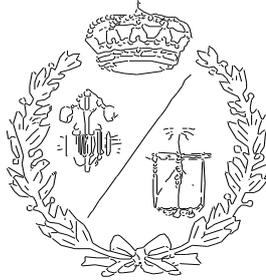


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

**CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA VIVIENDA
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE Y
AUTOSOSTENIBLE EN LA REGIÓN DE
CANTABRIA**

**(Calculation and design of an energy efficient
and self-sustaining building in Cantabria)**

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERIA INDUSTRIAL**

Autor: Ángela Puente Ochoa

Julio – 2021

TÍTULO	Cálculo y diseño de una vivienda energéticamente eficiente y autosostenible en la región de Cantabria		
AUTOR	Ángela Puente Ochoa		
DIRECTOR / PONENTE	Alfredo Ortiz Sainz de Aja / Marcos Fallanza Torices		
TITULACIÓN	<i>Máster en ingeniería Industrial</i>	FECHA	Julio 2021

PLABRAS CLAVE

Emisiones, cambio climático, energía solar, agua

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento que está experimentando la demanda energética mundial hace que el modelo actual sea insostenible tanto en términos medioambientales como también económicos y sociales.

A escala mundial, las proyecciones de energía para las próximas décadas muestran que el consumo de energía aumentará en un 34% entre 2014 y 2035. Esto significa que la implementación de medidas de ahorro de energía no será suficiente para hacer frente al aumento del consumo de energía, por lo tanto, será necesario promover las fuentes de energía renovables para impulsar el crecimiento económico a largo plazo.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto surge a raíz de las terribles consecuencias que el calentamiento global está teniendo en nuestro planeta. Con este proyecto se trata de reducir el impacto humano en el cambio climático aportando soluciones sostenibles en el edificio de viviendas.

Además de la utilización de energías renovables, el aprovechamiento del agua de lluvia y aguas residuales es un punto clave en el proyecto.

El reto del cambio climático exige mayores niveles de eficiencia en el uso de estos dos recursos, sobre todo porque su interdependencia amplifica el problema.

Por ello, este proyecto consiste en el diseño de un edificio de viviendas en el que se implantan paneles solares para la generación de electricidad, consiguiendo abastecer las 52 viviendas del edificio. Para ello se estudian las orientaciones de las diferentes zonas del tejado buscando optimizar la producción.

Asimismo, se reutiliza tanto el agua de lluvia como las aguas residuales del edificio, colocando en una zona contigua a los garajes todo lo necesario para este fin como tanques, bombas, filtros,...

Este agua es reutilizado en las viviendas en todos los usos que no necesitan de agua potable. Realizando balances hídricos obtenemos los tamaños óptimos de ambos tanques para proceder al diseño de la zona.

Por otro lado, se implantan pequeñas actuaciones en el edificio con el mismo propósito.

Se colocan focos con detectores de movimiento en el exterior y termostatos inteligentes en las viviendas para reducir el consumo energético.

Como medidas de reducción del consumo de agua, se colocan reductores de caudal en los grifos para reducir el caudal de agua expulsado.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

Uno de los pilares fundamentales de la sostenibilidad radica en hacer un uso moderado y eficiente de los recursos para garantizar su existencia y disfrute de generaciones futuras.

Mediante la implantación de los paneles solares evitamos la producción anual de casi 24 toneladas de CO₂ además de un ahorro económico anual de 41.971,65 €.

En 14 años el sistema estaría amortizado económicamente y además habremos reducido considerablemente la huella de carbono.

Con el aprovechamiento del agua de lluvia y las aguas residuales del edificio, diariamente reutilizamos 9.548,708 litros de agua, lo que se traduce en un ahorro anual de casi 3 millones y medio de litros. Económicamente se traduce en 7.996,49 € ahorrados anualmente, lo que hace que amorticemos el conjunto de ambos sistemas en 11 años.

Finalmente, con las otras actuaciones se evita un consumo anual de energía de 547.100 Wh y de 606.149,08 litros de agua.

BIBLIOGRAFÍA

PricewaterhouseCoopers. *El modelo eléctrico español en 2030. Escenarios y alternativas.*

Johannes Goeke, Felix Krükel. *Autarkie – Tendenzen der solarthermischen Selbstversorgung.* Octubre, 2017.

Enrique Cabrera, Miguel Angel Pardo, Enrique Cabrera Jr., Ricardo Cobacho. *Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante.* Septiembre, 2010.

Instituto para la diversificación y ahorro de energía. *Análisis del consumo energético del sector residencial en España.*
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

TITLE	Calculation and design of an energy efficient and self-sustaining building in Cantabria		
AUTHOR	Ángela Puente Ochoa		
DIRECTOR / SPEAKER	Alfredo Ortiz Sainz de Aja / Marcos Fallanza Torices		
DEGREE	Industrial Engineering Master	DATE	July 2021

KEY WORDS

Emissions, climate change, solar energy, water

PROBLEM STATEMENT

The increase in world energy demand makes the current model unsustainable both in environmental terms, as well as in economic and social terms.

On a global scale, energy projections for the next decades show that energy consumption will increase by 34% between 2014 and 2035. This means that the implementation of energy saving measures will not be enough to cope with the increase in energy consumption. Therefore, it will be necessary to promote renewable energy sources to drive long-term economic growth.

PROJECT DESCRIPTION

This project arises from the terrible consequences that global warming is driving on our planet. The aim of this project is to reduce the human impact on climate change by providing sustainable solutions in the residential building.

In addition to the use of renewable energies, the use of rainwater and wastewater is a key point in the project.

The challenge of climate change requires greater levels of efficiency in the use of these two resources, especially since their interdependence amplifies the problem.

Therefore, this project consists of the design of a residential building in which solar panels are installed to generate electricity, managing to supply 52 houses in the building. For this, the orientations of the different areas of the roof are studied, seeking to optimize production.

Likewise, both rainwater and wastewater from the building are reused, placing in an area adjacent to the garages where there is everything necessary for this purpose such as tanks, pumps, filters, ...

This water is reused in houses for all uses that do not need drinking water. By carrying out water balances, we obtain the optimal sizes of both tanks to proceed with the design of the area.

On the other hand, small actions are implemented in the building for the same purpose.

Spotlights with motion detectors are placed outside of the building and smart thermostats are placed in houses to reduce energy consumption.

As measures to reduce water consumption, flow reducers are placed on the taps to reduce the flow of water expelled.

CONCLUSIONS / BUDGET

One of the fundamental pillars of sustainability lies in making a moderate and efficient use of resources to guarantee their existence and enjoyment for future generations.

By implementing solar panels, we avoid the annual production of almost 24 tons of CO₂ in addition to an annual economic saving of € 41,971.65.

In 14 years, the system would be economically amortized and we will also have considerably reduced our carbon footprint.

With the use of rainwater and wastewater from the building, we reuse 9,548,708 liters of water daily, which translates into an annual saving of almost 3.5 million liters. Economically, it translates into € 7,996.49 saved annually, which means that we amortize the set of both systems in 11 years.

Finally, with the other actions, an annual energy consumption of 547,100 Wh and 606,149.08 liters of water is avoided.

BIBLIOGRAPHY

PricewaterhouseCoopers. *El modelo eléctrico español en 2030. Escenarios y alternativas*.

Johannes Goeke, Felix Krükel. *Autarkie – Tendenzen der solarthermischen Selbstversorgung*. Octubre, 2017.

Enrique Cabrera, Miguel Angel Pardo, Enrique Cabrera Jr., Ricardo Cobacho. *Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante*. Septiembre, 2010.

Instituto para la diversificación y ahorro de energía. *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*.

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos/Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	14
1 INTRODUCCIÓN	16
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN	16
1.2 OBJETO Y ALCANCE	20
1.3 DATOS DE PARTIDA	21
1.3.1 Emplazamiento	21
1.3.2 Estudio geofísico de la vivienda	23
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA DISEÑADA	27
1.5 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS	34
1.6 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR	35
1.6.1 Paneles solares fotovoltaicos	37
1.6.2 Tejas de vidrio	40
1.6.3 Fachadas integradas de enfriamiento solar	41
1.7 APROVECHAMIENTO DEL AGUA	60
1.7.1 Agua de lluvia	68
1.7.2 Aguas grises	77
1.7.3 Calidad del agua	85
2 SOLUCIONES Y RAZONES DE LA ELECCIÓN	89
2.1 PANELES SOLARES	90
2.2 APROVECHAMIENTO DEL AGUA	117
2.2.1 Agua de lluvia	117
2.2.2 Aguas grises	121
2.2.3 Volumen de los depósitos	123

2.3 OTRAS ACTUACIONES	137
3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES	142
3.1 PANELES SOLARES	143
3.2 APROVECHAMIENTO DEL AGUA	148
3.3 OTRAS ACTUACIONES	152
BIBLIOGRAFÍA	155
ANEXO I: PRESUPUESTO	159
ANEXO II: PLANOS	161
PLANO 1: Paneles solares en exterior Zonas 2 y 3	161
PLANO 2: Paneles solares en interior Zonas 2 y 3	161
PLANO 3: Paneles solares en Zona 4	161
PLANO 4: Instalación paneles fotovoltaicos en Zonas 2 y 3	161
PLANO 5: Instalación paneles fotovoltaicos en Zona 4	161
PLANO 6: Zona de reutilización de agua de lluvia y aguas residuales	161
ANEXO III: EQUIPOS	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura media global (°C) de 1850 - 1900	17
Figura 2: Evolución de la procedencia de emisiones de CO ₂ (Mt) relativa a la media de 1990 - 2017	17
Figura 3: Participación de cada sector en las emisiones de CO ₂ en 2017	18
Figura 4: Crecimiento de uso de energía renovable de 2005 - 2050	19
Figura 5: Clasificación del terreno según el Plan General de ordenación urbana de Laredo	22
Figura 6: Parcela seleccionada para el proyecto	22
Figura 7: Parcela acotada seleccionada para el proyecto	23
Figura 8: Mapa de radiación solar	24
Figura 9: Irradiación mensual (kWh/m ²) en Laredo 2006 - 2016	24
Figura 10: Irradiación mensual (kWh/m ²) en Laredo 2016	25
Figura 11: Precipitación mensual (mm) en Laredo 1982 - 2012	25
Figura 12: Temperatura máxima, mínima y media mensual (°C) en Laredo 1982 - 2012	26
Figura 13: Imagen frontal del edificio de viviendas diseñado	27
Figura 14: Imagen desde un lateral del edificio de viviendas diseñado	28
Figura 15: Imagen trasera del edificio de viviendas diseñado	28
Figura 16: Imagen aérea desde la planta baja del edificio de viviendas diseñado	29
Figura 17: Zona de garajes y de reciclaje de aguas del edificio de viviendas diseñado	30
Figura 18: Distribución de la planta baja del edificio de viviendas diseñado	31

Figura 19: Distribución de las plantas 1 y 2 del edificio de viviendas diseñado	32
Figura 20: Distribución de la planta 3 del edificio de viviendas diseñado	32
Figura 21: Distribución del ático superior del edificio de viviendas diseñado	33
Figura 22: Vista del tejado del edificio de viviendas diseñado	33
Figura 23: Alternativas consideradas en el proyecto	34
Figura 24: Las diez claves del Acuerdo de París	35
Figura 25: Efecto fotovoltaico	38
Figura 26: Radiación solar en España sin tener en cuenta la inclinación de los paneles solares	39
Figura 27: Radiación solar en España teniendo en cuenta la inclinación de los paneles solares	40
Figura 28: Tejas de vidrio	41
Figura 29: Esquema de funcionamiento de un módulo de enfriamiento termoeléctrico	43
Figura 30: Componentes necesarios para el funcionamiento de refrigeradores de absorción y adsorción impulsadas por energía solar	44
Figura 31: Operación de un sistema de enfriamiento con desecante sólido	46
Figura 32: Funcionamiento de un enfriador de eyector de vapor	47
Figura 33: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en sólidos	50
Figura 34: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en sólidos	51
Figura 35: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en aire	51
Figura 36: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en aire	52
Figura 37: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en agua	53

Figura 38: Fachada de enfriamiento basado en sorción	53
Figura 39: Fachada de enfriamiento desecante	55
Figura 40: Fachada de enfriamiento desecante líquido	55
Figura 41: Fachada de enfriamiento impulsado por motor Stirling	56
Figura 42: Otras opciones de fachadas de enfriamiento solar	57
Figura 43: Otras opciones de fachadas de enfriamiento solar	57
Figura 44: El bucle agua - energía - cambio climático	60
Figura 45: Energía (kWh/m ³) para cada una de las fases del ciclo del agua en el estado de California	61
Figura 46: Precio agua potable (€/m ³) por comunidad autónoma	64
Figura 47: Distribución del consumo de agua en los hogares	65
Figura 48: Esquema general de la red de reutilización de agua	68
Figura 49: Ejemplo de canalón y bajante	70
Figura 50: Posición de canalones y bajantes en el edificio de viviendas diseñado	70
Figura 51: Tipos de filtros	72
Figura 52: Ejemplo de señalización de edificio con reutilización de aguas pluviales	75
Figura 53: Ejemplo de pictograma de agua no potable	75
Figura 54: Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas de inodoros	77
Figura 55: Ejemplo de reciclaje de aguas residuales con tratamiento físico	79
Figura 56: Ejemplo de reciclaje de aguas residuales con tratamiento físico - químico	80

Figura 57: Ejemplo de reciclaje de aguas con tratamiento biológico	81
Figura 58: Ejemplo de señalización de edificio con reutilización de aguas grises	82
Figura 59: Ejemplo de pictograma de agua no potable	83
Figura 60: Situación geográfica del edificio de viviendas indicada en PVGIS	90
Figura 61: Ángulo de inclinación	91
Figura 62: Ángulo de orientación	91
Figura 63: Reparto del tejado en zonas en función de su situación e inclinación	92
Figura 64: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación óptimos	93
Figura 65: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación óptimos	94
Figura 66: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación óptimos	94
Figura 67: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación Zona 4 del tejado	95
Figura 68: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación Zona 4 del tejado	96
Figura 69: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación Zona 4 del tejado	96
Figura 70: Vista trasera módulo fotovoltaico	98
Figura 71: Sección A-A módulo fotovoltaico	98
Figura 72: Distribución de paneles solares en la Zona 4	99
Figura 73: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación Zona 2 del tejado	99

Figura 74: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación Zona 2 del tejado	100
Figura 75: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación Zona 2 del tejado	100
Figura 76: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación Zona 3 del tejado	101
Figura 77: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación Zona 3 del tejado	102
Figura 78: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación Zona 3 del tejado	102
Figura 79: Distribución de paneles solares en la parte exterior de las Zonas 2 y 3	104
Figura 80: Distribución de paneles solares en la parte interior de la Zona 2	104
Figura 81: Distribución de paneles solares en la parte interior de la Zona 3	105
Figura 82: Guía para la selección del inversor	108
Figura 83: Inversor Smart Solar 6000VA	108
Figura 84: Batería estacionaria OPzS 2232Ah C100	109
Figura 85: Regulador Victron BlueSolar MPPT 100/30 de 12-24V y 30A	111
Figura 86: Regulador Victron BlueSolar MPPT 150/35 de 12-24-36-48V y 35A	112
Figura 87: Instalación general paneles fotovoltaicos	112
Figura 88: Extremo izquierdo del tejado	114
Figura 89: Extremo derecho del tejado	115
Figura 90: Instalación Zona 4	115
Figura 91: Depósito INFINITANK 37.800L	126

Figura 92: Aqua Silentio control center 25/4	127
Figura 93: Interior de Aqua Silentio control center 25/4	127
Figura 94: Pack filtración Optimax XL	129
Figura 95: Opticlean para Optimax XL	130
Figura 96: Sistema de desinfección UV	131
Figura 97: Conexión del sistema de desinfección UV	131
Figura 98: AquaServe 4000	133
Figura 99: Explicación sistema AquaServe 4000	134
Figura 100: Contador de agua producida	135
Figura 101: Bomba Roth Rain	136
Figura 102: Reparto de focos en zona exterior del edificio	138
Figura 103: Foco LED exterior con sensor de movimiento	139
Figura 104: Termostato digital Home T6R de Honeywell	140
Figura 105: Kit de 6 aireadores y filtros de grifo EQUATION	141
Figura 106: Factura real de electricidad mayo 2021	144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tecnologías de generación de refrigeración disponibles basadas en procesos solares eléctricos y térmicos	42
Tabla 2: Tecnologías de distribución de refrigeración disponibles	48
Tabla 3: Tecnologías de entrega de enfriamiento disponibles	49
Tabla 4: Consumo de agua en los hogares (Litros/habitante y día) por comunidad autónoma	63
Tabla 5: Características principales de los filtros	72
Tabla 6: Mantenimiento periódico del sistema de agua pluvial	76
Tabla 7: Control del agua gris tratada	85
Tabla 8: Criterios de calidad residencial	87
Tabla 9: Frecuencias mínimas de análisis del agua en uso urbano	88
Tabla 10: Criterios de conformidad de la calidad del agua	88
Tabla 11: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación óptimos	95
Tabla 12: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación Zona 4 del tejado	97
Tabla 13: Datos mecánicos módulos fotovoltaicos TSM-245-PC05	98
Tabla 14: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación Zona 2 del tejado	101
Tabla 15: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación Zona 3 del tejado	103
Tabla 16: Balance mensual de energía	106

Tabla 17: Consumos energéticos en una vivienda	107
Tabla 18: Consumos diarios recomendados con batería Hoppecke 12 OPzS 1500	110
Tabla 19: Secciones comercializadas del cobre	113
Tabla 20: Coeficiente de pérdidas según el tipo de tejado	118
Tabla 21: Balance diario de oferta y demanda de aguas pluviales	121
Tabla 22: Balance inicial diario de oferta y demanda de aguas pluviales y residuales	122
Tabla 23: Balance final diario de oferta y demanda de aguas pluviales y residuales	123
Tabla 24: Cálculo depósito aguas pluviales	125
Tabla 25: Características sistema de desinfección UV	132
Tabla 26: Especificaciones AquaServe 4000	135
Tabla 27: Características Roth Rain	136
Tabla 28: Emisiones producidas por el sistema de paneles solares	143
Tabla 29: Coste electricidad mensual	146
Tabla 30: Amortización paneles solares	147
Tabla 31: Amortización sistema de reutilización de aguas pluviales	150
Tabla 32: Amortización conjunta sistema de reutilización de aguas pluviales y aguas residuales	151

1 INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

La actividad humana y el cambio climático

El cambio climático se refiere a un cambio en los patrones climáticos debido a las actividades humanas, que va más allá de la variabilidad natural del clima. Esto es causado por los gases de efecto invernadero emitidos a nuestra atmósfera. [1]

Las emisiones relacionadas con el cambio climático son emisiones de gases de efecto invernadero, que se llaman así porque atrapan el calor en nuestra atmósfera. [1]

Según Eurostat, España, junto con otros cinco países de la Unión Europea, acumulan alrededor del 70% de todos los gases de efecto invernadero del continente. [2]

Los impactos directos que experimentamos incluyen un aumento en la temperatura global, aumento del nivel del mar y condiciones climáticas más extremas. Estos impactos tienen efectos posteriores de gran alcance en los ecosistemas, la economía, la sociedad y la salud humana. [1]

La temperatura media mundial ha aumentado ya 1,1°C desde la época pre-industrial. Además, según la OMM (Organización Meteorológica Mundial), el periodo 2015-2019 ha sido el quinquenio más cálido jamás registrado y de 2014 a 2019 la tasa de subida del nivel del mar ha ascendido a 5 mm. [3]

En los peores escenarios probables que los expertos reflejan, el aumento de temperatura podría llegar a los 4,8 °C para final de siglo. El cambio climático es un problema global que alcanza una perspectiva ambiental, política, económica y social en la que las peores previsiones también implican enormes pérdidas económicas. [3]

Como vemos en la Figura 1, existe un notable aumento de la temperatura media global entre los años 1850 y 1900.

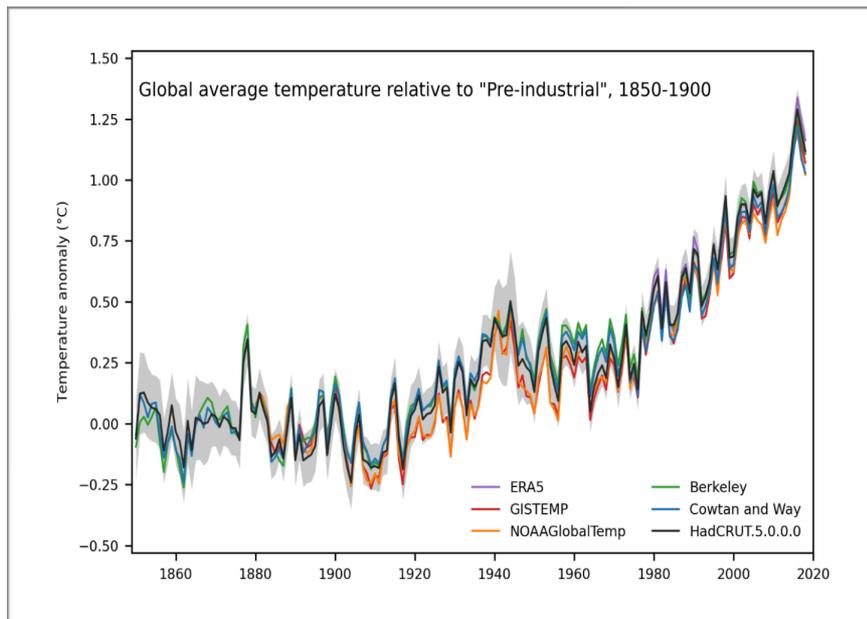


Figura 1: Temperatura media global (°C) de 1850 - 1900 [4]

La importancia del sector energético en las emisiones

Según la Agencia Internacional de Energía, la evolución de la procedencia de las emisiones de CO₂ por sector tiene la forma descrita en la Figura 2.

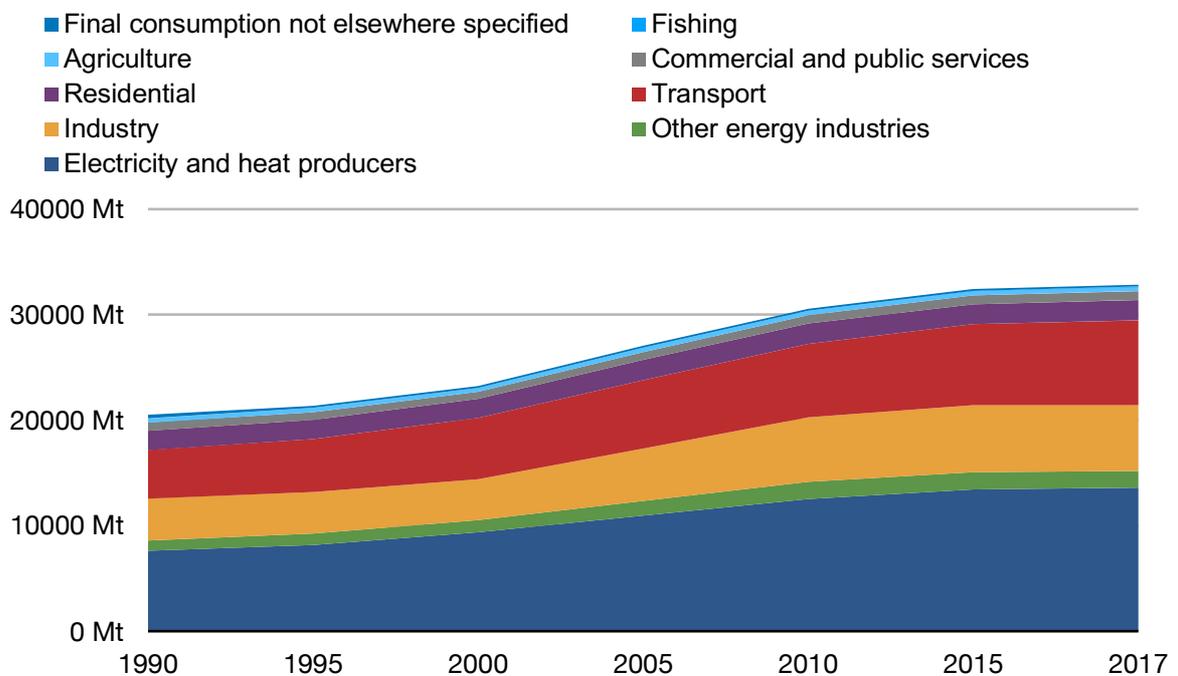


Figura 2: Evolución de la procedencia de emisiones de CO₂ (Mt) relativa a la media de 1990 - 2017

[5]

Como se puede observar, los tres sectores principales en las emisiones de CO₂ son la electricidad y el calor, el transporte y la industria. A continuación, se detalla el porcentaje de la participación de cada sector en las emisiones a lo largo del año 2017 en la Figura 3.

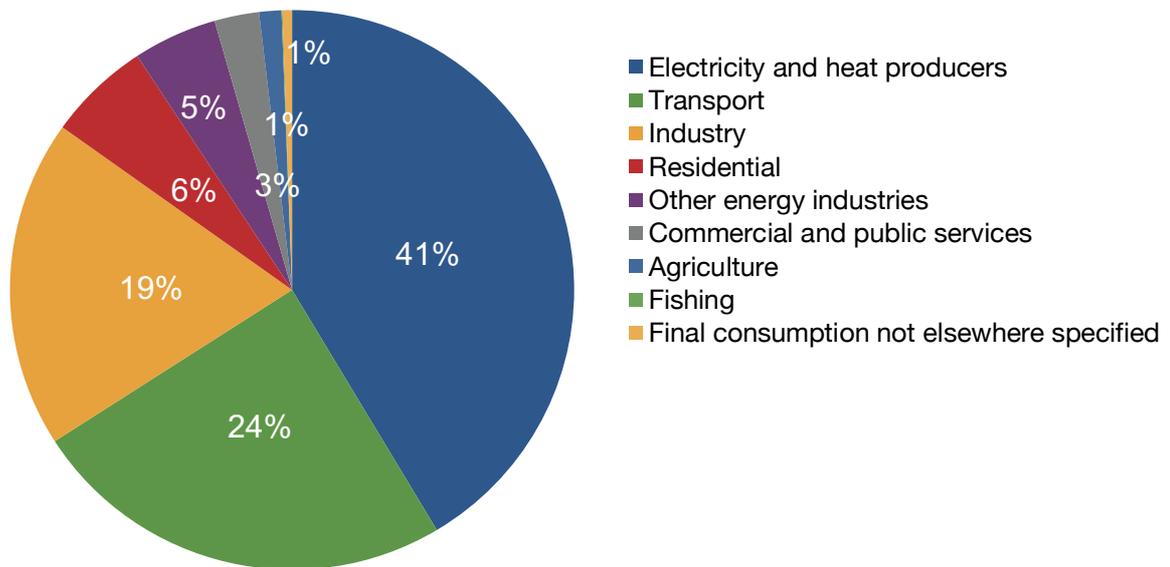


Figura 3: Participación de cada sector en las emisiones de CO₂ en 2017 [5]

El incremento que está experimentando la demanda energética mundial hace que el modelo actual sea insostenible tanto en términos medioambientales como también económicos y sociales.

A escala mundial, las proyecciones de energía para las próximas décadas muestran que el consumo de energía aumentará en un 34% entre 2014 y 2035, principalmente debido a las demandas de las economías emergentes de rápido crecimiento. [6]

Esto significa que la implementación de medidas de ahorro de energía no será suficiente para hacer frente al aumento del consumo de energía, por lo tanto, será necesario promover las fuentes de energía renovables para impulsar el crecimiento económico a largo plazo. [6]

Como se muestra en la Figura 4, según Eurostat, el crecimiento del uso de energía renovable rondará el 3,4% por año entre 2030 y 2050, siendo en 2030 un 32% de uso el objetivo de los países de la Unión Europea. [2]

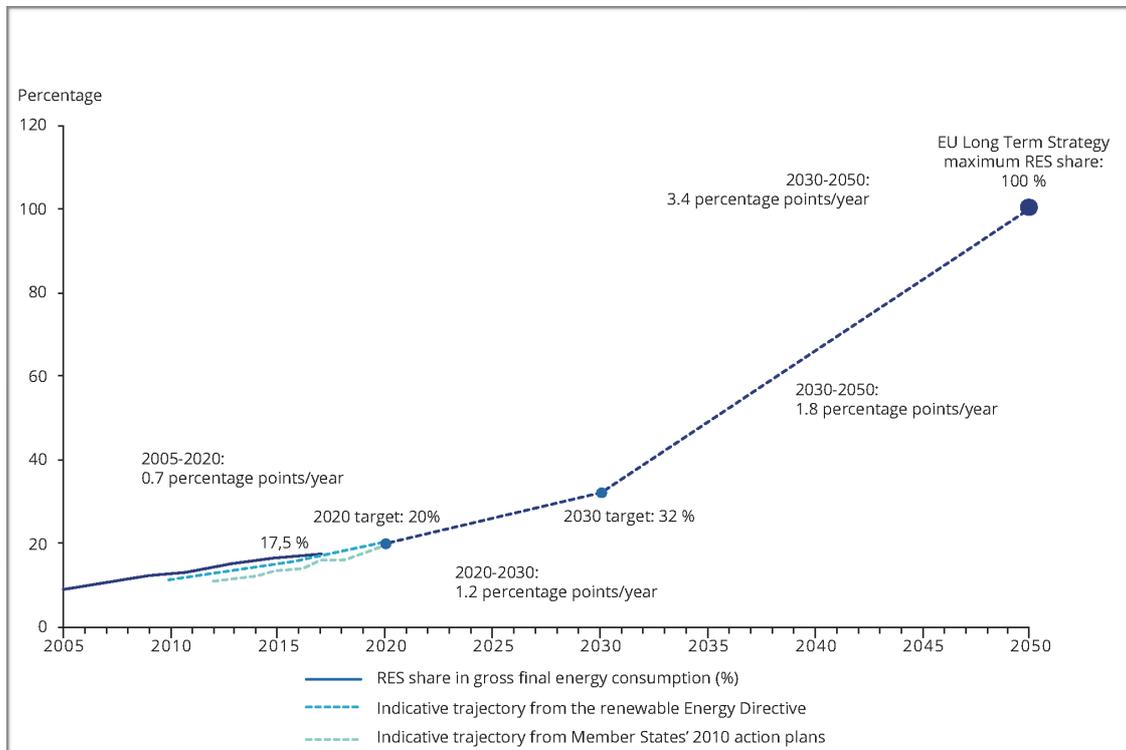


Figura 4: Crecimiento de uso de energía renovable de 2005 - 2050 [2]

Además de la utilización de energías renovables, el aprovechamiento del agua de lluvia y aguas residuales es un punto clave en el proyecto.

El reto del cambio climático exige mayores niveles de eficiencia en el uso de estos recursos, sobre todo porque su interdependencia amplifica el problema. [7]

El calentamiento global, la mayor evidencia del cambio climático, disminuye la disponibilidad de agua en las áreas de mayor estrés hídrico que además suelen coincidir con las de mayor demanda. Ello obliga a recurrir a fuentes alternativas energéticamente más exigentes para elevar el agua subterránea desde profundidades mayores. Y no acaba ahí la interdependencia. Por un lado, menos agua supone menos producción de energía hidroeléctrica y, por otro lado, a más temperatura mayor es el consumo energético doméstico requerido por la climatización de las viviendas. [7]

1.2 OBJETO Y ALCANCE

En este proyecto se tratará de contribuir a la reducción del impacto humano en el cambio climático a través de la búsqueda e implementación de soluciones más sostenibles en el diseño de viviendas.

El objeto del presente proyecto es realizar el cálculo y diseño de una edificación energéticamente eficiente y auto-sostenible en la región de Cantabria, aplicando la normativa vigente.

El proyecto consiste en realizar una comparativa del ahorro económico en la edificación con las distintas actuaciones de mejora para poder justificar la inversión inicial, así como de las reducciones del impacto ambiental gracias a las medidas implementadas.

Este proyecto surge a raíz de las terribles consecuencias que el calentamiento global está teniendo en nuestro planeta.

1.3 DATOS DE PARTIDA

El diseño del presente proyecto se aborda desde dos puntos de vista diferentes: desde el punto de vista energético se plantea la utilización de energías renovables para el abastecimiento del edificio, así como la implementación de otras alternativas que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética del mismo. Desde el punto de vista del agua se plantea una mejor gestión del agua en el edificio incluyendo la recuperación del agua de lluvia y la reutilización de las aguas residuales para su aprovechamiento en las viviendas y zonas comunes de la edificación. Además, se plantea también medidas de menor dimensión para maximizar la sostenibilidad y eficiencia energética de la vivienda.

La combinación de todas las actuaciones mencionadas se traduce en una mejora ambiental y un ahorro económico.

La selección de la actuación se realiza en función de las posibilidades meteorológicas de la ubicación de la edificación y, en función de servicios comunitarios, según la tipología de la edificación.

1.3.1 Emplazamiento

El emplazamiento seleccionado se localiza en el municipio de Laredo en la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Las coordenadas del municipio que serán utilizadas para el posterior análisis de radiación solar son:

- Longitud: 03°24'58.07"
- Latitud: N43°24'35.28"

Lo primero que se debe hacer al tratarse de una nueva construcción es consultar el plan urbanístico de la zona para estudiar las posibles restricciones. La clasificación general se encuentra en la Figura 5, siendo la zona roja (zona en la que se desarrolla el presente proyecto) el suelo urbano consolidado, por lo que no tendríamos problemas a la hora de iniciar la edificación.

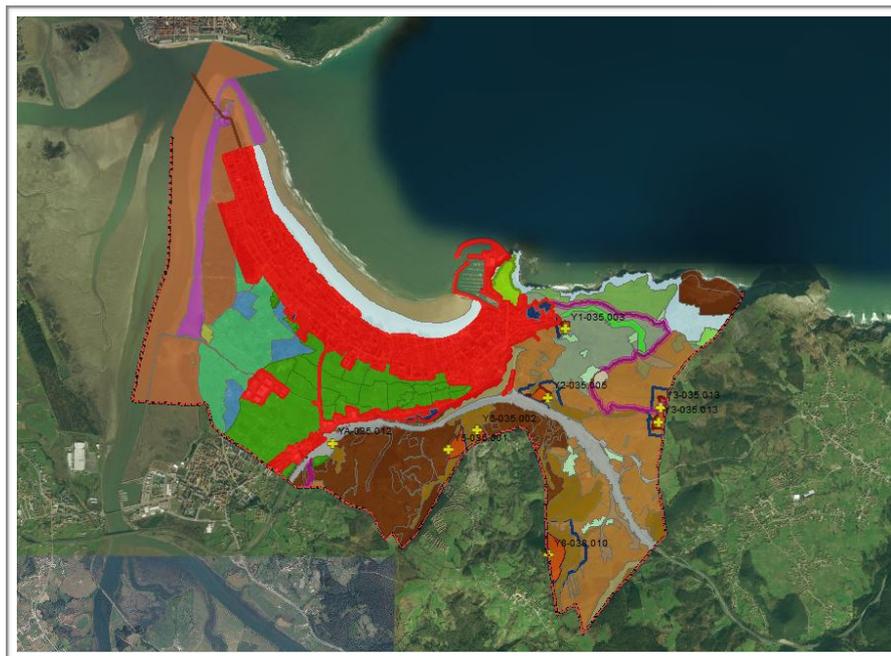


Figura 5: Clasificación del terreno según el Plan General de ordenación urbana de Laredo [8]

Concretamente, la parcela en la que se va a desarrollar el proyecto se representa en las Figuras 6 y 7.



Figura 6: Parcela seleccionada para el proyecto [9]

Seleccionamos una parcela libre cuyo tamaño es de 80 metros de largo por 30 metros de ancho. Esta parcela es elegida por su situación en el núcleo de la localidad y sus vistas a la playa. Aunque la parcela libre es de mayor tamaño elegimos esas dimensiones puesto que son suficientes para un edificio de viviendas de 4 alturas con 13 viviendas por planta, de entre 60 y 200 m², dependiendo de la vivienda.

La superficie del terreno de 2400 metros cuadrados se representa aproximadamente en la Figura 7 ya que el sistema de medición de Mapas de Cantabria no es una herramienta muy precisa.



Figura 7: Parcela acotada seleccionada para el proyecto [9]

1.3.2 Estudio geofísico de la vivienda

En primer lugar, hay que analizar los factores geofísicos que caracterizan a la comunidad autónoma de Cantabria, y en concreto a la localidad de Laredo tales como radiación solar, pluviometría y temperatura.

Estos tres factores son determinantes en el proyecto, ya que los dos primeros son recursos que se van a explotar, mientras que el tercero es necesario en el análisis de la refrigeración de las viviendas, punto estudiado como alternativas energéticas en busca de la eficiencia.

Radiación solar

El mapa de radiación solar facilitado por ADRASE, con datos de AEMET, mostrado en la Figura 8, nos proporciona datos esperados, siendo la Comunidad Autónoma de

Cantabria, junto con las demás comunidades del norte de la península, las menos afectadas por la radiación solar.

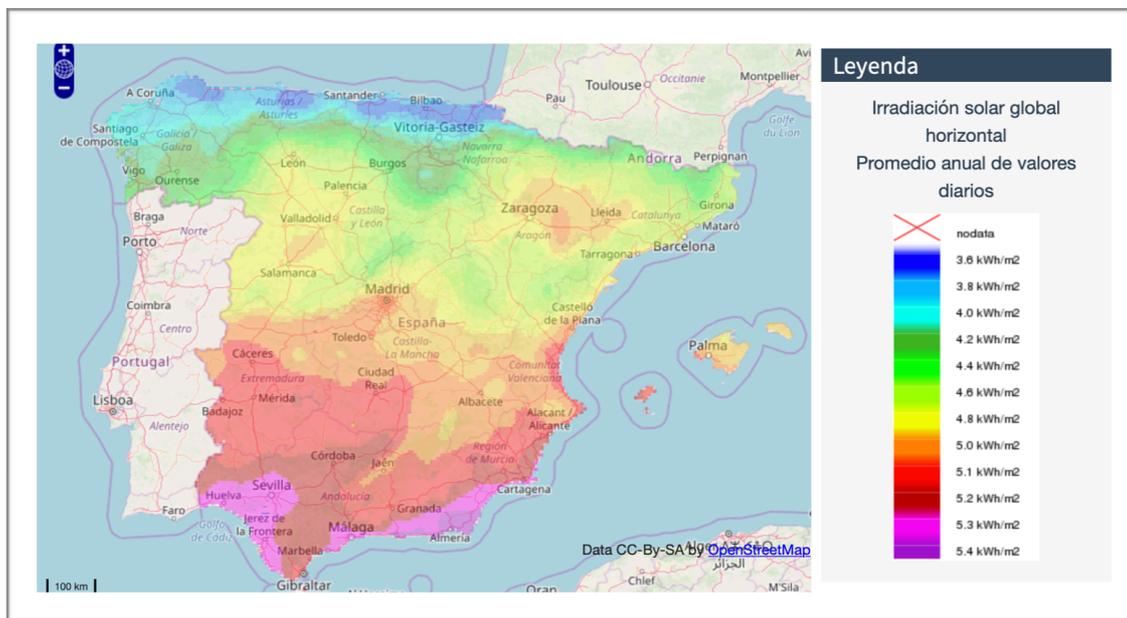


Figura 8: Mapa de radiación solar [10]

Sin embargo, según las Figuras 9 y 10, la irradiación global media mensual en Laredo es superior, incluso en los meses de invierno a 1000 Wh/m², suficiente para los paneles solares actuales.

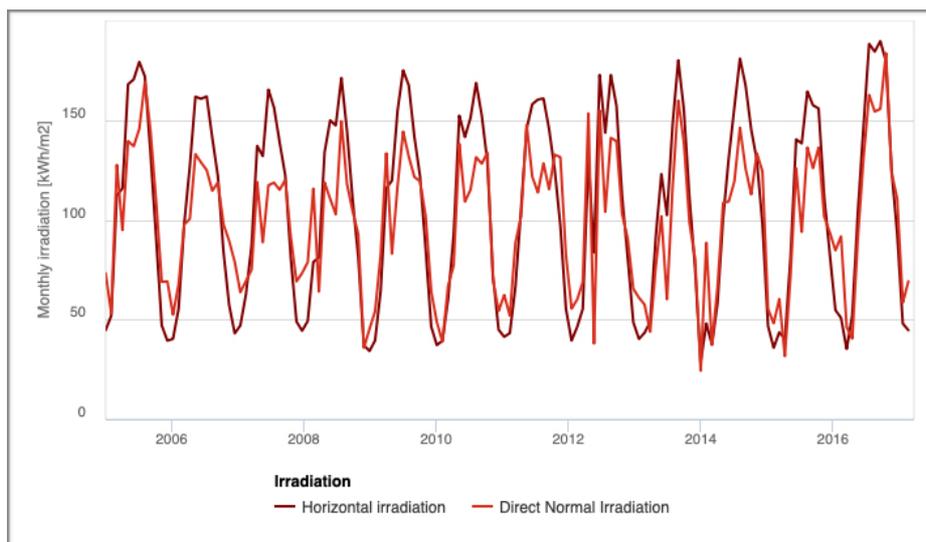


Figura 9: Irradiación mensual (kWh/m²) en Laredo 2006 - 2016 [11]

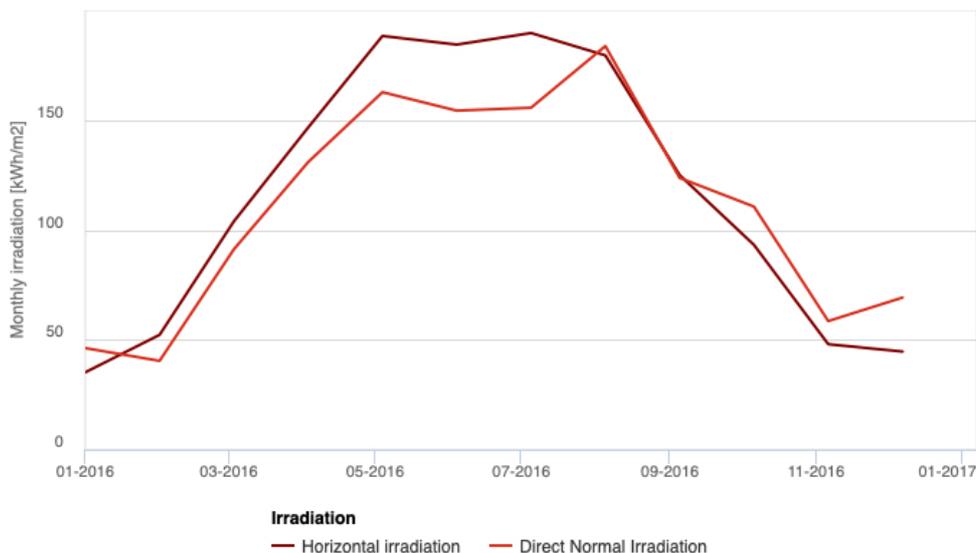


Figura 10: Irradiación mensual (kWh/m²) en Laredo 2016 [11]

Agua de lluvia

En cuanto a las precipitaciones, el histórico en el municipio de Laredo registra los valores de la Figura 11 que serán utilizados en el presente proyecto para el análisis de la reutilización del agua de lluvia en la vivienda.

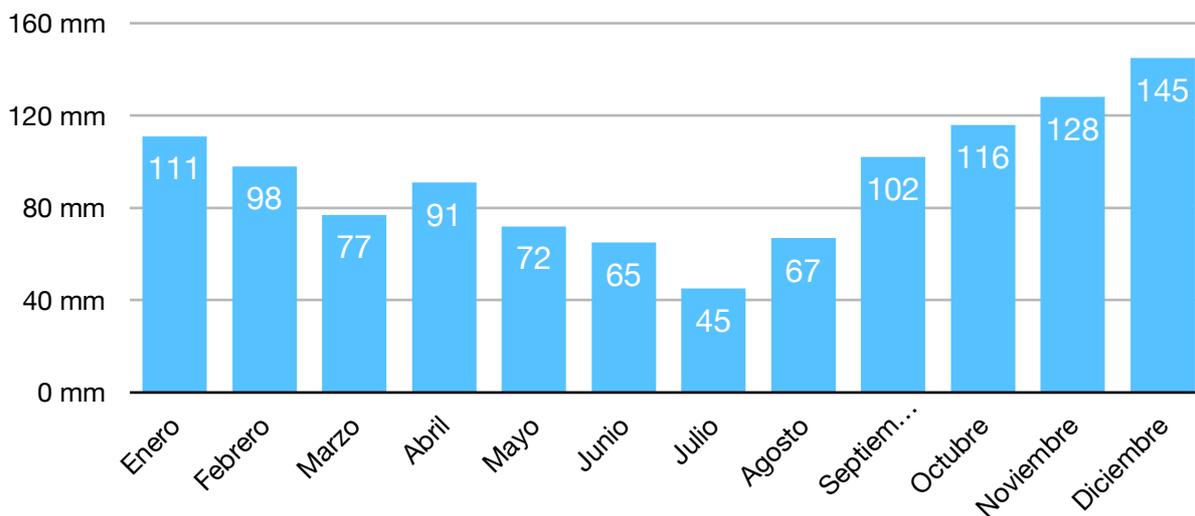


Figura 11: Precipitación mensual (mm) en Laredo 1982 - 2012 [12]

El mes con menor precipitación es julio con 45 mm, por el contrario, diciembre es el mes con mayor precipitación, 145 mm. La media anual de precipitación es de 93 mm.

Temperatura

En cuanto a la temperatura, en la Figura 12 podemos apreciar el histórico en cuanto a temperaturas máximas, mínimas y medias.

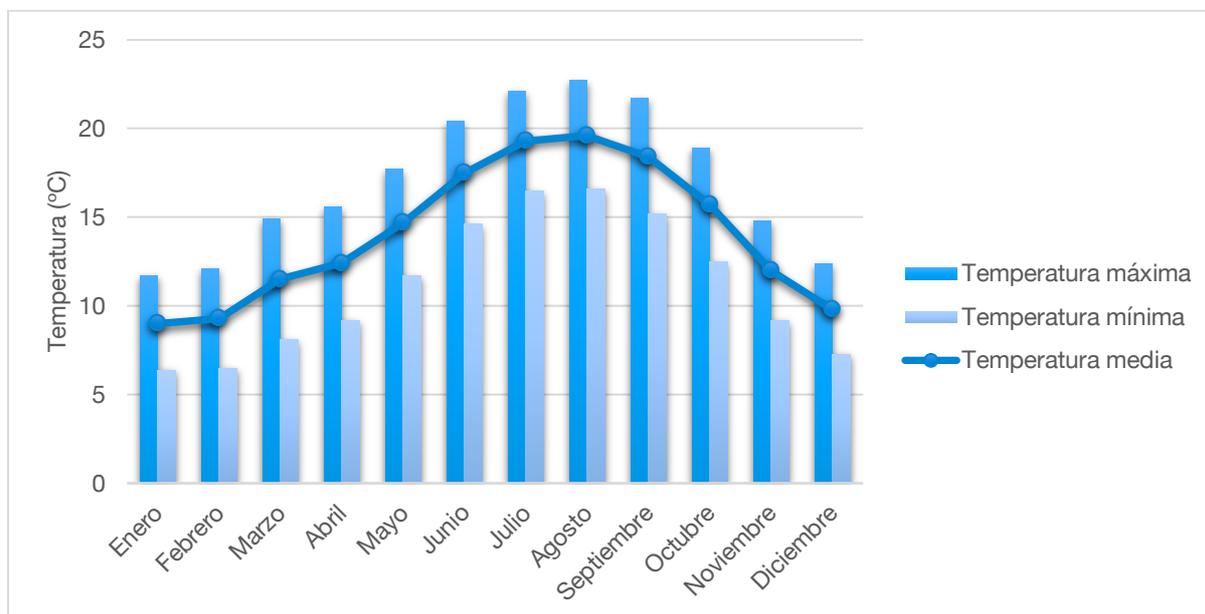


Figura 12: Temperatura máxima, mínima y media mensual (°C) en Laredo 1982 - 2012 [12]

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA DISEÑADA

En cuanto al tipo de vivienda diseñada, al tratarse de un terreno de dimensión elevada, casi 2.400 metros cuadrados, se va a diseñar un edificio de viviendas dividido en tres bloques contiguos con las siguientes características:

- Zona ajardinada con piscina
- Planta de garaje subterránea
- Zona de reciclaje de aguas
- Planta baja de viviendas
- 2 plantas de viviendas
- 1 planta superior con ático

El diseño de la misma se realiza con Revit Autodesk y el resultado se muestra en las Figuras 13, 14 y 15.



Figura 13: Imagen frontal del edificio de viviendas diseñado



Figura 14: Imagen desde un lateral del edificio de viviendas diseñado

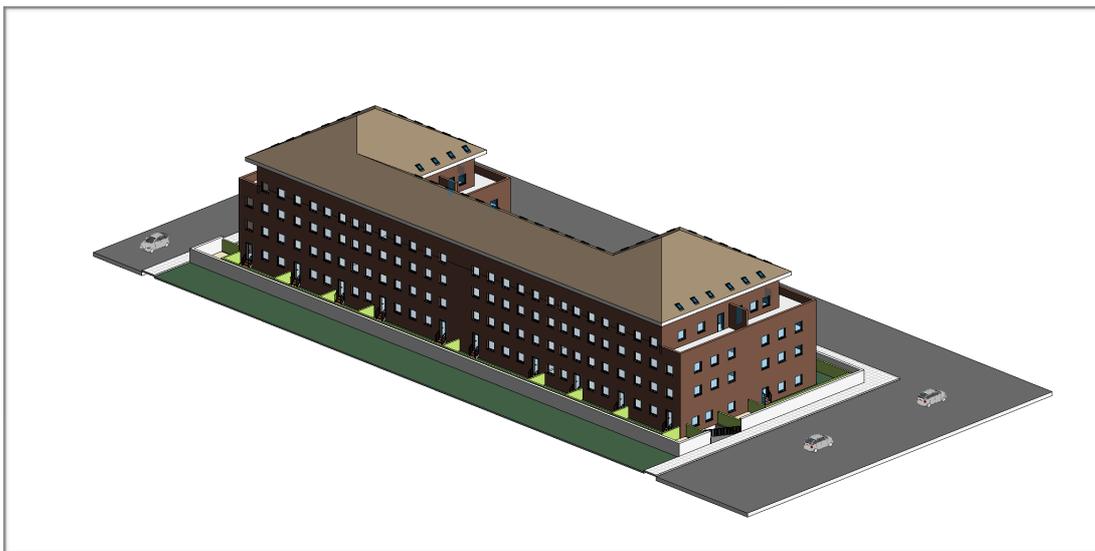


Figura 15: Imagen trasera del edificio de viviendas diseñado

A continuación, se detalla cada parte del edificio.

Zona exterior

Como ya se ha mencionado, se trata de una parcela de 80 por 30 metros cuadrados.

En el cerramiento exterior disponemos de dos aperturas de vehículos, correspondientes a la entrada y salida de automóviles del garaje, y tres entradas para peatones coincidentes con los tres accesos a los bloques de viviendas.

Además, en la zona central se dispone de una piscina de dimensiones 4,5 metros de ancho por 16 metros de largo con una zona peatonal contigua de 3,5 metros de ancho y 2,5 metros en el borde largo.

En la Figura 16 se aprecia la parcela con el edificio y la piscina.

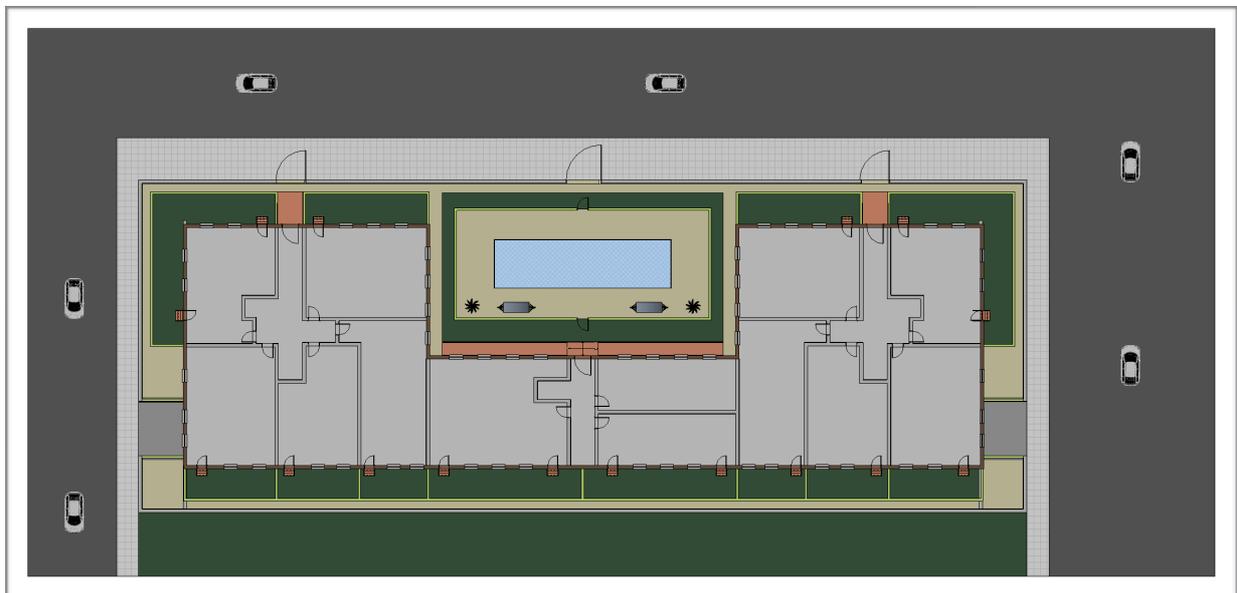


Figura 16: Imagen aérea desde la planta baja del edificio de viviendas diseñado

Garafe

La zona de garajes es de un único sentido para la circulación de los vehículos, estando la entrada y la salida de los mismos en calles enfrentadas. Cuentan con acceso directo a las viviendas a través de ascensores y/o escaleras.

Las medidas de los garajes varían dependiendo de su posición. Los garajes situados a la derecha del sentido de circulación tienen una dimensión de 21 metros cuadrados (3,5 metros de ancho por 6 metros de largo), mientras que los que están situados a la izquierda tienen menor tamaño, siendo su fondo 5 metros y, por lo tanto, su

superficie 17,5 metros cuadrados. En total son 29 garajes, 16 y 13 respectivamente, representados en la Figura 17.

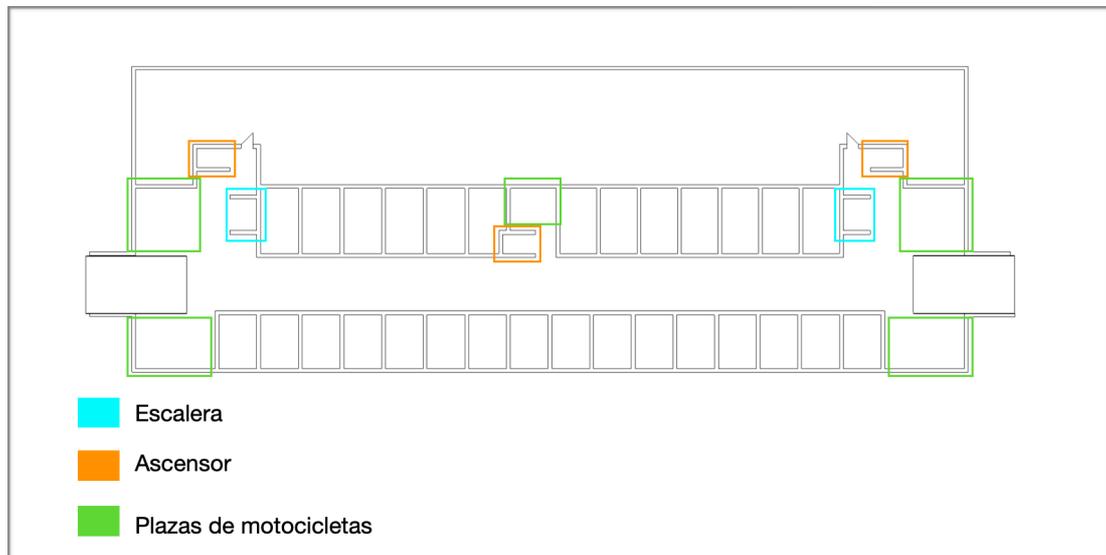


Figura 17: Zona de garajes y de reciclaje de aguas del edificio de viviendas diseñado

Asimismo, en cada lateral de las cuevas de acceso al garaje existen 4 plazas abiertas para motocicletas de 2,5 x 1,5 metros cuadrados, haciendo un total de 16 plazas de motocicletas. En la zona central, junto al ascensor, se encuentran dos plazas de motocicletas más.

Zona de reciclaje de aguas

Debajo de la parcela, contiguo a los garajes, está ubicada la zona de reciclaje de aguas. A ella se accede a través de los garajes, por las puertas que aparecen en la Figura 17.

Se trata de una zona de 675 metros cuadrados de área, de 72 metros de largo por 10 metros de ancho en su zona más amplia.

Esta zona será detallada a lo largo del proyecto cuando se realicen los cálculos y el diseño del aprovechamiento del agua de lluvia y de las aguas residuales generadas en el edificio.

Planta baja de viviendas

El edificio está dividido en tres bloques contiguos, siendo los dos de los extremos simétricos. En total son 13 viviendas por planta, teniendo la primera planta una distribución diferente al resto debido al pasillo de acceso al edificio. Dicha distribución se muestra en la Figura 18.

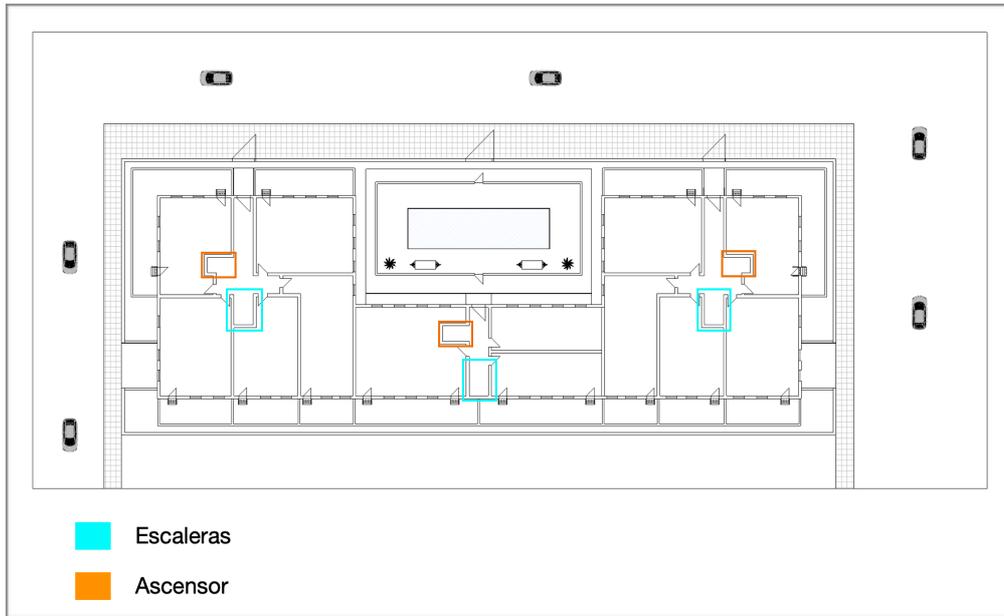


Figura 18: Distribución de la planta baja del edificio de viviendas diseñado

Además, como se apreciaba en la Figura 16, la mayoría de bajos cuentan con jardín privado.

Plantas de viviendas

Las dos plantas de viviendas tienen la misma distribución, similar a la planta baja, pero quitando el pasillo de acceso al edificio. De esta forma se amplía el tamaño de algunas de las viviendas.

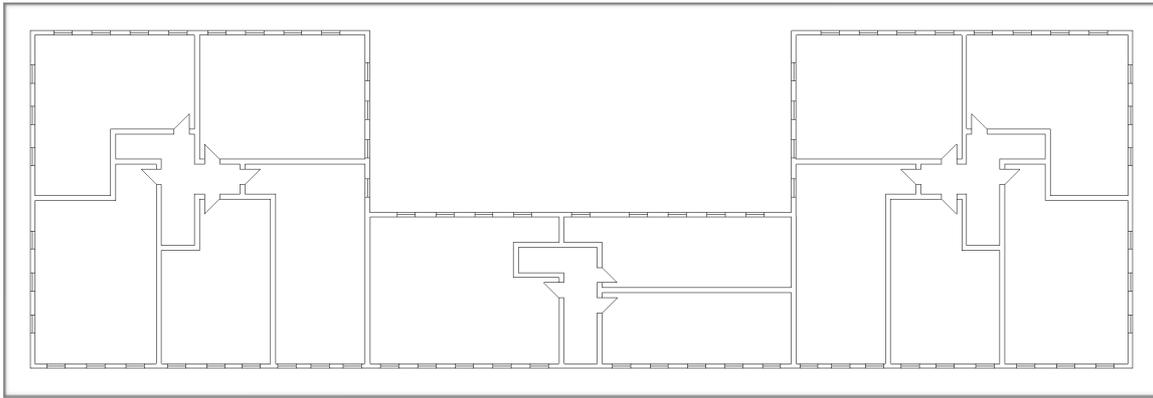


Figura 19: Distribución de las plantas 1 y 2 del edificio de viviendas diseñado

Planta superior con ático

La tercera planta tiene la misma distribución que las tres anteriores, pero destinando en algunas viviendas parte de su superficie a la terraza, como muestra la Figura 20. Además, dichas viviendas cuentan con ático superior.

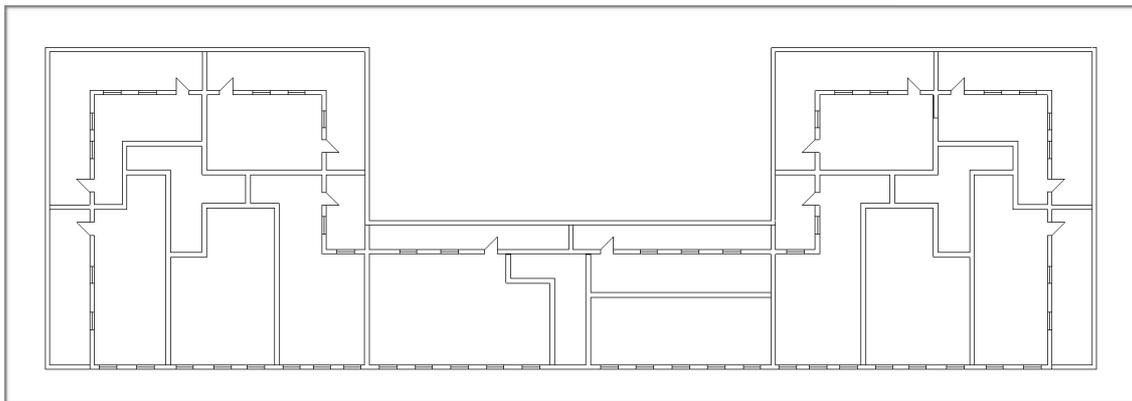


Figura 20: Distribución de la planta 3 del edificio de viviendas diseñado

En la Figura 21 se muestra la distribución del ático superior y en la Figura 22 se aprecia la forma del tejado.

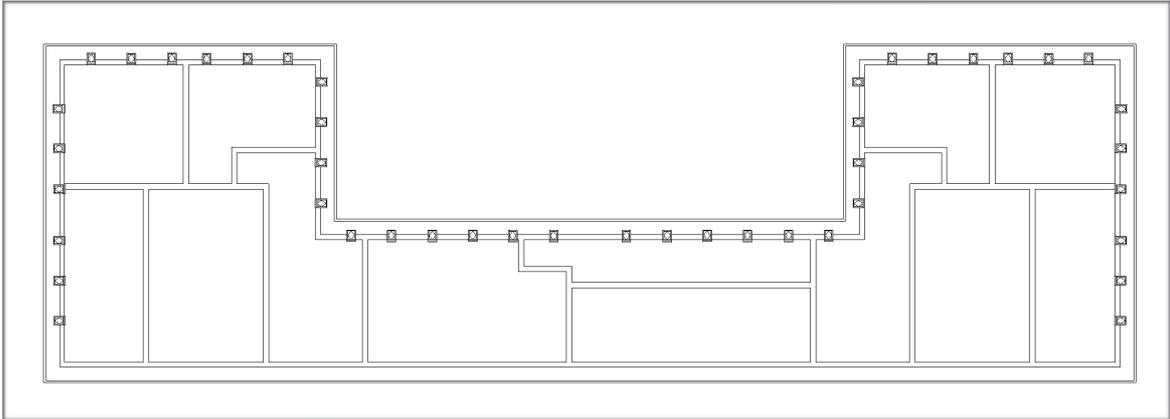


Figura 21: Distribución del ático superior del edificio de viviendas diseñado

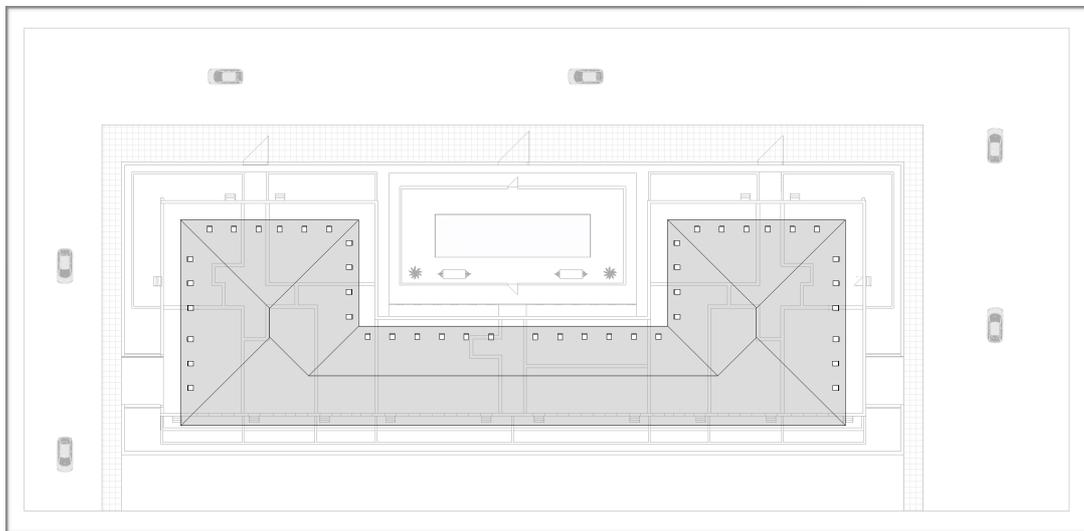


Figura 22: Vista del tejado del edificio de viviendas diseñado

1.5 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

Las alternativas consideradas en el presente proyecto están enfocadas desde dos puntos de vista, el aprovechamiento de la energía solar y el aprovechamiento del agua de lluvia.

En el esquema representado en la Figura 23 se pueden apreciar las distintas alternativas consideradas.

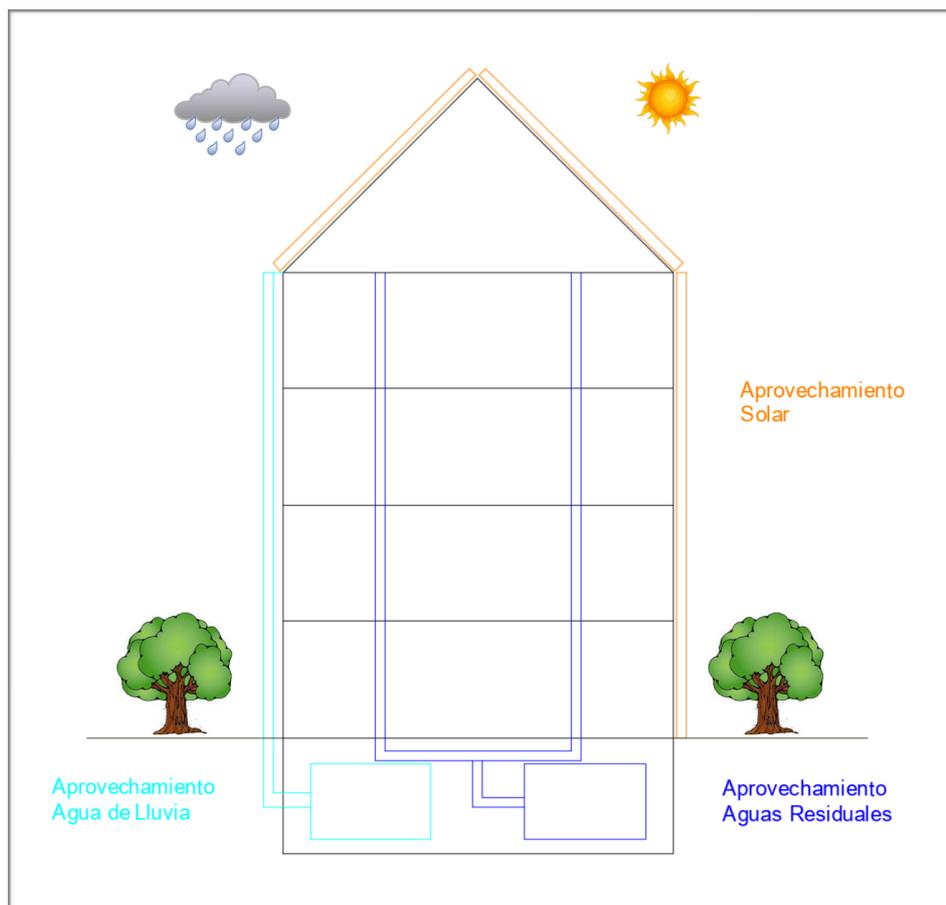


Figura 23: Alternativas consideradas en el proyecto

1.6 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

En 2017, la demanda de electricidad se cubrió principalmente con la generación de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón). Solo el 23% de esa demanda fue alimentada por fuentes renovables, incluida la hidrogenación. [13]

El acuerdo de París busca cambiar la proporción de energía fósil y renovable para lograr el objetivo de mantener la temperatura promedio global por debajo de los 2 °C. Esto solo será posible mediante el uso de fuentes de generación renovables. [13]

Las claves de dicho acuerdo se representan en la Figura 24.



Figura 24: Las diez claves del Acuerdo de París [14]

La necesidad de llevar electricidad a quienes no la tienen y el compromiso sincero de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la generación de electricidad verde ha dado un impulso a estas fuentes de generación.

Con ello se pretende minimizar la generación centralizada y aumentar la generación distribuida. Como consecuencia, la producción de energía se diversifica con fuentes alternativas a los combustibles fósiles, aumentando la eficiencia energética y la confiabilidad en el suministro de electricidad del país.

Según NREL (The National Renewable Energy Laboratory), se espera que la energía solar utilizada para la producción de electricidad alcance aproximadamente el 27% a nivel mundial para 2050. Este crecimiento podría verse impulsado debido a la rápida caída de los costos de la generación de energía solar fotovoltaica, de hecho, en algunos casos, se están acercando a la paridad de costos con las fuentes de electricidad tradicionales. [13]

La energía solar es una fuente de energía limpia, con la que se reducen las emisiones de CO₂.

Sin embargo, las instalaciones solares sufren la variabilidad e intermitencia de producción debido a los ciclos de día-noche y los días nublados.

El aprovechamiento de energía solar, tradicionalmente presenta dos alternativas. La aplicación más común es el uso de paneles solares con células fotovoltaicas para convertir la luz directamente en electricidad. Otra forma de aprovechar la radiación solar es transformando la luz solar en energía térmica mediante colectores.

No obstante, existen los paneles solares híbridos (PVT - Photo Voltaic Thermal) que permiten la conversión de la energía radiada por el sol parte en energía eléctrica y parte en energía térmica. Están compuestos por un colector fotovoltaico al que está asociado un intercambiador de calor, capaz de calentar un fluido gracias a la parte de la radiación solar no convertida en energía eléctrica. [15] Sin embargo, este tipo de paneles no serán desarrollados en el presente proyecto.

Aunque el término de paneles solares se usa para ambos métodos, el diseño es sensiblemente diferente dependiendo para qué tipo de tecnología solar se va a utilizar. El panel solar térmico utiliza los rayos solares para calentar un líquido contenido en su interior, que transfiere calor a través de un intercambiador, al agua contenida en un tanque de almacenamiento. Mientras que el panel solar fotovoltaico explota las propiedades de los elementos semiconductores particulares para la producción de energía eléctrica cuando es sometido a la radiación solar. La exposición solar provoca el movimiento de electrones de un componente, normalmente silicio, generando corriente eléctrica continua. [15]

Alternativamente a los paneles solares, en este proyecto desarrollaremos otra opción para generar energía solar térmica o eléctrica, empleando tejas solares, aunque finalmente no serán empleadas en la construcción de la edificación.

Por otro lado, en el presente proyecto se estudia el refrigeramiento del edificio a través de fachadas solares, aunque tampoco será desarrollado por los motivos explicados en el desarrollo de dicho apartado.

La energía utilizada para el enfriamiento de los edificios es un aspecto importante de la agenda pública actual hacia la sostenibilidad. Los edificios representan casi un tercio del consumo mundial de energía, mientras que los estudios muestran que la refrigeración y el aire acondicionado son responsables de aproximadamente el 15% del consumo total de electricidad en el mundo. [16]

1.6.1 Paneles solares fotovoltaicos

Este tipo de paneles solares se utilizan para instalaciones fotovoltaicas en las que se aprovecha la radiación solar para generar electricidad mediante el **efecto fotovoltaico**.

Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico consiste en la producción de una corriente eléctrica continua entre dos células fotovoltaicas que están en contacto y expuestas a la luz.

Estas células son unos dispositivos semiconductores elaborados a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos.

Las células fotovoltaicas se montan en serie sobre los paneles para conseguir un voltaje adecuado. A pesar de que parte de la radiación incidente se pierde por reflexión y otra parte por transmisión, el resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. [15]

El efecto fotovoltaico, representado en la Figura 25, se inicia en el momento en el que un fotón impacta con un electrón de la última órbita de un átomo de silicio, denominado electrón de valencia, recibiendo la energía con la que viajaba el fotón. Si la energía que adquiere el electrón supera la fuerza de atracción del núcleo, éste sale de su órbita y queda libre del átomo y, por tanto, puede viajar a través del material. En este momento, diríamos que el silicio se ha hecho conductor.

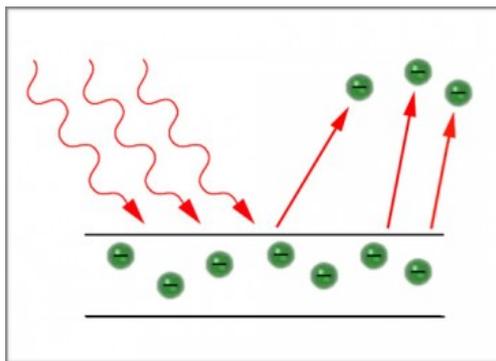


Figura 25: Efecto fotovoltaico [15]

Cada electrón liberado deja atrás un espacio libre, hasta que lo ocupe un electrón que ha saltado de otro átomo. Esta corriente de cargas eléctricas puede alcanzar los contactos y salir del material con el fin de realizar un trabajo útil. Para que esto suceda de manera constante y regular, es necesario que exista la presencia de un campo eléctrico de polaridad constante. En las células solares convencionales, el campo eléctrico se forma gracias a una unión P-N, es decir, una zona del material tiene exceso de electrones (carga negativa), mientras que la otra tiene carencia de ellos (carga positiva).

Los paneles solares están compuestos generalmente por silicio y aprovechan la energía de los fotones presentes en la luz para hacer saltar un electrón del silicio. Mediante la suma de varios de estos electrones se genera electricidad en forma de corriente continua.

Los paneles solares fotovoltaicos consisten en una asociación de células fotovoltaicas encapsuladas en dos capas entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de un polímero termoplástico u otra lámina de cristal cuando se desea obtener módulos con algún grado de transparencia. Habitualmente este conjunto de elementos se enmarca en una estructura de aluminio anodizado para aumentar la resistencia mecánica del conjunto y facilitar el anclaje del módulo fotovoltaico a las estructuras de soporte. [15]

Además de los paneles solares fotovoltaicos, se necesita un inversor de corriente para obtener corriente alterna. El panel solar fotovoltaico proporciona electricidad en forma

de corriente continua que es transformada a corriente alterna mediante el inversor de corriente y, posteriormente, inyectada a la red de distribución.

El cableado eléctrico es el elemento que transporta la electricidad desde su generación, para su posterior distribución y transporte. Su dimensionamiento viene determinado por el criterio más restrictivo entre la máxima diferencia de potencial y la intensidad máxima admisible.

Por otro lado, las baterías nos permiten acumular la energía producida por los paneles fotovoltaicos para poder utilizarla en el momento en que los paneles solares no generan la electricidad necesaria. En el momento en que los paneles fotovoltaicos pueden generar más electricidad de la demandada, se utiliza el sobrante de energía para cargar las baterías. [15]

Con la adecuada inclinación de los paneles fotovoltaicos se consigue optimizar la radiación solar recibida por los paneles.

En las Figuras 26 y 27 se aprecia cómo evoluciona el mapa de radiación solar de España con la adecuada inclinación de los paneles.

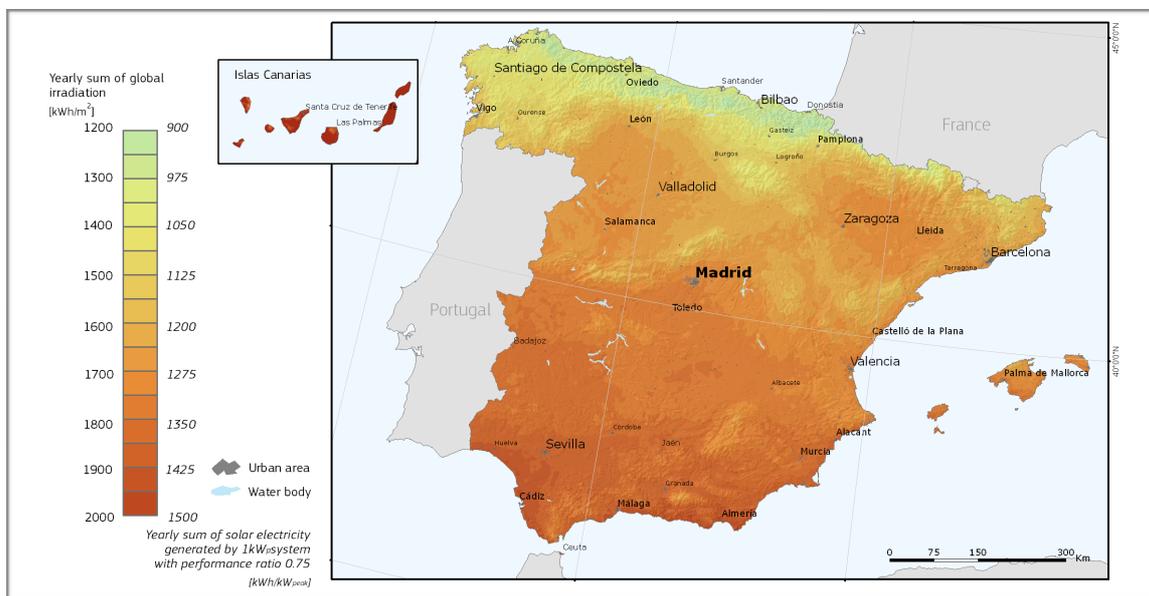


Figura 26: Radiación solar en España sin tener en cuenta la inclinación de los paneles solares [10]

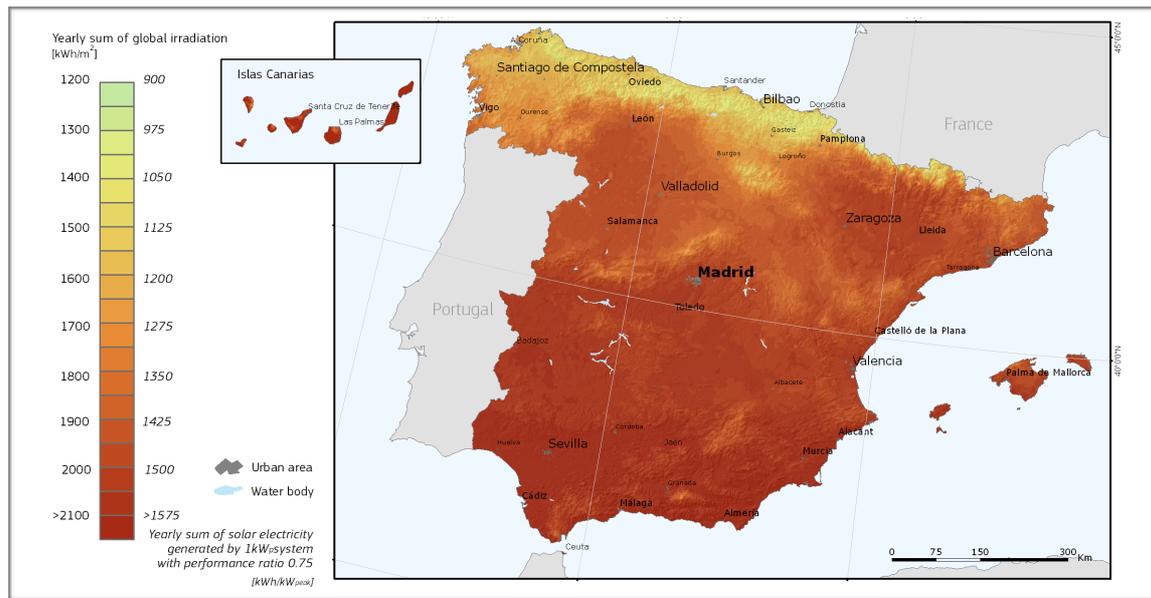


Figura 27: Radiación solar en España teniendo en cuenta la inclinación de los paneles solares [10]

1.6.2 Tejas de vidrio

En este apartado, buscamos una alternativa a los paneles solares convencionales explicados en el apartado anterior. Estudiamos esta solución en lugar de optar por los tradicionales captadores solares ya que es un elemento que cumple el mismo cometido y al mismo tiempo se integra completamente en el edificio y en el entorno.

Estas tejas solares no necesitan un sol brillante para poder funcionar normalmente. Están fabricadas con vidrio y pesan lo mismo que las tejas de barro, así que no suponen cargas adicionales a la estructura del edificio. El vidrio es fácil de producir y reciclar, la vida útil de este material es superior a la arcilla o el hormigón. Las tejas de vidrio una opción más para ahorrar energía y dinero a la vez y poder así reducir la huella ecológica. [17]

Su funcionamiento es sencillo, bajo las tejas de vidrio se coloca una lámina de material para absorber la radiación solar, y entre ambos, se hace circular un caudal de aire que se calienta con la energía solar hasta alcanzar temperaturas superiores a los 80 °C. El aire se hace pasar por un intercambiador aire-agua que cede la energía solar a un líquido caloportador que mantiene una temperatura aprovechable para calefacción directa. [18]

El sistema genera alrededor de 350 kWh de calor por metro cuadrado, dependiendo del clima. Además, la instalación podría ampliarse mediante la colocación de una máquina de absorción que proporcionaría refrigeración en verano. [18]

La energía absorbida se transforma en calor o en electricidad. Para el caso de calefacción y agua caliente, se conecta al acumulador y desde éste se distribuye por el edificio con un sistema de radiadores de agua. El acumulador puede ser adaptado según la forma del techo y las necesidades energéticas de la propiedad. Para generar electricidad se utiliza un inversor y se transmite a la red de corriente. Las celdas solares están colocadas debajo de las tejas, protegidas contra los efectos climáticos, constituyendo una instalación inteligente totalmente integrada en el edificio. [19]

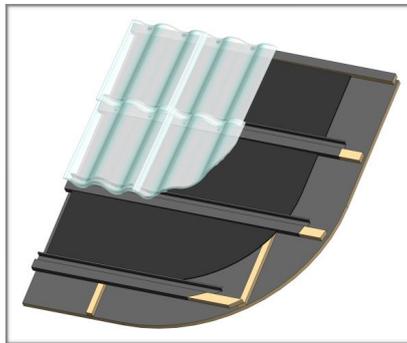


Figura 28: Tejas de vidrio [17]

Finalmente, se opta por los tradicionales paneles solares fotovoltaicos ya que es una solución más desarrollada y sencilla de implementar.

1.6.3 Fachadas integradas de enfriamiento solar

El hecho de que la mayoría de las economías emergentes y líderes en crecimiento experimenten climas cálidos, exige un enfoque especial en el desarrollo de nuevas soluciones de refrigeración para el entorno construido. Los sistemas de enfriamiento solar han ganado mayor atención en los últimos años, por su potencial para reducir las temperaturas interiores utilizando energía renovable. [16]

La posibilidad de utilizar la fachada en sí misma como un sistema de disipación de calor es vista como una oportunidad para el desarrollo de módulos de fachada de

refrigeración autosostenibles, evitando equipos de enfriamiento intensivos en energía en la línea de nuevos estándares de energía "casi cero".

Generación de enfriamiento

La generación de enfriamiento se basa en ciclos termodinámicos. El más utilizado es el ciclo de compresión de vapor, que representa más del 90% de todos los sistemas instalados, aunque buscaremos sistemas alternativos con el fin de reemplazar potencialmente las tecnologías de compresión de vapor, eliminando así la necesidad de sustancias nocivas utilizadas como refrigerantes.

Los sistemas de refrigeración solar utilizan la radiación solar como entrada principal de energía. La necesidad de convertir la radiación solar en energía utilizable implica que el convertidor es una parte central del proceso de enfriamiento solar. Por lo tanto, en la práctica, un sistema de enfriamiento solar consta de dos componentes principales: el generador de enfriamiento, que proporciona enfriamiento, y el convertidor de energía, que proporciona al generador la energía primaria que necesita para funcionar. [16]

En términos de generación de enfriamiento, los principales principios de enfriamiento impulsados por energía solar se muestran en la Tabla 1 clasificados de acuerdo con su aporte de energía, considerando además algunas tecnologías comunes asociadas a cada principio de enfriamiento.

Tabla 1: Tecnologías de generación de refrigeración disponibles basadas en procesos solares eléctricos y térmicos [16]

Fuente de Energía	Principio de Enfriamiento	Tecnología
Energía solar eléctrica	Enfriamiento por compresión de vapor	Bomba de calor de compresión
Energía solar térmica	Enfriamiento termoeléctrico	Módulos de Peltier
	Enfriamiento por sorción	Bomba de calor de absorción
		Bomba de calor de adsorción
	Enfriamiento desecante	Desecante sólido
		Desecante líquido
	Enfriamiento termomecánico	Sistema eyector de vapor
		Motor Stirling
Bomba de calor (Ciclo Rankine)		

En este proyecto nos centraremos en los principios de enfriamiento cuya fuente es la energía solar térmica para evitar los refrigerantes nocivos del refrigeramiento por compresión de vapor. A continuación, se detalla brevemente cada principio de refrigeración.

Refrigeración termoeléctrica

El enfriamiento termoeléctrico, representado en la Figura 29, se basa en el **efecto Peltier**, que describe el cambio de temperatura en un circuito que consta de dos conductores metálicos diferentes cuando se aplica tensión continua. Los módulos Peltier consisten en bloques de semiconductores tipo P y tipo N. Cuando la corriente continua pasa a través de ellos, la temperatura de un lado desciende, permitiendo la absorción de calor, mientras la temperatura del otro lado asciende, disipando calor al exterior. Tanto el calentamiento como el enfriamiento puede conseguirse controlando la dirección de la corriente.

Además del uso de células fotovoltaicas para convertir la radiación solar en corriente eléctrica, los componentes esenciales son los módulos termoeléctricos y los disipadores térmicos para la absorción o disipación de calor. Aunque el rendimiento de estos sistemas es inferior al del aire acondicionado convencional basado en compresores, presentan ventajas interesantes como el uso de materiales sólidos, sin líquidos ni gases, y la falta de piezas móviles, contribuyendo al funcionamiento silencioso, además del uso de energías renovables como insumo principal. [16]

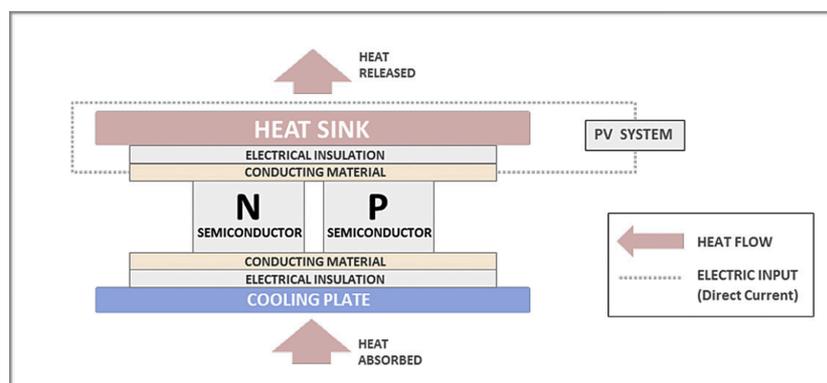


Figura 29: Esquema de funcionamiento de un módulo de enfriamiento termoeléctrico [16]

Refrigeración por sorción

De manera similar a los sistemas de compresión de vapor, el enfriamiento por sorción se basa en el ciclo básico de refrigeración que resulta de la evaporación y condensación continua de cierto refrigerante. Sin embargo, en el enfriamiento por sorción, el compresor mecánico es reemplazado por un compresor térmico que impulsa el ciclo utilizando calor de una fuente externa.

El efecto de enfriamiento se obtiene con una mezcla de refrigerante y sorbente. El refrigerante se evapora en el evaporador, extrayendo calor interior. Luego se mezcla con el sorbente y seguido se separa, para condensarse nuevamente, rechazando el calor extraído hacia el exterior.

En el enfriamiento por sorción impulsado por energía solar, la radiación solar se utiliza como fuente de calor externa para la regeneración del sorbente. [16]

Existen dos tecnologías distintas bajo este principio básico definidas por el tipo de sorbente utilizado. Las bombas de calor de absorción usan una solución líquida como sorbente, mientras que las bombas de calor de adsorción usan materiales sólidos. Ambas tecnologías usan comúnmente agua como refrigerante principal, y también como medio de transferencia de calor para la distribución de enfriamiento en un ciclo cerrado.

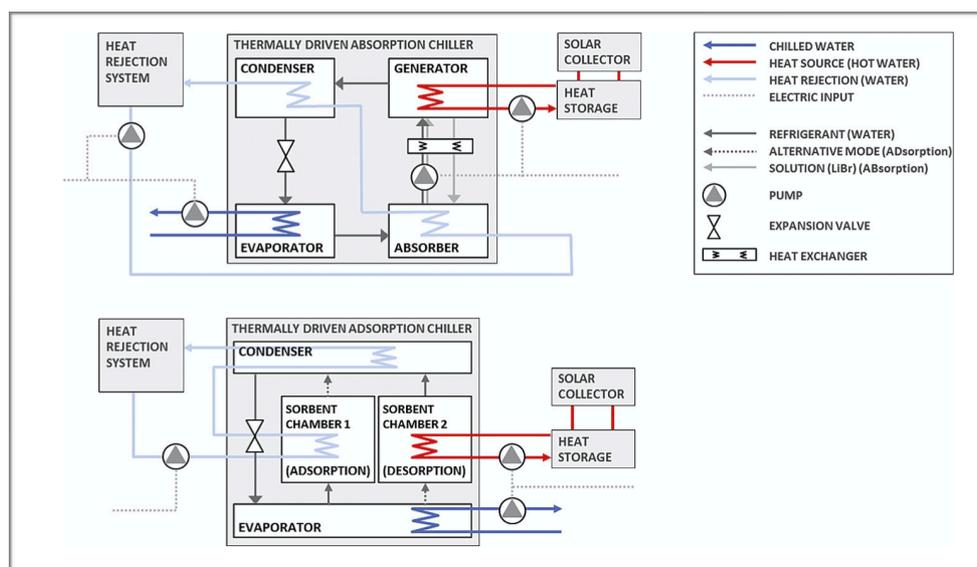


Figura 30: Componentes necesarios para el funcionamiento de refrigeradores de absorción y adsorción impulsadas por energía solar [16]

Los enfriadores por adsorción representan una tecnología madura, disponible comercialmente en una amplia gama de capacidades de enfriamiento de 4,5 a más de 20.500 kW, y coeficientes de rendimiento (COP) de 0'6 a 1'2. Los sistemas de adsorción se usan menos debido a menores eficiencias y operaciones intermitentes. Sin embargo, no consideran las piezas móviles en su ciclo de trabajo, lo que simplifica el mantenimiento y proporciona una operación silenciosa. [16]

Enfriamiento desecante

Las tecnologías de enfriamiento desecante también se basan en la sorción, utilizando refrigerantes y materiales sorbentes. Sin embargo, mientras que el enfriamiento por sorción funciona en sistemas cerrados, los sistemas desecantes proporcionan aire acondicionado directamente al edificio, bajo un proceso abierto. Por lo tanto, el calor interno se elimina a través de los flujos de aire fresco acondicionado, proporcionando no solo control de temperatura para espacios interiores, sino también ventilación.

Al comienzo del ciclo, el aire externo se deshumidifica por contacto directo con un desecante, y luego se enfría usando enfriadores evaporativos. Los intercambiadores de calor se usan comúnmente para pre-enfriar el aire entrante y mejorar así la eficiencia del sistema. Dentro de este ciclo, la energía solar se utiliza como fuente de calor para la regeneración del desecante.

Existen dos tecnologías principales que siguen este principio, basadas en diferentes tipos de desecantes. Solid DEC, representado en la Figura 31, (Desiccant Evaporative Cooling) utiliza un material de adsorción higroscópico sólido, comúnmente colocado en un lecho giratorio denominado rueda desecante. Liquid DEC utiliza una solución higroscópica, que puede aplicarse sobre un portador o rociarse directamente en la corriente de aire entrante. [16]

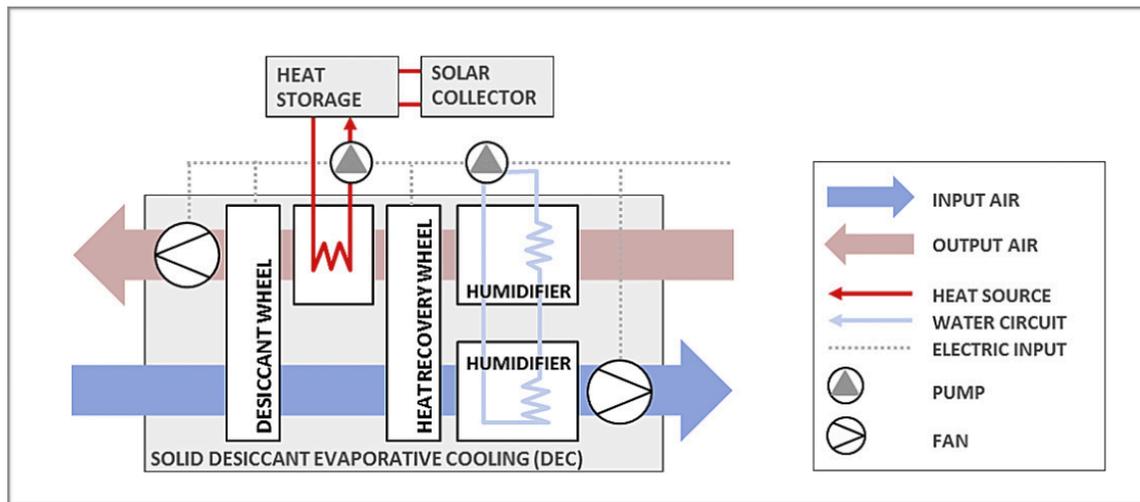


Figura 31: Operación de un sistema de enfriamiento con desecante sólido [16]

Algunas ventajas de las tecnologías desecantes son la integración de los requisitos de ventilación, el sistema de rechazo de calor directo con flujo de aire de escape, temperaturas de trabajo más bajas en comparación con el enfriamiento por sorción y eficiencias más altas, especialmente teniendo en cuenta las tecnologías basadas en líquidos, que han reportado valores de COP superiores a 1. Algunas desventajas son la necesidad de una fuente de enfriamiento adicional acoplada al sistema y el uso de materiales corrosivos en ciclos abiertos en el caso de tecnologías basadas en líquidos.

Refrigeración termomecánica

En los sistemas de enfriamiento solar termomecánicos, la energía térmica se convierte directamente en energía mecánica y luego se utiliza como fuente para la generación de enfriamiento. Las tecnologías que entran en esta categoría son los sistemas eyectores de vapor, las bombas de calor basadas en el **ciclo de Rankine** y los **motores Stirling**. [16]

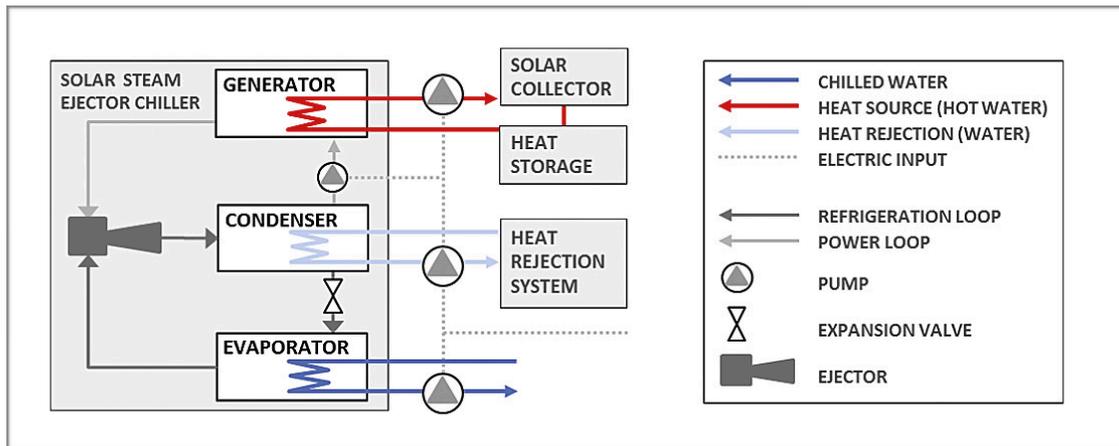


Figura 32: Funcionamiento de un enfriador de eyector de vapor [16]

Los sistemas eyectores de vapor utilizan el vapor producido por los colectores solares como la fuerza impulsora del ciclo de refrigeración. El vapor pasa a través de un eyector de chorro, reduciendo la presión en el evaporador y permitiendo así la vaporización del agua al absorber el calor de una fuente de agua fría. El principio detrás del enfriamiento por eyector de vapor es básicamente el mismo que el enfriamiento por compresión de vapor, con la única diferencia de que el compresor mecánico se reemplaza por un eyector, considerado como un compresor accionado térmicamente.

Los ciclos Rankine también son impulsados por la vaporización de un fluido. Se acoplan bombas de calor de compresión de vapor con ciclos orgánicos de Rankine (ORC - Organic Rankine Cycles), que usan fluidos orgánicos en lugar de agua con el beneficio de temperaturas de trabajo más bajas. Bajo esta operación, el vapor se expande en la turbina ORC, produciendo trabajo mecánico para accionar el compresor, evitando el uso de electricidad.

Finalmente, los motores Stirling son motores de calor que secuencialmente comprimen y expanden un fluido en un sistema cerrado. La diferencia de presión causada por una fuente de calor externa mueve un desplazador interno que a su vez acciona un pistón, generando trabajo mecánico. Los motores Stirling han reportado mayores eficiencias en comparación con los motores a vapor, lo que los hace interesantes para aplicaciones a pequeña escala.

Los sistemas termomecánicos son alternativas interesantes para aplicaciones específicas, sin embargo, apenas se usan en el aire acondicionado espacial,

principalmente debido a sus bajas capacidades de enfriamiento, grandes irreversibilidades y altos costos. [16]

Distribución de la refrigeración

Los sistemas de distribución de refrigeración abordan básicamente cómo se distribuye el frío dentro del edificio o, más precisamente, cómo se elimina el calor del interior. En general, estos sistemas se clasifican según su medio de transferencia de calor, definiendo los sistemas de distribución basados en agua y en aire.

Tabla 2: Tecnologías de distribución de refrigeración disponibles [16]

Medio de transferencia	Componentes - Transporte	Componentes - Conductores
Sistemas basados en Aire	Conductos de aire	Ventiladores
Sistemas basados en Agua	Sistema hidrónico	Bombas

Los sistemas a base de agua usan un fluido en estado líquido como medio de transferencia de calor. El más utilizado es el agua, pero el glicol también se utiliza para algunas aplicaciones. Los componentes esenciales de un sistema de distribución a base de agua son las tuberías dentro de un sistema hidrónico de lazo cerrado accionado por bombas. La ventaja más importante de los sistemas basados en agua es su eficiencia dada la alta capacidad calorífica específica del agua. En términos prácticos, esto significa diámetros menores de tubería y un menor tamaño total del sistema de distribución en comparación con los sistemas basados en aire, lo que implica también menores costos de implementación.

Los sistemas basados en aire utilizan el aire como medio de transferencia de calor, distribuido a través de conductos accionado por ventiladores. Aunque los tamaños de los componentes son mayores en comparación con los sistemas basados en agua, la principal ventaja es la integración de los requisitos de ventilación en un ciclo abierto. [16]

Entrega de enfriamiento

Estos sistemas pueden clasificarse principalmente por su medio de suministro, ya sea por enfriamiento de superficie o enfriamiento por aire. Esta clasificación es relevante desde el punto de vista arquitectónico, porque comprende una distinción inicial en

función de si el efecto de enfriamiento está incrustado en un elemento de construcción, como una pared o losa / techo (enfriamiento de superficie), o es entregado mediante un dispositivo suplementario incorporado en la habitación (enfriamiento por aire).

Se propone un segundo nivel para la clasificación de estas tecnologías, basado en el medio de transferencia de calor: suministro de enfriamiento a base de agua o aire.

Tabla 3: Tecnologías de entrega de enfriamiento disponibles [16]

Medio	Tecnologías
Enfriamiento de superficie	Enfriamiento radiante a base de agua
Enfriamiento por aire	Enfriamiento radiante a base de aire
	Intercambiadores de calor aire - aire
	Intercambiadores de calor agua - aire

Los sistemas de enfriamiento de superficie funcionan básicamente como radiadores, mientras que los sistemas de enfriamiento de aire funcionan como intercambiadores de calor. [16]

Comúnmente, las tecnologías de enfriamiento de superficie se basan en agua debido a la mayor eficiencia de transferencia de calor del agua en comparación con el aire. No obstante, el uso de paredes dobles ventiladas mecánicamente se considera una alternativa para el enfriamiento de la superficie basado en el movimiento del aire, cuando la cavidad no se utiliza con fines de ventilación.

Por otro lado, los sistemas de suministro de refrigeración por aire son generalmente menos invasivos que los sistemas de refrigeración de superficie, teniendo limitado el impacto en el diseño de los elementos de construcción circundantes.

Opciones de fachada integrada

En cuanto al efecto termoeléctrico, los tamaños de componentes pequeños y la simplicidad de su funcionamiento se han considerado ventajas importantes para los propósitos de integración de fachadas. [16]

Las experiencias basadas en sólidos se consideran el uso más simple del principio termoeléctrico, básicamente uniendo un material conductor sólido al extremo frío de

un módulo termoelectrico (TE). A su vez, este material sólido brinda enfriamiento a la habitación.

La primera opción de fachada valorada se representa en la Figura 33.

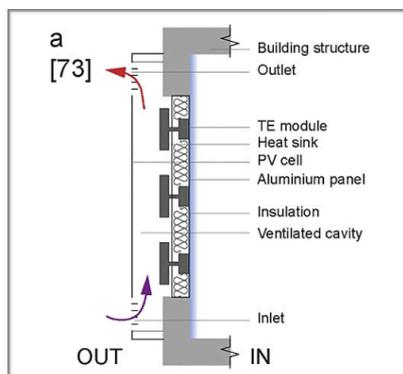


Figura 33: Fachada de enfriamiento termoelectrico basado en sólidos [16]

La distribución y/o entrega se realiza mediante un panel radiante de aluminio incrustado en la capa interna de la pared del edificio, por lo tanto, directamente frente al ambiente interior. El componente de fachada consta de dos capas, separadas por una cavidad con ventilación externa, que funciona como una pared opaca ventilada mecánicamente desde el punto de vista de la construcción. Los módulos TE están unidos directamente al panel de aluminio, considerando el aislamiento externo para minimizar las pérdidas de calor. Los dissipadores de calor están conectados a los módulos TE, con ventiladores para mejorar el rechazo de calor a través de la cavidad. Finalmente, la capa externa consiste en un módulo fotovoltaico que impulsa el sistema.

La segunda opción de fachada se representa en la Figura 34 y sigue el mismo principio explorado en el punto anterior. Sin embargo, se trata de un diseño más avanzado ya que se desarrolla un módulo de fachada completo en lugar de un componente incrustado en una pared. El módulo de fachada se concibe como un sistema de caja de ventilación, ventilado naturalmente hacia el exterior para rechazar el calor. De manera similar al concepto anterior, los módulos TE están unidos directamente a la capa interna y conectados a dissipadores de calor colocados en la cavidad de aire, con aislamiento en el medio. En este caso, la capa interna es una piedra refractaria de 14 mm. En la capa externa se encuentran los paneles fotovoltaicos. [16]

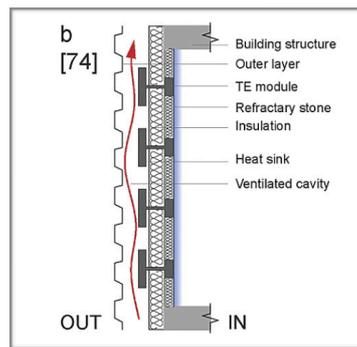


Figura 34: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en sólidos [16]

El concepto presentado anteriormente es una evolución del concepto que se desarrolla a continuación en la Figura 35. Este concepto emplea un sistema de distribución basado en aire en lugar del sistema basado en sólidos discutido anteriormente. La principal diferencia es la inclusión de una segunda cavidad de aire, colocada en los interiores. Por lo tanto, los módulos TE enfrían el aire interior dentro de la segunda cavidad para llevarlo a la habitación a través de difusores colocados en una capa interna compuesta de paneles de yeso laminado. Ambas cavidades de aire, interna y externa, pueden abrirse y cerrarse para aprovechar la ventilación si fuese necesario.

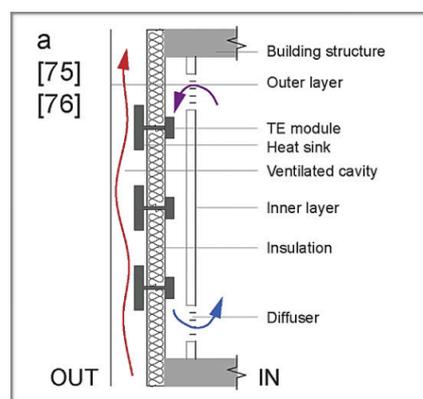


Figura 35: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en aire [16]

Otro concepto para una fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en aire es representado en la Figura 36. Se trata de una fachada de doble capa con módulos TE colocados en su capa externa. Las capas internas y externas son paneles de vidrio del suelo al techo, con entradas de aire en el acristalamiento interno para permitir el intercambio de aire entre la habitación y la cavidad. Por lo tanto, el aire en la cavidad

es enfriado por medio de disipadores de calor unidos a los módulos TE, utilizando ventiladores para mejorar el movimiento del aire además de las corrientes de convección naturales. Para aumentar la ganancia de calor solar, la cavidad se subdivide para restringir la acción de cada módulo TE a un volumen menor, al tiempo que limita su exposición directa al exterior por medio de la geometría de la partición de la cavidad. Esta división se genera insertando policarbonato extruido de doble pared en la cavidad de aire.

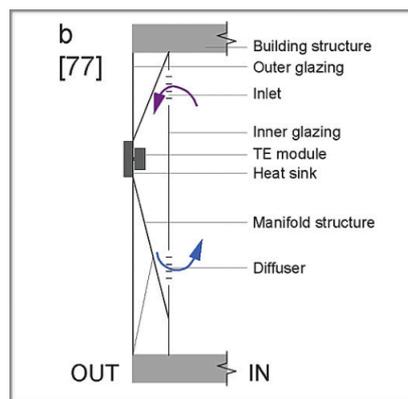


Figura 36: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en aire [16]

El último concepto de fachada se representa en la Figura 37 y utiliza agua como medio de transferencia de calor. La fachada consta de dos partes: un módulo transparente, que funciona como una ventana, y dos módulos opacos colocados a cada lado de la ventana, a cargo del proceso de enfriamiento. Una capa fotovoltaica transparente se encuentra frente a la ventana y actúa como entrada de energía sin bloquear la vista. Cada módulo opaco de enfriamiento consta de cuatro unidades TE conectadas a disipadores de calor externos para la disipación de calor, y a un tubo de aluminio lleno de agua para el suministro de refrigeración interior. El tubo de aluminio está aislado térmicamente en todos los lados, excepto en el lado que da al ambiente interior, mientras que el agua actúa como un banco térmico para ralentizar la entrega de enfriamiento. [16]

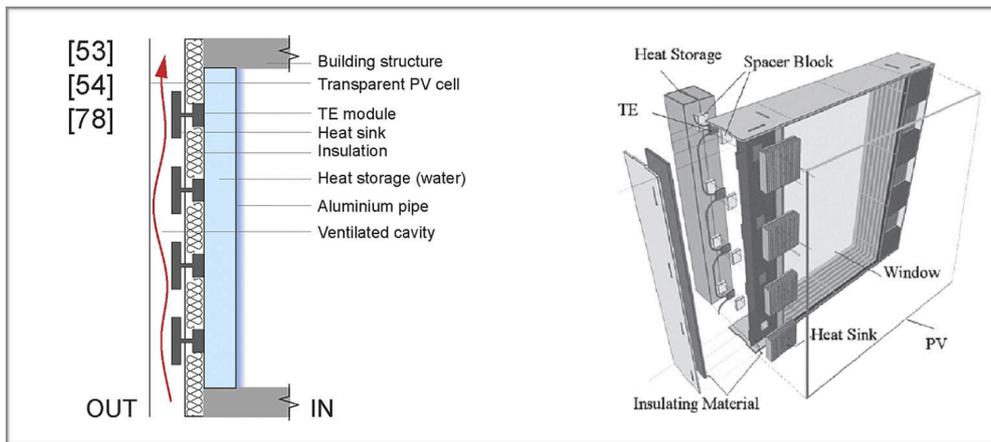


Figura 37: Fachada de enfriamiento termoeléctrico basado en agua [16]

El único ejemplo de fachada de enfriamiento basado en sorción se representa en la Figura 38.

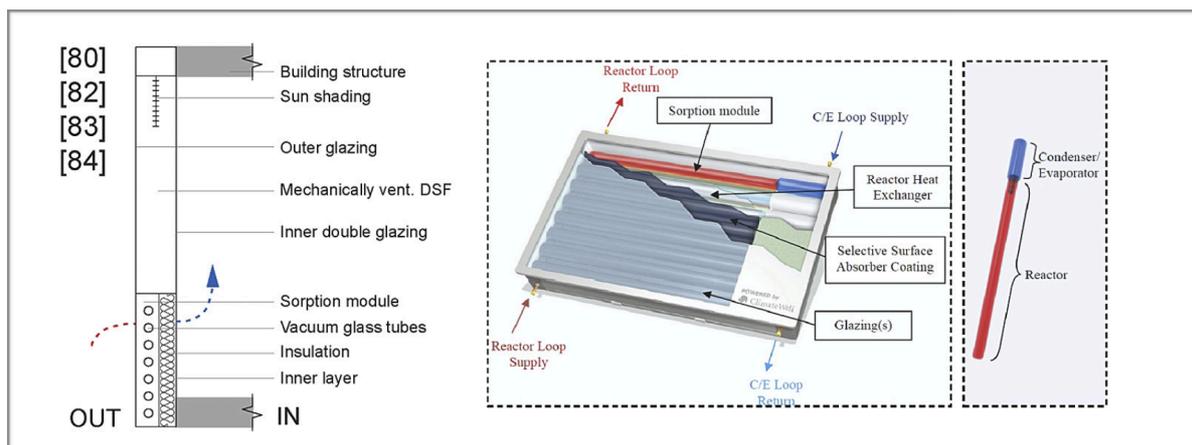


Figura 38: Fachada de enfriamiento basado en sorción [16]

Como se explicó anteriormente, el tamaño de los sistemas requeridos y la necesidad de componentes de rechazo de calor en un sistema de circuito cerrado se consideran desventajas para la integración de fachadas. No obstante, se pueden evitar esas desventajas diseñando un concepto basado en la sorción, trabajando en ciclos abiertos utilizando el aire como medio de transferencia de calor. La base del sistema es un componente de bomba de calor térmico desarrollado previamente para aplicaciones en tejados. Este componente consiste en módulos de sorción de pequeño tamaño integrados dentro del panel solar de tubos de vacío. Los módulos

de sorción son tubos de vidrio al vacío con dos compartimentos conectados: un reactor y un evaporador - condensador. El compartimento del reactor se une a un colector solar, mientras que el evaporador - condensador está protegido de la radiación solar directa, proporcionando el efecto de enfriamiento.

El componente de enfriamiento se desarrolla como un elemento independiente “plug and play” que se colocará en el alféizar de un módulo de fachada prefabricado, con una ventana doble ventilada mecánicamente en la parte superior, considerando el doble acristalamiento como capa interna, las persianas venecianas en la cavidad de aire y un único acristalamiento como capa externa. La principal desventaja del componente de enfriamiento es que funciona bajo ciclos de día - noche, liberando enfriamiento durante la noche y cargándose durante el día.

La fachada de la Figura 39 se desarrolla con la tecnología de enfriamiento desecante, aplicando una capa de gel de sílice en la cavidad de un sistema opaco de ventilación, para deshumidificar el aire externo entrante con fines de ventilación. La cavidad se divide verticalmente en dos partes: la parte inferior alberga un colector solar, mientras que la parte superior transporta el material desecante, permitiendo modos de operación intermitentes. Durante la operación del desecante, la parte inferior está sellada por un amortiguador, y la entrada de aire ocurre en la parte superior, proporcionando aire tratado a través de conductos conectados al extremo superior del módulo de fachada. Por el contrario, durante el modo de regeneración, la entrada de aire ocurre en el extremo inferior de la fachada, calentando la corriente de aire mientras fluye a través del colector solar, para luego pasar a través del canal desecante para evaporar la humedad previamente absorbida por la capa de gel de sílice. Finalmente, el aire cálido y húmedo es rechazado hacia el exterior a través de una salida de aire ubicada en el extremo superior de la fachada. [16]

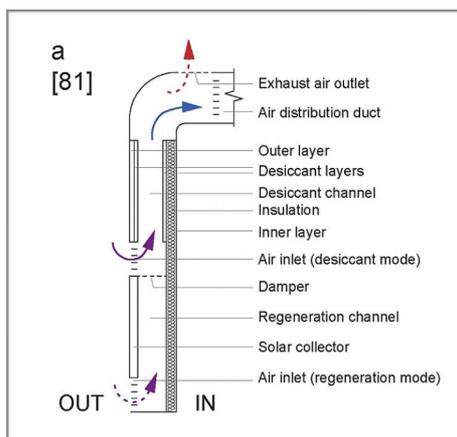


Figura 39: Fachada de enfriamiento desecante [16]

Por otro lado, el siguiente sistema de fachada, representado en la Figura 40, está basado en desecante líquido para climas cálidos y húmedos. El sistema consta de tres módulos prefabricados acoplados entre sí para permitir la operación general: un componente opaco, un componente transparente y el colector solar, para la regeneración del desecante. El componente opaco incorpora un deshumidificador y un enfriador evaporativo indirecto, para tratar el aire entrante en un ciclo abierto. El componente de la ventana es una unidad de doble vidrio sellado, mientras que el regenerador consiste en tubos evacuados colocados en un voladizo sobre la ventana para recibir radiación solar directa mientras actúa como sistema de protección solar para las áreas transparentes. El desecante líquido, cloruro de calcio, se distribuye en tubos microporosos de polipropileno, permeables al vapor de agua, pero impermeables a la solución desecante. [16]

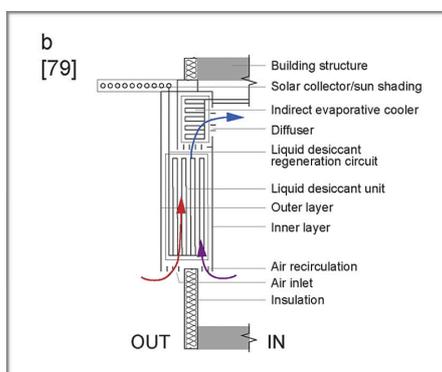


Figura 40: Fachada de enfriamiento desecante líquido [16]

En cuanto a refrigeración termomecánica, el siguiente concepto de fachada busca diseñar un componente de fachada de enfriamiento solar impulsado por un motor Stirling dúplex colocado en el borde de la losa del edificio. Consiste en un componente de ventana, un colector solar colocado en el alféizar y el motor Stirling mencionado anteriormente. Para alcanzar las altas temperaturas requeridas para conducir el motor, se usaron lentes Fresnel como dispositivos concentradores solares en lugar de un colector solar térmico. El agua se utiliza como medio de transferencia de calor, mientras que los techos refrigerados se propusieron como sistema de suministro de refrigeración.



Figura 41: Fachada de enfriamiento impulsado por motor Stirling [16]

Las dos experiencias restantes consideradas utilizan energía solar térmica para ayudar a los procesos fuera de los sistemas de enfriamiento solar comúnmente definidos.

El primero se representa en la Figura 42 y es un sistema de bomba de calor solar integrado en la fachada que consta de una bomba de calor de compresión de vapor a pequeña escala especialmente diseñada unida a un colector solar sin esmaltar para integrar en el alféizar. Una capa capilar incrustada en la capa externa de yeso del alféizar se usa como colector solar, mientras que se utiliza una solución de glicol como medio de transferencia de calor desde el colector a un tanque de almacenamiento, para luego usarse como entrada para la bomba de calor. [16]

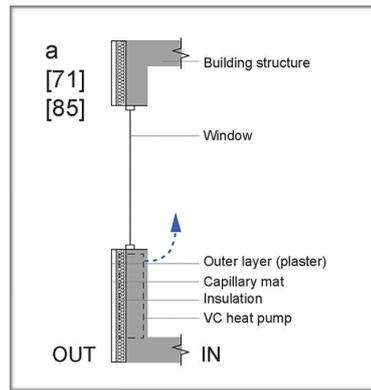


Figura 42: Otras opciones de fachadas de enfriamiento solar [16]

Finalmente, en la Figura 43, se desarrolla una fachada opaca ventilada mecánicamente junto con un sistema de refrigeración evaporativa indirecto. La fachada ventilada consta de dos cavidades de aire: la capa interna es una pared aislada, la capa externa es una placa de aluminio negro transpirado, y la capa intermedia es una pared arenosa que actúa como un enfriador evaporativo indirecto. Las bombas se usan para humedecer la pared arenosa, mientras que los ventiladores atraen el aire a cada cavidad a través de entradas diferenciadas. [16]

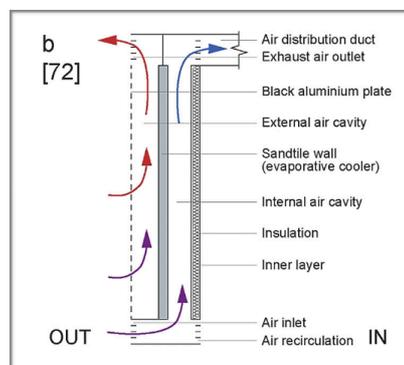


Figura 43: Otras opciones de fachadas de enfriamiento solar [16]

Las fachadas integradas de enfriamiento solar se definen para los propósitos de este estudio como sistemas de fachadas que comprenden todo el equipo necesario para proporcionar de manera autosuficiente enfriamiento impulsado por energía solar a un ambiente interior en particular. Esto significa que estos sistemas de fachadas deben integrar el equipo necesario para manejar al menos la generación y distribución de refrigeración. La integración de la entrega de refrigeración en los módulos de fachada

no se considera esencial para la definición, ya que la entrega podría ser manejada por sistemas complementarios como techos o vigas refrigeradas, para alcanzar áreas distantes de la fachada.

Con respecto a las tecnologías de distribución de refrigeración, la mayoría de los conceptos de fachada emplean aire como medio de transferencia de calor. Esta decisión tiene sentido en el contexto de la integración de fachadas, debido a varios problemas funcionales y constructivos. Por un lado, el tratamiento del aire de admisión considera la posibilidad de responder a las necesidades de ventilación junto con el enfriamiento, que aborda los requisitos multifuncionales de la envolvente del edificio. Por otro lado, el hecho de que la distribución funcione sin líquidos simplifica los sistemas requeridos, en términos de número de componentes para entrega y distribución. En general, los sistemas basados en aire parecen ser más adecuados para la operación descentralizada. [16]

En relación con el suministro de refrigeración, una vez más, la opción más utilizada parece ser la más simple, utilizando difusores para inyectar directamente aire refrigerado en la habitación. Este enfoque directo al enfriamiento por aire es útil para suministrar enfriamiento instantáneo, en cualquier momento dado, siempre que haya disponibilidad en la fuente. Sin embargo, si el efecto de enfriamiento necesita ser retrasado, se necesitarían estrategias de almacenamiento térmico, lo que puede ser un factor para elegir el agua como medio principal de transferencia de calor.

El enfriamiento termoeléctrico es una tecnología más adecuada para la integración de fachadas, principalmente debido a tamaños y número de componentes y principios operativos simples. Sin embargo, el rendimiento resultante de los sistemas debe considerarse para establecer adecuadamente las limitaciones para su funcionamiento.

No obstante, el concepto basado en sorción parece ser una alternativa prometedora en comparación con los sistemas de fachada basados en termoeléctrica. [16]

Sin embargo, esta alternativa no se desarrolla en el presente proyecto. Es una alternativa prometedora, pero para otras regiones de España ya que, como se veía en la Figura 12, las temperaturas de la localidad elegida no son tan extremas y aplicarlas en el edificio encarecería notablemente el proyecto llegando a periodos de

amortización muy elevados. Al fin y al cabo, se busca una vivienda eficiente y auto-sostenible pero que sea económicamente viable.

1.7 APROVECHAMIENTO DEL AGUA

Al comienzo del siglo XXI se vive una crisis energética que debido al cambio climático tiene un impacto social muy superior al de las precedentes. Esta crisis ha servido para evidenciar el enorme gasto de energía que el manejo sostenible del agua comporta, aumentando así la emisión de gases de efecto invernadero. [7]

Hasta hace pocos años, la única relación agua - energía objeto de interés era el aprovechamiento del agua como fuente de energía mecánica y eléctrica. Pero, propiciado por el gran consumo energético que el manejo sostenible del agua exige y por la necesidad de generar recursos alternativos en algunas áreas geográficas, en los últimos años despierta más interés la relación inversa, es decir, el recurso natural máspreciado como consumidor de energía. [7]

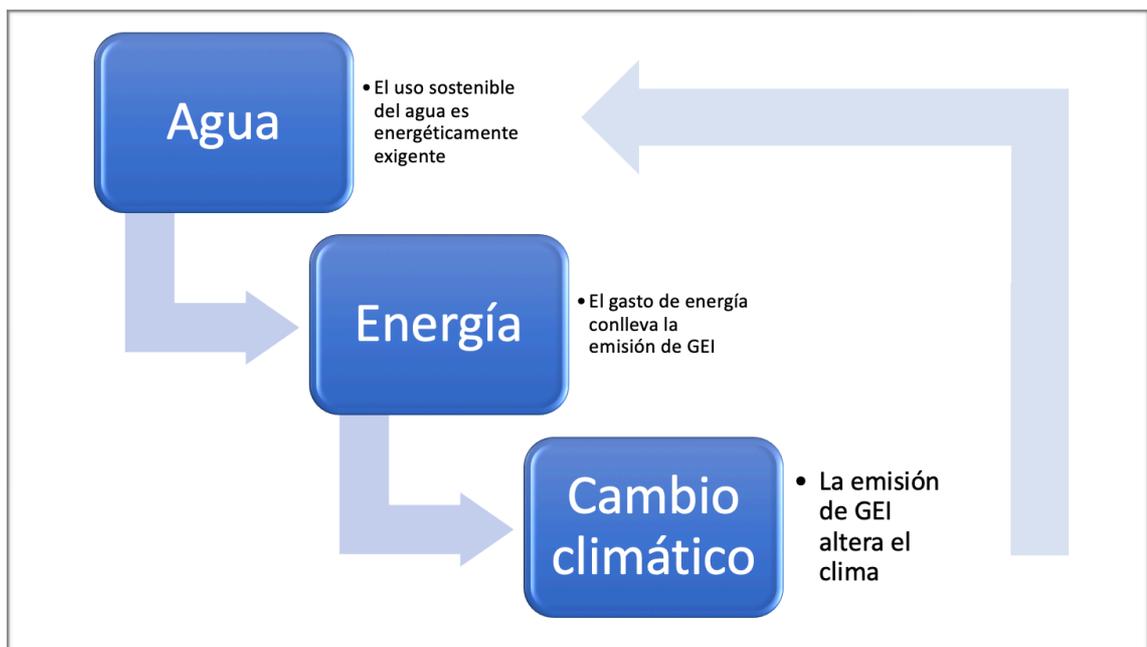


Figura 44: El bucle agua - energía - cambio climático [7]

Estudios como el realizado en el Estado de California (CEC, 2005b) permiten clarificar el consumo energético en las diferentes fases del ciclo del agua, vinculando así energía y agua. [7]

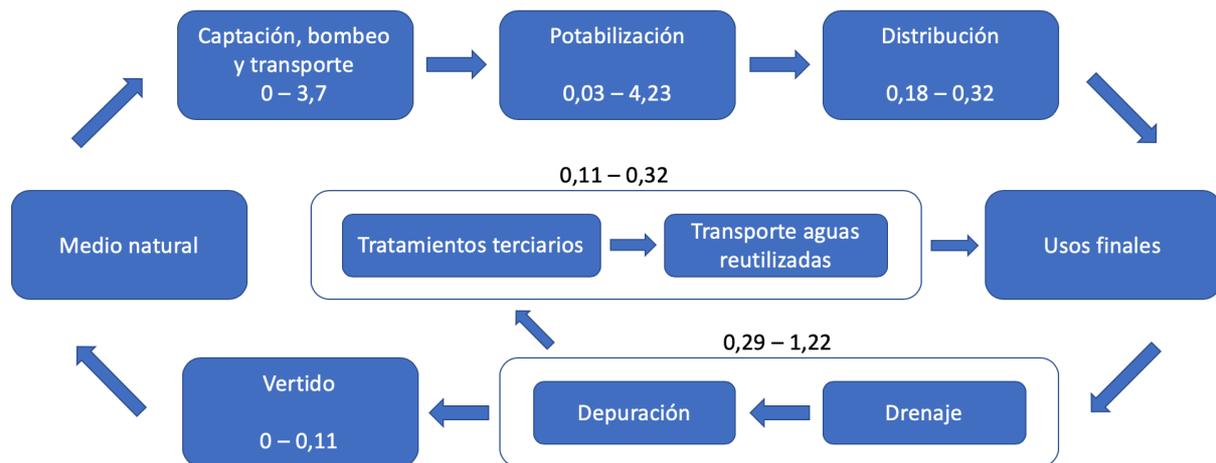


Figura 45: Energía (kWh/m³) para cada una de las fases del ciclo del agua en el estado de California [7]

En España, en el año 2008, en torno al 6% de consumo energético se destina al consumo del agua, siendo ésta una tendencia positiva debido a la expansión de la red de abastecimiento, el aumento de la demanda de agua y la mayor disponibilidad del suministro. [20]

La manipulación de cauces, la detracción de grandes volúmenes para el consumo, la regulación de aguas superficiales, y la energía empleada para el transporte de las aguas hacen del ciclo integral del agua un foco considerable de aumento de la contaminación. [21]

Además, las previsiones de calentamiento global hablan de pérdida de la disponibilidad de agua como recurso. Por todo ello, se debe cambiar las prácticas del consumo de agua y llevar a cabo un uso eficiente del recurso.

El análisis de las aportaciones de agua en los últimos 60 años de las distintas cuencas hidrográficas, nos muestra un descenso considerable de las mismas. Si a esto le añadimos que debido a nuestro clima soleado y con una alta evapotranspiración, captamos para nuestro uso más de un tercio del agua renovable disponible. Como resultado, la utilización de los recursos de agua dulce en nuestro país es actualmente superior al doble de la media de los países de la Unión Europea. [22]

Ante este escenario, de fuerte estrés hídrico por una parte, y del porcentaje de costos que representa el consumo de agua tanto para las familias como para la agricultura y

la industria, se plantea la necesidad de buscar nuevos recursos de agua y que la ingeniería nos ofrece a día de hoy. En este sentido, el empleo de aguas regeneradas, el aprovechamiento de las aguas pluviales y muy especialmente en algunos sectores, el reciclaje de las aguas grises, ocuparán un lugar destacado en la Gestión del Ciclo Integral del Agua a corto plazo tal y como se demuestra en los países avanzados que plantean de forma seria el impacto económico y ambiental del recurso agua. [22]

Se entiende por uso eficiente del agua todo aquel que garantice la sostenibilidad del recurso hídrico, teniendo en cuenta su gestión, mantenimiento y conservación.

Las prácticas para la buena gestión del recurso tendrán como objetivo la disminución de los gastos, la reducción del consumo y la reutilización al máximo del suministro.

Además, el agua debe ser devuelta con el menor deterioro posible para evitar elevado impacto en el ecosistema, minimizando la contaminación en su uso y utilizando sistemas de depuración de bajo coste energético.

El tratamiento de las aguas, la infraestructura de almacenaje y la red de distribución conlleva un coste que debe ser amortizado para conseguir que la gestión sea sostenible, exigiendo así una adecuada planificación del aprovechamiento del agua.

Por ello, primeramente, se estudia el consumo de agua en los hogares y el coste para el usuario que éste supone. La Tabla 4 muestra el consumo de agua de los hogares por Comunidad Autónoma en el año 2016.

Tabla 4: Consumo de agua en los hogares (Litros/habitante y día) por comunidad autónoma [23]

Comunidad Autónoma	Litros / Habitante / Día
Andalucía	129
Aragón	137
Asturias	150
Islas Baleares	134
Islas Canarias	150
Cantabria	155
Castilla y León	152
Castilla La Mancha	128
Cataluña	127
Comunidad Valenciana	163
Extremadura	129
Galicia	138
Madrid	133
Murcia	132
Navarra	112
País Vasco	112
La Rioja	115
Ceuta y Melilla	103
Consumo medio nacional	136

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), el consumo aproximado en Cantabria por persona y día es de 155 litros. [23]

Otro factor determinante es el precio del agua potable, cuya distribución por Comunidad Autónoma se desglosa en la Figura 46.

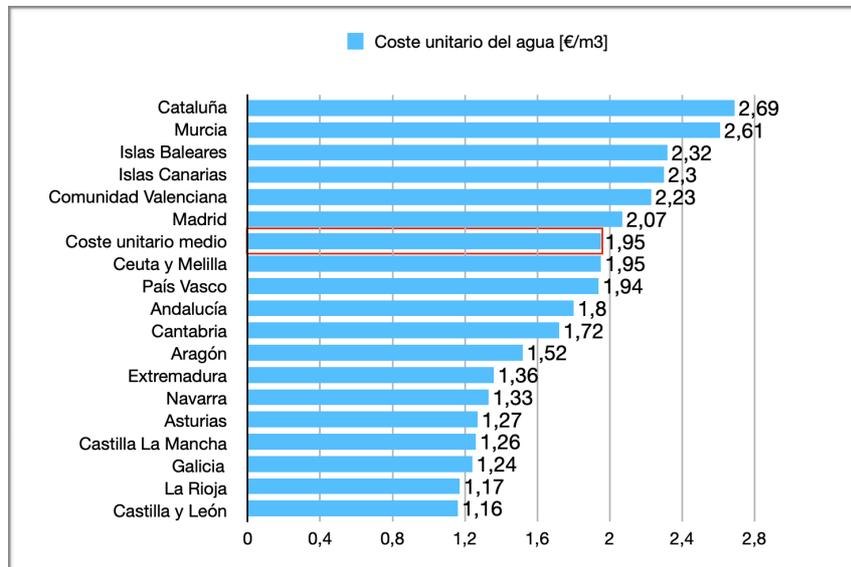


Figura 46: Precio agua potable (€/m³) por comunidad autónoma [23]

En Cantabria, Comunidad Autónoma elegida para el desarrollo del presente proyecto, el precio del agua es de 1,72 €/m³.

En cuanto al consumo del agua en los hogares, de forma general sigue la tendencia indicada en la Figura 47.

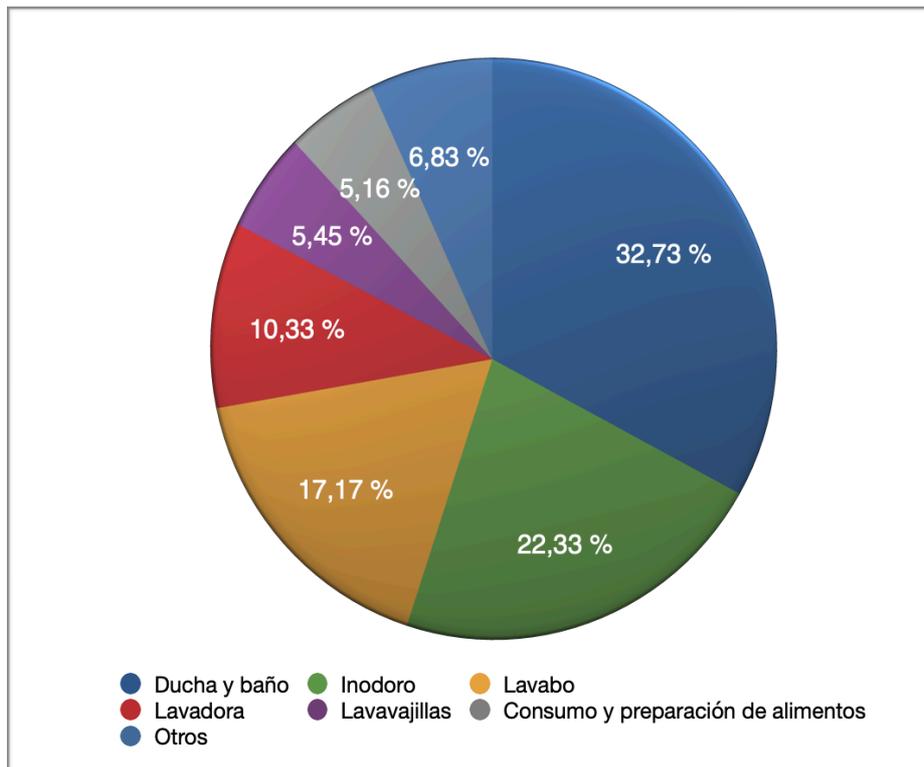


Figura 47: Distribución del consumo de agua en los hogares [24]

De estos datos, hay que quitar el agua que estrictamente tiene que ser potable, ya que no será sustituida por agua reutilizada.

Considerando “Otros” como el agua destinada a la limpieza o riego de las plantas, el porcentaje del agua consumida en la vivienda que puede ser reutilizada es aproximadamente del 40%, aunque dejaremos ese porcentaje aparte ya que ese agua procede de la grifería y también puede ser utilizado para el consumo humano.

Finalmente, el agua que puede ser reutilizada es el 33% del agua utilizada en la vivienda.

Para que el agua pueda ser reutilizada debe cumplir ciertas condiciones sanitarias que aseguren su uso. La calidad del agua, así como el resto de normativa de reutilización del agua viene establecida por el Real Decreto RD 1620/2007.

Como veremos a lo largo del proyecto, el agua reutilizado puede ser tanto aguas pluviales como residuales. Por ello, dispondremos de sistemas de evacuación separativos para ambas, como establecen los requerimientos del Código Técnico de la Edificación (CTE) para obras de edificación de nueva construcción. De este modo,

el sistema de alcantarillado debe disponer de derivaciones, bajantes y colectores independientes tanto para aguas residuales como pluviales.

Por otro lado, es importante poder detectar fugas en la vivienda a tiempo. Las fugas pueden ser debidas a diversos motivos como conducciones de distribución, cisternas de inodoros, circuito de calefacción, sistema de riego de jardines, piscinas,..., siendo los factores más influyentes la edad y el tipo de material de los equipos, las piezas, conexiones y tuberías, el mantenimiento, la calidad, y la presión del agua. [25]

Los mecanismos de detección de fugas ayudan a evitar pérdidas de agua incontroladas. Se basan principalmente en el descenso de la presión del agua que circula, aunque actualmente existen otras herramientas para controlar las fugas tales como contadores electrónicos, o sistemas domóticos como detectores de fugas acústico, detectores de inundación, detectores de humedad, ... [25]

Los sistemas domóticos envían la información a una central que se encarga de efectuar las acciones oportunas como el corte mecánico del sistema de distribución de agua a través de una electroválvula, el aviso del usuario o el apagado de los electrodomésticos. A su vez, los contadores electrónicos pueden estar conectados al sistema domótico para enviar la información al usuario. [25]

Tanto el sistema de aguas pluviales como el de aguas residuales deben garantizar el suministro de agua de red incluso en casos de un posible corte de energía eléctrica. [22]

Para ello, en ambos sistemas, quedará perfectamente establecido el protocolo de actuación de conmutación de agua de red en caso de que se precise, cumpliendo la norma UNE-EN 1717:2001, "Protección contra la contaminación del agua potable en las instalaciones de aguas y requisitos generales de los dispositivos para evitar la contaminación por reflujos", que hace referencia a la separación entre la red de agua apta para el consumo humano de otras redes y las medidas de seguridad aplicables. [22]

Asimismo, las aguas negras deben estar conectadas a la red de saneamiento general con el exceso de aguas grises y agua de lluvia para evitar el rebosamiento de los depósitos.

En ambos sistemas, las tuberías, canalizaciones, elementos de racorería asociados, etc. deben cumplir con las normativas vigentes, poniendo especial atención a los siguientes puntos: [22]

- Los sistemas de ventilación y purga de las cisternas deben ser colocados de forma que el agua superficial, hojas, basura y pequeños animales no puedan acceder a su interior.
- Las tuberías de rebose de los canales y las tuberías de desagüe deben equiparse con sifones para evitar entrada de gases de las alcantarillas y pequeños animales. Si el sistema de rebose se conecta a un sistema de infiltración situado por encima del suelo, debe colocarse un sistema anti-retorno para evitar la entrada de suciedad, así como de pequeños animales. En ningún caso estos elementos deben disminuir el caudal inicial de flujo diseñado.
- Los rebosaderos deben colocarse de forma que recojan la capa flotante del agua del depósito. En caso de utilizarse varios depósitos conectados en serie, se debe colocar un rebosadero en el depósito inicial.
- La tubería de salida de agua del depósito debe colocarse de forma que no aspire los sedimentos del mismo, recomendándose un sistema de toma flotante. Esta tubería debe protegerse en su recorrido hasta el edificio de posibles heladas y de materiales adecuados para soportar el vacío por succión.
- Las tuberías, en el caso de transcurrir en paralelo con las de agua caliente sanitaria, deben estar completamente aisladas del calor de las mismas. Asimismo, si las condiciones climáticas de temperatura y humedad del aire lo aconsejan, las tuberías de aguas pluviales deben aislarse de manera que eviten la formación de condensación.

En la figura 48 se representa el esquema general del edificio para la reutilización de aguas pluviales y aguas residuales.

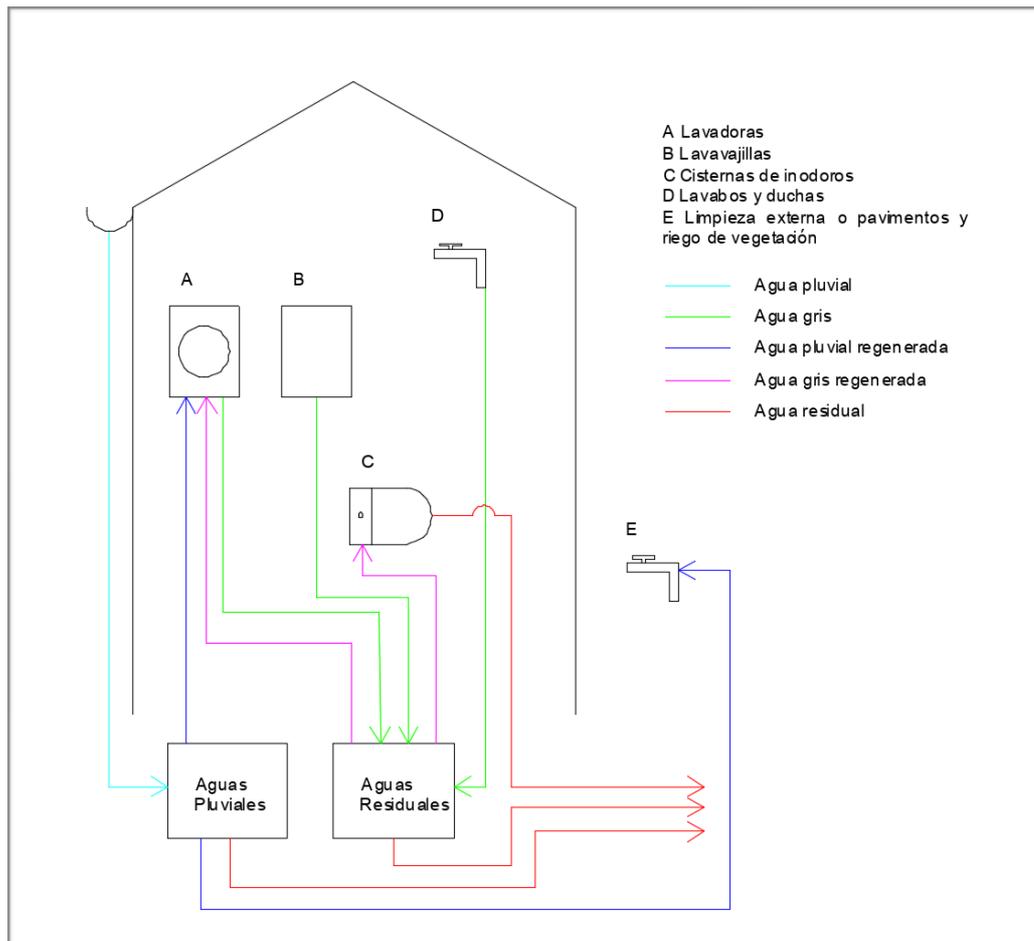


Figura 48: Esquema general de la red de reutilización de agua

1.7.1 Agua de lluvia

En España disponemos de edificios e infraestructuras creadas ya en la Edad Clásica que ilustran la importancia del aprovechamiento del agua de la lluvia en países del ámbito mediterráneo como es el nuestro. Y es que el agua de lluvia es un recurso alternativo para el suministro de agua en los edificios y viviendas que resulta de especial interés medioambiental y económico. [26]

España fue hace siglos pionera en Europa en el aprovechamiento del agua, pero hoy está en la cola del continente en la instalación de estas soluciones que tanta aplicación tienen en el centro y norte europeo como medida sostenible en el uso del agua. Las inercias normativas, técnicas y de mercado son los principales obstáculos que han frenado y siguen frenando una amplia implementación de estas tecnologías, incluso cuando éstas están contrastadas ya en otros países. [26]

El agua de lluvia es un recurso básico para alcanzar la máxima sostenibilidad posible en el edificio.

Proporciona una reducción de costes para el usuario, así como una disminución del uso de productos químicos para la potabilización del agua, y ahorro de energía en la distribución de agua potable. [25]

Su aplicación es muy extensa, aunque hay que tener en cuenta el tratamiento necesario en cada caso. Puede utilizarse para las cisternas de inodoros, limpieza externa o de pavimentos, alimentación de la lavadora, riego de vegetación, evitando así el riego por aspersión que genera aerosoles. Hay que tener en cuenta que no puede utilizarse para la ducha o el consumo ya que conlleva a riesgos asociados a la salud pública. [25]

El emplazamiento elegido juega un papel importante debido a las frecuentes lluvias en la zona.

Para la recogida del agua de lluvia necesitaremos un sistema que permita canalizar el agua del tejado y de las zonas exteriores, y un depósito cubierto para su almacenaje. Hay que tener en cuenta los materiales de construcción de dicho depósito para que no contaminen el agua. [25]

Respecto a la construcción de la vivienda, para el aprovechamiento del agua de lluvia, el edificio debe contar con un tejado con la pendiente adecuada y bajo éste, sistemas de recolección de aguas pluviales tales como canalones de evacuación perimetrales.

Los canalones están adosados a los bordes del tejado, donde el agua se acumula antes de caer al suelo, y conectados a unas bajantes para enviar el agua hacia el desagüe pluvial. Los canalones utilizados en el proyecto son de PVC ya que es un material resistente al agua y que no altera la calidad de la misma. Además, se utilizan canalones de fácil unión para evitar fugas. Deben tener cierta pendiente para permitir la conducción del agua por ellos hasta las bajantes.



Figura 49: Ejemplo de canalón y bajante

En la Figura 50 se indica en la fachada del edificio diseñado la posición de los canalones y bajantes en el edificio hasta llegar a la zona de tratamiento de aguas.

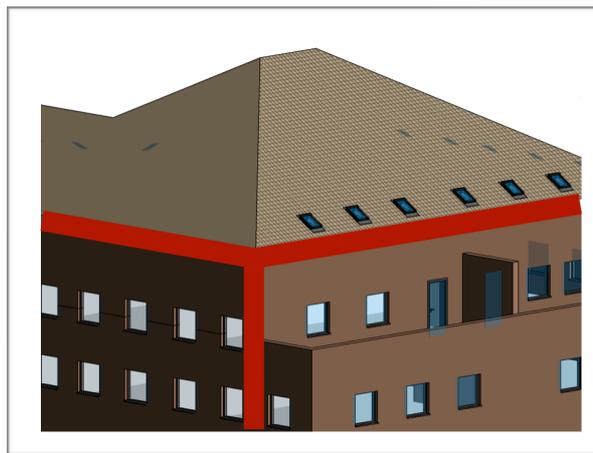


Figura 50: Posición de canalones y bajantes en el edificio de viviendas diseñado

Estos canalones se encargan de conducir el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Este depósito debe estar construido con materiales de construcción no contaminantes y duraderos, además de disponer de tapas para evitar la contaminación. Para evitar la exposición a la luz y las elevadas temperaturas, el depósito estará en la zona contigua a los garajes, destinada al sistema de reutilización de aguas.

El exceso de aguas pluviales debe dirigirse al alcantarillado para evitar el rebose de agua en el depósito. Para ello se dispone de un sifón en el tanque.

Antes de poder ser utilizado el agua de lluvia debe ser filtrado para evitar la entrada de suciedad en los depósitos de almacenaje que pueden causar averías de funcionamiento del sistema, empeorar la calidad del agua almacenada o conllevar costes de mantenimiento innecesarios. [26]

Para garantizar que el agua pluvial almacenada en el depósito llegue a los puntos de suministro previstos en una instalación, se dispondrá de un sistema de impulsión. [25]

Se requiere la instalación de un equipo de bombeo auto-aspirante. Además, se recomienda incorporar una válvula de pie si el dispositivo de aspiración no la contempla. [26]

Una variante es la aspiración con electrobomba sumergible. También puede instalarse, en estos casos, una bomba sumergible dentro del depósito de almacenamiento de agua de lluvia para impulsar directamente a los puntos de suministro o como bomba de transferencia a una central de distribución. [25]

Se recomienda, a efectos de conseguir una larga vida útil de los equipos, la utilización de materiales constructivos que no se deterioren por el contacto con el agua pluvial y en concreto resistentes a la corrosión. [26]

Se recomienda utilizar equipos que cumplan con las especificaciones vigentes del Código Técnico de la Edificación (HS - Sección HS4 Suministro de agua en edificios de viviendas, R. D. 314/2006) en cuanto a condiciones mínimas de consumo. En cuanto al control de ruido de estos equipos es de aplicación el documento básico DB HR Protección frente al ruido del mismo CTE. [25]

El suministro debe garantizarse durante todo el año con independencia de que pueda agotarse el agua pluvial del depósito. Por ello, se necesita disponer como fuente alternativa el agua de red para el posible abastecimiento, siendo necesario un sistema de conmutación.

A continuación, se detallan los diferentes componentes necesarios para la instalación:

Filtros

Se puede distinguir tres tipos de filtros en función de su ubicación: [26]

- **Tipo U1:** Filtros para la instalación en bajantes
- **Tipo U2:** Filtros para la instalación en depósitos
- **Tipo U3:** Filtros para la instalación individual (en arquetas, enterradas o en superficie).

Con respecto al principio de funcionamiento existen dos tipos básicos: [26]

- **Tipo F1:** Filtros con expulsión de la suciedad autolimpiantes
- **Tipo F2:** Filtros con acumulación de la suciedad



Figura 51: Tipos de filtros [26]

Una visión general de las características principales de los distintos tipos de filtro puede verse en la Tabla 5.

Tabla 5: Características principales de los filtros [26]

Tipo	Eficiencia [%]	Grado filtración [mm]	Mantenimiento	Capacidad	Coste
U1 / F2 Bajante	80 - 90	0,7 - 1,7	Bajo	Bajo	Bajo
U2 / U3 / F2 Tipo cesta	99	0,4 - 1	Alto / Medio	Media / Alta	Medio
U2 / U3 / F1 Tipo autolimpiantes	90 - 95	0,35 - 2	Bajo	Media	Alto

Definimos la eficiencia en la recogida, como el parámetro que nos permite calcular la proporción de agua que realmente entra dentro el depósito de recogida, una vez descontada la pérdida en la captación por el sistema de filtrado previo a la entrada.

En cuanto al dimensionado y la capacidad de los filtros, en ningún caso el filtro debe reducir el corte seccional de la tubería final de aguas pluviales antes del filtro.

Los filtros deben ser instalados de forma que se facilite su mantenimiento y limpieza.
[26]

Depósitos

El depósito debe tener un rebosadero de un diámetro igual o superior al diámetro de la tubería de entrada de agua y debe estar situada en una cota inferior a la misma. Para mantener la calidad del agua dentro del depósito son necesarios los siguientes componentes:

- Uno o varios filtros adecuados según la necesidad.
- Deflector o entrada anti-turbulencia de agua: El agua debe entrar desde la parte inferior del depósito y en sentido ascendente, para evitar remover los sedimentos que pudiera contener.
- Sifón de protección en la salida de agua, para evitar la posible contaminación de la misma por insectos u otros pequeños animales que pudieran mermar la calidad del agua.
- Dispositivo de succión flotante conectado a la bomba de impulsión para extraer el agua del depósito.

Además, se pueden incorporar los siguientes equipamientos opcionales dependiendo del tipo de instalación: [26]

- Soporte para bombas sumergidas.
- Sistema de conmutación entrada de agua de red, en el momento en que el agua acumulada en el depósito sea insuficiente.

- Sistema de descarte de las primeras aguas entre dos largos episodios de lluvia, para eliminar que la suciedad acumulada sea vertida al depósito.
- Indicador del nivel de agua dentro del depósito.
- Sistema de desinfección.
- Sistema anti-retorno de aguas ajenas a las pluviales al depósito, como las residuales y freáticas.

Sistema de bombeo

Debe realizarse la correcta selección del equipo de impulsión con arreglo a las especificaciones de la obra siguiendo el criterio de máxima eficiencia y mínimo consumo. Podemos mencionar bombas sumergibles, grupos de presión y pozos de bombeo prefabricado entre otros. Estos equipos contarán con de una válvula anti-retorno. [26]

Sistema de conmutación

Se trata de un mecanismo manual o automático que deberá asegurar la correcta conmutación entre las dos redes de agua, cuando el nivel de agua pluvial en el depósito no sea suficiente para garantizar el suministro en los puntos de entrega. [25]

Debe cumplir con las especificaciones vigentes del Código Técnico de la Edificación (HS - Sección HS4 Suministro de agua en edificios de viviendas, R. D. 314/2006) e incorporar un sistema de rebosadero, de acuerdo a la misma norma. [26]

Como hemos mencionado a lo largo del apartado, todo el sistema de reutilización de agua de lluvia debe ser un sistema independiente.

Los elementos de captación, filtración, almacenamiento, impulsión, conducción, evacuación y entrega de aguas pluviales, deben ser independientes del sistema de agua potable evitando riesgo de conexiones cruzadas. El sistema debe ser autosuficiente en cuanto a su evacuación (drenaje) incluso en casos de corte de fluido eléctrico. [26]

En la acometida de agua potable del edificio o, a ser posible cerca del contador, debe señalizarse claramente.



Figura 52: Ejemplo de señalización de edificio con reutilización de aguas pluviales [25]

Los lugares de captación, filtración, almacenamiento, impulsión, conducción, evacuación y uso de aguas pluviales, deben estar convenientemente señalizados para que puedan ser identificados como tales de forma fácil e inequívoca (punto 2.2 de la sección HS4 del Código Técnico de la Edificación). [26]



Figura 53: Ejemplo de pictograma de agua no potable [25]

Las tuberías, siempre de material plástico o de acero inoxidable, deberán estar especialmente señalizadas durante todo su recorrido para evitar posibles confusiones.

Los puntos de entrega de agua pluvial de libre acceso si los hubiera, deben asegurarse con sistemas de seguridad complementarios a la señalización como grifos con maneta desmontable o bloqueable.

Todos los elementos a instalar deben estar ubicados en espacios adecuados que tengan en cuenta su fácil acceso para realizar el mantenimiento habitual y también en caso de avería del sistema.

Es necesario mantener la calidad del agua del depósito con un sistema de control y vigilancia. Por ello, se debe realizar un mantenimiento periódico de todo el sistema de aprovechamiento de agua pluvial, como mínimo de una vez al año. [26]

Los puntos clave a revisar periódicamente son los siguientes: [26]

- **Captación:** Revisión de cubiertas, canaletas y bajantes para comprobar su estado de conservación y para evitar posibles obturaciones y suciedad.
- Equipo de **descarte** de las primeras aguas, en el caso de que se disponga. Revisión periódica del estado de conservación y limpieza.
- **Filtración:** Revisar y limpiar periódicamente el sistema de filtración.
- **Almacenamiento:** Revisión del depósito y sus equipos (en especial rebosadero y válvula de pie) para verificar las necesidades de limpieza y el estado de conservación.
- Sistema de **distribución:** Es especialmente importante hacer el correcto mantenimiento del sistema de bombeo, atendiendo a las recomendaciones del fabricante.
- Sistema automático de **desinfección:** En el caso de que se disponga, se debe comprobar periódicamente su correcto funcionamiento.

En general, se recomienda seguir las indicaciones de la siguiente Tabla 6.

Tabla 6: Mantenimiento periódico del sistema de agua pluvial [26]

	Acción	Periodicidad
Canaletas y bajantes	Inspección / Limpieza	Semestral / Anual
Descarte de las primeras aguas	Inspección / Limpieza	Semestral / Anual
Filtración	Inspección / Limpieza	Mensual
Almacenamiento	Inspección / Limpieza e higienización	Anual
Bombeo	Inspección / Mantenimiento	Semestral / Anual
Conducción y puntos de uso	Inspección / Control señalización	Semestral / Anual
Sistema de desinfección	Inspección / Mantenimiento	Mensual / Anual
Accesorios	Inspección	Anual

1.7.2 Aguas grises

Se define como aguas grises al agua residual de baja carga contaminante proveniente de lavabos, pilas de cocinas, duchas, lavavajillas y lavadoras. [25]

Por su parte, las aguas regeneradas son las aguas grises destinadas a la reutilización. Se almacenan en un depósito para reutilización en los puntos de consumo permitido. [25]

Su uso presenta ventajas similares a las del uso de agua de lluvia incluyendo una reducción significativa de la cantidad de aguas que llegan a las depuradoras municipales, lo que se traduce en ahorro de energía en distribución y tratamiento, y la preservación de ríos caudalosos y limpios y mantenimiento de los acuíferos. [25]

Asimismo, las aplicaciones son las mismas que las descritas anteriormente en la utilización de agua de lluvia.

El aporte de aguas grises y el consumo de las aguas una vez tratadas, como se representa en la Figura 54, son muy variables a lo largo del día. Por lo tanto, debe considerarse la instalación de un sistema de almacenamiento que optimice su aprovechamiento, es decir que incluso en horas de baja producción de agua gris se garantice el suministro de agua tratada. [24]

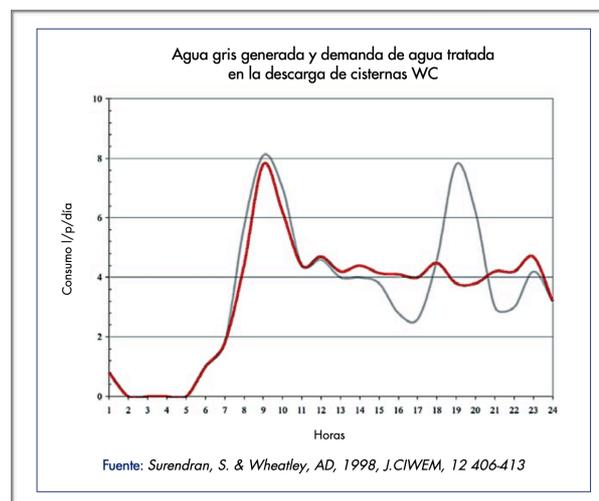


Figura 54: Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas de inodoros [22]

A partir del balance hídrico, se determinan los volúmenes de acumulación del agua bruta y de la tratada, así como los caudales y flujos de agua. El tiempo de residencia en los depósitos tiene que garantizar el suministro de agua reciclada reduciendo al máximo el aporte de agua de red.

Las aguas grises procedentes de las duchas, lavabos, pilas de cocina, lavadoras y lavavajillas, bajan mediante tuberías a depósitos donde son tratados antes de reutilizarse.

El diseño del sistema de reciclaje de aguas grises debe realizarse con el objetivo de aprovechar una cantidad relevante de aguas grises de calidad aceptable. [22]

Por este motivo, se desestimarán las aguas residuales de cocina o con grados importantes de contaminación, tintes, lejías, colorantes, etc. En este sentido puede ser útil dejar un lavamanos con desagüe conectado directamente a la red de aguas negras que permita no introducirlas en el sistema.

De igual modo, los sistemas centralizados incluirán los elementos de medición necesarios para poder evaluar la cantidad de agua reciclada.

Para la recuperación de aguas grises se aplican diversos tipos de tratamiento. La selección del sistema más adecuado dependerá de varios factores, entre ellos:

- Características de las aguas grises a tratar
- Uso del agua tratada
- Especificaciones requeridas en el agua tratada
- Otros aportes de agua a recuperar (pluviales, sobrantes de piscinas, etc.)
- Aspectos económicos

De forma general los tratamientos se pueden clasificar en sistemas físicos, sistemas físico-químicos y sistemas biológicos. [22]

Sistemas físicos

Tienen como única finalidad la separación por flotación de los aceites y grasas, y por decantación las partículas sólidas en suspensión. Se basan en sistemas de filtración tipo filtros de malla, anillas, arenas, etc., con o sin previa separación de sólidos y/o grasas.

Estos tratamientos si bien son los más económicos y con menor mantenimiento, hoy en día están considerados como meros pre-tratamientos por su poca eficiencia por sí solos. [22]

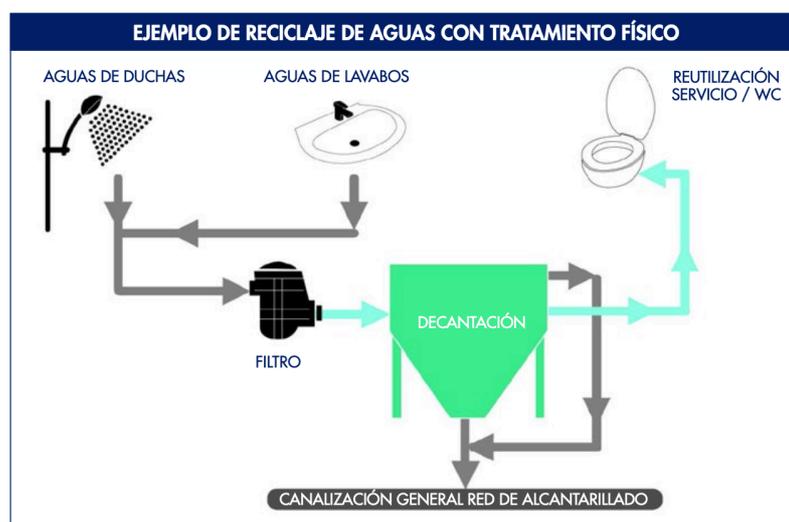


Figura 55: Ejemplo de reciclaje de aguas residuales con tratamiento físico [22]

Sistemas físico-químicos

Se utilizan para la separación de aceites y grasas, emulsiones, coloides, partículas en suspensión, materia orgánica y turbidez. En la fase del tratamiento pueden incorporar las siguientes etapas: [22]

- Uso de un prefiltro para eliminar los residuos y las partículas previas al almacenamiento.
- Dosificación de coagulantes/floculantes.
- Filtración de afino.
- Desinfección para evitar la proliferación de microorganismos.

Con el paso de los años estos tratamientos han caído en desuso por sus altos costes de mantenimiento posterior, así como su poco rendimiento comparado con otras tecnologías actuales.

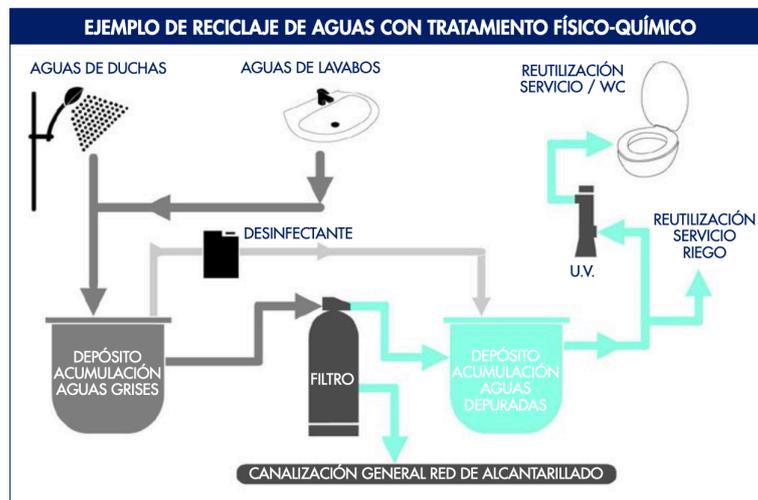


Figura 56: Ejemplo de reciclaje de aguas residuales con tratamiento físico - químico [22]

Sistemas biológicos

Los sistemas biológicos varían en forma y complejidad, pero el concepto siempre es el mismo. Tratan de obtener la degradación de la materia orgánica presente en las aguas grises mediante microorganismos, cuyo crecimiento se favorece aportando oxígeno al sistema.

Dicha aportación puede realizarse de distintas formas según el tipo de sistema. Entre los más utilizados se destacan los reactores secuenciales, los reactores biológicos de membrana y los sistemas biológicos naturalizados: [22]

- **Reactores secuenciales:** Utilizan un proceso biológico con fangos activos. El tratamiento se realiza en forma discontinua en varias etapas: llenado, aireación, decantación y separación.
- **Reactores biológicos de membrana:** Además del proceso biológico utilizan membranas de microfiltración o ultrafiltración para la separación de los sólidos en suspensión y/o coloides, de la carga microbiana, así como de compuestos orgánicos de elevado peso molecular.

- **Sistemas biológicos naturalizados:** Utilizan un determinado tipo de vegetación para la aportación natural de oxígeno al agua, que favorece a los microorganismos, los cuales se encuentran en forma de una biocapa sobre un sustrato que está en contacto con el agua a tratar.

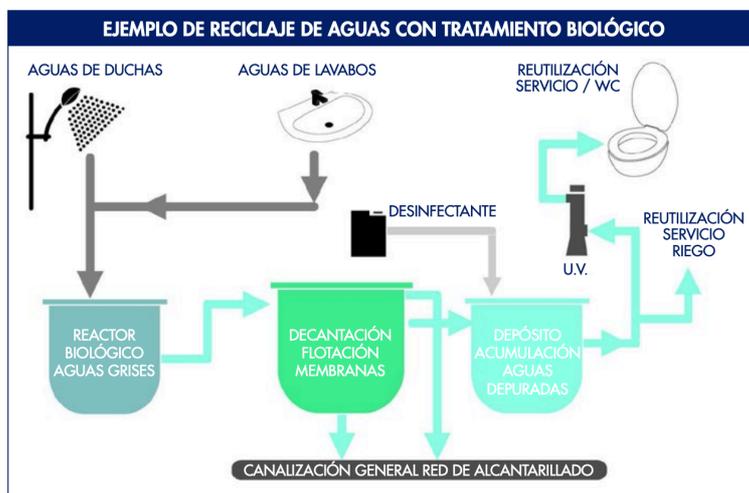


Figura 57: Ejemplo de reciclaje de aguas con tratamiento biológico [22]

Además, se recomienda instalar pre-filtros para la retención de cabellos/pelos en los puntos de desagüe y canalizaciones de las aguas grises. De esta forma se reducen los problemas de obstrucción en los sistemas de tratamiento, bombeo, ...

Las aguas grises brutas de un edificio normalmente se recogen en un depósito previo para absorber los caudales punta y proporcionar un aporte continuo al sistema de tratamiento. [22]

Estos depósitos pueden ser comunes para las aguas pluviales para satisfacer después los diferentes usos. Sin embargo, los procesos de depuración de las aguas pluviales son diferentes a los de las aguas residuales ya que el agua de lluvia es un agua prácticamente limpia para usos no potables.

Se aconseja colocar un contador de agua para contabilizar el agua gris recibida por el sistema y otro contador para el agua recuperada suministrada. Además, es recomendable instalar un sistema de rebose (bypass), que conduzca el excedente de aguas grises que no es necesario tratar hacia la red general de saneamiento. Este se debe dimensionar de modo que permita evacuar los caudales máximos de exceso de aguas grises, evitando asimismo cualquier posibilidad de reflujos. [22]

El dimensionado del depósito se realiza en función del volumen de agua a reciclar, teniendo además en consideración los siguientes conceptos:

- No es conveniente acumular las aguas grises por un periodo de tiempo superior a 24 horas ya que en caso contrario puede producirse un abundante crecimiento de microorganismos y aparecer olores desagradables.
- Debe disponerse de un sistema de descarga y un sistema de rebose que permitan enviar al desagüe las aguas grises acumuladas en el caso de que se precise.
- Debe estar correctamente señalizado, y convenientemente protegido para evitar el acceso a insectos y roedores.
- Debe ser accesible solo a personal autorizado para las operaciones de limpieza y mantenimiento.

Al igual que en el sistema de reutilización de aguas pluviales, en la acometida general de agua red del edificio, y a ser posible cerca de los contadores, debe señalizarse claramente. [22]



Figura 58: Ejemplo de señalización de edificio con reutilización de aguas grises [26]

Del mismo modo, todos los elementos integrantes del sistema de reciclaje de aguas grises, deben estar convenientemente señalizados para que puedan ser identificados como tales de forma fácil e inequívoca (punto 2.2 de la sección HS4 del Código Técnico de la Edificación). Esto puede hacerse mediante etiquetas o cualquier medio perenne con un icono y/o texto que así señalice que son elementos que contienen aguas grises, según las disposiciones vigentes en cada momento. [26]



Figura 59: Ejemplo de pictograma de agua no potable [26]

Al igual que en el sistema de aguas pluviales, los puntos de entrega de agua gris reciclada de libre acceso, si los hubiera, deben asegurarse con sistemas de seguridad complementarios a la señalización, como grifos con maneta desmontable o bloqueable, de tal forma que sean inaccesibles para niños y personas no autorizadas. Se evitarán conectores que puedan implicar cualquier tipo de riesgo, como conexiones abiertas para empalmes de riego, ...

Los elementos integrantes del sistema de aguas grises, deben estar ubicados en espacios adecuados con fácil acceso para su mantenimiento habitual y en caso de avería fortuita del sistema. Deben evitarse instalaciones al aire libre inadecuadas, en zonas muy húmedas o en ambientes con productos tóxicos, inflamables.

Durante los periodos de poco uso del agua gris, es cuando más posibilidad existe de la aparición de malos olores, debido al agua estancada que pueda quedar en los elementos y tramos finales de la red de distribución. Por ello, se debe valorar la posibilidad de realizar la canalización de distribución, con retorno al último depósito del sistema de tratamiento para garantizar la correcta calidad del agua. De esta forma se minimizan los tramos en los que pudiera quedar agua retenida por largos periodos de tiempo. [22]

El funcionamiento eficaz y continuado de la instalación depende de su mantenimiento regular. Durante las operaciones de mantenimiento, se debe tener un especial cuidado para impedir cualquier contaminación del agua gris reciclada.

El mantenimiento periódico de los equipos debe incluir como mínimo los siguientes conceptos: [22]

- La verificación del correcto funcionamiento de cada etapa del tratamiento. Se realizará con la frecuencia indicada por el fabricante.
- La sustitución de piezas desgastadas, caducadas y/o desechables.
- La verificación y limpieza del pre-filtro de entrada al depósito de recepción de aguas grises. Se realizará con una frecuencia mínima quincenal.
- La limpieza de los depósitos de acumulación cuando proceda. Se realizará con una frecuencia mínima anual. Para evitar posibles reacciones químicas entre los agentes empleados en la limpieza de los depósitos, y sustancias vertidas por los usuarios en las aguas grises, es imprescindible el vaciado total de los depósitos y a ser posible su enjuague con agua antes de proceder a la limpieza de los mismos.
- La limpieza y/o desinfección de los componentes del tratamiento que lo requieran según la documentación de operación y mantenimiento del equipo. Se realizará con la frecuencia especificada por el fabricante y, como mínimo anualmente.
- La comprobación y calibración de los elementos de control, cuando proceda. Se realizará con la frecuencia indicada por el fabricante y como mínimo anual.
- Los controles analíticos necesarios para verificar la eficacia del tratamiento y la seguridad del agua tratada; se realizará con la frecuencia mínima especificada en la Tabla 7.

Tabla 7: Control del agua gris tratada [22]

Control en el agua tratada	Frecuencia	Resultados	Acciones en caso de incumplimiento
Turbidez (NTU)	Quincenal	< 2	Verificar tratamiento, realizar las operaciones de limpieza necesarias
E. Coli (UFC / 100 ml)	Semestral	Ausencia	Realizar una desinfección de la instalación y repetir el análisis
Biocida activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl₂mg / l)	Quincenal	0,5 - 2	Verificar los sistemas de dosificación y control de cloro
pH, si se adiciona cloro	Quincenal	7 - 8	Verificar los sistemas de dosificación y control de pH
En caso de aerosolización (principalmente riego por aspersión) se deberán tener además en consideración los controles analíticos establecidos en el Real Decreto 865/2003 de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis y su Guía Técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones			

1.7.3 Calidad del agua

Como se ha mencionado a lo largo del apartado, para el aprovechamiento del agua en ambos sistemas se debe cumplir ciertos requisitos de calidad del agua.

De acuerdo al Real Decreto 1620/2007, el agua debe cumplir los siguientes criterios de calidad aplicables al presente proyecto: [27]

1. Las aguas regeneradas deben cumplir en el punto de entrega los criterios de calidad según usos establecidos en el anexo I.A (Tabla 7). Si un agua regenerada está destinada a varios usos serán de aplicación los valores más exigentes de los usos previstos.
2. La calidad de las aguas regeneradas se considerará adecuada a las exigencias de este real decreto si el resultado del control analítico realizado de acuerdo con lo previsto en el anexo I.B (Tabla 8) cumple con los requisitos establecidos con el anexo I.C (Tabla 9).
3. El titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas es responsable de la calidad del agua regenerada y de su control desde el

momento en que las aguas depuradas entran en el sistema de reutilización hasta el punto de entrega de las aguas regeneradas.

4. El usuario del agua regenerada es responsable de evitar el deterioro de su calidad desde el punto de entrega del agua regenerada hasta los lugares de uso.
5. Las responsabilidades previstas en los apartados 4 y 5 se entenderán sin perjuicio de la potestad de su
6. pervisión y control de las autoridades ambientales y sanitarias.
7. La concesión de reutilización podrá ser modificada como consecuencia de las variaciones o modificaciones que se aprueben respecto de la concesión otorgada para el uso privativo del agua al primer usuario de la misma.

Los criterios de calidad requerida del anexo I.A a tener en cuenta en el presente proyecto son los especificados en la Tabla 8. Se refieren a la calidad residencial², incluyendo el riego de jardines privados³ y la descarga de aparatos sanitarios³. [27]

Tabla 8: Criterios de calidad residencial [27]

VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
1 huevo / 10 l	0 (UFC ⁴ / 100 ml)	10 mg / l	2 UNT ⁵	OTROS CONTAMINANTES ⁶ contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de sustancias peligrosas ⁷ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸ <i>Legionella spp.</i> 100 UFC / l (si existe riesgo de aresolización)

¹ Considerar en todos los grupos de calidad al menos los géneros: *Ancylostoma*, *Trichuris* y *Ascaris*.
² Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones.
³ Su autorización está condicionada a la obligatoriedad de la presencia de un doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso.
⁴ Unidades Formadoras de Colonias.
⁵ Unidades Nefelométricas de Turbiedad.
⁶ Ver el Anexo II del RD 849/1986, de 11 de abril.
⁷ Ver el Anexo IV del RD 907/2007, de 6 de julio.
⁸ Norma de calidad ambiental ver el artículo 245.5.a del RD 849/1986, de 11 de abril, modificado por el RD 606/2003 de 23 de mayo.

El control deberá realizarse a la salida de la planta de regeneración, y en todos los puntos de entrega al usuario. La frecuencia de análisis se modificará en los siguientes supuestos: [27]

1. Tras 1 año de control se podrá presentar una solicitud motivada para reducir la frecuencia de análisis hasta un 50%, para aquellos parámetros que no sea probable su presencia en las aguas.
2. Si el número de muestras con concentración inferior al VMA del Anexo I.A es inferior al 90% de las muestras durante controles de un trimestre (o fracción, en caso de periodos de explotación inferiores), se duplicará la frecuencia de muestreo para el periodo siguiente.
3. Si el resultado de un control supera al menos en uno de los parámetros los rangos de desviación máxima establecidos en el Anexo I.C, la frecuencia de control del parámetro que supere los rangos de desviación se duplicará durante el resto de este período y el siguiente.

Las frecuencias mínimas de análisis (Anexo I.B) en cuanto a uso urbano se especifican en la Tabla 9.

Tabla 9: Frecuencias mínimas de análisis del agua en uso urbano [27]

Nematodos Intestinales	Escherichia Coli	SS	Turbidez	Otros contaminantes	Otros criterios
Quincenal	2 veces semana	Semanal	2 veces semana	El Organismo de cuenca valorará la frecuencia de análisis sobre la base de la autorización de vertido y de tratamiento de regeneración.	Mensual

De acuerdo al Anexo I.C, los criterios de conformidad se plantean a continuación. La calidad de las aguas regeneradas se considerará adecuada a las exigencias si en los controles analíticos de un trimestre, o fracción cuando el periodo de explotación sea inferior, cumpla simultáneamente:[27]

1. El 90% de las muestras tendrá resultados inferiores a los VMA en todos los parámetros especificados en el Anexo I.A.
2. Las muestras que superen el VMA del Anexo I.A no sobrepasen los límites de desviación máxima establecidos a continuación.
3. Para las sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las Normas de Calidad Ambiental en el punto de entrega de las aguas regeneradas según la legislación propia de aplicación.

Tabla 10: Criterios de conformidad de la calidad del agua [27]

Parámetro	Límite de desviación máxima *
Nematodos intestinales	100% del VMA
Escherichia coli	1 unidad logarítmica
Legionella spp	1 unidad logarítmica
Sólidos en suspensión	50% del VMA
Turbidez	100% del VMA
* Se entiende por desviación máxima la diferencia entre el valor medido y el VMA	

2 SOLUCIONES Y RAZONES DE LA ELECCIÓN

En este apartado se desarrollarán las alternativas seleccionadas del apartado anterior además de pequeñas soluciones que contribuirán a la auto-sostenibilidad y que se mencionan a continuación.

Medidas de ahorro energético

- Iluminación LED
- Detectores de movimiento
- Termostatos inteligentes para programar temperaturas adecuadas

Medidas de ahorro de agua

- Adaptadores para grifería

2.1 PANELES SOLARES

Como se menciona en el Apartado 1.6, se descartan las tejas de vidrio por ser una tecnología poco desarrollada. Por ello, nos centraremos únicamente en los paneles fotovoltaicos.

Los paneles deben ser eficientes a la vez que económicamente viables. La cantidad de energía suministrada es variable tanto en condiciones diarias como estacionales y, por lo tanto, es difícil de predecir y no programable. Esta discontinuidad hace que sea difícil satisfacer la demanda de electricidad en cualquier momento, a excepción de la producción con un amplio margen de seguridad por encima de los picos de demanda anuales.

Para saber las características de los elementos que debemos seleccionar, lo primero que se debe realizar es un estudio sobre el consumo del edificio de viviendas.

En España, el consumo anual de electricidad medio por hogar es de 3.487 kWh. [28] Por lo tanto, el consumo anual del edificio que cuenta con 52 viviendas será:

$$\text{Consumo} = 3.487 * 52 = 181.324 \text{ kWh}$$

Para el cálculo de las posibilidades de generación energética gracias al software *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)* de la Comisión Europea. En dicho software, como se representa en la Figura 60, se introduce la situación geográfica del edificio con el cursor del mapa.

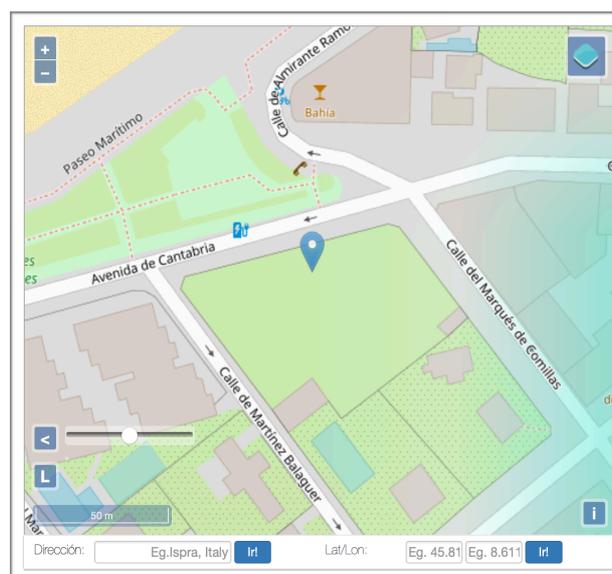


Figura 60: Situación geográfica del edificio de viviendas indicada en PVGIS [29]

Se establece posición de montaje libre para realizar los cálculos ya que si colocamos los módulos sobre bastidores podremos ajustar la inclinación de los mismos para satisfacer una mayor producción de energía.

Además, el modo en que se colocan los módulos afecta a la temperatura de los mismos, lo que a su vez influye en su rendimiento. Los experimentos han demostrado que, si se limita la circulación de aire por detrás de los módulos, estos se sobrecalientan considerablemente (hasta 15°C con una irradiancia de 1.000 W/m^2). Con el montaje libre se permite una libre circulación de aire por detrás de los mismos, reduciendo el sobrecalentamiento. [29]

Si dejamos que el software establezca los ángulos de inclinación y de azimutal óptimos, estos serían 36° y 3° respectivamente.

El ángulo de inclinación, representado en la Figura 61, es el ángulo que presentan los módulos fotovoltaicos respecto al plano horizontal en sistemas con montaje fijo. [29]

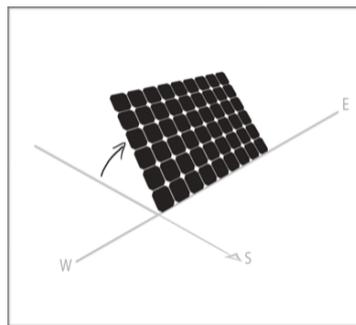


Figura 61: Ángulo de inclinación [29]

El ángulo de orientación o azimut, que se representa en la Figura 62, es el ángulo que presentan los módulos fotovoltaicos respecto a la dirección Sur. -90° es Este, 0° es Sur y 90° es Oeste.

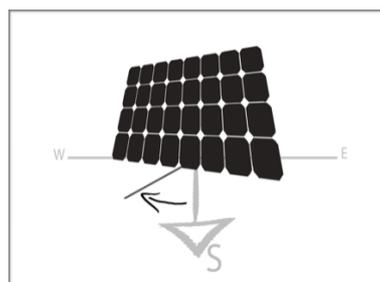


Figura 62: Ángulo de orientación [29]

Calcularemos los ángulos existentes en el tejado del edificio, para establecer la posición de los paneles y sus bastidores, si fuera necesario. En la Figura 63 se representan las 4 zonas existentes en el tejado en lo que a ángulos de inclinación y azimutal se refiere.

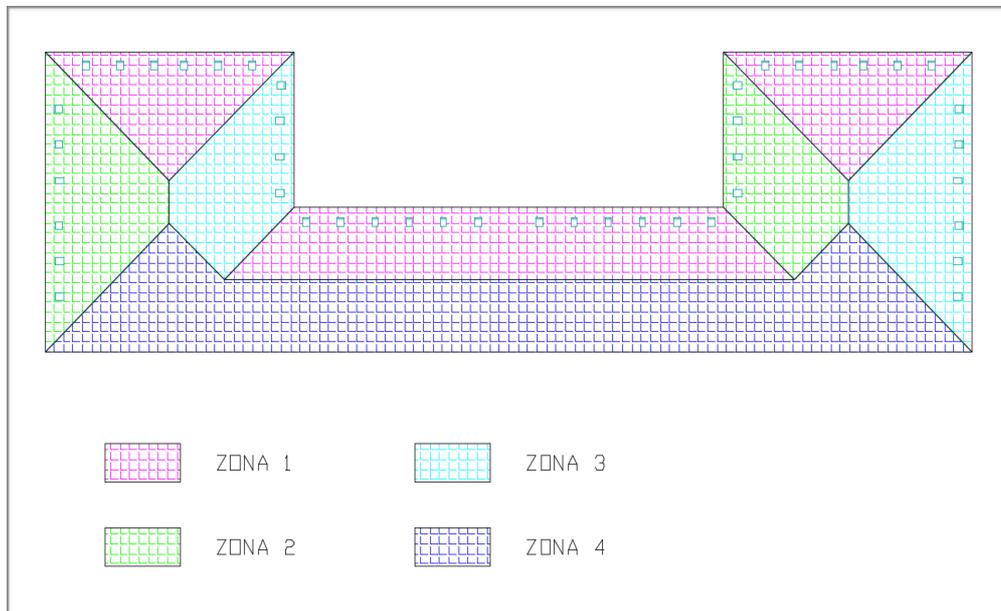


Figura 63: Reparto del tejado en zonas en función de su situación e inclinación

En la Zona 1 el ángulo de inclinación es negativo y azimutal 0. Para colocar paneles en esta zona se necesita obligatoriamente la colocación de bastidores, ya que la inclinación no puede ser en ningún caso negativa.

En la Zona 2 el ángulo de inclinación es de 0° , siendo el ángulo de orientación 30° .

La Zona 3 tiene la misma inclinación que la zona 2 pero la orientación es opuesta, siendo -30° .

Por último, en la Zona 4 el ángulo de inclinación es de 30° y el azimutal de 0° .

La mejor zona para colocar los paneles solares es la zona 4, por lo que haremos el cálculo primeramente para esta zona para ver si sería suficiente para cubrir la demanda total del edificio. El cálculo se realizará con la inclinación y orientación que tenemos en esta zona del tejado y con pendiente e inclinación óptimos. Hay que analizar si la diferencia es significativa y hace falta la colocación de bastidores.

Es necesario tener en cuenta las pérdidas del sistema. Estas pérdidas se estiman teniendo en cuenta todas aquellas pérdidas dentro del sistema que hacen que la potencia realmente entregada a la red eléctrica sea inferior a la potencia producida por los módulos fotovoltaicos.

Existen varias causas como pérdidas en el cableado, en los inversores, suciedad (en ocasiones nieve) sobre los módulos, etc. A lo largo de los años el rendimiento de los módulos también tiende a disminuir, por lo que la potencia media entregada anualmente durante la vida útil del sistema será inferior a la potencia entregada durante los primeros años. Se asumen unas pérdidas generales, por defecto, del 14%. [29]

Una vez definidos los parámetros, los resultados obtenidos mediante el software se recogen en las siguientes figuras y tablas para cada zona.

En la Figura 64 se recogen los datos proporcionados y los resultados de la simulación con inclinación y orientación óptimos.

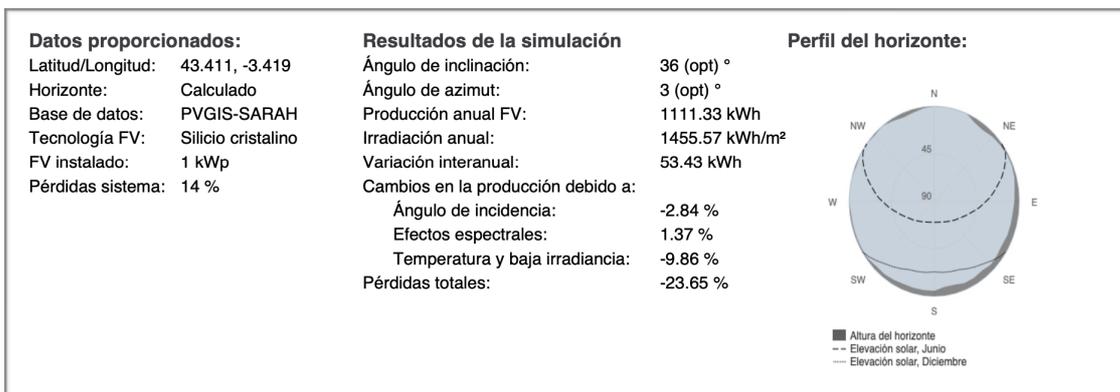


Figura 64: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación óptimos [29]

En las Figuras 65 y 66 se representan gráficamente la producción de energía mensual del sistema fotovoltaico y la irradiación mensual respectivamente.

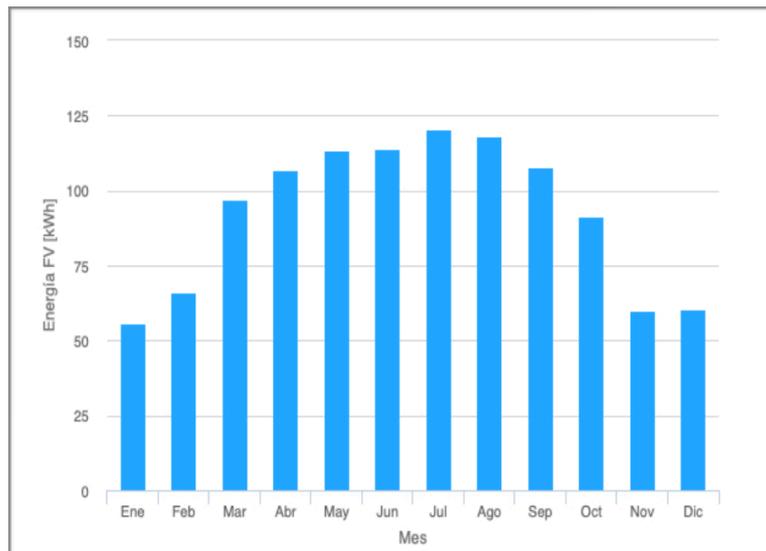


Figura 65: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación óptimos [29]

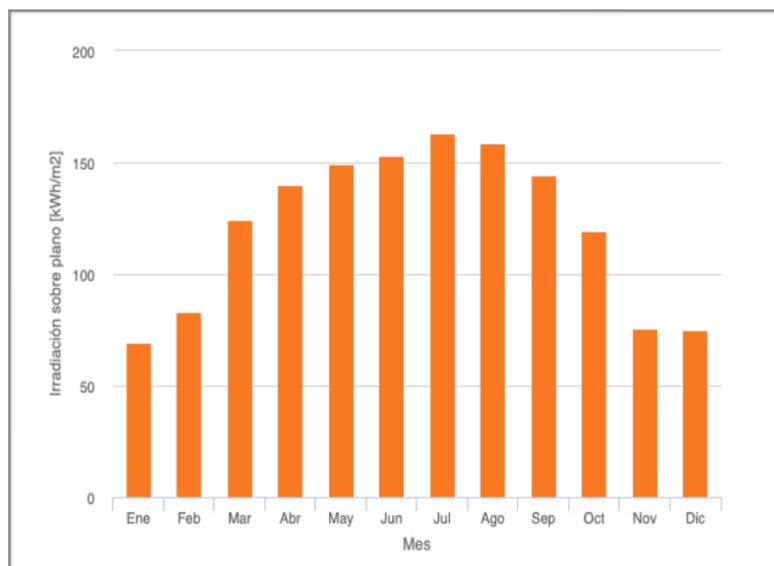


Figura 66: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación óptimos [29]

La Tabla 11 registra los valores de energía fotovoltaica y radiación solar mensual obtenidos con el software para inclinación y orientación óptimos, siendo:

- Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].
- Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

- SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Tabla 11: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación óptimos [29]

Mes	Em (kWh)	Hm (kWh/m ²)	SDm (kWh)
Enero	55,7	69,4	7,8
Febrero	66,2	83,1	14,7
Marzo	96,9	124,7	15,9
Abril	106,7	140	16,8
Mayo	113,4	149,2	16,9
Junio	114	153,4	9,6
Julio	120,6	163,4	7,7
Agosto	117,9	158,6	10,2
Septiembre	107,7	144,3	8,1
Octubre	91,6	119,4	10,4
Noviembre	60,1	75,4	13,2
Diciembre	60,4	74,8	10,3
TOTAL	1111,2		

A continuación, se realiza la simulación con los datos de inclinación y orientación establecidos por el tejado del edificio diseñado para la Zona 4 y el resultado se muestra en las Figuras 67, 68 y 69.

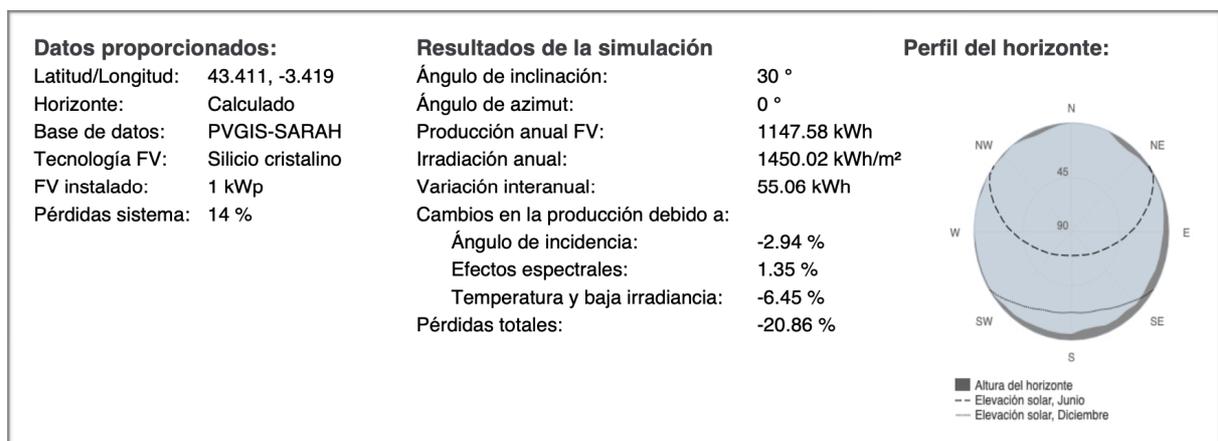


Figura 67: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación Zona 4 del tejado [29]

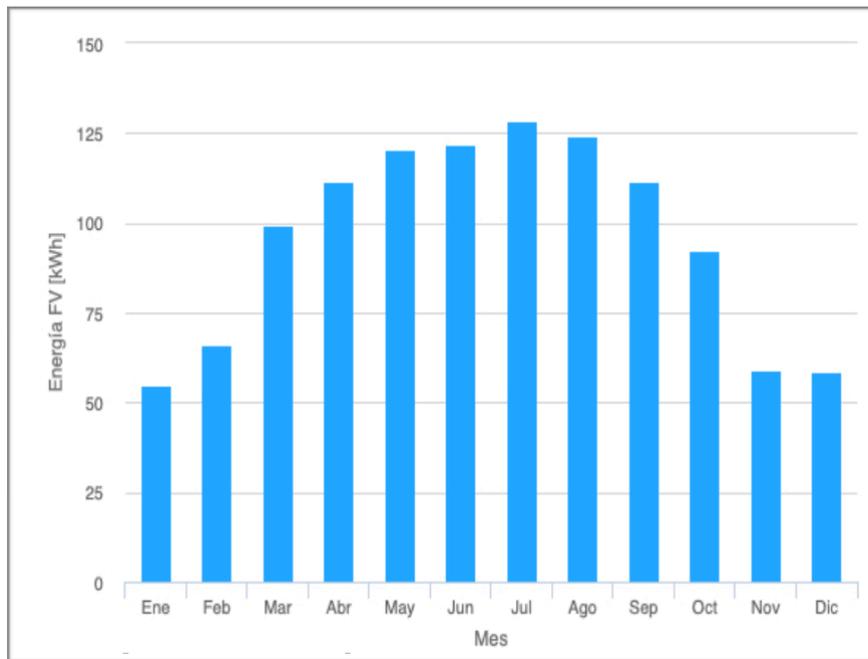


Figura 68: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación Zona 4 del tejado [29]

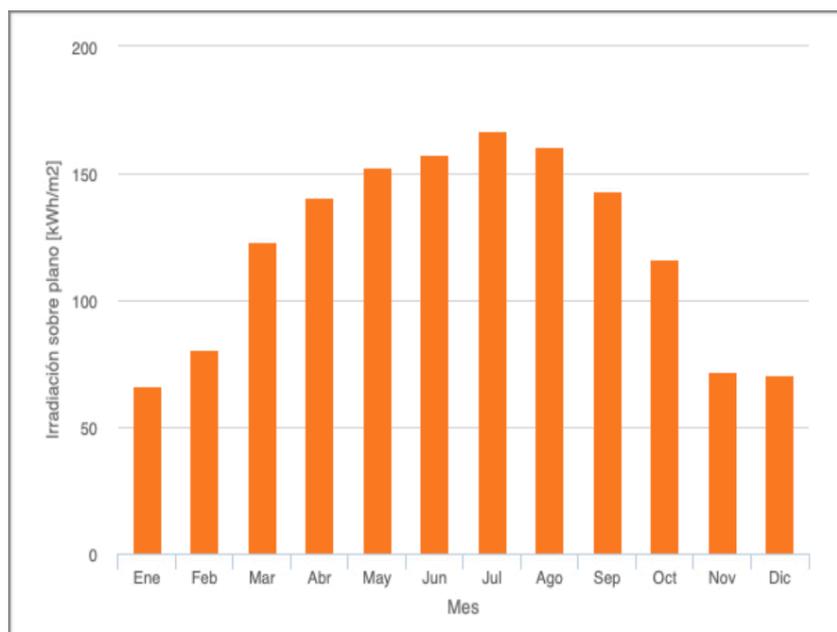


Figura 69: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación Zona 4 del tejado [29]

La Tabla 12 registra los valores de energía fotovoltaica y radiación solar mensual obtenidos con el software para la inclinación de la Zona 4 del tejado y comparando con la Tabla 11, la producción anual de energía es mayor en el caso establecido por la pendiente del edificio. Esto se debe a que el software trata de maximizar todos los

meses con los ángulos óptimos, sin embargo, si nos fijamos únicamente en la producción anual, con la pendiente del edificio conseguimos mayor cantidad de energía.

Tabla 12: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación Zona 4 del tejado [29]

Mes	Em (kWh)	Hm (kWh/m ²)	SDm (kWh)
Enero	54,7	66,2	7,6
Febrero	66,2	80,5	14,6
Marzo	99,2	122,9	16,4
Abril	111,5	140,8	17,6
Mayo	120,3	152,4	18,1
Junio	121,7	157,7	10,3
Julio	128,2	167,2	8,1
Agosto	124,1	160,4	10,8
Septiembre	111,3	143,1	8,3
Octubre	92,4	116	10,4
Noviembre	59,3	72,2	12,9
Diciembre	58,6	70,7	9,9
TOTAL	1147,5		

A continuación, calcularemos la producción de energía de los módulos de la Zona 4 para estudiar la viabilidad del sistema.

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para el proyecto son el modelo TSM-245-PC05 de la compañía Trina solar, formados por 60 células multicristalinas, cuya potencia nominal es de 245 Wp.

Los datos mecánicos de los paneles se recogen en la Tabla 13.

Tabla 13: Datos mecánicos módulos fotovoltaicos TSM-245-PC05 [30]

Células solares	Multicristalina 156 x 156 mm
Orientación de las células	60 células (6 x 10)
Dimensiones del módulo	1650 x 992 x 35 mm
Peso	18,6 kg
Vidrio	Vidrio solar de alta transparencia 3,2 mm
Trasera	Blanco
Marco	Aleación de aluminio anodizado plateado
Caja	IP 65 o IP 67
Cables	Cable tecnología fotovoltaica 4 mm ² , 1000 m
Conector	Original MC4

En las Figuras 70 y 71 se representa el módulo fotovoltaico seleccionado.

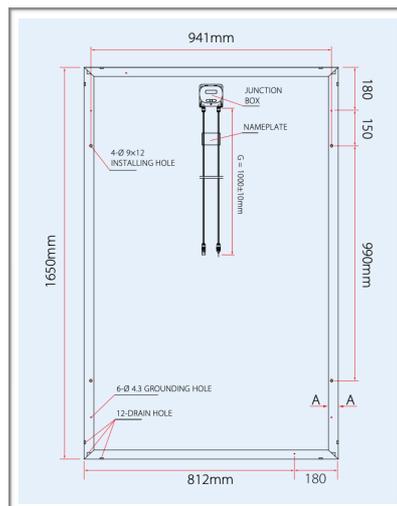


Figura 70: Vista trasera módulo fotovoltaico [30]

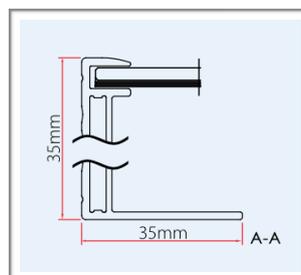


Figura 71: Sección A-A módulo fotovoltaico [30]

La disposición de los paneles de la Zona 4 se representa en la Figura 72. La separación entre filas y los extremos del tejado es para la realización de labores de mantenimiento. Para ello, se han dejado pasillos de 1 metro de ancho. En esta zona se distribuyen 137 paneles en total, repartidos en 4 filas.

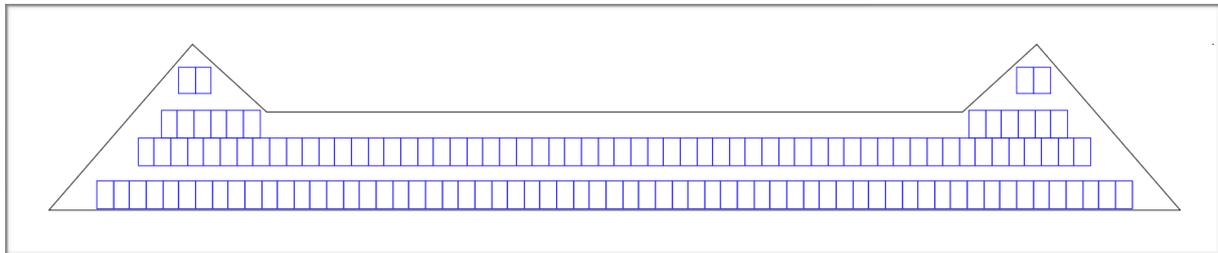


Figura 72: Distribución de paneles solares en la Zona 4

La producción anual de la Zona 4 del edificio será:

$$\text{Energía} = 137 \text{ paneles} * 1.147,5 \text{ kWh} = 157.207,5 \text{ kWh}$$

Únicamente con esta zona de paneles no alcanzamos a cubrir la demanda anual de energía de las 52 viviendas, por lo que procederemos a realizar el estudio en otra de las zonas definidas en la Figura 64. Calculamos la producción de energía en las zonas 2 y 3, y descartamos la 1 ya que es la zona que se encuentra en situación más desfavorable para el aprovechamiento de la energía solar.

Para la Zona 2, establecemos los grados de inclinación y orientación en 0° y 30°, respectivamente. La simulación genera los resultados representados en las Figuras 73, 74 y 75.

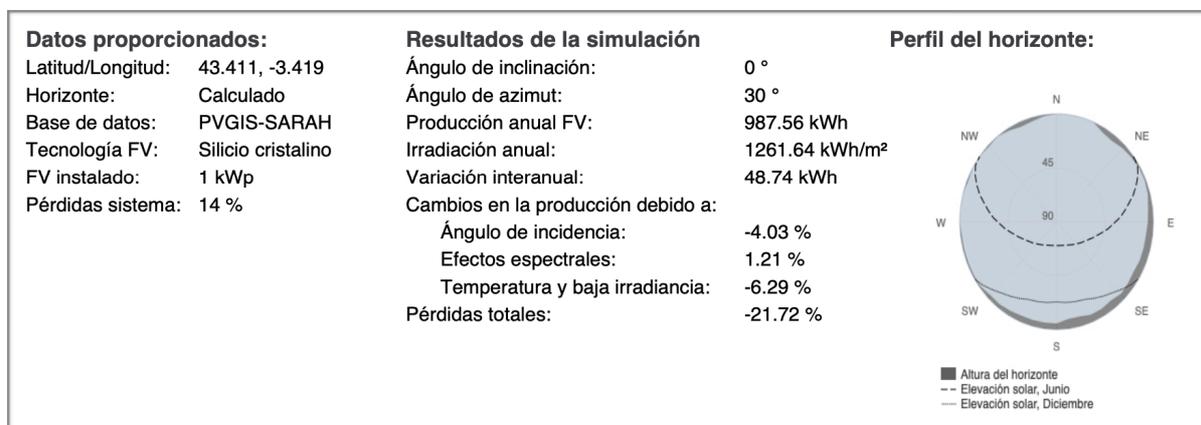


Figura 73: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación Zona 2 del tejado [29]

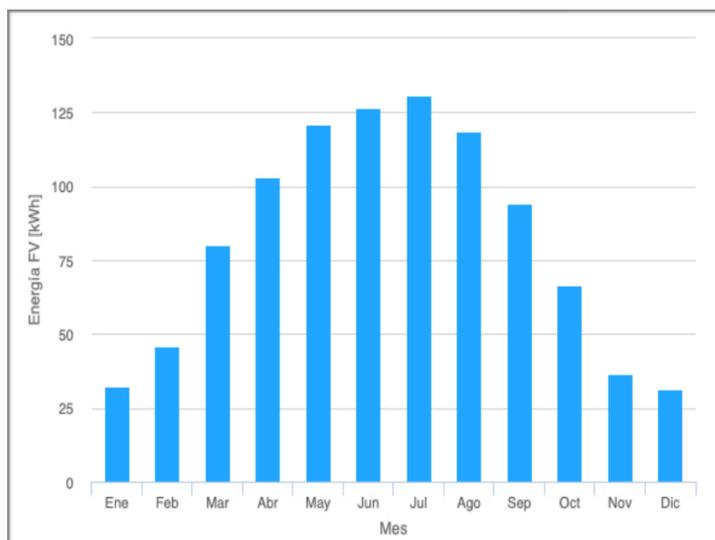


Figura 74: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación Zona 2 del tejado [29]

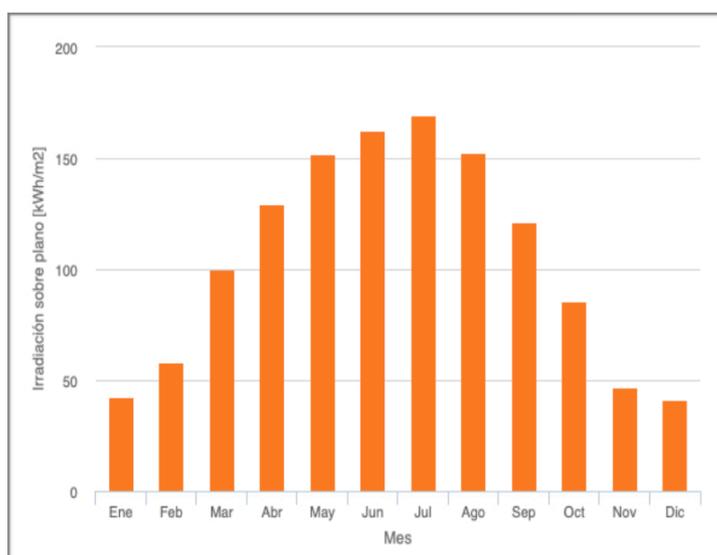


Figura 75: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación Zona 2 del tejado [29]

Tabla 14: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación Zona 2 del tejado [29]

Mes	Em (kWh)	Hm (kWh/m ²)	SDm (kWh)
Enero	32,5	66,2	7,6
Febrero	46,1	80,5	14,6
Marzo	80,3	122,9	16,4
Abril	103,1	140,8	17,6
Mayo	120,9	152,4	18,1
Junio	126,5	157,7	10,3
Julio	130,9	167,2	8,1
Agosto	118,6	160,4	10,8
Septiembre	94,3	143,1	8,3
Octubre	66,6	116	10,4
Noviembre	36,3	72,2	12,9
Diciembre	31,3	70,7	9,9
TOTAL	987,4		

Asimismo, para la Zona 3, establecemos los grados de inclinación y orientación en 0° y -30°, respectivamente. El resultado de la simulación es el siguiente:

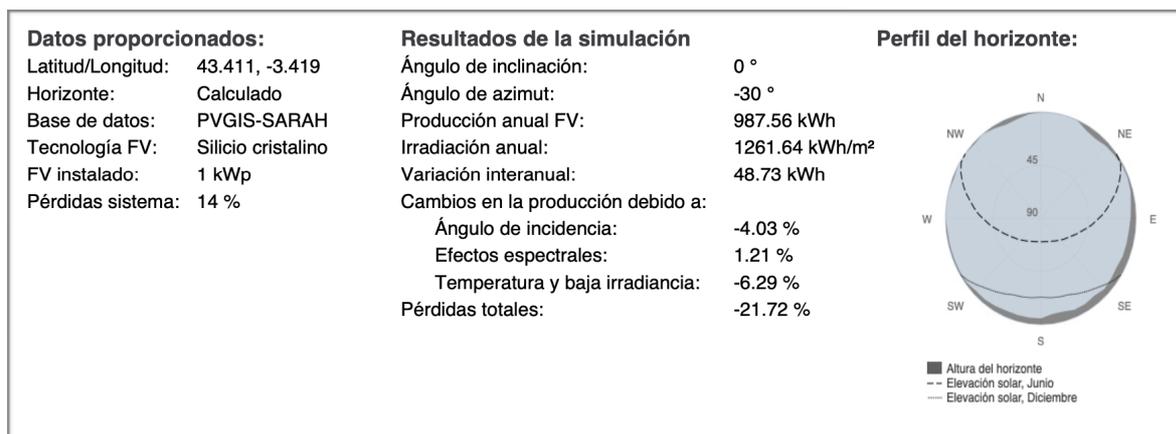


Figura 76: Datos proporcionados y resultados de la simulación con inclinación y orientación Zona 3 del tejado [29]

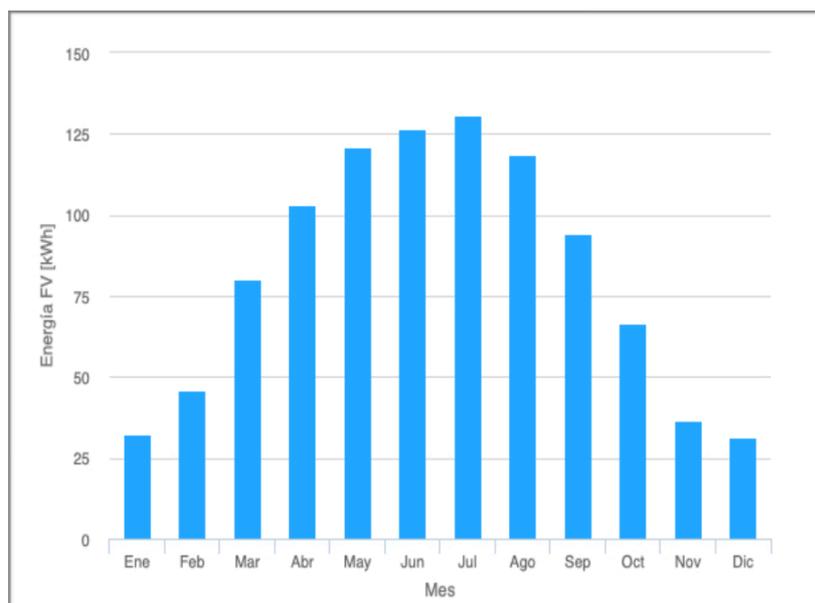


Figura 77: Producción de energía mensual del sistema FV fijo con inclinación y orientación Zona 3 del tejado [29]

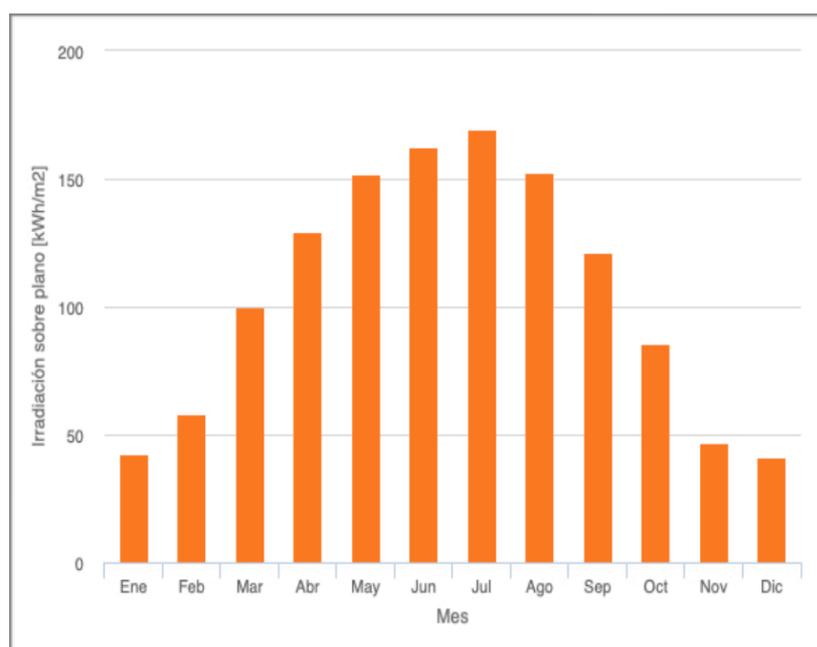


Figura 78: Irradiación mensual sobre plano fijo con inclinación y orientación Zona 3 del tejado [29]

Tabla 15: Energía FV y radiación solar mensual con inclinación y orientación Zona 3 del tejado [29]

Mes	Em (kWh)	Hm (kWh/m ²)	SDm (kWh)
Enero	32,5	66,2	7,6
Febrero	46,1	80,5	14,6
Marzo	80,3	122,9	16,4
Abril	103,1	140,8	17,6
Mayo	120,9	152,4	18,1
Junio	126,5	157,7	10,3
Julio	130,9	167,2	8,1
Agosto	118,6	160,4	10,8
Septiembre	94,3	143,1	8,3
Octubre	66,6	116	10,4
Noviembre	36,3	72,2	12,9
Diciembre	31,3	70,7	9,9
TOTAL	987,4		

La Tabla 15 recoge los mismos resultados que la Tabla 14, por lo que ambas zonas son igual de válidas para la colocación de paneles solares. Es por ello, que colocaremos éstos en ambas zonas.

Al igual que en la Zona 4, hay que dejar pasillos para el mantenimiento de los paneles, pero, además, en estas zonas encontramos ventanas en la parte inferior del tejado. El pasillo de las ventanas servirá también como pasillo de mantenimiento ya que su anchura es mayor de 1 metro.

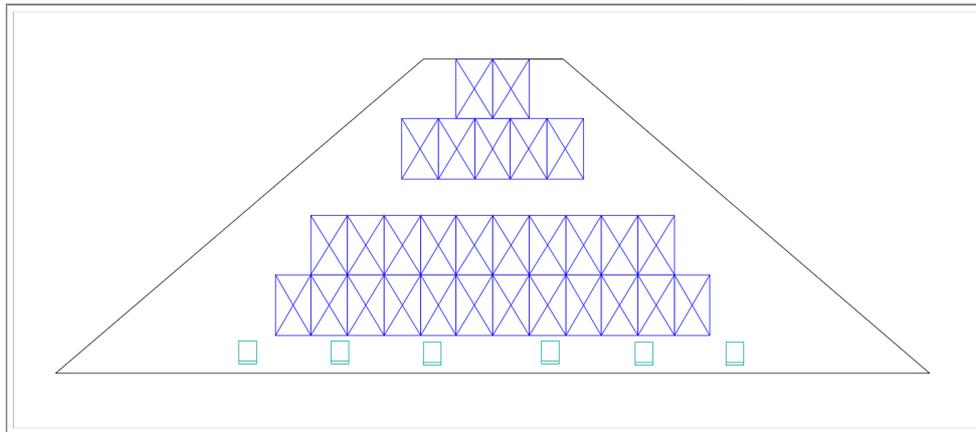


Figura 79: Distribución de paneles solares en la parte exterior de las Zonas 2 y 3

En cada parte del tejado tenemos 29 paneles distribuidos según la Figura 79, lo que hace un total de 58 paneles, cuya producción de energía es:

$$\text{Energía} = 58 \text{ paneles} * 987,4 \text{ kWh} = 57.269,2 \text{ kWh}$$

En la parte interna disponemos de 22 paneles en cada zona según las Figuras 80 y 81.

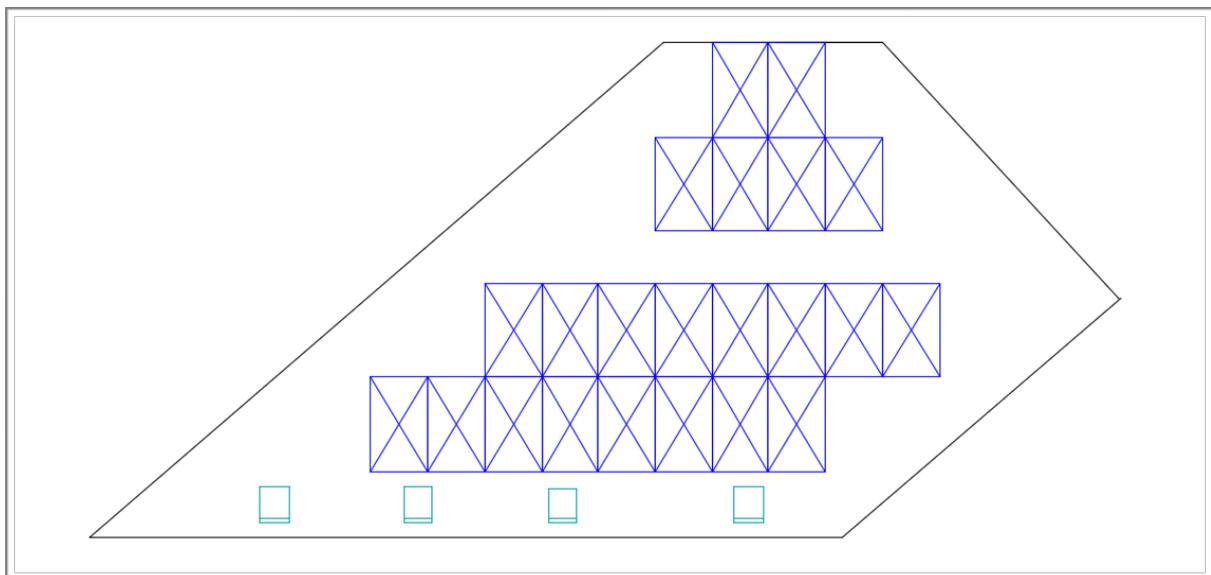


Figura 80: Distribución de paneles solares en la parte interior de la Zona 2

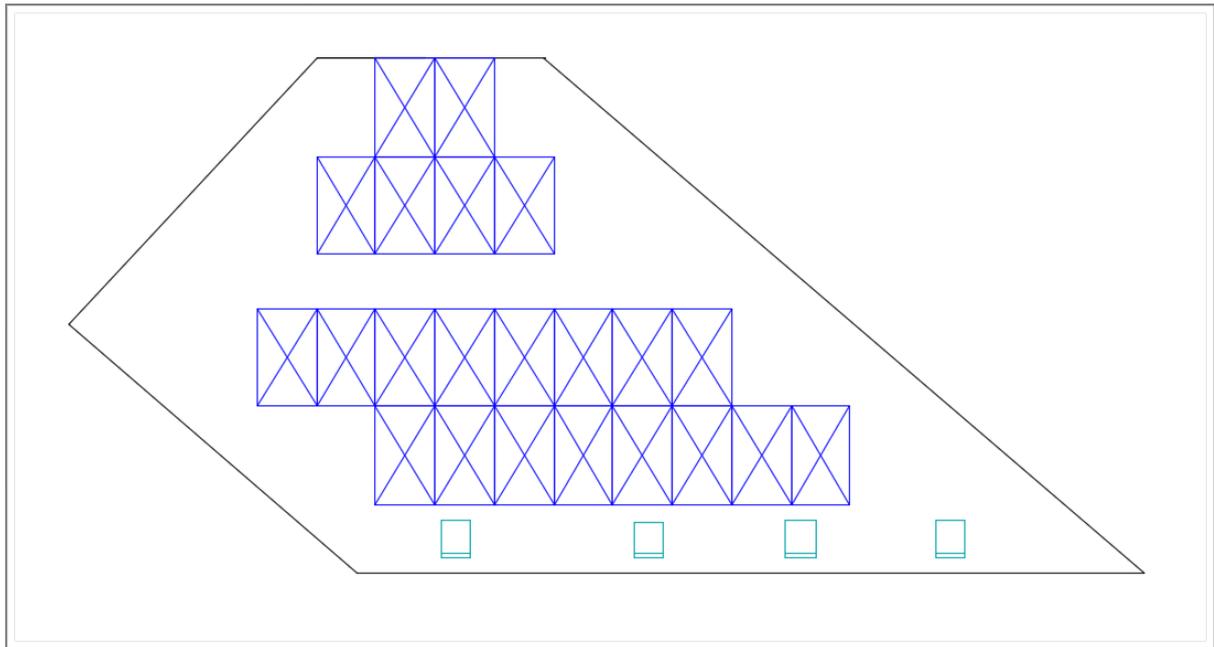


Figura 81: Distribución de paneles solares en la parte interior de la Zona 3

Ambas zonas son simétricas y disponen de 22 módulos fotovoltaicos, cuya producción anual de energía es:

$$\text{Energía} = 44 \text{ paneles} * 987,4 \text{ kWh} = 43.445,6 \text{ kWh}$$

Por lo tanto, la energía total producida por los 239 paneles en las zonas 2,3 y 4 será:

$$\text{Energía}_{total} = 157.207,5 + 57.269,2 + 43.445,6 = 257.922,3 \text{ kWh}$$

El consumo energético anual era de 181.324 kWh, pero aún así haremos el balance mensual ya que en los meses de invierno puede que haya que recurrir a la instalación eléctrica convencional

Tabla 16: Balance mensual de energía

Mes	ZONA 4 (137 Paneles)	ZONA 2 (51 paneles)	ZONA 3 (51 paneles)	TOTAL	DEMANDA	PRODUCCIÓN - DEMANDA
	Em (kWh)	Em (kWh)	Em (kWh)	Em (kWh)	(kWh)	(kWh)
Enero	7493,9	1657,5	1657,5	10808,9	15110,33	-4301,43
Febrero	9069,4	2351,1	2351,1	13771,6	15110,33	-1338,73
Marzo	13590,4	4095,3	4095,3	21781	15110,33	6670,67
Abril	15275,5	5258,1	5258,1	25791,7	15110,33	10681,37
Mayo	16481,1	6165,9	6165,9	28812,9	15110,33	13702,57
Junio	16672,9	6451,5	6451,5	29575,9	15110,33	14465,57
Julio	17563,4	6675,9	6675,9	30915,2	15110,33	15804,87
Agosto	17001,7	6048,6	6048,6	29098,9	15110,33	13988,57
Septiembre	15248,1	4809,3	4809,3	24866,7	15110,33	9756,37
Octubre	12658,8	3396,6	3396,6	19452	15110,33	4341,67
Noviembre	8124,1	1851,3	1851,3	11826,7	15110,33	-3283,63
Diciembre	8028,2	1596,3	1596,3	11220,8	15110,33	-3889,53

Suponiendo un consumo energético mensual constante, en los meses de noviembre a febrero habrá que recurrir a la red eléctrica convencional.

Inversor

Una vez definida la instalación de paneles fotovoltaicos, será necesario analizar el inversor de corriente necesario para transformar la corriente continua en corriente alterna.

Cabe destacar que no se trata de una red aislada, si no que contará con el apoyo de la instalación eléctrica convencional si fuera necesario.

Para elegir un inversor acorde a la instalación, habrá que tener en cuenta la potencia consumida simultáneamente en cada vivienda, es decir, cuántos receptores eléctricos estarán funcionando a la vez. En una vivienda se establecen los consumos de la Tabla 17.

Tabla 17: Consumos energéticos en una vivienda [31]

Equipos	Potencia (W)
Iluminación	100
Nevera	70
Televisión	30
Ordenador	30
Microondas	1200
Horno	2500
Secador	2000
TOTAL	5930

Hay poca probabilidad de que se dé la situación de todos los equipos funcionando a la vez, aún así, establecemos que cada inversor no tendrá un consumo superior a 6.000 W, por los equipos que no se han considerado en la tabla.

Por otro lado, consultamos al fabricante Mastervolt y analizamos los diferentes tipos de inversores en función de su potencia. Como vemos en la figura 80, para 5.000 W, las aplicaciones permitidas son múltiples. Actualmente el uso energético de las viviendas ha aumentado por la situación actual post-pandemia y el teletrabajo, por lo que esta selección es lo más acorde a día de hoy. Necesitaremos 52 inversores, uno por vivienda. Valorando la relación calidad-precio finalmente elegimos el modelo Smart Solar 6000VA del fabricante Victron.

Electrodomésticos de CA	AC Master 300 W	AC Master 500/700 W Mass Sine 800 W	AC Master 1000/1500 W Mass Sine 1200/1500 W	AC Master 2500/3500 W Mass Sine 2000/2500 W	Mass Sine Ultra 4000 W Mass Sine 5000 W
TV/DVD/audio	■	■	■	■	■
Cargador de baterías de NiCad	■	■	■	■	■
PC/ordenador portátil	■	■	■	■	■
Taladro pequeño	■	■	■	■	■
Luces LED fluorescentes	■	■	■	■	■
Pequeños electrodomésticos de cocina	■	■	■	■	■
Frigorífico pequeño	□	■	■	■	■
Microondas pequeño	■	□	■	■	■
Cafetera	□	□	■	■	■
Secador (1000 W)	□	■	■	■	■
Aspiradora	□	□	■	■	■
Refrigerador/congelador	□	■	■	■	■
Pequeñas herramientas eléctricas	□	□	■	■	■
Bomba de agua	□	■	■	■	■
Herramientas eléctricas	□	□	■	■	■
Combi microondas	□	□	■	■	■
Lavadora 3 kg	□	□	□	■	■
Horno	□	□	□	□	■
Airco/cocina eléctrica (limitado)	□	□	□	■	■
Cocina eléctrica (completa/trifásica)	□	□	□	■ (AC Master)	■ (Mass Sine Ultra)
Bomba de turbina/motor eléctrico (trifásico)	□	□	□	■ (AC Master)	■ (Mass Sine Ultra)
Capacidad de batería 12 V/min.	60-80 Ah	100-150 Ah	250-350 Ah	300-500 Ah	
Capacidad de batería 24 V/min.	30-50 Ah	50-80 Ah	120-180 Ah	200-300 Ah	400-600 Ah

■ El electrodoméstico puede operar de forma continua si está conectado al inversor, la capacidad de la batería determina el tiempo de funcionamiento.
 ■ El electrodoméstico o herramienta puede funcionar durante un periodo razonable de tiempo (no de forma continua).
 □ Use el siguiente modelo.

Figura 82: Guía para la selección del inversor [32]



Figura 83: Inversor Smart Solar 6000VA [33]

El cálculo de 239 paneles fotovoltaicos hace que cada inversor esté conectado a 4 o 5 paneles. Esto varía en función de la vivienda a la que tenga que proveer de energía eléctrica. Tenemos 5 paneles en 31 viviendas y 4 paneles en 21 viviendas, éstas últimas serán las viviendas con menor tamaño del edificio.

Batería

Las baterías solares se encargan de almacenar la energía solar fotovoltaica que será posteriormente utilizada.

Para saber qué baterías elegir, primero se deberá fijar cuántos días de autonomía deben tener sin la necesidad de estar recibiendo carga. Esto es un punto importante en la localidad elegida, debido a las frecuentes lluvias, por lo que establecemos 4 días en condiciones no óptimas para el almacenamiento de luz solar.

$$\text{Horas autonomía} = 4 \text{ días} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 96 \text{ horas}$$

$$C = \frac{L_{md} * N}{P_d} \quad [34]$$

L_{md} : consumo medio diario mensual

N : número de días de autonomía

P_d : profundidad de descarga máxima estacional, se estima en un 70%

El consumo anual de cada vivienda era de 3.487 kWh, por lo que el consumo diario será de 9.686,1 Wh.

$$C(Wh) = \frac{9.686,1 * 4}{0,7} = 55.349 Wh$$

$$C(Ah) = \frac{C(Wh)}{V_b} = \frac{55.349}{24} = 2.306,21 Ah$$

Consultando con fabricantes, elegimos la batería estacionaria OPzS de 2232Ah C100, 6 baterías de 2V HOPPECKE 12 OPZS 1500.



Figura 84: Batería estacionaria OPzS 2232Ah C100 [34]

Se trata de una batería de 2.232 Ah de capacidad para periodos de 100 días, suficiente para nuestro proyecto. Sobredimensionar la batería o cualquier elemento conllevaría un aumento considerable en el presupuesto. Hemos elegido un sistema de 12 vasos, por lo que tendremos que poner dos conjuntos como el elegido por vivienda, y coincide con la recomendación del fabricante en cuanto a consumos diarios.

Tabla 18: Consumos diarios recomendados con batería Hoppecke 12 OPzS 1500 [34]

Baterías Hoppecke 12 OPzS 1500 Capacidad de 1.609 Ah C10	Rango de consumo diario recomendado (de 4 a 5 días de autonomía)
Sistemas de 6 vasos (12 Voltios)	de 3.862 Wh/día a 4.827 Wh/día
Sistemas de 12 vasos (24 Voltios)	de 7.723 Wh/día a 9.654 Wh/día
Sistemas de 24 vasos (48 Voltios)	de 15.446 Wh/día a 19.308 Wh/día

Regulador solar

Para tensiones de 12 y 24 voltios es necesario disponer de un regulador de carga para controlar la carga y la descarga de una batería o acumulador dentro de una instalación solar. Van instalados entre los paneles solares y la batería para controlar el estado de carga de la batería. [35]

$$I_{pr} = N_p * I_{pp} \text{ [34]}$$

I_{pr} : intensidad de pico del regulador

I_{pp} : intensidad de pico de la placa

N_p : número de líneas en paralelo

$$N_s = \frac{V_{bat}}{V_{mpp}} \text{ [34]}$$

N_s : número de líneas en serie

V_{mpp} : tensión del módulo de pico

V_{bat} : tensión de la batería

$$N_s = \frac{24}{26,8} = 0,8955 \rightarrow 1$$

Para el cálculo de las líneas en paralelo dependemos de si se trata de los diseños de 4 o 5 paneles mencionados en el cálculo del inversor.

$$N_{p1} = \frac{N_t}{N_s} = \frac{4}{1} = 4$$

$$N_{p2} = \frac{N_t}{N_s} = \frac{5}{1} = 5$$

$$I_{pr1} = 4 * 6,64 = 26,56 A$$

$$I_{pr2} = 5 * 6,64 = 33,2 A$$

Elegimos reguladores con intensidades ligeramente superiores a las calculadas, ya que son las que nos proporcionan los fabricantes. Para el primer caso, seleccionamos el regulador Victron BlueSolar MPPT 100/30 de 12-24V y 30A.



Figura 85: Regulador Victron BlueSolar MPPT 100/30 de 12-24V y 30A [36]

$$N_{líneas\ regulador\ 1} = \frac{I_{pr}}{I_{pp}} = \frac{30}{6,64} = 4,518 \rightarrow 4$$

El regulador puede soportar 4,518 líneas, así que con las 4 líneas seguimos teniendo un mayor grado de seguridad en el dimensionado.

Para las líneas con 5 paneles solares, elegimos el regulador Victron SmartSolar MPPT 150/35 de 35A y 12-24-36-48 Voltios.



Figura 86: Regulador Victron BlueSolar MPPT 150/35 de 12-24-36-48V y 35A [36]

$$N_{\text{líneas regulador } 2} = \frac{I_{pr}}{I_{pp}} = \frac{35}{6,64} = 5,27 \rightarrow 5$$

Como ya sabíamos, con este regulador conseguimos un sobredimensionamiento que aporta mayor grado de seguridad.

Cableado

Es necesario definir la sección del cableado que conectará entre sí toda la instalación.

Una instalación general de paneles fotovoltaicos se representa mediante la Figura 87.

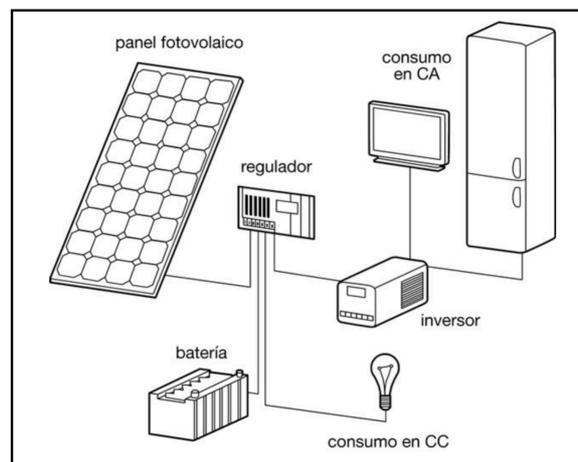


Figura 87: Instalación general paneles fotovoltaicos [37]

$$S = \frac{2 * I_{m\acute{a}x} * \rho * L}{V_{m\acute{a}x} * C_{dt}}$$

$I_{m\acute{a}x}$: intensidad máxima que atraviesa el cable

ρ : resistividad del cable

L : longitud del cable

$V_{m\acute{a}x}$: tensión máxima que atraviesa el cable

c_{dt} : caída de tensión del cable

Hay que calcular la sección del cableado para cada zona del circuito ya que las caídas de tensión varían. Entre la placa y el regulador tenemos un valor máximo del 3%, mientras que, entre el regulador y la batería, y la batería y el inversor la caída será únicamente del 1%. [38] El resultado final de la sección será el valor inmediatamente superior en valores normalizados.

La Tabla 19 muestra las secciones comercializadas del cobre.

Tabla 19: Secciones comercializadas del cobre [34]

	mm ²
Cobre	1,5
	2,5
	4
	6
	10
	16
	25
	35
	50
	70
	95
	120
	150
	185
	240
300	

Sección entre paneles solares

Para el cableado entre paneles, elegimos la máxima longitud de cable ya que es la más restrictiva.

$$S = \frac{2 * 6,64 * 56^{-1} * 3,97}{24 * 0,03} = 1,3076 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 1,5 \text{ mm}^2$$

Sección entre paneles solares y reguladores

Calcularemos la sección del cableado en función de la fila de paneles del sistema, ya que dentro de las filas la diferencia de longitud será mínima.

Hay que diferenciar entre las Zonas 2 y 3 y la Zona 4 del tejado debido al número de paneles que componen cada sistema individual. Para las Zonas 2 y 3, todos los sistemas están formados por 5 paneles en paralelo y calcularemos la sección de cable con la longitud más restrictiva, que es 10,6 metros.

En las Figuras 88 y 89 se representan ambos extremos del tejado, aunque, como hemos visto a lo largo del apartado, la configuración es simétrica.

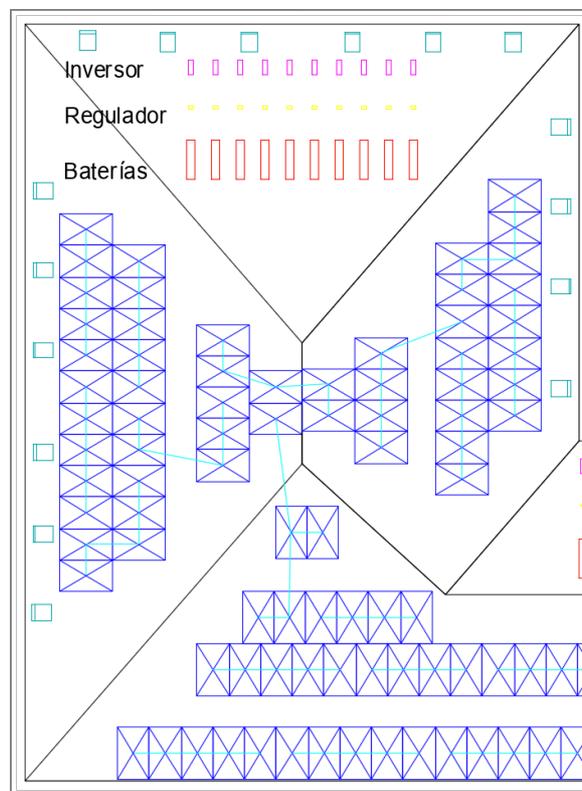


Figura 88: Extremo izquierdo del tejado

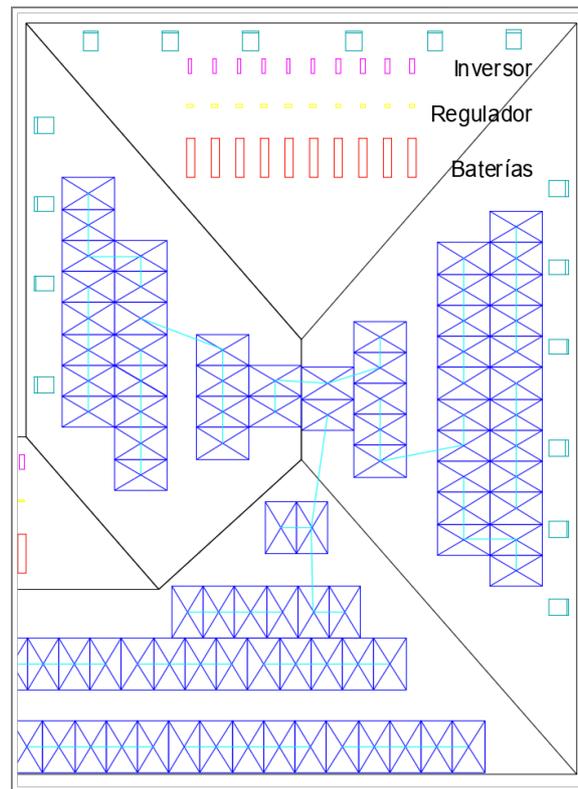


Figura 89: Extremo derecho del tejado

$$S = \frac{2 * 6,64 * 5 * 56^{-1} * 10,6}{24 * 0,03} = 17,456 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 25 \text{ mm}^2$$

La Zona 4 se representa en la Figura 90. Para esta zona, tenemos sistemas de 4 y 5 paneles, por lo que calcularemos dos secciones con la longitud más restrictiva.

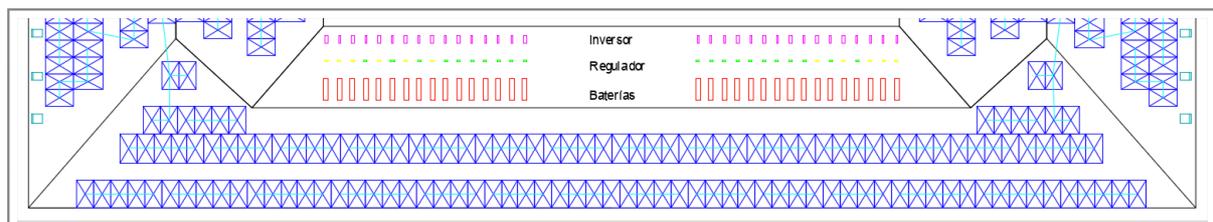


Figura 90: Instalación Zona 4

Para los sistemas de 4 paneles, la mayor longitud del cableado es 8,2 metros, por lo que la sección será:

$$S = \frac{2 * 6,64 * 4 * 56^{-1} * 8,2}{24 * 0,03} = 10,803 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 16 \text{ mm}^2$$

Para los sistemas de 5 paneles, la longitud restrictiva es 13,9 metros, por lo que la sección será:

$$S = \frac{2 * 6,64 * 5 * 56^{-1} * 13,9}{24 * 0,03} = 22,891 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 25 \text{ mm}^2$$

Sección entre reguladores y baterías

En este caso, la caída de tensión máxima admisible es del 1% y la longitud en todos los sistemas es de 1 metro.

$$S = \frac{2 * 6,64 * 56^{-1} * 1}{24 * 0,01} = 0,988 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 1,5 \text{ mm}^2$$

Sección entre reguladores e inversor

Al igual que en el cálculo anterior, la caída de tensión máxima admisible es del 1% y la longitud es de 1 metro. Sin embargo, hay que separar los sistemas con el regulador de 30 A y el regulador de 20 A.

$$S_{30A} = \frac{2 * 30 * 56^{-1} * 1}{24 * 0,01} = 4,464 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 6 \text{ mm}^2$$

$$S_{20A} = \frac{2 * 20 * 56^{-1} * 1}{24 * 0,01} = 2,976 \text{ mm}^2 \rightarrow S = 4 \text{ mm}^2$$

2.2 APROVECHAMIENTO DEL AGUA

El aprovechamiento del agua en el presente proyecto está dividido en dos ramas: agua de lluvia y aguas residuales.

Como ya se había mencionado en el proyecto, se necesita un sistema interior de conducciones independientes para el agua de lluvia, las aguas grises, las aguas negras, y el propio sistema de agua potable.

En este apartado analizaremos la capacidad del sistema de reciclaje de aguas pluviales y residuales para satisfacer la demanda del edificio de viviendas diseñado.

2.2.1 Agua de lluvia

A continuación, se estudiará la capacidad del agua pluvial para determinar su uso en el edificio.

Volumen del depósito

El volumen del depósito depende de 2 factores: [26]

- Demanda generada por el sistema (aparatos conectados al agua de lluvia del edificio).
- Oferta de agua pluvial generada por la superficie de captación y la precipitación local donde se sitúa la instalación.

Asimismo, deberá tenerse muy en cuenta el periodo máximo entre lluvias. [26]

La demanda vendrá definida por la siguiente fórmula: [26]

$$D = D_{WC} + D_{LV} + D_{RJ} + D_L$$

Siendo:

D_{WC} = Demanda de las cisternas de inodoros

D_{LV} = Demanda de las lavadoras

D_{RJ} = Demanda del riego de jardín

D_L = Demandad de la limpieza de superficies

La oferta se calcula como la capacidad de captación de las aguas pluviales: [26]

$$O = P * S * c$$

Siendo:

P =Precipitaciones mensuales [l/m^2]

S =Superficie de recogida [m^2]

c =Coeficiente de pérdidas

El tipo de superficie para la recolección del agua define el coeficiente de pérdidas. Como hemos visto en el diseño del edificio, se trata de un tejado con pendiente. En la Tabla 20 se muestran los coeficientes según los diferentes tejados.

Tabla 20: Coeficiente de pérdidas según el tipo de tejado [26]

Composición	Coeficiente
Tejado duro inclinado *	0,8
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde intensivo	0,3
Tejado verde extensivo	0,5
Superficie empedrada	0,5
Revestimiento asfáltico	0,8
* Desviaciones en función de la capacidad de absorción y la rugosidad	

Las pérdidas son debidas a la captación en la cubierta y al proceso de filtración y se estima el valor del coeficiente en 0,8, coeficiente estándar para tejados duros inclinados, sin tener en cuenta las desviaciones en función de la capacidad de absorción y la rugosidad.

En primer lugar, analizaremos la viabilidad del sistema:

- Si $D < 0$ tomaremos la demanda como base de cálculo.
- Si $D > 0$ tomaremos la oferta como base de cálculo, necesitando el apoyo de la red potable en momentos determinados.

Hay que tener en cuenta que, en nuestro caso, al realizarse también el agua residual, el análisis de la viabilidad del sistema tendrá que tener en cuenta este punto antes de recurrir a la red potable.

En Cantabria, según la Tabla 4, se estima un consumo de agua de 155 litros por habitante y día. Suponiendo la ocupación de cada vivienda del edificio de tres personas, cada vivienda tendrá un consumo de 465 litros por vivienda y día, quedando repartidos, según la Figura 47, de la siguiente manera:

$$D_{WC} = 22,33 \%$$

$$D_{LV} = 10,33 \%$$

$$D_{RJ} + D_L = 6,83 \%$$

Tanto la demanda del riego del jardín como la demanda de agua para la limpieza se ha considerado como el porcentaje de “Otros” de la Figura 47.

Por lo tanto, la demanda total por vivienda y día de agua será:

$$D_{vivienda} = (22,33 + 10,33 + 6,83) * 465/100 = 183,63 \text{ litros}$$

El edificio consta de 4 plantas con 13 viviendas cada una. Se trata, por tanto, de 52 viviendas en total, siendo la demanda total de las viviendas del edificio:

$$D_{edificio} = 183,63 \text{ l/vivienda} * 52 \text{ viviendas} = 9.548,68 \text{ litros}$$

En cuanto a la oferta de agua de lluvia, haremos el cálculo en los dos datos extremos, con mínimo de lluvia y máximo:

Invierno (Diciembre)

$$P = 145 \text{ l/m}^2$$

$$S = 1.261,784 \text{ m}^2$$

$$c = 0,8$$

La oferta mensual de aguas pluviales en diciembre será:

$$O = 145 * 1.261,784 * 0,8 = 146.366,94 \text{ Litros}$$

La oferta diaria de aguas pluviales en diciembre será:

$$O = 146.366,944/31 = 4.721,51 \text{ Litros}$$

Verano (Julio)

$$P = 45l/m^2$$

$$S = 1.261,784m^2$$

$$c = 0,8$$

La oferta mensual de aguas pluviales en julio será:

$$O = 45 * 1.261,784 * 0,8 = 45.424,22 \text{ Litros}$$

La oferta diaria de aguas pluviales en julio será:

$$O = 45.424,224/31 = 1.465,29 \text{ Litros}$$

Con el uso únicamente de agua de lluvia no seríamos capaces ni en los meses más lluviosos de abastecer el agua necesitado en lavadoras, cisternas de inodoros, riego de jardín y limpieza de superficies, por lo que necesitaremos el apoyo de la red potable y de las aguas residuales en determinados momentos.

Las aguas residuales pueden aprovecharse para las cisternas de inodoros por lo que el balance diario de oferta y demanda de las aguas pluviales queda recogido en la Tabla 21.

$$D_{vivienda} = (10,33 + 6,83) * 465/100 = 79,79 \text{ Litros}$$

$$D_{edificio} = 79,794l/vivienda * 52viviendas = 4.149,29 \text{ Litros}$$

Tabla 21: Balance diario de oferta y demanda de aguas pluviales

Mes	Precipitaciones (l/m ²)	Oferta diaria (l)	Demanda diaria (l)	Demanda – Oferta (l)
Enero	111	3614,401	4149,288	534,887
Febrero	98	3532,995	4149,288	616,293
Marzo	77	2507,287	4149,288	1642,001
Abril	91	3061,929	4149,288	1087,359
Mayo	72	2344,476	4149,288	1804,812
Junio	65	2187,092	4149,288	1962,196
Julio	45	1465,298	4149,288	2683,990
Agosto	67	2181,665	4149,288	1967,623
Septiembre	102	3432,052	4149,288	717,236
Octubre	116	3777,211	4149,288	372,077
Noviembre	128	4306,889	4149,288	-157,601
Diciembre	145	4721,514	4149,288	-572,226

En el balance de la Tabla 21 se observa que aún reconduciendo el abastecimiento de las cisternas de inodoros al agua residual sigue existiendo problemas de abastecimiento con agua de lluvia.

Tras el balance hidráulico de aguas grises podremos reconducir mayor cantidad de aguas grises para el abastecimiento de los hogares para reducir la diferencia hidráulica recogida de aguas pluviales recogida en la tabla anterior.

2.2.2 Aguas grises

Las aguas residuales comprenden las aguas generadas en el lavabo, la ducha y el baño, las lavadoras y lavavajillas, ascendiendo a un porcentaje de 65,68% del agua consumido, según la Figura 47.

No obstante, descartamos las aguas grises provenientes de la lavadora debido al alto grado de contaminación provocado por la lejía y determinados jabones. Esto corresponde al 10,33% de las aguas grises por lo que la oferta será:

$$O = (65,68 - 10,33) * 465/100 = 256,91 \text{ Litros}$$

Por lo tanto, la cantidad de agua residual generada sería de 256,913 litros diarios por vivienda, y haciendo el cálculo para las 52 viviendas se obtienen 13.359,45 litros de aguas residuales generadas diariamente en el edificio.

Si el único fin de estas aguas es las cisternas de los inodoros, la demanda por vivienda y día sería:

$$D = 22,33 * 465/100 = 103,83 \text{ Litros}$$

Por tanto, la demanda diaria en el edificio sería:

$$D = 103,835l/vivienda * 52viviendas = 5.399,42 \text{ Litros}$$

La oferta diaria de aguas residuales en el edificio es:

$$O = 13.359,45 \text{ Litros}$$

La oferta es muy superior a la demanda por lo que podemos destinar agua residual para otros tipos de consumo en el edificio y poder cubrir el déficit de agua de lluvia.

En la Tabla 22 queda recogido el balance de aguas pluviales y residuales, destinando las primeras a lavadoras, limpieza externa o de pavimentos y riego de vegetación, y la segunda a cisternas de inodoros.

Tabla 22: Balance inicial diario de oferta y demanda de aguas pluviales y residuales

Mes	Oferta diaria Agua lluvia (l)	Demanda diaria Agua lluvia (l)	Balance (D-O) Agua lluvia (l)	Oferta diaria Agua residual (l)	Demanda diaria Agua residual (l)	Balance (D-O) Agua residual (l)
Enero	3614,401	4149,288	534,887	13359,45	5399,42	-7960,03
Febrero	3532,995	4149,288	616,293	13359,45	5399,42	-7960,03
Marzo	2507,287	4149,288	1642,001	13359,45	5399,42	-7960,03
Abril	3061,929	4149,288	1087,359	13359,45	5399,42	-7960,03
Mayo	2344,476	4149,288	1804,812	13359,45	5399,42	-7960,03
Junio	2187,092	4149,288	1962,196	13359,45	5399,42	-7960,03
Julio	1465,298	4149,288	2683,990	13359,45	5399,42	-7960,03
Agosto	2181,665	4149,288	1967,623	13359,45	5399,42	-7960,03
Septiembre	3432,052	4149,288	717,236	13359,45	5399,42	-7960,03
Octubre	3777,211	4149,288	372,077	13359,45	5399,42	-7960,03
Noviembre	4306,889	4149,288	-157,601	13359,45	5399,42	-7960,03
Diciembre	4721,514	4149,288	-572,226	13359,45	5399,42	-7960,03

De acuerdo con la Figura 47, el consumo de las lavadoras es del 10,33% del consumo de las viviendas. Si destinamos parcialmente el agua residual para este fin, evitaremos recurrir a la red de agua potable.

El edificio consta de dos bloques laterales de 20 viviendas y un bloque central de 12 viviendas, y se utilizará el agua residual para ese fin en uno de los bloques laterales, siendo la demanda de dichas lavadoras 960,69 Litros.

$$D = 10,33 * 465 / 100 * 20 \text{ viviendas} = 960,69 \text{ Litros}$$

Por lo tanto, el balance de agua final queda recogido en la Tabla 23.

Tabla 23: Balance final diario de oferta y demanda de aguas pluviales y residuales

Mes	Oferta diaria Agua lluvia (l)	Demanda diaria Agua lluvia (l)	Balance (D-O) Agua lluvia (l)	Oferta diaria Agua residual (l)	Demanda diaria Agua residual (l)	Balance (D-O) Agua residual (l)
Enero	3614,401	3188,598	-425,803	13359,45	6360,11	-6999,34
Febrero	3532,995	3188,598	-344,397	13359,45	6360,11	-6999,34
Marzo	2507,287	3188,598	681,311	13359,45	6360,11	-6999,34
Abril	3061,929	3188,598	126,669	13359,45	6360,11	-6999,34
Mayo	2344,476	3188,598	844,122	13359,45	6360,11	-6999,34
Junio	2187,092	3188,598	1001,506	13359,45	6360,11	-6999,34
Julio	1465,298	3188,598	1723,300	13359,45	6360,11	-6999,34
Agosto	2181,665	3188,598	1006,933	13359,45	6360,11	-6999,34
Septiembre	3432,052	3188,598	-243,454	13359,45	6360,11	-6999,34
Octubre	3777,211	3188,598	-588,613	13359,45	6360,11	-6999,34
Noviembre	4306,889	3188,598	-1118,291	13359,45	6360,11	-6999,34
Diciembre	4721,514	3188,598	-1532,916	13359,45	6360,11	-6999,34

2.2.3 Volumen de los depósitos

Para el cálculo de ambos depósitos se sigue la siguiente fórmula. [26]

$$V_d = D / 365 * F_D * P$$

V_d : Volumen depósito

D : Demanda anual

F_D : Factor de dimensionado

P : Periodo de retorno

El factor de dimensionado se trata de un aumento del 15-20% debido al contenido de sedimentos en el fondo del depósito que produce pérdida de volumen útil. [26]

El periodo de retorno es el periodo máximo entre dos episodios de lluvia significativos, se estima entre 30 y 40 días. [26]

Si $D > 0$, tenemos limitación de captación, siendo ésta la determinante de la capacidad de los depósitos. [26]

Esto coincide con el caso concreto del depósito de aguas pluviales, salvo los meses de septiembre a febrero, por lo que dependiendo del balance mensual usaremos la oferta o la demanda para el cálculo.

No obstante, el cálculo del depósito se realizará teniendo en cuenta el balance mensual y estimando 20 días de periodo de retorno en los meses con precipitación superior a 90 mm y 30 días de retorno en el resto, ya que se ajusta más al clima de la localidad del proyecto.

Depósito aguas pluviales

Los cálculos para el dimensionamiento del depósito de aguas pluviales quedan recogidos en la Tabla 24.

Tabla 24: Cálculo depósito aguas pluviales

Mes	Precipitaciones (l/m ²)	Oferta diaria (l)	Demanda diaria Agua lluvia (l)	D > 0	P (días)	Volumen depósito (l)
Enero	111	3614,401	3188,598	No	20	73337,754
Febrero	98	3532,995	3188,598	No	20	73337,754
Marzo	77	2507,287	3188,598	Sí	30	86501,399
Abril	91	3061,929	3188,598	Sí	20	70424,371
Mayo	72	2344,476	3188,598	Sí	30	80884,425
Junio	65	2187,092	3188,598	Sí	30	75454,683
Julio	45	1465,298	3188,598	Sí	30	50552,765
Agosto	67	2181,665	3188,598	Sí	30	75267,451
Septiembre	102	3432,052	3188,598	No	20	73337,754
Octubre	116	3777,211	3188,598	No	20	73337,754
Noviembre	128	4306,889	3188,598	No	20	73337,754
Diciembre	145	4721,514	3188,598	No	20	73337,754

El volumen promedio del depósito es de 73.259,3 Litros, por lo que el depósito a disponer en el edificio es de 75m³.

Depósito aguas residuales

$$V_d = D * F_D * P$$

$$D = 6.360,11 \text{ litros}$$

$$F_D = 1,15$$

$$P = 1$$

El periodo de retorno en este caso es 1, ya que continuamente se reciben aguas residuales. La producción de aguas residuales es directamente proporcional a la demanda de aguas residuales reutilizadas por lo que no es necesario el sobredimensionamiento.

$$V_d = 6.360,11 * 1,15 * 1 = 7.314,127 \text{ litros}$$

Para las aguas residuales sería suficiente con un depósito de 7m³.

Ambos depósitos se instalarán en la zona contigua a los garajes, aunque estudiaremos cada caso por separado, como hemos venido haciendo a lo largo del proyecto.

Agua de lluvia

Para el caso de la reutilización de agua de lluvia, al tener el depósito un volumen muy elevado debido al gran tamaño del edificio diseñado, acoplaremos dos tanques en serie. El depósito elegido es el modelo Depósito INFINITANK 37.800L del proveedor aguadelluvia.es que se muestra en la Figura 91.



Figura 91: Depósito INFINITANK 37.800L [39]

Acoplando dos depósitos idénticos en paralelo obtenemos un volumen de 75.600 litros, lo que se adecúa perfectamente a nuestro diseño.

Está fabricado en polietileno, se puede utilizar para crear tanques de varias formas y tamaños, se unen dos módulos y se fijan entre sí, mediante unos tornillos de vigilancia, garantizando la estabilidad mecánica del depósito. Entre los depósitos unidos no hay paredes divisorias, de esta manera el tanque es realmente de una sola pieza. [39]

Sus dimensiones son 2.100x5.620x2.200 mm de alto y acoplando dos tenemos una dimensión total de 2.100x11.240x2.200 mm de alto.

En cuanto a la bomba para impulsar el agua del depósito seleccionamos el conjunto Aqua Silentio control center 25/4 del mismo proveedor, que incluye la bomba, el contador electrónico y la unidad de sistema de alimentación de agua potable en caso de que fuera necesario. En las Figuras 92 y 93 se representan todos los detalles del sistema.



Figura 92: Aqua Silentio control center 25/4 [39]



Figura 93: Interior de Aqua Silentio control center 25/4 [39]

Se trata de un conjunto que presenta las siguientes características: [39]

- Unidad de sistema con alimentación de agua potable doméstica por medio de depósito de alimentación integrado
- Sencilla y rápida puesta en marcha; listo para conectar
- Control automático de la unidad de limpieza de filtros Opticlean con intervalos de limpieza regulables
- Aislamiento completo de cualquier fuente de ruido para funcionamiento silencioso

- Funcionamiento de emergencia integrado conforme al nuevo DIN 1988 Parte 3ª
- 2 años de garantía
- Certificado por la DVGW (Sociedad Científica Alemana para el Transporte)
- Válvula automática de tres vías y realimentación de agua potable conforme a las necesidades
- Bomba de centrifugado KSB (Red doméstica del agua KSB-Superinox) de marcha silenciosa, varios niveles y autosucción con nivel de eficiencia profesional
- Protección antihelada integrada evita daños en caso de falta de agua y garantiza un funcionamiento seguro
- Visualización presión operativa
- De fácil mantenimiento

La bomba está fabricada en material inoxidable de alta calidad, es una bomba centrífuga autoaspirante con función de ahorro de energía, con dispositivo de arranque automático y press control. Además, tiene integrado un dispositivo de seguridad en caso de falta de agua y válvula antiretorno. Su potencia es 0'8 kW - 4'3 bar - 4200 L/h. [39]

El caudal impulsado por la bomba es suficiente ya que, como calculamos en el apartado 2.2.1, la reutilización diaria de aguas pluviales del edificio era de 9.548,7 litros.

Por otro lado, el controlador electrónico indica el nivel de agua en el depósito y regula la entrada de agua potable al depósito si se vacía. Además, controla la limpieza de los filtros autolimpiantes. Incluye electroválvula magnética de latón y 20m de cable de datos. [39]

Las dimensiones del conjunto son 580 x 580 x 350 mm de altura. [39]

En el depósito, colocaremos dos Packs filtración Optimax XL, también del mismo proveedor, cada uno en una entrada de cada depósito adosado. El pack se representa en la Figura 94.



Figura 94: Pack filtración Optimax XL [39]

El pack incluye filtro Optimax XL, zapata de entrada tranquila, rebosadero y fijación Spanifix. [39]

El filtro interno Optimax XL realiza una filtración eficiente y un gran aprovechamiento del agua. Presenta las siguientes características: [39]

- No es necesaria una filtración externa, sólo una cubierta visible
- Alta eficiencia incluso en fuertes lluvias
- Posibilidad de recogida de agua de varias cubiertas
- 95 % de aprovechamiento del agua
- Bajo mantenimiento (auto limpiante)
- Malla filtrante de 0.35 mm (0.01")
- Instalación dentro del depósito para ahorrar espacio
- El cuerpo del filtro puede quitarse sin herramientas
- Fácil inspección gracias a su cubierta transparente
- Capaz de filtrar superficies de hasta 750 m²
- Conexiones DN150

- Opcional con unidad de limpieza interna XL
- Sólo 165 mm de desnivel entre entrada y salida

La superficie de nuestro edificio era de 1261,78 m², y con dos filtros somos capaces de filtrar 1500 m², lo que es suficiente para nuestro proyecto.

Además, como vemos en la Figura 94, incluye una zapata de entrada tranquila DN100 (110 mm), un sifón rebosadero con reja protección anti-animales DN100 (110 mm) y una fijación Spanifix. [39]

La zapata se refiere al deflector. Este elemento es esencial para evitar que la entrada de agua en la cisterna provoque un remolino en el poso sedimentado, pudiendo empeorar la calidad del agua.

Asimismo, el sifón sirve para evacuar el exceso de agua que pudiera entrar en un momento determinado. Es importante la reja protección anti-animales que lleva para evitar la posible entrada de pequeños animales que podrían entrar en el sistema y darnos problemas posteriores de contaminación.

Además, incluimos dos sistemas de autolimpieza para los filtros, representado en la Figura 95, para reducir el mantenimiento del sistema. Estos no venían incluidos en el pack pero lo consideramos una buena inversión.

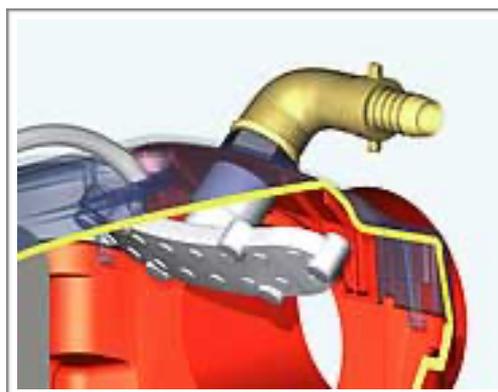


Figura 95: Opticlean para Optimax XL [39]

Para la desinfección del agua de lluvia se utiliza el Sistema de desinfección UV de Roth, que se muestra en la Figura 96 y cuya conexión se detalla en la Figura 97.



Figura 96: Sistema de desinfección UV [40]

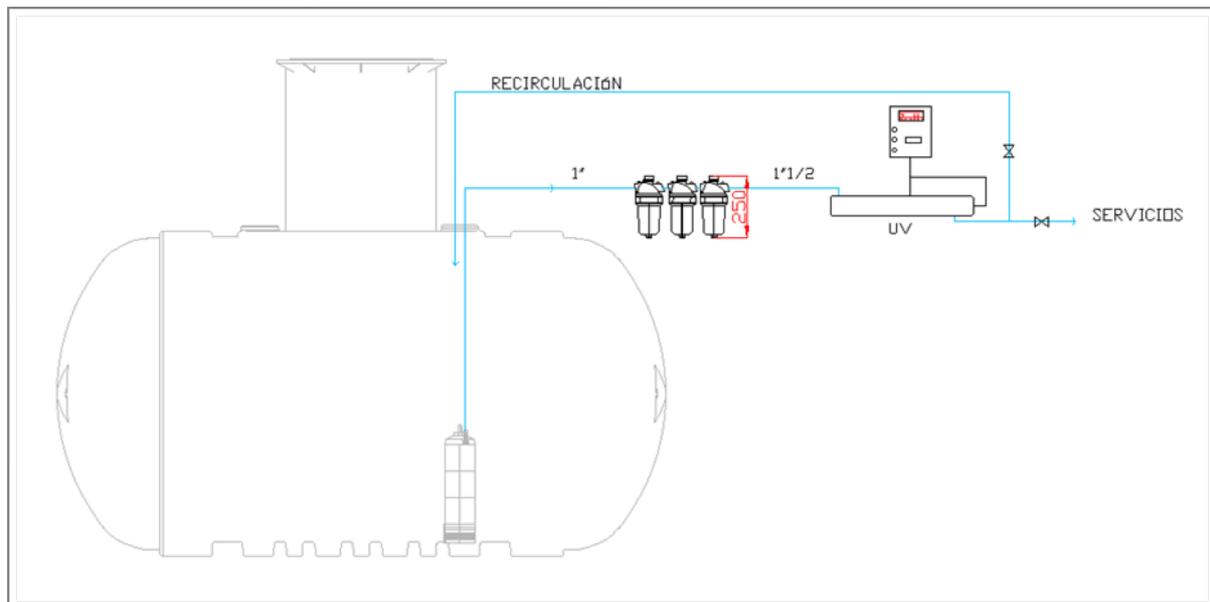


Figura 97: Conexión del sistema de desinfección UV [40]

Se trata de un sistema para desinfectar el agua en circulación mediante filtro UV con sensor de intensidad de UV y contacto libre para la conexión de bombas, alarmas,... [40]

La desinfección del agua se realiza sin uso de químicos y sin cambios ni en el olor ni en el sabor del agua. Presenta bajos costes de mantenimiento, pero no es apto para el agua potable, como habíamos desarrollado a lo largo del proyecto.

El sistema incluye un sistema de filtración previo para eliminar sólidos en suspensión y elementos que obstruyan la dispersión de la luz en el interior del filtro. [40]

Se compone de una carcasa en acero inoxidable para proteger unas lámparas de larga duración, presenta alta potencia de desinfección y bajo consumo energético. El agua fluye dentro del reactor a lo largo del vidrio de Cuarzo que protege la lámpara UV. El espacio entre la pared interna del reactor y la lámpara (27,5 mm) permiten la radiación adecuada del agua garantizando una desinfección óptima. [40]

Sus características vienen definidas en la Tabla 25.

Tabla 25: Características sistema de desinfección UV [40]

Caudal	8 m ³ /h
Transmisión UVC	90% T ₁ cm
Temperatura del agua	Entre 8°C y 40°C
Conexiones	1" 1/2
Dimensiones (L x Ø en mm)	578 x 85
Peso	4,1 kg
Durabilidad	10.000 h
Lámparas	1
Dosis	300 J/m ²
Temperatura máxima	40°C
Presión Máxima	10 bar
Protección	IP 65
Voltaje	110-240 V 50/60 Hz
Potencia	48 W
Fusible	10 A

El sistema de desinfección admite un caudal de 8.000 litros a la hora, suficiente para nuestro sistema de reutilización de aguas pluviales en el que se reutilizan 9.548,7 litros diarios como se calculó en el apartado 2.2.1.

Con todos esos elementos, además de las bajantes de PVC colocadas en el edificio, que mostrábamos en la Figura 49, y el sistema paralelo de tuberías, quedaría definido el sistema de reaprovechamiento de agua de lluvia.

Aguas residuales

Para el tratamiento de aguas residuales elegimos el modelo AquaServe 4000 de la empresa Roth Spain, representado en la Figura 98.



Figura 98: AquaServe 4000 [40]

Su producción diaria es de 4.000 litros y aunque es inferior a nuestras necesidades, el siguiente depósito sería el modelo EcoStep PRO 4 del mismo proveedor, cuya producción diaria es de 24.000 litros, lo que se aleja mucho de nuestras necesidades. Por ello colocaremos dos unidades del modelo AquaServe 4000.

Elegimos este modelo por su relación calidad - precio. Además, su instalación es sencilla una vez puesto en marcha, el funcionamiento está automatizado. [40]

Una vez el agua destinada a la reutilización entra en el circuito del AquaServe, se inicia la filtración a través de varias membranas para eliminar la materia sólida y microorganismos presentes en las aguas grises del hogar. [40]

El equipo AquaServe, a través de su sistema de filtración por membranas biológicas (MBR), separa los sólidos suspendidos, materia orgánica, jabones, etc, de las aguas grises domésticas. El paso de membrana del equipo AquaServe es de 20 nanómetros, lo que otorga al equipo un rendimiento del 99,99% de eliminación de E.coli y huevos de Nemátodos. [40]

Tras su paso por el sistema de filtración del AquaServe, el agua queda filtrada y desinfectada y vuelve a ser apta para su uso en actividades que no tengan que ver con el contacto alimentario o humano. El proceso de filtrado MBR no aporta ningún químico al agua salvo casos especiales tras la cloración. [40]

Los equipos AquaServe incorporan un sistema automático que abastece de agua de red en caso de insuficiente aporte de aguas grises. El conjunto AquaServe 4000 consta de: [40]

- Depósito aireación donde se reciben las aguas grises y se produce la oxidación de la materia orgánica (incluye contrabrida 2" para su conexión).
- Depósito filtración donde se aloja el Reactor biológico aeróbico con filtro de membranas (MBR) (incluye contrabrida 2" para su conexión).
- Consola de control con automatismos y soplante para depósito de aireación.
- Soplante para depósito de filtración.
- Sistema de control de nivel en los depósitos.
- Sistema de limpieza de membrana automática y cloración del agua tratada.

El funcionamiento del sistema de reutilización de aguas residuales se representa en la Figura 99.

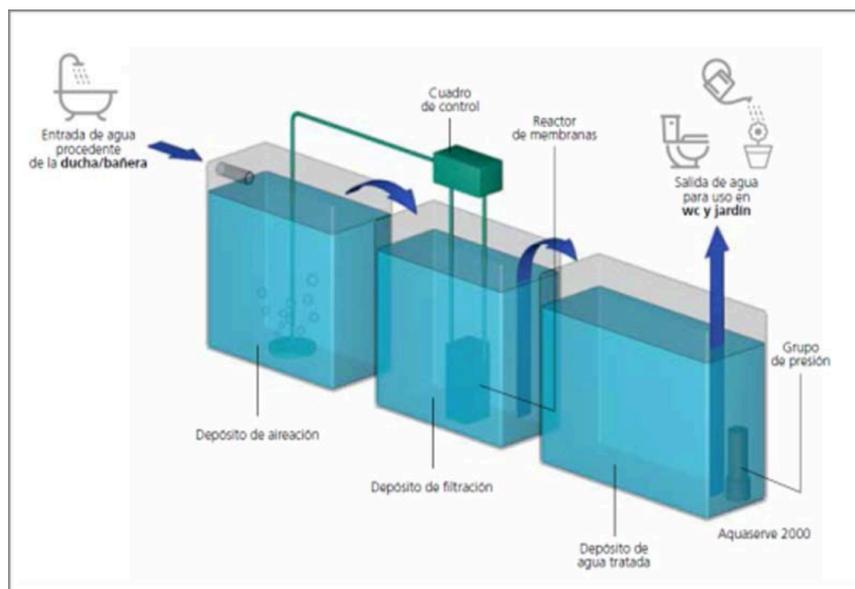


Figura 99: Explicación sistema AquaServe 4000 [40]

Las especificaciones del sistema AquaServe 4000 están recogidas en la Tabla 26.

Tabla 26: Especificaciones AquaServe 4000 [40]

Modelo	Volumen de tratamiento (l/d)	Caudal de tratamiento (l/h)	Consumo de energía (Kwh/d)	Depósito de aireación (l)	Depósito de filtración (l)
AquaServe 4000	4.000	200	5,8	3.000	3.000

Consta de tres depósitos, el de aireación el de filtración y el depósito de agua tratada, sin embargo, el sistema solo incluye los dos primeros, por lo que el depósito de agua tratada hay que presupuestarle por separado.

Elegimos el modelo RDBA 3000, idéntico a los dos depósitos anteriores. Sus dimensiones son 2.250x990x1.695 mm de alto, por lo que la longitud total del sistema, separando los depósitos medio metro será de 7.750 mm. Hay que tener en cuenta que debemos instalar dos sistemas completos.

Hay que incluir un sistema de control de nivel de agua en el último depósito para que abastezca de agua de red a las viviendas en caso de falta de aporte de caudal de aguas grises. El modelo del mismo fabricante es Contador de agua producida, está fabricado en latón y se muestra en la Figura 100. [40]



Figura 100: Contador de agua producida [40]

Tampoco incluye la bomba, por lo que seleccionamos una del mismo fabricante par obtener la mejor relación calidad – precio, Bomba Roth Rain, representada en la Figura 101.



Figura 101: Bomba Roth Rain [40]

Se trata de una bomba sumergible a presión con electrónica de control integrada, proyectada para el funcionamiento automático con arranque y parada automáticos, con las siguientes especificaciones: [40]

- Sensor de presión y flujo incorporados.
- Equipados con dispositivo electrónico de seguridad que previene el funcionamiento de la bomba en seco y válvula antirretorno.
- Alta fiabilidad
- Equipada de cable de alimentación de 15 mt

Sus características se representan en la Tabla 27.

Tabla 27: Características Roth Rain [40]

CARACTERÍSTICAS	
Caudal máx (l/h)	5.700
Altura manométrica máx (m.c.a)	48
Potencia (Kw)	1,1
Peso (Kg)	11
Tubería de impulsión C (pulgadas) (DNI)	1"
Dimensiones (L x D x H) (cm)	15 x 15 x 48

2.3 OTRAS ACTUACIONES

En este punto se detallarán las diferentes actuaciones en función de su campo de aplicación y de las diferentes zonas de la edificación.

Medidas de ahorro energético

En primer lugar, todo el edificio de viviendas contará con **iluminación LED**.

A continuación, se describen 10 de sus ventajas: [41]

1. El bajo consumo de la luminaria permite un importante ahorro energético. La eficiencia de la luminaria esta basada en su amplia vida útil frente a la tradicional, su bajo consumo energético.
2. Poca emisión de calor. Diseñadas con disipador de calor evitando la sobrecarga.
3. Produce luz nítida y brillante con un encendido inmediato evitando parpadeos.
4. Mayor duración que las bombillas tradicionales. La vida útil de los leds puede llegar a estar entre las 20.000 y 50.000 horas de vida (6 años aprox.), mientras que la de una bombilla halógena esta en torno a las 2.000 horas.
5. Facilidad de instalación.
6. Importante ahorro factura de la luz. EL ahorro puede suponer hasta un 80%
7. Posibilidad de control de intensidad lumínica con control remoto. Algunas luminarias tienen integrado un regulador para cambiar la intensidad y tono de luz dependiendo de la calidez deseada. También pueden tener un controlador manual a distancia. Al no tener filamento como las bombillas incandescentes o halógenas, soportan golpes y vibraciones sin romperse. Mayor resistencia gracias a su protección IP contra polvo o agua.
8. Son ecológicas. No contienen mercurio por tanto no dañan el medio ambiente.
9. Producen baja contaminación lumínica en exteriores.

Sin embargo, esta opción no se desarrolla en detalle puesto que depende del criterio de cada usuario dentro de sus viviendas y solo aplicaría a zonas comunes.

Por otro lado, en las zonas comunes exteriores se colocarán focos con **detectores de presencia y movimiento** incorporados.

Los detectores de presencia permiten aumentar nuestro confort y, a la vez, ahorrar en el consumo de electricidad y cumplir con las directivas de ahorro energético. Los detectores de presencia funcionan como interruptores de luz y permiten que la iluminación este encendida únicamente cuando sea necesario, con el consecuente ahorro de electricidad que ello conlleva. El uso de estos dispositivos en un edificio consigue reducir más del 50% el consumo eléctrico y al mismo tiempo se aumenta la vida media de las bombillas. Los detectores de presencia son adecuados para lugares con bombillas incandescentes o LED ya que, en el caso de fluorescentes, el mayor número de encendidos y apagados que producen los detectores de presencia acortan grandemente la vida media de las bombillas fluorescentes. La utilización de detectores de presencia junto a bombillas tipo led puede suponer un ahorro del 80% o incluso superior en el caso de edificios con espacios iluminados 24 horas al día como son el garaje y el ascensor. [42]

En nuestro caso, el ahorro económico solo aplica en las zonas exteriores del edificio, ya que en el resto de casos, normalmente ya se controla el tiempo de encendido del alumbrado mediante el pulsado de los interruptores y el ahorro sería mínimo.

Tendremos entonces 9 focos repartidos según la Figura 102.

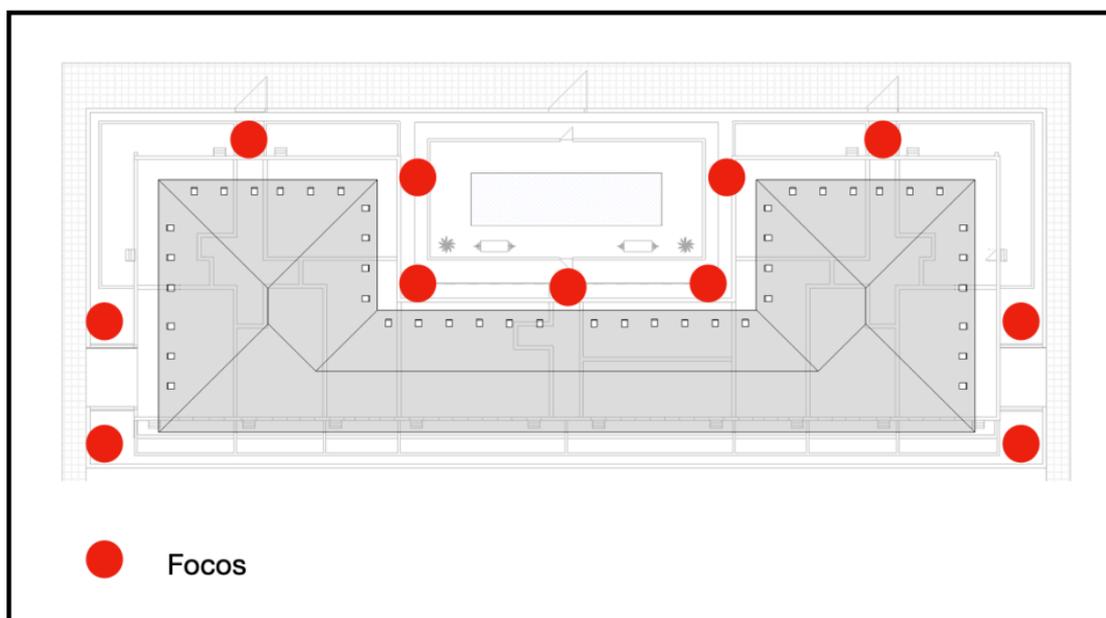


Figura 102: Reparto de focos en zona exterior del edificio

Elegiremos los focos con detector de movimiento incluido. Elegimos el modelo 100W Foco LED Exterior con Sensor Movimiento, IP67 Impermeable Proyector LED Exterior 10000LM 6500K Blanco frío del fabricante STARTLED KYS, representado en la Figura 103.



Figura 103: Foco LED exterior con sensor de movimiento [43]

Otra medida adoptada para el ahorro energético es la colocación de **termostatos inteligentes** en cada una de las viviendas.

Un termostato es un aparato que detecta la temperatura de una estancia, se encarga de ordenar un encendido o apagado de la calefacción para que la temperatura suba o baje de forma que se mantenga estable a los grados establecidos. [44]

Los termostatos digitales inteligentes se activan mediante sensores eléctricos, tienen pantalla táctil a color, se pueden conectar con la red Wifi, ofreciendo así la posibilidad de manejarlos desde un Smartphone y se pueden programar para ayudarte a hacer un uso más eficiente de tu calefacción. [44]

Los termostatos digitales te ayudan a ahorrar en tu factura gracias a la programación. Esta permite ajustar el uso de tu calefacción a tus necesidades reales, evitando tenerla encendida más tiempo del necesario y reduciendo así el consumo de energía. El termostato se encargará de ajustar la temperatura para que la casa esté preparada a la hora que elijas y sin gastar más de lo necesario. [44]

Si se usan correctamente, los termostatos digitales pueden suponer para el propietario de la casa un ahorro de entre el 10% y el 30% en sus facturas de calefacción. [44]

De media, una casa utiliza alrededor de un 45% de la energía en calentar o enfriar estancias. Sin embargo, si se analiza la realidad en profundidad, gran parte de esa energía se malgasta en calentar espacios que no están siendo ocupados todo el tiempo. Por ejemplo, dejar la calefacción puesta a baja temperatura durante el invierno cuando sales por la mañana para estar confortable al llegar, conlleva un gasto anual considerable e innecesario. Gracias a los termostatos digitales programables puedes evitarlo, porque seleccionas a qué hora quieres que se encienda, aunque tú no estés en casa. [44]

Por ello, colocaremos en cada vivienda el termostato Home T6R del proveedor Honeywell mostrado en la Figura 104.



Figura 104: Termostato digital Home T6R de Honeywell [43]

Medidas de ahorro de agua

El agua es un bien escaso y su consumo sostenible depende de cada uno de nosotros. Por insignificante que parezca, ahorrar agua en casa es importante y en nuestras manos está hacerlo. Una posibilidad es instalar **reductores de caudal** de agua en el grifo o en la ducha, ya que permiten ahorrar entre un 18% y un 47% de un recurso tan preciado y vital como el agua. [45]

Existen distintos sistemas para lograr reducir el caudal de agua que sale por el grifo: aireadores, perlizadores o reductores de caudal. Unos estrechan el caño, otros introducen aire en el chorro de agua, y también los hay que limitan la apertura del mando. [45]

Son dispositivos que se instalan fácilmente en la boca del grifo, sustituyendo el filtro normal. Hay que verificar si el grifo instalado tiene rosca interior (hembra) o exterior (macho) para adquirir el dispositivo adecuado. [45]

Elegimos el modelo Kit de 6 aireadores y filtros grifo EQUATION de Leroy Merlin por su calidad – precio. Con un Kit tenemos para cada vivienda, dos para los baños y uno para la cocina, necesitando entonces 52 kits. Los kits se representan en la Figura 105.



Figura 105: Kit de 6 aireadores y filtros de grifo EQUATION [46]

3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este apartado se expondrán las principales conclusiones que se extraen del proyecto. El estudio de los resultados y conclusiones se realiza en dos direcciones, impacto medioambiental y rentabilidad económica.

Uno de los pilares fundamentales de la sostenibilidad radica en hacer un uso moderado y eficiente de los recursos para garantizar su existencia y disfrute de generaciones futuras.

Asímismo, hay que tener presente que, de los recursos actuales, el agua es el único que no se podría sustituir. Solo el 3,5% del agua del planeta es agua dulce y únicamente el 0,025% es agua potable. [47] El hecho de residir en un lugar, en el que el acceso al agua está garantizado en todo momento, muchas veces no hace que la sociedad sea consciente de tal hecho.

3.1 PANELES SOLARES

3.1.1 Reducción del impacto medioambiental

En España, la producción de electricidad genera 184 g CO_{2eq}/kWh, mientras que la producción de energía solar, únicamente genera 45 g CO_{2eq}/kWh. [48]

Con la implantación del sistema de paneles solares conseguimos reducir la huella ecológica, reduciendo las emisiones de CO₂.

El consumo energético anual de cada vivienda es de 3.487 kWh.[27] Por lo que las emisiones anuales en el edificio sin la implantación del sistema de paneles solares serían:

Emisiones CO₂ sin paneles solares

$$= 184 \text{ g CO}_{2 \text{ eq}}/\text{kWh} * 3487 \text{ kWh}/\text{vivienda} * 52 \text{ viviendas}$$

$$= 33.363.616 \text{ g CO}_2$$

El edificio conectado a la red eléctrica tradicional sin la utilización de paneles solares hubiera producido más de 33 toneladas anuales de CO₂.

Las emisiones generadas por el sistema de paneles fotovoltaicos se representan en la Tabla 28. En él se muestran las emisiones generadas por el propio sistema y las generadas por la red eléctrica convencional cuando la demanda requiere abastecerse de la misma.

Tabla 28: Emisiones producidas por el sistema de paneles solares

Mes	DEMANDA (kWh)	PRODUCCIÓN PANELES SOLARES (kWh)	PRODUCCIÓN RED ELÉCTRICA (KWh)	EMISIONES PANELES SOLARES (g CO _{2eq})	EMISIONES RED ELÉCTRICA (g CO _{2eq})	TOTAL EMISIONES (g CO _{2eq})
Enero	15110,33	10808,9	4301,43	486400,5	791463,12	1277863,62
Febrero	15110,33	13771,6	1338,73	619722	246326,32	866048,32
Marzo	15110,33	21781	0	980145	0	980145
Abril	15110,33	25791,7	0	679964,85	0	679964,85
Mayo	15110,33	28812,9	0	679964,85	0	679964,85
Junio	15110,33	29575,9	0	679964,85	0	679964,85
Julio	15110,33	30951,2	0	679964,85	0	679964,85
Agosto	15110,33	29098,9	0	679964,85	0	679964,85
Septiembre	15110,33	24866,7	0	679964,85	0	679964,85
Octubre	15110,33	19452	0	679964,85	0	679964,85
Noviembre	15110,33	11826,7	3283,63	532201,5	0	532201,5
Diciembre	15110,33	11220,8	3889,53	504936	715673,52	1220609,52
TOTAL				7883158,95	1753462,96	9636621,91

En total se producen 9.636.621,91 g CO₂, por lo que las emisiones producidas por el consumo energético del edificio se reducen anualmente en casi 24 toneladas de CO₂.

3.1.2 Ahorro económico

Por otro lado, el consumo mensual de cada vivienda se estima en:

$$\text{Consumo mensual} = \frac{3.487}{12} = 290,583 \text{ kWh}$$

El cálculo del ahorro económico se basa en una factura real de un hogar similar al cualquiera del edificio de viviendas diseñado de mayo de 2021. No se tiene en cuenta que el coste de la luz se encuentra actualmente en crecimiento, y que, por lo tanto, el ahorro económico debido a la instalación de paneles solares será aún mayor que el calculado a continuación.

Facturación por potencia contratada:	
Importe por peaje de acceso:	
Periodo P1 (21/04/2021 - 31/05/2021): 3,4500 kW * 0,1042286 €/kW día * 41 días	14,7431 €
Facturación por energía consumida:	
Importe por peaje de acceso:	
Periodo P1 (21/04/2021 - 31/05/2021): 162,0000 kWh * 0,044027 €/kWh	7,1324 €
Importe por coste de la energía:	
Periodo P1 (21/04/2021 - 30/04/2021): 38,1818 kWh * 0,107637 €/kWh	4,1098 €
Periodo P1 (01/05/2021 - 31/05/2021): 123,8182 kWh * 0,109851 €/kWh	13,6016 €
Subtotal	39,5868 €
Impuesto de electricidad: Impuesto especial al tipo de 4,864% sobre el producto de la facturación de la electricidad suministrada multiplicada por el coeficiente 1,051130	
Impuesto electricidad (39,5868 * 1,05113 * 4,864%)	2,0240 €
Alquiler de equipos de medida y control: Precio establecido que se paga por el alquiler de equipos de medida y control.	
Alquiler de equipos de medida y control (41 días * 0,026585 €/día)	1,0900 €
Servicios:	
Servicio exprés 24 luz	5,3783 €
Descuentos sobre Servicios:	
Descuento servicios luz	-5,3783 €
Subtotal otros conceptos	3,1140 €
Base imponible	42,70 €
Impuestos:	
IVA General (21%)	21,00 % s/42,70 €
	8,97 €
TOTAL IMPORTE FACTURA	51,67 €

Figura 106: Factura real de electricidad mayo 2021

Facturación por potencia contratada:

Importe por peaje de acceso:

$$Importe_1 = 3,45 \text{ kW} * 0,1042286 \frac{\text{€}}{\text{kW día}} * 30 \text{ días} = 10,7877 \text{ €}$$

Facturación por energía consumida:

Importe por peaje de acceso:

$$Importe_2 = 290,583 \text{ kWh} * 0,044027 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 12,7935 \text{ €}$$

Importe por coste de la energía:

En este cálculo tomamos el precio de la energía el del mes de mayo de 2021.

$$Importe_3 = 290,583 \text{ kWh} * 0,109851 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 31,9208 \text{ €}$$

$$\begin{aligned} Subtotal &= Importe_1 + Importe_2 + Importe_3 = 10,7877 + 12,7937 + 31,9208 \\ &= 55,5022 \text{ €} \end{aligned}$$

Impuesto de la electricidad:

$$Impuesto = 55,5022 * 1,05113 * 4,864 \% = 2,8377 \text{ €}$$

Alquiler de equipos de medida y control:

$$Alquiler = 30 \text{ días} * 0,026585 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 0,7976 \text{ €}$$

$$Subtotal \text{ otros conceptos} = Impuesto + Alquiler = 2,8377 + 0,7976 = 3,6353 \text{ €}$$

Base imponible:

$$\begin{aligned} Base \text{ imponible} &= Subtotal + Subtotal \text{ otros conceptos} = 55,5022 + 3,6353 \\ &= 59,1375 \text{ €} \end{aligned}$$

Impuestos:

$$IVA \text{ General (21\%)} = 21\% * 59,1375 = 12,4189 \text{ €}$$

Total importe de la factura:

$$TOTAL = Base \text{ imponible} + IVA \text{ General (21\%)} = 59,1375 + 12,4189 = 71,5564 \text{ €}$$

Esto sería el coste mensual por vivienda si se recurriera a la red eléctrica convencional en todo momento.

El coste mensual para las 52 viviendas sería:

$$TOTAL_{52 \text{ viviendas}} = 71,5564 * 52 \text{ viviendas} = 3720,9328 \text{ €}$$

En la Tabla 29 calculamos el coste de la luz en los meses en los que la producción de los paneles solares no es suficiente, para así, calcular el ahorro económico total de nuestro sistema. En los meses en los que no es necesario recurrir a la red eléctrica, existen los costes fijos del peaje de acceso (Importe 1) y del alquiler de equipos de medida y control.

Tabla 29: Coste electricidad mensual

Mes	PRODUCCIÓN RED ELÉCTRICA (KWh)	IMPORTE 1 (€)	IMPORTE 2 (€)	IMPORTE 3 (€)	SUBTOTAL (€)	IMPUESTO (€)	ALQUILER (€)	BASE IMPONIBLE (€)	IMPUESTOS (€)	TOTAL (€)
Enero	4301,43	10,7877	189,3791	471,355	671,5218	34,3329	0,7976	706,6523	148,397	855,0493
Febrero	1338,73	10,7877	58,9403	146,6994	216,4274	11,0653	0,7976	228,2903	47,941	276,2313
Marzo	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Abril	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Mayo	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Junio	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Julio	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Agosto	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Septiembre	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Octubre	0	10,7877	0	0	10,7877	0,5515	0,7976	12,1368	2,5487	14,6855
Noviembre	3283,63	10,7877	144,5684	359,8235	515,1796	26,3396	0,7976	542,3168	113,8865	656,2033
Diciembre	3889,53	10,7877	171,2443	426,2186	608,2506	31,098	0,7976	640,1462	134,4307	774,5769
TOTAL										2679,5448

El coste anual que tendría el edificio de viviendas es de 2.679,5448 €, por lo que el ahorro anual será:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual edificio} &= 3720,9328 \text{ €/mes} * 12 \text{ meses} - 2.679,5448 \text{ €} \\ &= 41.971,6488 \text{ €} \end{aligned}$$

El coste total del sistema de paneles solares asciende a 574.691,05 euros. Para calcular la amortización debemos tener en cuenta el mantenimiento.

Por un lado, la esperanza de vida de los paneles es, como norma general, de 25 años. De hecho, un panel solar puede funcionar durante treinta años o más, pero su potencia disminuirá después de veinte años debido a la degradación de sus células fotovoltaicas. Con los cuidados adecuados, se podría esperar una vida media de hasta 35 años. A partir de ahí, se debería verificar el poder de la instalación para asegurarnos de que la energía producida aún satisfaga las necesidades del hogar.

[38]

Los paneles solares cuentan con una gran resistencia y durabilidad, sin embargo, su producción se puede ver mermada si no realizamos un mantenimiento adecuado de los mismos. [35]

Para mantener limpio el panel solar basta con utilizar agua con una pequeña cantidad de jabón para que sea posteriormente más sencillo aclararlo. No se recomienda utilizar detergentes o materiales de limpieza ásperos, ya que podemos dañar la superficie del panel permanentemente. [35]

Como norma general se recomienda realizar esta limpieza unas 3 o 4 veces año, o con mayor frecuencia si se trata de una zona con mucho nivel de polvo y suciedad. [35]

Al tratarse de una gran instalación, estimamos en 1000 € la limpieza periódica que requiere el panel. Si realizamos 3 limpiezas al año, habría que sumarle a la inversión 3.000 € anuales de mantenimiento para poder calcular correctamente el periodo de amortización.

En la Tabla 30 se calcula el período de amortización de los paneles solares.

Tabla 30: Amortización paneles solares

AÑO	Coste inversión (€)	Ahorro anual (€)	Coste mantenimiento (€)	Capital amortizado (€)
0	574691,05	41971,6488	3000	535719,4012
1	574691,05	41971,6488	3000	496747,7524
2	574691,05	41971,6488	3000	457776,1036
3	574691,05	41971,6488	3000	418804,4548
4	574691,05	41971,6488	3000	379832,806
5	574691,05	41971,6488	3000	340861,1572
6	574691,05	41971,6488	3000	301889,5084
7	574691,05	41971,6488	3000	262917,8596
8	574691,05	41971,6488	3000	223946,2108
9	574691,05	41971,6488	3000	184974,562
10	574691,05	41971,6488	3000	146002,9132
11	574691,05	41971,6488	3000	107031,2644
12	574691,05	41971,6488	3000	68059,6156
13	574691,05	41971,6488	3000	29087,9668
14	574691,05	41971,6488	3000	-9883,682

En 14 años se amortiza la inversión. No se tiene en cuenta la vida de los paneles puesto que su esperanza es de casi el doble del período de amortización.

3.2 APROVECHAMIENTO DEL AGUA

3.2.1 Reducción del impacto medioambiental

Además del beneficio económico, con la reutilización de agua se reduce notablemente la huella hídrica.

La reutilización diaria de agua de lluvia del edificio, como aparece en la Tabla 23, es de 3.188,598 litros.

Por otro lado, la reutilización de aguas residuales, que vemos en la misma tabla anterior, es de 6.360,11 litros.

Esto hace un total de 9.548,708 litros diarios ahorrados, y en un año, el ahorro de agua será de casi 3 millones y medio de litros.

Por otro lado, en este apartado no se tiene en cuenta el ahorro del consumo energético asociado a consumo de agua puesto que no tenemos valores exactos del consumo de nuestro sistema. Aún así sabemos que el ahorro existe, entre otras cosas, por evitar el transporte y la distribución del mismo. Estos consumos eran representados en el gráfico de la Figura 45.

3.2.2 Ahorro económico

El coste del agua en Cantabria, según la Figura 47 es de 1,72 €/m³. No se considera el predecible aumento del precio del agua que habrá en los próximos años y que aumentará la rentabilidad del proyecto.

Por lo tanto, el ahorro económico es:

$$Ahorro\ diario_{aguas\ pluviales} = 3.188,598\ litros * 1,72 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ litros} = 5,4844\ \text{€}$$

$$Ahorro\ diario_{aguas\ residuales} = 6.360,11\ litros * 1,72 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * \frac{1\ \text{m}^3}{1000\ litros} = 10,9394\ \text{€}$$

El ahorro anual será:

$$Ahorro\ anual_{aguas\ pluviales} = 5,4844 * 365\ días = 2.001,806\ \text{€}$$

$$Ahorro\ anual_{aguas\ residuales} = 10,9394 * 365\ días = 3.992,881\ \text{€}$$

$$\text{Ahorro anual total} = 2.001,806 + 3.992,881 = 5.994,687 \text{ €}$$

El coste total del sistema de reutilización de aguas pluviales es de 39.335,28 €, por lo que el periodo de amortización será:

$$\text{Período de amortización} = \frac{39.335,28}{2.001,806} = 19,65 \text{ años}$$

A partir del año 20, el sistema de reutilización de aguas pluviales obtendría beneficios.

En este cálculo no se ha tenido en cuenta las labores de mantenimiento preventivo indicadas en la Tabla 6 puesto que se desconocen los costes.

Lo único que se puede tener en cuenta es la sustitución del sistema de desinfección UV que tiene una duración de 10.000 horas como indica la Tabla 25.

Suponiendo que el sistema se utiliza 16 horas al día, el sistema de desinfección tendrá una duración de 625 días. Si suponemos que hay que cambiarlo al inicio del tercer año, la amortización estaría representada en la Tabla 31.

Tabla 31: Amortización sistema de reutilización de aguas pluviales

AÑO	Coste inversión (€)	Ahorro anual (€)	Coste sistema desinfección (€)	Capital amortizado (€)
0	39335,28	2001,806		37333,474
1	39335,28	2001,806		35331,668
2	39335,28	2001,806	2590	35919,862
3	39335,28	2001,806		33918,056
4	39335,28	2001,806		31916,25
5	39335,28	2001,806	2590	32504,444
6	39335,28	2001,806		30502,638
7	39335,28	2001,806		28500,832
8	39335,28	2001,806	2590	29089,026
9	39335,28	2001,806		27087,22
10	39335,28	2001,806		25085,414
11	39335,28	2001,806	2590	25673,608
12	39335,28	2001,806		23671,802
13	39335,28	2001,806		21669,996
14	39335,28	2001,806	2590	22258,19
15	39335,28	2001,806		20256,384
16	39335,28	2001,806		18254,578
17	39335,28	2001,806	2590	18842,772
18	39335,28	2001,806		16840,966
19	39335,28	2001,806		14839,16
20	39335,28	2001,806	2590	15427,354
21	39335,28	2001,806		13425,548
22	39335,28	2001,806		11423,742
23	39335,28	2001,806	2590	12011,936
24	39335,28	2001,806		10010,13
25	39335,28	2001,806		8008,324
26	39335,28	2001,806	2590	8596,518
27	39335,28	2001,806		6594,712
28	39335,28	2001,806		4592,906
29	39335,28	2001,806	2590	5181,1
30	39335,28	2001,806		3179,294
31	39335,28	2001,806		1177,488
32	39335,28	2001,806	2590	1765,682
33	39335,28	2001,806		-236,124

Hasta el año 33 el sistema de aguas pluviales no estaría amortizado. Sin embargo, el aprovechamiento del agua se compone también del aprovechamiento de las aguas residuales.

El coste total del sistema de reutilización de aguas residuales es de 43.929,53 por lo que el periodo de amortización será:

$$\text{Período de amortización} = \frac{43.929,53}{5.994,687} = 7,33 \text{ años}$$

El sistema de reutilización de aguas residuales obtendría beneficios a partir del año 8.

En este periodo tampoco está incluido el mantenimiento indicado en la Tabla 7 porque es difícil de predecir los costes.

Si el cálculo de la amortización se realizara de ambos sistemas en conjunto, el período de amortización sería de 11 años, como vemos en la Tabla 32.

Tabla 32: Amortización conjunta sistema de reutilización de aguas pluviales y aguas residuales

AÑO	Coste inversión (€)	Ahorro anual (€)	Coste sistema desinfección (€)	Capital amortizado (€)
0	83264,81	7996,493		75268,317
1	83264,81	7996,493		67271,824
2	83264,81	7996,493	2590	61865,331
3	83264,81	7996,493		53868,838
4	83264,81	7996,493		45872,345
5	83264,81	7996,493	2590	40465,852
6	83264,81	7996,493		32469,359
7	83264,81	7996,493		24472,866
8	83264,81	7996,493	2590	19066,373
9	83264,81	7996,493		11069,88
10	83264,81	7996,493		3073,387
11	83264,81	7996,493	2590	-2333,106

3.3 OTRAS ACTUACIONES

Focos con detectores de movimiento

Se calcula el ahorro anual en función de las horas de sol de la localidad de Laredo. En Laredo se cuentan alrededor de 2.559 horas de sol durante todo el año. [11]

Un año tiene 8.760 horas, por lo que las horas anuales de encendido de unos focos sin detectores de presencia sería:

$$\text{Horas encendido focos} = 8.760 - 2.559 = 6.201 \text{ horas}$$

La potencia de los focos era de 100 W, por lo que el consumo anual sería:

$$\text{Consumo focos} = 6.201 \text{ horas} * 100 \text{ W} = 620.100 \text{ Wh}$$

Sin embargo, si solo se encienden con el tránsito de los ocupantes del edificio, suponiendo un tránsito diario total de 2 horas, serían 730 horas anuales, por lo que el consumo sería:

$$\text{Consumo focos} = 730 \text{ horas} * 100 \text{ W} = 73.000 \text{ Wh}$$

Por lo tanto, el ahorro anual es:

$$\text{Ahorro anual} = 620.100 - 73.000 = 547.100 \text{ Wh}$$

Considerando la misma factura eléctrica que en el apartado 3.1, el ahorro económico sería:

$$\text{Importe}_{\text{peaje eléctrico}} = 547,1 \text{ kWh} * 0,044027 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 24,0872 \text{ €}$$

$$\text{Importe}_{\text{coste de la energía}} = 547,1 \text{ kWh} * 0,109851 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 60,0995 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro}_{\text{total}} = 24,0872 + 60,0995 = 84,1866 \text{ €}$$

El coste de los focos con detectores de movimiento es de 305,91€, mientras que 9 focos del mismo proveedor sin los detectores, tienen un coste de 242,91€. El incremento de coste es entonces:

$$\text{Incremento} = 305,91 - 242,91 = 63 \text{ €}$$

En menos de un año estarían los focos amortizados.

Termostatos digitales inteligentes

El ahorro que se puede alcanzar depende del uso de cada usuario del edificio de viviendas. No obstante, como vimos en el Apartado 2.3, se encuentra entre el 10 y el 30% del consumo energético destinado a calefacción.

El consumo eléctrico anual medio por hogar es de 3.487 kWh, correspondiendo el 7,4% a la calefacción [28], por lo que el consumo medio anual de electricidad para la calefacción es de:

$$\text{Consumo eléctrico calefacción} = 3.487 * \frac{7,4}{100} = 258,038 \text{ kWh}$$

Si estimamos el ahorro en un 20%, éste será:

$$\text{Ahorro anual} = 258,038 * \frac{20}{100} = 5,16 \text{ kWh}$$

Considerando la misma factura eléctrica que en el apartado 3.1, el ahorro económico anual es:

$$\text{Importe}_{\text{peaje eléctrico}} = 5,16 \text{ kWh} * 0,044027 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,2272 \text{ €}$$

$$\text{Importe}_{\text{coste de la energía}} = 5,16 \text{ kWh} * 0,109851 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,5668 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro}_{\text{total vivienda}} = 0,2272 + 0,5668 = 0,794 \text{ €}$$

$$\text{Ahorro}_{\text{total edificio}} = 0,794 \text{ €} * 52 \text{ viviendas} = 41,288 \text{ €}$$

En este caso, el ahorro no es muy elevado, pero sí aporta otros beneficios a los usuarios como comodidad.

Reductores de caudal

Según el proveedor, el ahorro conseguido con esta medida es del 40%. [49]

Como calculamos en el apartado 2.2, el consumo de cada vivienda será de 465 litros por vivienda y día. El consumo de agua destinado a los lavabos, según la Figura 48, es del 17,17 % resultando:

$$\text{Consumo agua lavabos vivienda} = 465 * \frac{17,17}{100} = 79,84 \text{ litros/día}$$

$$\text{Consumo agua lavabos edificio} = 79,84 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 52 \text{ viviendas} = 4.151,706 \text{ litros/día}$$

$$\text{Ahorro diario} = 4.151,706 * \frac{40}{100} = 1.660,68 \text{ litros}$$

$$\text{Ahorro anual} = 1.660,68 * 365 = 606.149,076 \text{ litros}$$

El coste del agua en Cantabria, según la Figura 47 es de 1,72 €/m³.

Por lo tanto, el ahorro económico es:

$$\text{Ahorro anual} = 606.149,076 \text{ litros} * 1,72 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} = 1.042,576 \text{ €}$$

El precio de 52 kits de aireadores y filtros es de 363,48 euros, por lo que antes de medio año está amortizada la inversión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Sostenibilidad para todos*. <https://www.sostenibilidad.com>
- [2] *Eurostat. Your key to European statistics*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- [3] *Cambio climático*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>
- [4] *Actualización importante del conjunto de datos clave de temperatura global*. <https://www.metoffice.gov.uk/research/news/2020/major-update-to-key-global-temperature-data-set>
- [5] *International Energy Agency*. <https://www.iea.org>
- [6] Johannes Goeke, Felix Krükel. *Autarkie – Tendenzen der solarthermischen Selbstversorgung*. Octubre, 2017.
- [7] Enrique Cabrera, Miguel Angel Pardo, Enrique Cabrera Jr., Ricardo Cobacho. *Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante*. Septiembre, 2010.
- [8] *Plan General de Ordenación Urbana de Laredo (Cantabria)*. <http://adcarquitectos.es/portfolio-item/plan-general-de-ordenacion-urbana-de-laredo/>
- [9] *Mapas Cantabria. Visualizador de Información Geográfica*. <http://mapas.cantabria.es>
- [10] *Acceso a datos de radiación solar de España (ADRASE)*. <http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-peninsula.html>
- [11] *Photovoltaic geographical information system*. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html#!
- [12] *Climograma de Laredo*. <https://es.climate-data.org/europe/espana/cantabria/laredo-29443/#climate-graph>
- [13] Tony Castillo-Calzadilla, Ana M. Macarulla, Cruz E. Borges, Oihane Kamara-Estebana. *A Case Study Comparison Between Photovoltaic And Fossil Generation Based On Direct Current Hybrid Microgrids To Power A Service Building*. Octubre, 2019.

[14] COP22 Marrakech, la cumbre para escribir las reglas del juego del Acuerdo de París. <https://www.efeverde.com/noticias/cop22-marraquech-la-cumbre-escribir-las-reglas-del-juego-del-acuerdo-paris/>

[15] *Energía solar*. <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar>

[16] Alejandro Prieto, Ulrich Knaack, Thomas Auer, Tillmann Klein. *Solar coolfacades: Framework for the integration of solar cooling technologies in the building envelope*. Abril, 2017.

[17] *Tejas solares de vidrio. Generar energía solar térmica*. <https://ecoinventos.com/tejas-solares-de-vidrio/>

[18] *Tejas de vidrio para suministrar calefacción y agua caliente*. <https://www.energias-renovables.com/solar-termica/tejas-de-vidrio-para-suministrar-calefaccion-y>

[19] *Soltech: tejas de vidrio para producir energía solar fotovoltaica en cubierta*. <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/soltech-tejas-de-vidrio-para-producir-energia-solar-fotovoltaica-en-cubierta>

[20] Laurent Hardy, Alberto Garrido, Luis Juana. *Evaluation of Spain's Water - Energy Nexus*. Marzo, 2012.

[21] M. López de Asiain Alberich, A. Ehrenfried, P. Pérez del Real. *El ciclo urbano del agua. Un nuevo modelo de sistema integral de gestión*. Noviembre, 2007.

[22] Aqua España. *Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*. 2016

[23] Instituto Nacional de Estadística. *Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua. Año 2016*. https://www.ine.es/prensa/essa_2016.pdf

[24] *¿Cuál es la distribución del consumo de agua en los hogares españoles?* <https://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/cual-es-distribucion-consumo-agua-hogares-espanoles>

[25] *Guías de sostenibilidad en la edificación residencial. Agua*. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0551274.pdf>

[26] Aqua España. *Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios*. 2016

[27] *Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.*
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-21092-consolidado.pdf>

[28] Instituto para la diversificación y ahorro de energía. *Consumos del sector residencial en España.*
<https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos Documentacion Basica Residencial Unido c93da537.pdf>

[29] European Commission. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).*
<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

[30] *Especificaciones módulos fotovoltaicos TSM-245-PC05.*
https://static.trinasolar.com/sites/default/files/TSM_PC05_datasheet_EN.pdf

[31] *¿Cómo seleccionar un inversor para una instalación aislada?*
<https://www.efimarket.com/blog/seleccionar-inversor-una-instalacion-aislada/>

[32] Mastervolt. <https://www.mastervolt.es>

[33] Suministros del sol. <https://suministrosdelsol.com>

[34] Sfe solar. <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>

[35] AutoSolar. <https://autosolar.es>

[36] Ecofener. <https://ecofener.com>

[37] *¿Cómo funciona la energía solar fotovoltaica?* <https://www.energiafv.com/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica/>

[38] Damia Solar. *Cálculo de la sección de cable solar.*
<https://www.damiasolar.com/actualidad/calculo-de-la-seccion-de-cable-solar-17>

[39] Agua de lluvia. <https://aguadelluvia.es>

[40] Roth Spain. <https://www.roth-spain.com>

[41] *10 ventajas de la iluminación LED en el hogar.*
<https://www.ecoluzled.com/blog/10-ventajas-de-la-iluminacion-led-hogar/>

[42] Electmadrid. <https://electmadrid.es>

[43] Amazon. <https://www.amazon.es>

[44] Iberdrola. <https://www.iberdrola.es>

[45] OCU. *Reductores de caudal para ahorrar agua*. <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/equipamiento-hogar/consejos/reductores-de-caudal-para-ahorrar-agua#>

[46] Leroy Merlin. <https://www.leroymerlin.es>

[47] Iagua. ¿Sabías que solo el 0,025% del agua de la tierra es potable? <https://www.iaqua.es/noticias/fundacion-aquae/sabias-que-solo-0025-agua-tierra-es-potable-infografia-fundacion-aquae>

[48] Electricity Map. <https://www.electricitymap.org/zone/ES>

ANEXO I: PRESUPUESTO

El objeto del presente documento es confeccionar el presupuesto del proyecto, tanto de la instalación solar fotovoltaica como del aprovechamiento del agua de lluvia y aguas residuales y de las otras actuaciones recogidas en el proyecto.

Para ello, los precios de todos los materiales y componentes se obtienen a través de las empresas instaladoras, así como de los propios fabricantes y distribuidores de materiales.

Instalación solar fotovoltaica

	Precio unitario	Unidades	Precio total
<i>Módulos fotovoltaicos</i>	120,50 €	239	28.799,50 €
<i>Inversor</i>	2.783,00 €	52	144.716,00 €
<i>Batería</i>	7.447,90 €	52	387.290,80 €
<i>Regulador 30A</i>	205,70 €	21	4.319,70 €
<i>Regulador 35A</i>	308,55 €	31	9.565,05 €
TOTAL			574.691,05 €

Aprovechamiento agua de lluvia

	Precio unitario	Unidades	Precio total
<i>Depósito lluvia</i>	16.649,60 €	2	33.299,20 €
<i>Aqua Silentio Control Center</i>	1.965,04 €	1	1.965,04 €
<i>Pack filtración Optimax XL</i>	619,52 €	2	1.239,04 €
<i>Opticlean para Optimax XL</i>	121,00 €	2	242,00 €
<i>Sistema de desinfección UV</i>	2590,00 €	1	2590,00 €
TOTAL			39.335,28 €

Aprovechamiento aguas residuales

	Precio unitario	Unidades	Precio total
<i>AquaServe 4000</i>	20.220,55 €	2	40.441,10 €
<i>RDBA 3000</i>	1.128,93 €	2	2.257,86 €
<i>Contador de agua producida</i>	200,86 €	2	401,72 €
<i>Bomba Roth Rain</i>	828,85 €	1	828,85 €
TOTAL			43.929,53 €

Otras actuaciones

	Precio unitario	Unidades	Precio total
<i>Focos con detectores de movimiento</i>	33,99 €	9	305,91 €
<i>Termostatos</i>	158,00 €	52	8.216,00 €
<i>Kit de 6 aireados y filtros</i>	6,99 €	52	363,48 €
TOTAL			8.885,39 €

ANEXO II: PLANOS

PLANO 1: Paneles solares en exterior Zonas 2 y 3

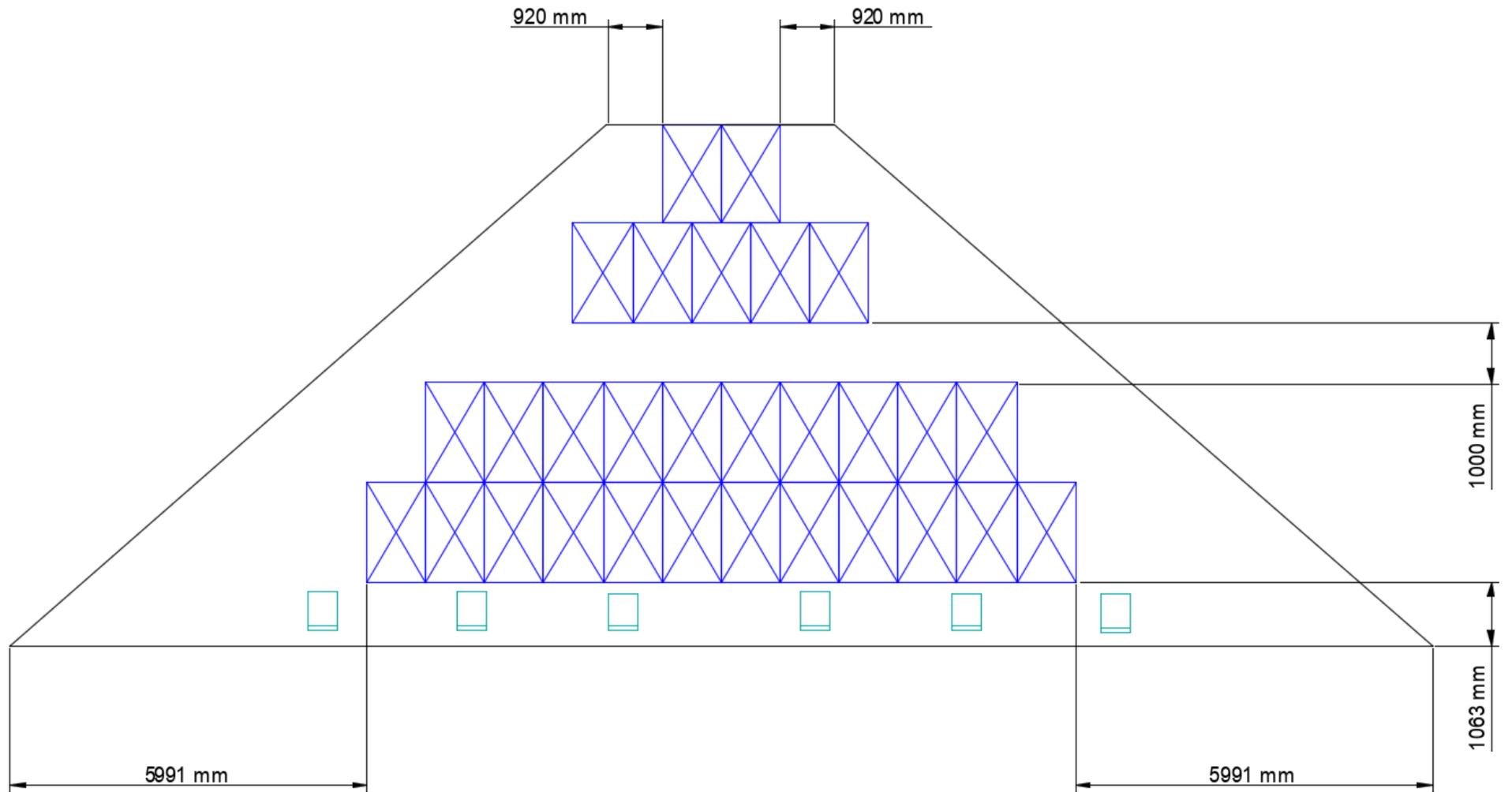
PLANO 2: Paneles solares en interior Zonas 2 y 3

PLANO 3: Paneles solares en Zona 4

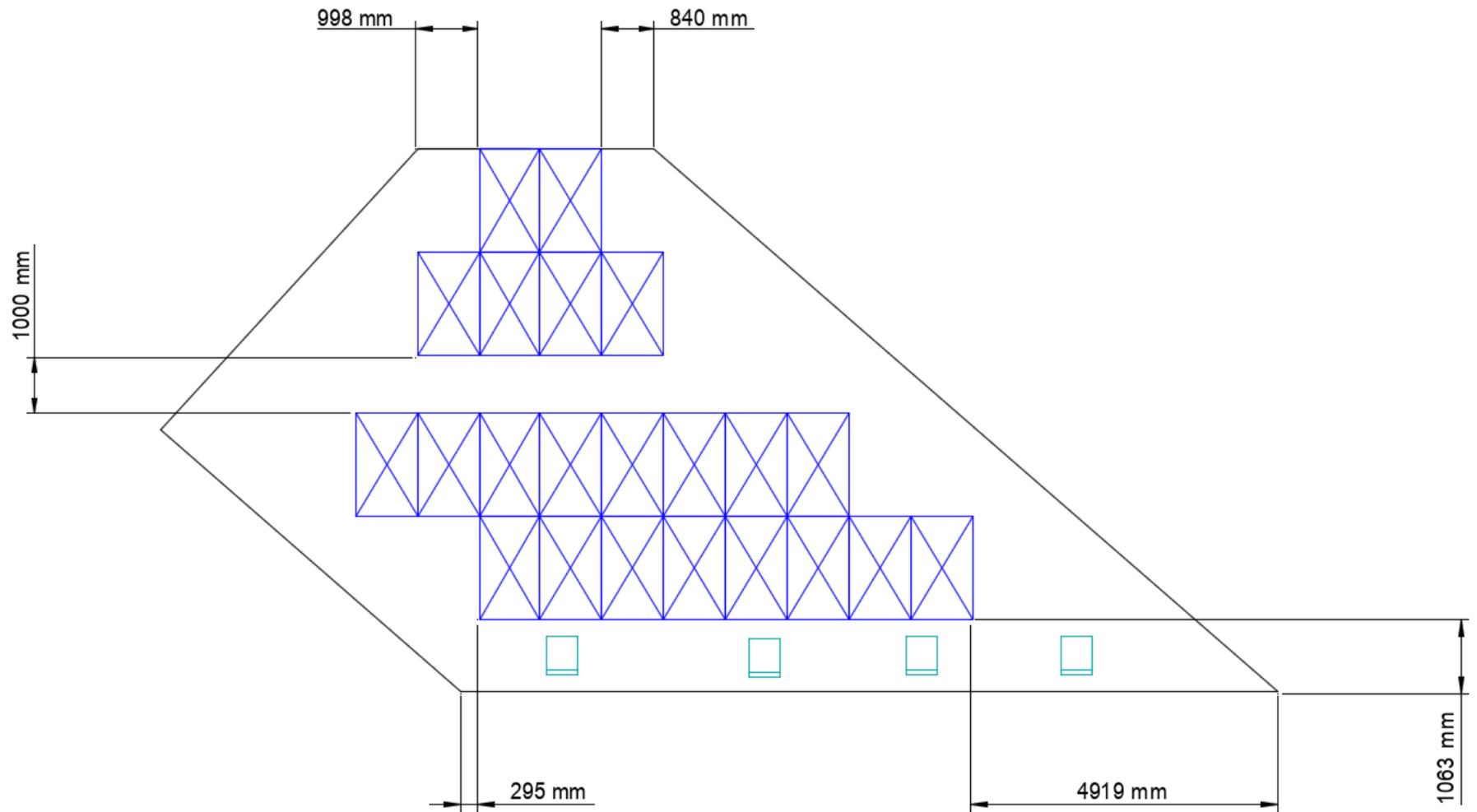
PLANO 4: Instalación paneles fotovoltaicos en Zonas 2 y 3

PLANO 5: Instalación paneles fotovoltaicos en Zona 4

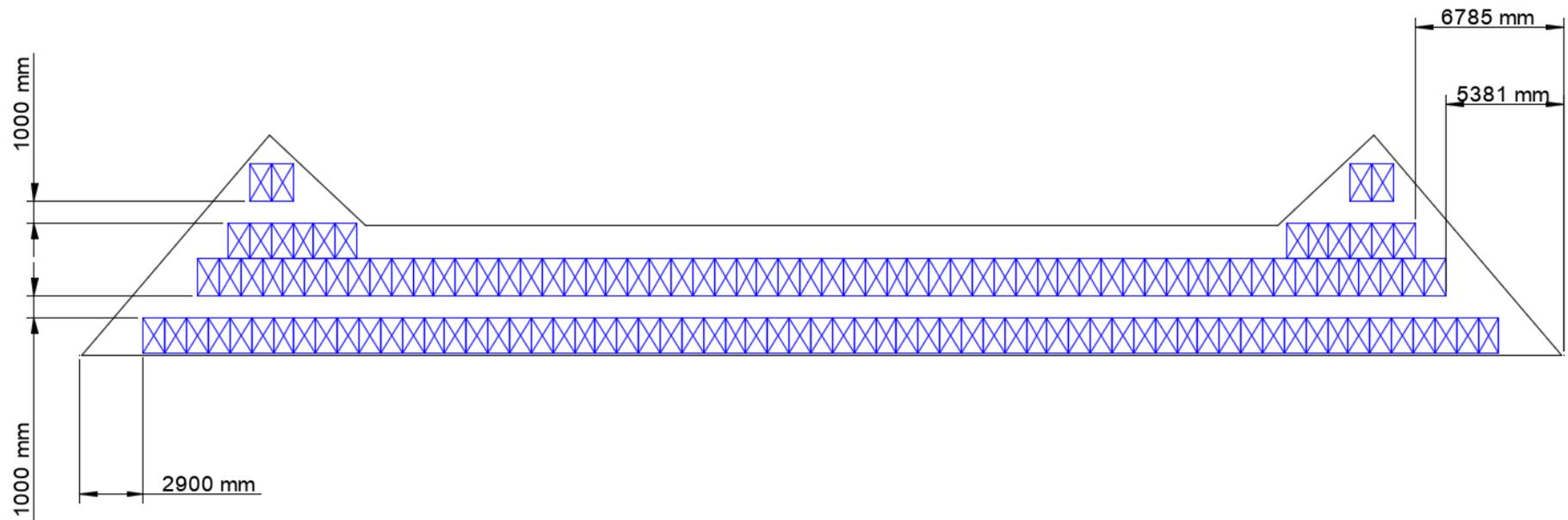
PLANO 6: Zona de reutilización de agua de lluvia y aguas residuales



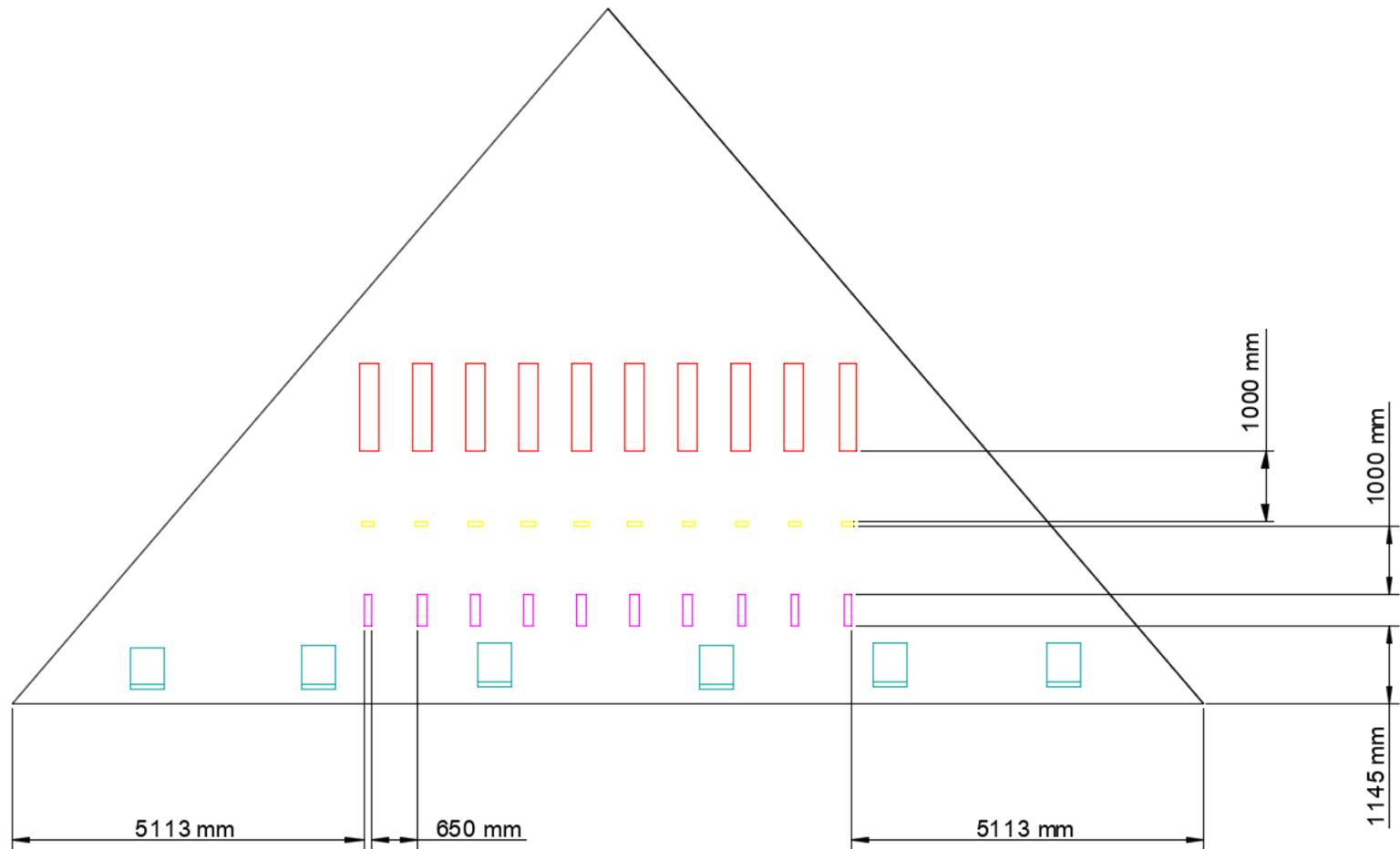
	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
Dibujado	22/06/2021	Á. Puente		
Comprobado				
Escala	PANELES SOLARES EN EXTERIOR ZONAS 2 Y 3			Número 1
$\frac{1}{100}$				Sustituye a
				Sustituido por



	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
Dibujado	22/06/2021	Á. Puentes		
Comprobado				
Escala	PANELES SOLARES EN INTERIOR ZONAS 2 Y 3			Número 2
$\frac{1}{100}$				Sustituye a
				Sustituido por

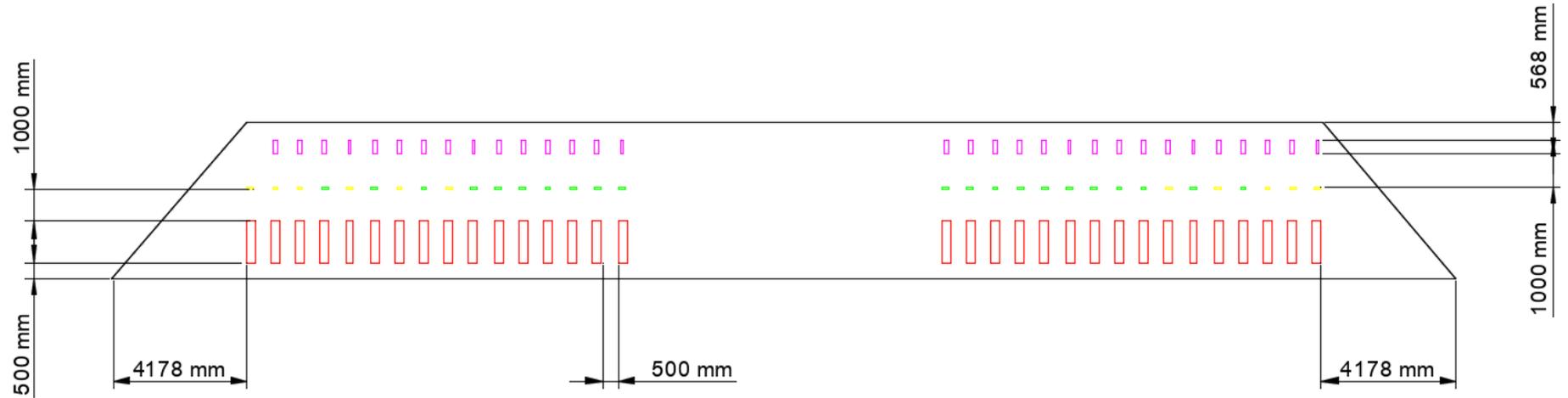


	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
Dibujado	22/06/2021	Á. Puente		
Comprobado				
Escala	PANELES SOLARES EN ZONA 4			Número 3
$\frac{1}{300}$				Sustituye a
				Sustituido por



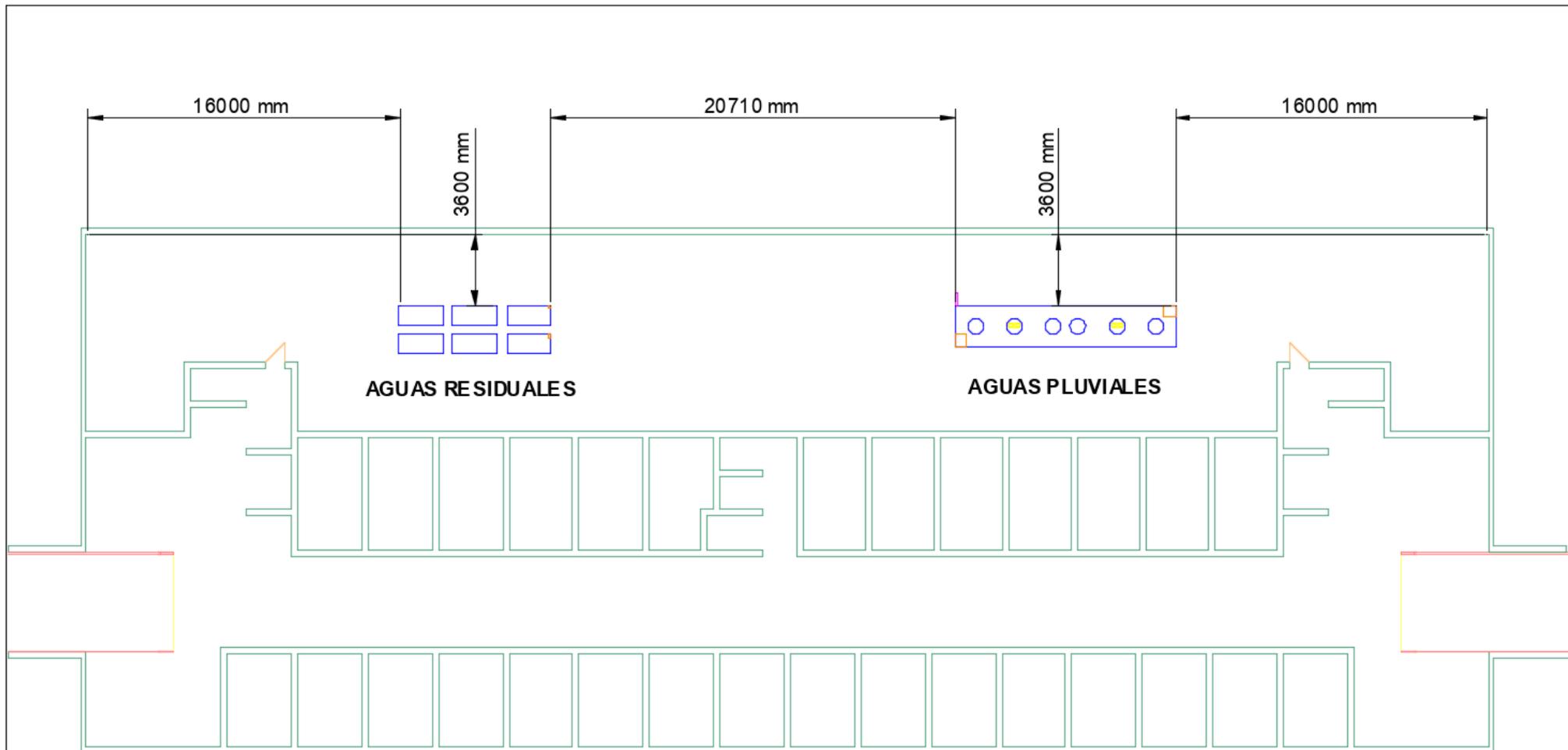
LEYENDA	
	Baterías
	Regulador 30 A
	Regulador 35 A
	Inversor

	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
Dibujado	22/06/2021	Á. Puente		
Comprobado				
Escala	INSTALACIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS ZONAS 2 Y 3			Número 4
$\frac{1}{100}$				Sustituye a
				Sustituido por



LEYENDA	
	Baterías
	Regulador 30 A
	Regulador 35 A
	Inversor

	Fecha	Nombre	Firmas	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
Dibujado	22/06/2021	Á. Puente		
Comprobado				
Escala	INSTALACIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS ZONA 4			Número 5
				Sustituye a
				Sustituido por



LEYENDA	
	Tanques
	Bombas
	Filtros
	Depuración

	Fecha	Nombre	Fimas	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN
Dibujado	22/06/2021	Á. Puente		
Comprobado				
Escala	ZONA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y AGUAS RESIDUALES			Número 6
$\frac{1}{300}$				Sustituye a
				Sustituido por

ANEXO III: EQUIPOS

A continuación, se adjuntan todos los documentos técnicos de cada uno de los elementos que intervienen en la instalación.

En ellos se podrá consultar datos técnicos, como dimensiones y condiciones de funcionamiento (temperatura, humedad, ...).

Módulos fotovoltaicos TSM-245-PC05

Mono **Multi** Solutions

TSM-PC05

THE UNIVERSAL MODULE



60 CELL
MULTICRYSTALLINE MODULE

235–245W
POWER OUTPUT RANGE

15.0%
MAXIMUM EFFICIENCY

0 to +3%
POSITIVE POWER TOLERANCE

TRINA SOLAR: A STRONG AND RELIABLE PARTNER

As a leading global manufacturer of next generation photovoltaic products, Trina Solar is committed to building mutually beneficial alliances with installers, developers, distributors and technological partners as the backbone of our shared goal to drive Smart Energy Together. Thanks to an extensive sales and service network with local expert teams throughout Europe, Trina Solar is perfectly positioned to support your needs. With Trina Solar as your strong, bankable partner you can rest assured knowing that you've made the right choice.

www.trinasolar.com



Our most versatile product

- Compatible with all major BOS components and system designs



One of the industry's most trusted modules

- Over 2GW sold across all major global markets
- Field proven performance
- Trina Solar's financial solidity consistently confirmed by banks and investors



Highly reliable due to stringent quality control

- All modules have to pass electroluminescence (EL) inspection
- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements

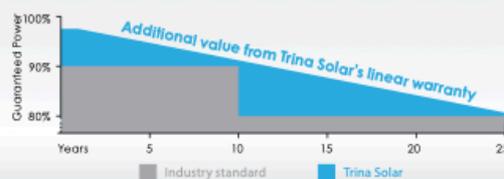


Certified to withstand challenging environmental conditions

- 130 km/hr wind load (2400 Pa)
- 900 kg snow load per module (5400 Pa)
- Proven resistance to ammonia and salt mist environments

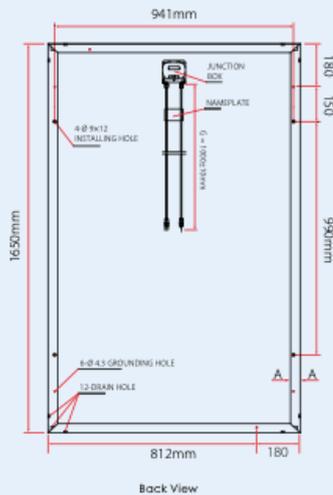
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

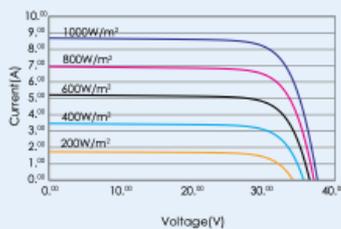


TSM-PC05 THE UNIVERSAL MODULE

DIMENSIONS OF PV MODULE TSM-PC05



I-V CURVES OF PV MODULE TSM-245 PC05



CERTIFICATION

IEC 61215/EN61215
IEC 61730/EN61730
IEC 627142 PIG 1917/05.11
IEC 61701
DIN EN 60068-2-68 LC2
MCS 88A 0016
ICIM 45R038
ICIM 70R045



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-235 PC05	TSM-240 PC05	TSM-245 PC05
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)	235	240	245
Power Output Tolerance- P_{MAX} (%)	0/+3	0/+3	0/+3
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	29.3	29.7	30.2
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	8.03	8.10	8.13
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	37.2	37.3	37.5
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	8.55	8.62	8.68
Module Efficiency η_m (%)	14.4	14.7	15.0

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3. Average efficiency reduction of 4.5% at 200 W/m² according to EN 60904-1.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-235 PC05	TSM-240 PC05	TSM-245 PC05
Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	171	174	178
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	26.4	26.6	26.8
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	6.48	6.55	6.64
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	34.0	34.1	34.2
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	6.97	7.04	7.10

NOCT: Irradiance of 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Multicrystalline 156 x 156mm
Cell Orientation	60 cells (6 x 10)
Module Dimension	1650 x 992 x 35 mm
Weight	18.6 kg
Glass	High Transparency Solar Glass 3.2 mm
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0 mm ² , 1000 mm
Connector	Original MC4

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C (±2°K)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	- 0.43%/°K
Temperature Coefficient of V_{OC}	- 0.32%/°K
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.047%/°K

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 to +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty

25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 29 pieces

Modules per 40' container: 812 pieces

TSM_EN_JUN_2013

Inversor Smart Solar 6000VA



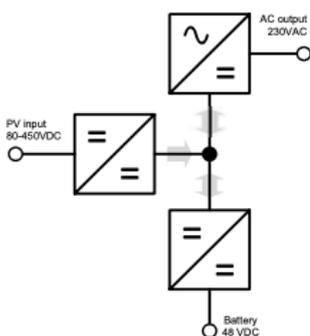
Inversor RS Smart Solar 48/6000

www.victronenergy.com

Con entrada 450V/4000W FV



Inversor RS Smart Solar 48/6000



Dentro del Inversor RS 48/6000 VA

Inversor solar desconectado de la red

El inversor RS Smart Solar 48/6000 es un inversor de 48 V y 6 kVA con entrada de 450 V CC y 4 kWp FV. Se usa en aplicaciones solares desconectadas de la red en las que se requiere CA.

Combinación de un inversor, un convertidor bidireccional CC-CC y un MPPT

El inversor produce una onda sinusoidal perfecta, capaz de alimentar dispositivos de alta potencia. Es suministrada por un convertidor bidireccional CC-CC, que puede cargar la batería cuando hay exceso de energía solar o convertir energía procedente de la batería cuando sea necesario.

Amplio rango de tensión MPPT

80 – 450 V CC, con una tensión de arranque de 120 V CC FV.

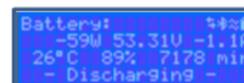
Ligero, eficiente y silencioso

Gracias a su tecnología de alta frecuencia y a su nuevo diseño, este potente inversor solo pesa 11 kg. Además, tiene una eficiencia excelente, bajo consumo de energía en reposo y un funcionamiento muy silencioso.

Pantalla y Bluetooth

La pantalla muestra parámetros de la batería, del inversor y del controlador de carga solar.

Se puede acceder a estos parámetros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth. Además, se puede usar Bluetooth para configurar el sistema y cambiar los parámetros con VictronConnect.



Puerto VE.Can y VE.Direct

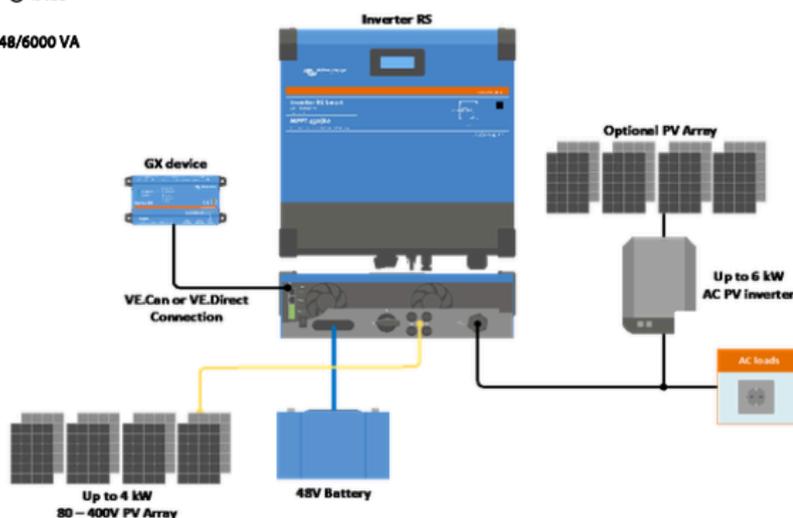
Permite conectarlo a un dispositivo GX para seguimiento del sistema, registro de datos y actualizaciones de firmware a distancia.

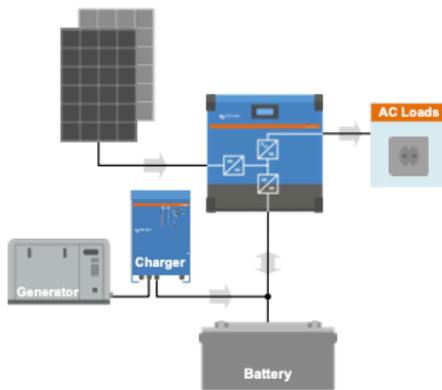
Puente de diodos FV integrado

Las dos cadenas FV paralelas conectadas a las tomas MC4 pueden aislarse de forma segura con el interruptor integrado de gran tamaño situado en la parte inferior de la unidad.

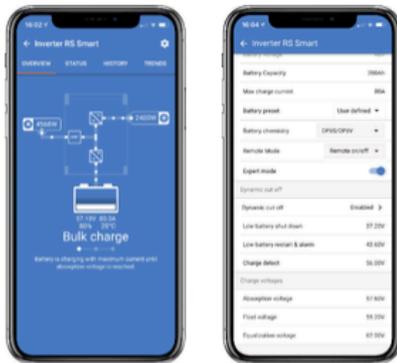
Conexiones I/O

Conexiones de relé programable, de sensor de temperatura y de tensión. También puede configurarse la entrada remota para que acepte el smallBMS de Victron.





Ejemplo de sistema con generador
Añada un generador y un cargador de baterías si se necesita potencia adicional.



Configuración y control con VictronConnect
Una conexión integrada Smart Bluetooth permite un rápido seguimiento o ajuste de la configuración del inversor RS.



Portal VRM
Cuando el inversor RS esté conectado a un dispositivo GX con conexión a Internet, podrá acceder a nuestro sitio web gratuito de seguimiento a distancia (VRM). Le mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.

Inversor RS Smart Solar		48/6000
INVERSOR		
Rango de tensión de entrada CC	38 – 64V (6)	
Salida	Tensión de salida: 230V CA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0.1% (1)	
Potencia continua de salida a 25°C	Aumenta linealmente desde 4800W a 46V CC hasta 5300W a 52V CC	
Potencia continua de salida a 40 °C	4500W	
Potencia continua de salida a 65 °C	3000W	
Energía pico	9 kW durante 3 segundos	
Corriente de salida de cortocircuito	50A	
Eficiencia máxima	96.5% con una carga de 1 kW 94% con una carga de 5 kW	
Consumo en vacío	20 W	
SOLAR		
Tensión CC máxima	450V	
Tensión CC nominal	300V	
Tensión de arranque	120V	
Rango de tensión de trabajo del MPPT	80 – 450V (5)	
Límite de corriente de entrada CC	18A (4)	
Corriente de entrada CC máxima	20A	
Potencia de entrada FV máxima	4000W	
Potencia de carga CC máxima	4000W	
Nivel de activación de fugas a tierra	30 mA	
CARGADOR		
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)	57.6V	
Tensión de carga de 'flotación' (V CC)	55.2V	
Corriente máxima de carga	100A	
Sensor de temperatura de la batería	Sí	
GENERAL		
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	No	
Relé programable (3)	Sí	
Protección (2)	a - f	
Puertos de comunicación de datos	Puerto VE.Direct y puerto VE.Can	
Puerto de entrada análogo/digital de uso general	Sí, 2 puertos	
On/Off remoto	Sí	
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +65°C (refrigerado por ventilador)	
Humedad (sin condensación)	máx. 95%	
CARCASA		
Material y color	Acero, azul RAL 5012	
Grado de protección	IP21	
Conexión de la batería	Pernos M8	
Conexión CA 230 V	Bornes de tornillo de 13 mm² (6 AWG)	
Peso	11 kg	
Dimensiones (al x an x p)	425 x 440 x 125 mm	
NORMAS		
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2 EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3	
1) Puede ajustarse a 60 Hz		
2) Clave de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) 230 VCA en la salida del inversor		
3) Relé programable que puede configurarse como alarma general, subtensión CC o función de arranque/parada del generador. Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 V CC y 1 A hasta 70 V CC		
4) El funcionamiento normal está fijado en 18 A, con una protección de polaridad inversa máxima de 20 A.		
5) El rango de trabajo del MPPT también está limitado por la tensión de la batería - la VOC FV no debería ser superior a 8 veces la tensión de flotación de la batería, por ejemplo, una tensión máxima de la batería de 50 V debería tener como máximo un conjunto FV de 400 V. - para más información, consulte el manual del producto.		
6) La tensión mínima de arranque es de 41 V. El apagado del inversor puede estar fijado en 32 V CC, pero puede apagarse por baja tensión de salida CA (debido a la carga). La desconexión por tensión excesiva está fijada en 65.5 V. El punto de ajuste del cargador puede fijarse en un máximo de 62 V. La corriente de carga pierde potencia por encima de 57 V.		

Batería estacionaria OPzS 232Ah C100



OPzS

Type Overview

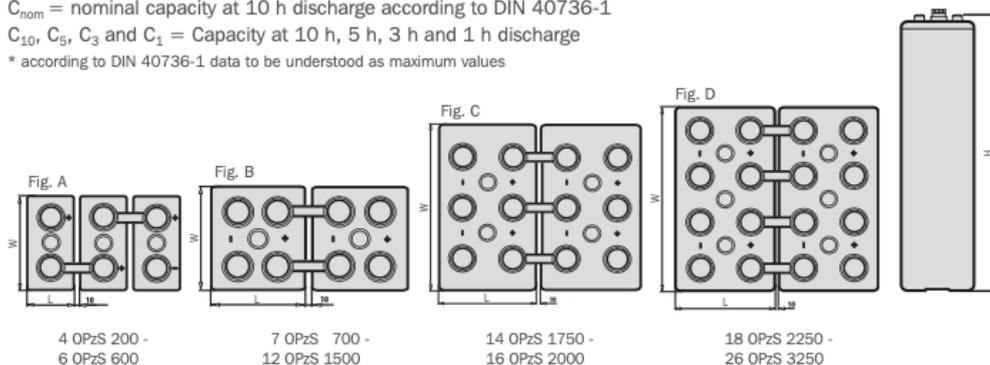
Capacities, dimensions and weights

Type	C _{nom} /1.80 V Ah	C ₁₀ /1.80 V Ah	C ₅ /1.77 V Ah	C ₃ /1.75 V Ah	C ₁ /1.67 V Ah	max.* Weight kg	Weight electrolyte kg (1.24 kg/l)	max.* Length L mm	max.* Widht W mm	max.* Height H mm	Fig.
4 OPzS 200	200	213	182	161	118	17.3	4.5	105	208	420	A
5 OPzS 250	250	266	227	201	147	21.0	5.6	126	208	420	A
6 OPzS 300	300	320	273	241	177	24.9	6.7	147	208	420	A
5 OPzS 350	350	390	345	303	217	29.3	8.5	126	208	535	A
6 OPzS 420	420	468	414	363	261	34.4	10.1	147	208	535	A
7 OPzS 490	490	546	483	426	304	39.5	11.7	168	208	535	A
6 OPzS 600	600	686	590	510	353	46.1	13.3	147	208	710	A
7 OPzS 700	700	801	691	596	411	59.1	16.7	215	193	710	B
8 OPzS 800	800	915	790	681	470	63.1	17.3	215	193	710	B
9 OPzS 900	900	1026	887	767	529	72.4	20.5	215	235	710	B
10 OPzS 1000	1000	1140	985	852	588	76.4	21.1	215	235	710	B
11 OPzS 1100	1100	1256	1086	938	647	86.6	25.2	215	277	710	B
12 OPzS 1200	1200	1370	1185	1023	706	90.6	25.8	215	277	710	B
12 OPzS 1500	1500	1610	1400	1197	784	110.4	32.7	215	277	855	B
14 OPzS 1750	1750	1881	1632	1397	914	142.3	46.2	215	400	815	C
15 OPzS 1875	1875	2016	1748	1496	980	146.6	46.7	215	400	815	C
16 OPzS 2000	2000	2150	1865	1596	1045	150.9	45.9	215	400	815	C
18 OPzS 2250	2250	2412	2097	1796	1176	179.1	56.4	215	490	815	D
19 OPzS 2375	2375	2546	2213	1895	1242	182.9	55.6	215	490	815	D
20 OPzS 2500	2500	2680	2330	1995	1307	187.3	55.7	215	490	815	D
22 OPzS 2750	2750	2952	2562	2195	1437	212.5	67.0	215	580	815	D
23 OPzS 2875	2875	3086	2678	2294	1503	216.8	65.9	215	580	815	D
24 OPzS 3000	3000	3220	2795	2394	1568	221.2	66.4	215	580	815	D
26 OPzS 3250	3250	3488	3028	2594	1699	229.6	65.4	215	580	815	D

C_{nom} = nominal capacity at 10 h discharge according to DIN 40736-1

C₁₀, C₅, C₃ and C₁ = Capacity at 10 h, 5 h, 3 h and 1 h discharge

* according to DIN 40736-1 data to be understood as maximum values



Design life: up to 20 years

Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

¹ Similar to sealed lead-acid batteries



HOPPECKE Batterien GmbH & Co. KG

P.O. Box 1140 - D-59914 Brilon - Germany

Bontkirchener Straße 1 · D-59929 Brilon-Hoppecke

Phone +49(0)2963 61-374

Fax +49(0)2963 61-270

Email info@hoppecke.com

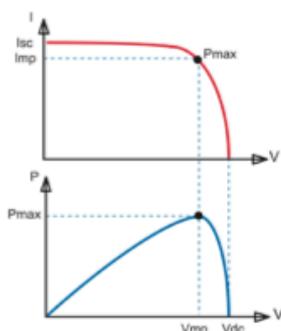
www.hoppecke.com

Form OPzS BN05.12/0.5 K Printed in Germany All details in this brochure are based on state-of-the-art technology. Our products are subject to constant development. We therefore reserve the right to make changes.

Regulador Victron BlueSolar MPPT 100/30 de 12-24V y 30A



Controlador de carga solar MPPT 100/50



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

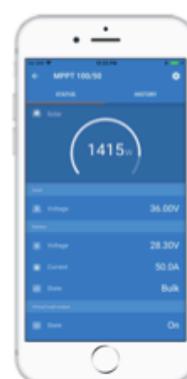
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

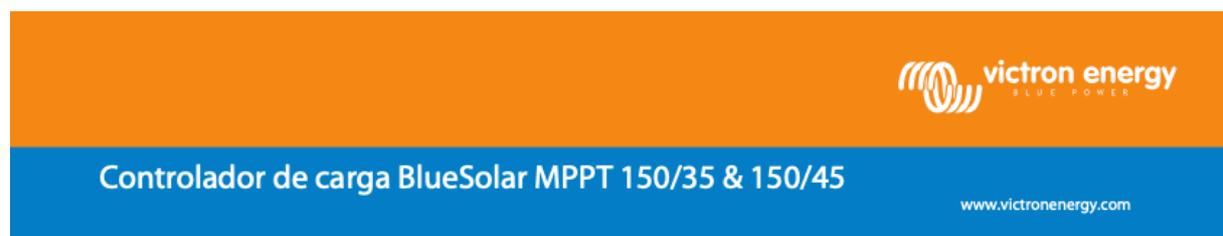
- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



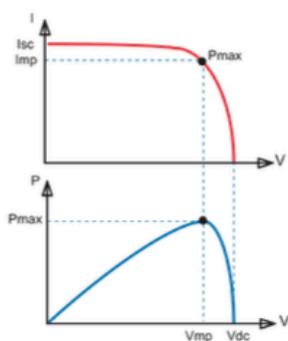
Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Max. corriente de cortocircuito FV 2)	35A	60A
Eficacia máxima	98%	98%
Autoconsumo	12V: 30 mA	24V: 20 mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable)	
Algoritmo de carga	variable multietapas	
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95 %, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
CARCASA		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	13mm ² / AWG6	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,3kg	1,3kg
Dimensiones (al x an x pl)	130 x 186 x 70mm	130 x 186 x 70mm
ESTÁNDARES		
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	

1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada.
 1b) La tensión FV de be exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.
 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador

Regulador Victron BlueSolar MPPT 150/35 de 12-24-36-48V y 35A



Controlador de carga solar MPPT 150/35



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos **Venus** en nuestro sitio web.
- Un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/35	MPPT 150/45
Tensión de la batería	Selección Automática 12 / 24 / 36 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)	
Corriente de carga nominal	35 A	45 A
Potencia FV nominal 1a,b)	35 A 12 V: 500 W / 24 V: 1000 W / 36 V: 1500 W / 48 V: 2000 W	45 A 12 V: 650 W / 24 V: 1300 W / 36 V: 1950 W / 48 V: 2600 W
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	40 A	50 A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo	
Eficacia máxima	98 %	
Autoconsumo	12V: 20 mA 24V: 15 mA 48V: 10mA	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)	
Algoritmo de carga	variable multietapas	
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C	
Protección	Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretemperatura	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95 %, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
CARCASA		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	16 mm ² / AWG6	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,25 kg	
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm	
ESTÁNDARES		
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.		
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.		
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.		

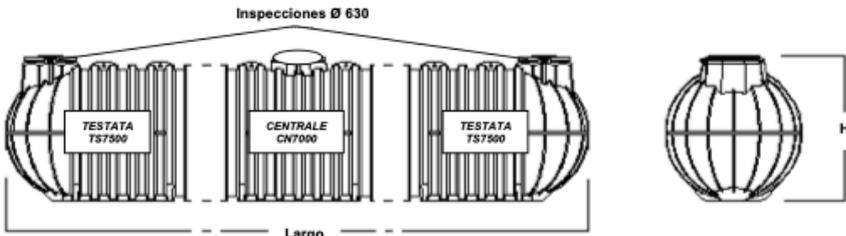
Depósito INFINITANK 37.800L

STAMPAGGIO MATERIE PLASTICHE
 VIA DELL'ARTIGIANATO, 6 • 61026 LUNANO (PU) • ITALIA
 TEL. +39 0722 722801 • FAX +39 0722 70599 • WEB: www.rototec.it
 E-MAIL: info@rototec.it • PEC: rototec@pec.it
 P.IVA 01476690415 • CAP. SOC. 120.000,00 • CCIAA 12602 PESARO



FICHA TÉCNICA DEPÓSITO A ENTERRAR
Mod. INFINITANK LINEAL

Materiál: depósito a enterrar tipo modular de PE dotado de tapones para la inspección.
Función: depósito a enterrar para el almacenaje de agua potable, de lluvia y líquidos alimenticios. La elevada resistencia y la baja reactividad del HDPE permite el empleo del tanque para el almacenamiento de varios fluidos (consultar la tabla de compatibilidad). Los diferentes módulos se pueden componer para crear tanques de varias formas y tamaños.
Empleo y manutención: los depósitos no están sujetos a deterioro a lo largo del tiempo y los materiales empleados aseguran la máxima confiabilidad por lo que abarca el tema de corrosión y oxidación.
 La ligereza de los depósitos de PE permita un transporte fácil y una instalación segura. Además, el gasto es mucho más inferior con respecto al acero, hormigón o PRFV.
 Es posible dotar el tanque con racores para la carga, descarga y otros accesorios (grifos, flotantes, etc.)
Instalación: seguir con atención las "RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN" otorgadas por ROTOTEC.





EXTENSIÓN OPCIONAL (mod. PP77)

Código	Capacidad (lt)	Ø (mm)	Largo (mm)	H (mm)	N° inspecciones estandard	Módulos
IT15000	15750	2100	5620	2200	2	2 TS7500
IT22000	23100	2100	7880	2200	2	2 TS7500 + 1 CN7000
IT30000	30450	2100	10140	2200	2	2 TS7500 + 2 CN7000
IT36000	37800	2100	12400	2200	2	2 TS7500 + 3 CN7000
IT45000*	45150	2100	14660	2200	2	2 TS7500 + 4 CN7000
IT52000*	52500	2100	16920	2200	2	2 TS7500 + 5 CN7000

Código	Ø (mm)	H (mm)	Ø tapón (mm)
PP 77	750	430	630

*modelos por los cuales se prevé soldadura en la obra.
 Tolerancias: 3% sobre el tamaño; 5% sobre la capacidad

ADVERTENCIAS:

- Tanques a emplear solo para enterrar. **No usar al exterior.**
- Para el desplazamiento del tanque seguir con atención las recomendaciones de Rototec;
- Averiguar con atención la integridad del tanque ROTOTEC;
- La instalación no puede ser hecha cerca de fuentes de calor;
- El tanque tiene que ser posicionado encima de una superficie llana y estable;
- En la instalación del tanque tomar cuidado que no filtre luz para que no se formen algas;
- En las conexiones a la red hídrica usar tubería flexible para evitar las sollicitaciones por la carga y descarga del tanque;
- No dejar el tanque sin tapón por mucho tiempo;
- En caso de acumulación de agua de lluvia, se aconseja la instalación de una arqueta para filtrar hojas, arena, piedras, antes del tanque;
- Para el almacenamiento de fluidos no indicados en la tabla de compatibilidad contactar con el dept. técnico.

ROTOTEC S.p.A.
 Ufficio técnico

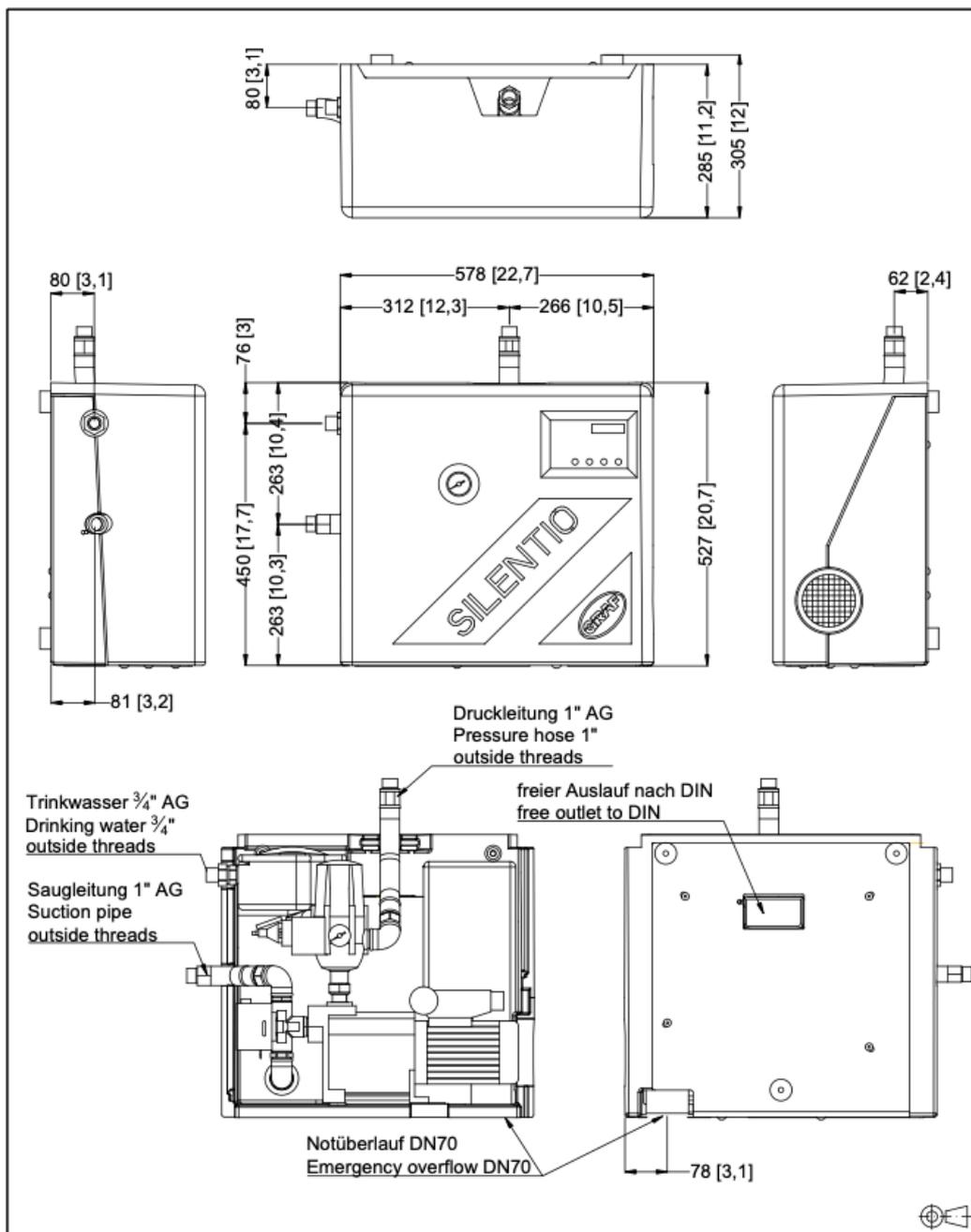
La presente scheda tecnica è di proprietà di Rototec SpA; è assolutamente vietata la riproduzione di quanto contenuto nella stessa. Rototec SpA si riserva di apportare modifiche in qualsiasi momento, senza preavviso alcuno, ai contenuti della presente scheda tecnica.

SCHEDA TECNICA INFINITANK LINEARI Rev. 02 del 21/04/2017



Pagina 1 di 1

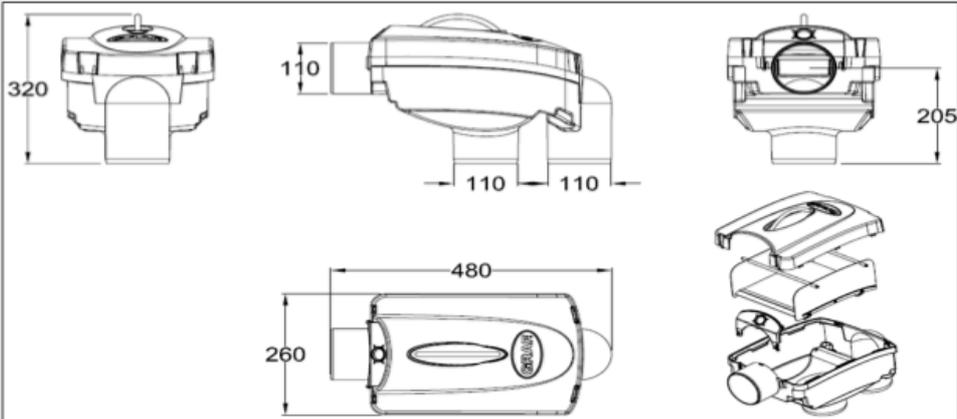
Aqua Silentio control center 25/4



GRAF Trinkwasser-Nachspeisung Aqua Center Silentio			Artikel-Nr. product no. 350209 / 350210 article no. 350211 / 350212 article no. revision
GB GRAF Drinking water feeding console Aqua Center Silentio	ES GRAF Control-bomba Aqua Center Silentio	FR GRAF Coffret d'Alimentation Aqua Center Silentio	
gezeichnet drawn ISC	Gewicht weight 34 / 38 kg	Otto Graf GmbH Carl-Zeiss-Str. 2-6 DE-79331 Teningen mail@graf.info www.graf.info	
Datum date 2015.12.14	Toleranz tolerance +/- 3%		
Maßstab scale M 1:10	Einheiten units mm [inch] gal. = US gal.		



Pack filtración Optimax XL

	Filtro autolimpiante Optimax																	
	Código 340037																	
																		
																		
Filtro autolimpiante Optimax	Sistema de limpieza Opticlean (opcional)	Reja de filtración con sistema First - Flush																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Pack de filtración GRAF Optimax</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">Superficie max. recogida</td> <td style="text-align: center;">350m²</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td style="text-align: center;">PE, metal</td> </tr> <tr> <td>Diámetro bocas</td> <td style="text-align: center;">DN 100</td> </tr> <tr> <td>Número entradas / salidas</td> <td style="text-align: center;">1 / 2 (1 hacia depósito, 1 rebosadero)</td> </tr> <tr> <td>Medidas (LxAxh)</td> <td style="text-align: center;">480mm x 260mm x 320mm</td> </tr> </tbody> </table>		Pack de filtración GRAF Optimax		Superficie max. recogida	350m ²	Material	PE, metal	Diámetro bocas	DN 100	Número entradas / salidas	1 / 2 (1 hacia depósito, 1 rebosadero)	Medidas (LxAxh)	480mm x 260mm x 320mm	INCLUDE <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Estructura Filtro Optimax interno</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Tapa transparente</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Rejilla de filtración con sistema First - Flush</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Asa de extracción filtro</td></tr> </table>	Estructura Filtro Optimax interno	Tapa transparente	Rejilla de filtración con sistema First - Flush	Asa de extracción filtro
Pack de filtración GRAF Optimax																		
Superficie max. recogida	350m ²																	
Material	PE, metal																	
Diámetro bocas	DN 100																	
Número entradas / salidas	1 / 2 (1 hacia depósito, 1 rebosadero)																	
Medidas (LxAxh)	480mm x 260mm x 320mm																	
Estructura Filtro Optimax interno																		
Tapa transparente																		
Rejilla de filtración con sistema First - Flush																		
Asa de extracción filtro																		
OPCIONES																		
ASA XXL PARA FILTRO OPTIMAX	KIT DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">MANTENIMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">COMPROBACIÓN DE LAS CONEXIONES DEL FILTRO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">LIMPIEZA DE LA REJILLA DEL FILTRO</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">COMPROBACIÓN SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN (opcional)</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">LIMPIEZA DEL ROCIADOR DEL SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN (opcional)</td></tr> </tbody> </table>		MANTENIMIENTO	COMPROBACIÓN DE LAS CONEXIONES DEL FILTRO	LIMPIEZA DE LA REJILLA DEL FILTRO	COMPROBACIÓN SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN (opcional)	LIMPIEZA DEL ROCIADOR DEL SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN (opcional)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">CERTIFICADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">Certificado TÜV</td></tr> </tbody> </table>	CERTIFICADOS	Certificado TÜV									
MANTENIMIENTO																		
COMPROBACIÓN DE LAS CONEXIONES DEL FILTRO																		
LIMPIEZA DE LA REJILLA DEL FILTRO																		
COMPROBACIÓN SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN (opcional)																		
LIMPIEZA DEL ROCIADOR DEL SISTEMA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA OPTICLEAN (opcional)																		
CERTIFICADOS																		
Certificado TÜV																		
Información técnica - 08/2012 Todos los datos mostrados tienen una tolerancia de aprox. +/- 3,0 % Sujeto a modificaciones técnicas	GRAF IBERICA Tecnología del Plástico S.L. c/ Marqués Caidés de Montbuil, 114 E-17063 Girona	info@grafiberica.com www.grafiberica.com Tel. : +34 972913767 Fax. : +34 972913766																

AquaServe 4000



Roth Ibérica, S.A.

FICHA TÉCNICA
AQUASERVE 4000



Descripción

El conjunto AquaServe está diseñado para la reutilización de aguas grises provenientes de duchas y bañeras en la descarga de inodoros, riego de jardines, lavado de vehículos, etc.

El equipo AquaServe, a través de su sistema de filtración por membranas biológicas (MBR), separa los sólidos suspendidos, materia orgánica, jabones, etc, de las aguas grises domésticas. El paso de membrana del equipo AquaServe es de 20 nanómetros, lo que otorga al equipo un rendimiento del 99,99% de eliminación de E.coli y huevos de Nemátodos.

Los equipos AquaServe incorporan un sistema automático que abastece de agua de red en caso de insuficiente aporte de aguas grises.

El conjunto AquaServe 4000 consta de:

- Depósito aireación donde se reciben las aguas grises y se produce la oxidación de la materia orgánica (incluye contrabrida 2" para su conexión).
- Depósito filtración donde se aloja el Reactor biológico aeróbico con filtro de membranas (MBR) (incluye contrabrida 2" para su conexión).
- Consola de control con automatismos y soplante para depósito de aireación.
- Soplante para depósito de filtración.
- Sistema de control de nivel en los depósitos.
- Sistema de limpieza de membrana automática y cloración del agua tratada.



AquaServe 4.000 con RDBA 3000

Modelo	Volumen de tratamiento (l/d)	Caudal de tratamiento (l/h)	Consumo de energía (Kwh/d)	Depósito de aireación (l)	Depósito de filtración (l)
AquaServe 4000	4.000	200	5,8	3.000	3.000

Depósito	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Altura (mm)
Depósito 3.000	2.250	990	1.695

Roth Ibérica, S.A.
Pol. Ind. Montes del Clerzo, A-68 km. 86 31500 Tudela (Navarra)
☎ +34 (0) 948 84 44 06
www.roth-spain.com - comercial@roth-spain.com

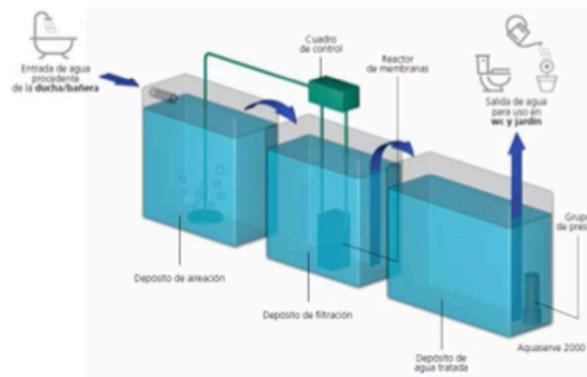
Inscrita en el Registro Mercantil de Navarra
Tomo 645, folio 49, hoja nº NA-13.377
Inscripción 33 - C.I.F.: A31639792

Grupo ROTH INDUSTRIES



Depósito acumulador de aguas tratadas y bomba a suministro (no incluido)

La selección del depósito para acumular las aguas tratadas depende del tipo de instalación, ya sea instalada enterrado o en superficie, unitario o en batería. En el propio depósito se instala sistema de control de nivel de agua (entrada de agua potable de red y agua reciclada).



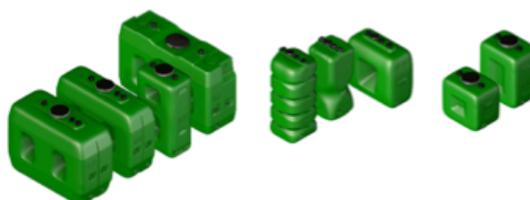
Ventajas

1. Ahorro importante del consumo de agua potable.
2. Rápida amortización del equipo
3. Compromiso con el medio ambiente. El sistema de filtración por membranas biológicas es totalmente natural y no aporta ningún producto químico al agua.
4. Bajo consumo eléctrico.
5. El sistema AquaServe no genera residuos.
6. El equipo dispone de un dispositivo que abastece de agua de red a la vivienda en caso de falta de aporte de caudal de aguas grises.
7. Fácil mantenimiento.
8. Cumple con lo exigido en normativas locales.

Todos los datos, informaciones técnicas y dimensiones indicados en este documento son a título informativo y pueden ser modificados sin previo aviso. Para información más detallada consultar el Manual de Transporte, Instalación y Mantenimiento.

RDBA 3000**Roth Ibérica, S.A.****FICHA TÉCNICA RDBA 3000****DEPÓSITO PARA AGUA POTABLE ROTHAGUA CERRADO RDBA 3000 (2 bridas)****Descripción**

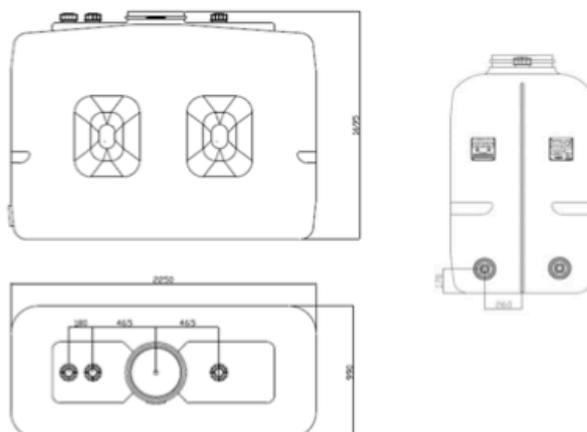
Estos depósitos están fabricados con polietileno de alta densidad (PEAD) por el sistema de extrusión soplado, utilizando materia prima de alta calidad que cumple la legislación vigente relativa a los materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con productos alimenticios. Al polietileno utilizado en su fabricación se le añade un aditivo con estabilizante U.V.



Los depósitos son de color verde para mejorar la resistencia a los rayos ultravioletas y evitar el crecimiento de algas.

Los depósitos ROTHAGUA cerrado RDBA 3000 disponen, en su parte superior, de **1 boca de hombre circular (Ø 400 mm) y 3 bocas de Ø 72 mm con tapón de dos piezas.**

En la parte inferior de una de las paredes laterales disponen de **2 bridas** instaladas durante su fabricación. Estas bridas permiten el vaciado y/o conexión de los depósitos

**Dimensiones**

Volumen del depósito (l):	3.000
Longitud (mm):	2.250
Anchura (mm):	990
Altura (mm):	1.695
Peso (Kg):	106

Instalación

Los depósitos ROTHAGUA cerrado están diseñados para instalar en superficie. Esta superficie debe ser firme, completamente lisa y horizontal y estar libre de cualquier objeto punzante o cortante.

Los depósitos deben instalarse a resguardo del sol y otros agentes atmosféricos.

Se debe dejar una distancia entre la pared y el depósito (o entre depósitos si se conectan entre sí) para que la dilatación del depósito al llenarse no repercuta en su estabilidad. No utilizar tablonos para calzar el depósito.

Mantenimiento

Se debe limpiar y desinfectar el depósito antes de instalarlo por primera vez. También debe hacerse periódicamente.

Todos los datos, informaciones técnicas y dimensiones indicados en este documento son a título informativo y pueden ser modificados sin previo aviso. Para información más detallada consultar el Manual de Transporte, Instalación y Mantenimiento.

Contador de agua producida



Roth Ibérica, S.A.

FICHA TÉCNICA

CONTADOR AGUA PRODUCIDA

Descripción

Contador de agua producida para completar los sistemas de reutilización de aguas. Se dispone de dos modelos: de 1" (fabricado en latón) y de 2" (fabricado en fundición). Se incluyen juego de racores. Verificación incluida.



Características

Modelo	Conexión	Caudal (m ³ /h)	Longitud (mm)	Altura (mm)	Caudal mínimo (l/h)	Lectura mínima (m ³)	Lectura máxima (m ³)	P máxima (bar)
1"	1" M	7,87	260	117,5	78,75	0,05	99.999	16
2"	2" M	31,25	300	177	312,5	0,5	999.999	16

Todos los datos, informaciones técnicas y dimensiones indicados en este documento son a título informativo y pueden ser modificados sin previo aviso. Para información más detallada consultar el Manual de Transporte, Instalación y Mantenimiento.

Bomba de pluviales Roth Rain



Roth Ibérica, S.A.



FICHA TÉCNICA

BOMBA DE PLUVIALES ROTH RAIN

Características

Bomba sumergible a presión con electrónica de control integrada, proyectada para el funcionamiento automático con arranque y parada automáticos.

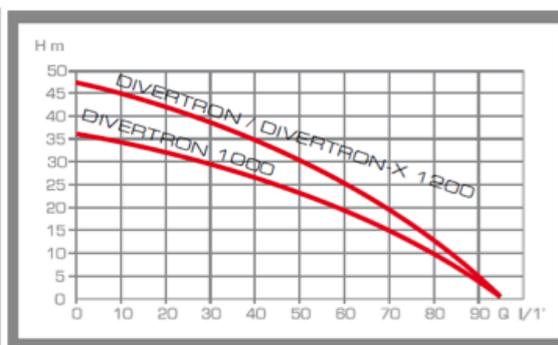
- Sensor de presión y flujo incorporados.
- Equipados con dispositivo electrónico de seguridad que previene el funcionamiento de la bomba en seco y válvula antirretorno.
- Alta fiabilidad
- Disponibles con 3 y 4 turbinas
- Equipada de cable de alimentación de 15 mt
- Disponible con filtro inoxidable o racor de acero inoxidable

MUY IMPORTANTE: No utilizar la bomba en agua con contenido de arena superior a 60 g/m3.

CARACTERÍSTICAS	
Caudal máx (l/h)	5.700
Altura manométrica máx (m.c.a)	48
Potencia (Kw)	1,1
Peso (Kg)	11
Tubería de impulsión C (pulgadas) (DNI)	1"
Dimensiones (L x D x H) (cm)	15 x 15 x 48



Dos modelos de aspiración, con filtro inoxidable o racor de acero inoxidable.



Curva característica 1200

Todos los datos, informaciones técnicas y dimensiones indicados en este documento son a título informativo y pueden ser modificados sin previo aviso. Para información más detallada consultar el Manual de Transporte, Instalación y Mantenimiento.