. Esto se debe seguramente a que en el segundo caso se cuenta con un depósito acumulador más grande, aunque en ambos casos, la simulación se llevó a cabo con la misma configuración de caldera de 18,8 kW. La segunda desventaja es la pérdida térmica por tuberías en el interior de la edificación, en el caso del sistema termosifónico este valor es 366 kWh y en el sistema de captadores Heat Pipe es de 619 kWh. Probablemente, una solución para minimizar la marcada diferencia sería aumentar el espesor del aislante térmico de las cañerías.

En calefacción, se observa que la instalación con captadores solares resulta ser poco eficiente. La simulación arrojó que se necesitan 11 captadores solares Heat Pipe para cubrir solo un 24,5 % de la demanda de calefacción con energía solar. El costo de la instalación resultará excesivo, no solo por el precio de los equipos sino también por el peso que se agrega al edificio lo cual significará tener que reforzar la estructura del techo. Además, como se mencionó previamente, no hay espacio suficiente en la cubierta para albergar tantos captadores sin recibir sombras importantes.

Por ello, la solución más conveniente para climatizar la vivienda son los pozos geotérmicos con bomba de calor. En los resultados de la simulación, se puede observar claramente que el sistema cubre un altísimo porcentaje de la demanda de calefacción con 4 pozos geotérmicos de 86,2 m de profundidad y 150 mm de diámetro. La demanda de calefacción es de 9.803 kWh y la bomba de calor seleccionada aporta 9.729 kWh. Asimismo, hay espacio libre suficiente en el terreno para realizar las perforaciones necesarias.

---

## 10. Bibliografía consultada

---

Sabre, M., Bornancin, M., Pescio, A., Chiaravalloti, A., Cordi, M., Lunardelli, G. y Quiroga, L. (2018). Censo Nacional Solar Térmico 2018 : informe período 2017. ; Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2019. Recuperado de <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/546>.

Vidal G., H., Aguayo, J. y Negrón, A. (2018) Guía de “Instalación de Colectores Solares Térmicos para Viviendas de Magallanes y Antártica chilena”. Recuperado de <http://umag.cl/cere/?p=577>.

Navntoft, C. y Cristóbal, M.P. (2019). Guía del recurso solar. Secretaría de Gobierno de Energía. Recuperado de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_del\\_recurso\\_solar\\_anexos\\_final.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_del_recurso_solar_anexos_final.pdf)