

**MÁSTER EN INGENIERÍA ENERGÉTICA
SOSTENIBLE**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO
AMBIENTAL DE UNA
CENTRAL TERMOSOLAR**

Estudiante	Bravo Agurto, Francisca Andrea
Tutora	Rozas Guinea, Saroa
Curso académico	2022-2023

Bilbao, Octubre 2023



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. Este logro no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de todos aquellos que me han acompañado en este viaje.

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo inquebrantable a lo largo de este proceso. Aunque no estuvieron físicamente presentes, su respaldo moral y su ánimo constante fueron fundamentales para que pudiera avanzar y alcanzar el éxito en este camino académico.

También deseo extender mi gratitud a mis profesores, cuya amabilidad, paciencia y gran profesionalismo en la impartición de sus conocimientos han sido esenciales en mi desarrollo académico y personal. Sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi formación y me han inspirado a esforzarme continuamente por aprender y crecer.



RESUMEN

Este trabajo evalúa el impacto ambiental de una central termosolar de torre central, enfocándose en el caso emblemático del proyecto Gemasolar en Andalucía. Se analizan los efectos ambientales directos e indirectos, por medio de métodos multicriterios para la toma de decisiones. Además, se consideran las estrategias de mitigación y compensación para minimizar los impactos negativos. Este estudio contribuye al entendimiento de cómo las centrales pueden equilibrar energía renovable y conservación ambiental, promoviendo la sostenibilidad y minimizando impactos negativos.

Palabras claves: Evaluación de impacto ambiental, energía solar, central termosolar, torre central, Gemasolar, biodiversidad, mitigación ambiental, energía renovable, sostenibilidad, conservación del entorno.



ABSTRACT

This work assesses the environmental impact of a central tower thermosolar plant, focusing on the emblematic case of the Andalusian Gemasolar project. Direct and indirect environmental impacts are analysed through multidimensional decision-making methods. In addition, mitigation and compensation strategies are considered to minimize negative impacts. This study helps to understand how power plants can balance renewable energy and environmental conservation by promoting sustainability and minimizing negative impacts.

Keywords: Environmental impact assessment, solar energy, solar power plant, central tower, Gemasolar, biodiversity, environmental mitigation, renewable energy, sustainability, environmental conservation.



ABSTRAKTUA

Lan honek Erdiko Dorreko zentral termosolar baten ingurumen-inpaktua ebaluatzen du, Andaluziako Gemasolar proiektuaren kasu enblematikoan zentratuz. Ingurumen-ondorio zuzenak eta zeharkakoak aztertzen dira, erabakiak hartzeko irizpide anitzeko metodoen bidez. Gainera, inpaktu negatiboak minimizatzeko arintze- eta konpentsazio-estrategiak hartzen dira kontuan. Azterketa honek zentralak energia berriztagarria eta ingurumen-kontserbazioa nola oreka dezaketen ulertzen laguntzen du, jasangarritasuna sustatuz eta inpaktu negatiboak minimizatuz.

Gako-hitzak: Ingurumen-inpaktuaren ebaluazioa, eguzki-energia, zentral termosolarra, Erdiko dorrea, Gemasolar, biodibertsitatea, ingurumen-arintzea, energia berriztagarria, jasangarritasuna, ingurunearen kontserbazioa.



Índice

1. Introducción.....	15
2. Contexto	16
3. Objetivos y alcance del trabajo.....	18
3.1. Beneficios que aporta el trabajo	18
4. Análisis del estado del arte	19
4.1. Energía solar térmica en España	20
4.1.1. Participación del sector mercantil	21
4.2. Energía solar térmica en el mundo	21
4.3. Energía solar térmica en la matriz energética	22
4.4. Tecnología utilizada en centrales solar térmica	25
4.4.1. Receptor central o sistema de Torre	26
4.4.2. Discos parabólicos	27
4.4.3. Lineal de Fresnel	27
4.4.4. Cilindros parabólicos	28
5. Descripción de la central solar térmica Gemasolar	29
5.1. Localización y Recurso solar	30
5.2. Tecnología de captación solar.....	35
5.2.1. Campo solar y torre central	36
5.2.2. Tanque de almacenamiento	38
5.3. Configuración de una central solar térmica de 20 MW	39
5.4. Relación de acciones inherentes a las fases del proyecto	41
5.4.1. Fase de construcción.....	41
5.4.2. Fase de operación	43
5.4.3. Fase de Abandono	44
5.5. Descripción de los materiales, equipos y maquinaria a emplear, costos, mano de obra y diagrama Gantt.....	45
5.5.1. Diagrama Gantt.....	51
5.6. Descripción de emisiones, residuos y vertidos	53
5.6.1. Emisiones	53
5.6.2. Gestión de Residuos	54
5.6.3. Gestión de Vertidos	56



5.6.4.	Prácticas de Reducción, Reutilización y Reciclaje.....	58
5.6.5.	Monitoreo y Seguimiento	59
5.7.	Acciones de impacto ambiental	59
5.7.1.	Acciones que modifican el uso del suelo.....	59
5.7.2.	Acciones que implican emisión de contaminantes	60
5.7.3.	Que implican sobreexplotación de recursos	61
5.7.4.	Que implican subexplotación de recursos	62
5.7.5.	Que dan lugar al deterioro del paisaje	63
5.7.6.	Que modifican el entorno social, económico y cultural	63
6.	Examen y evaluación de alternativas.....	64
6.1.	Examen de alternativas	64
6.1.1.	Alternativa 0- No actuación.....	65
6.1.2.	Alternativa 1: Proyecto de 70 MW sin almacenamiento térmico.....	66
6.1.3.	Alternativa 2: Proyecto de 20 MW sin almacenamiento térmico.....	67
6.1.4.	Alternativa 3: Proyecto original de 20 MW con almacenamiento térmico	
	69	
6.2.	Metodología de Evaluación de alternativas	70
6.2.1.	Selección de los criterios de ordenación	71
6.2.2.	Método de ordenación simple.....	73
6.2.3.	Método de puntuación ponderada.....	75
6.2.4.	Método Electre	79
6.2.5.	Resumen de la evaluación de alternativas	82
7.	Inventario ambiental	82
7.1.	Subsistema físico natural	83
7.1.1.	Medio inerte.....	83
7.1.2.	Medio biótico.....	90
7.2.	Subsistema perceptual.....	93
7.2.1.	Paisaje intrínseco	93
7.2.2.	Intervisibilidad.....	95
7.2.3.	Recursos científico-culturales	96
7.3.	Subsistema población y poblamiento	97
7.3.1.	Usos del suelo rústico	97
7.3.2.	Características culturales y relaciones económicas	103



7.3.3.	Infraestructura.....	105
7.4.	Subsistema socio económico	106
7.4.1.	Población	106
7.4.2.	Economía.....	115
7.5.	Subsistema núcleos e infraestructuras	124
7.5.1.	Infraestructuras y servicios.....	124
8.	Identificación y valoración de impactos.....	128
8.1.	Matriz de identificación de efectos	128
8.2.	Determinación de los pesos de cada factor.....	131
8.3.	Valoración cualitativa	136
8.3.1.	Clasificación de los Impactos según su Recuperación	137
8.3.2.	Evaluación Cualitativa en Archivo Excel y Resultados	138
8.4.	Valoración cuantitativa	140
9.	Medidas correctoras.....	141
9.1.	Aire – clima	142
9.2.	Tierra – suelo	143
9.3.	Agua.....	145
9.4.	Vegetación o flora.....	146
9.5.	Fauna.....	147
9.6.	Paisaje intrínseco	149
9.7.	Intervisibilidad	150
9.8.	Uso recreativo y productivo.....	151
9.9.	Características culturales	151
9.9.1.	Estructura poblacional	151
9.9.2.	Renta.....	152
9.9.3.	Emisión de informes relativos a la vigilancia ambiental.....	152
10.	Valoración con medidas correctoras.....	160
10.1.	Ficha resumen	165
11.	Conclusiones.....	167
12.	Bibliografía.....	168
13.	Anexos.....	171
13.1.	Anexo I: Normativa aplicada	171



13.2.	Anexo II : Tabla de centrales solares térmicas en operación del mundo ...	178
13.3.	Anexo III: Pérdidas de suelo en Andalucía, 1992-2020.....	182
13.4.	Anexo IV: Evolución de la población desde 1986 hasta 2022.....	183
13.5.	Anexo V: Matriz de ponderación para cada factor valoración cualitativa	184
13.6.	Anexo VI: Matriz de ponderación para cada factor valoración cuantitativa	187
13.7.	Anexo VII: Matriz de ponderación para cada factor valoración cuantitativa corregida	189

Tablas

Tabla 1: Comparación de tecnologías solar fotovoltaica y solar térmica en generación de huella de Carbono por KWh.....	17
Tabla 2:Potencia instalada en MW de energía por comunidad autónoma.	9
Tabla 3: Centrales solar térmicas en construcción en el mundo.....	22
Tabla 4: Balance eléctrico en España del 2020-2023.....	25
Tabla 5: Ficha técnica de la planta referencial Gemasolar.....	30
Tabla 6: Medición de DNI, DHI y GHI en la localización del proyecto.....	32
Tabla 7: Desglose del coste de inversión.	45
Tabla 8: Desglose de costos del sistema de captación de la energía solar.	47
Tabla 9: Desglose de inversión del sistema de conversión de energía solar.	48
Tabla 10: Desglose de inversión del sistema de almacenamiento de energía térmica. ..	49
Tabla 11: Inversión de bloque de potencia.....	50
Tabla 12: Desglose de inversión en Ingeniería y margen EPC.	50
Tabla 13: Diagrama Gantt	52
Tabla 14: Comparación de alternativas.	70
Tabla 15: Ámbito y criterios en las alternativas.....	73
Tabla 16: Método de ordenación simple.	74
Tabla 17: Asignación de puntaje alternativas proyectos termosolar.	78
Tabla 18: Matriz relativa a la alternativa A1.....	78
Tabla 19: Matriz ponderada	78
Tabla 20:Matriz de concordancia.	80
Tabla 21: Matriz de discordancia.	80
Tabla 22: Matriz de ordenación.....	81



Tabla 23: Comparación de métodos y orden preferencial de alternativas.....	82
Tabla 24: Régimen de Caudales Mínimos (Hm3/Mes) para un Año Húmedo (Estado de Normalidad o Prealerta Según el PES).....	90
Tabla 25: Bosques cercanos al municipio de Fuentes de Andalucía.....	91
Tabla 26:Flora del municipio de Fuentes de Andalucía:	92
Tabla 27: Fauna del municipio de Fuentes de Andalucía.....	93
Tabla 28: Ocupación del suelo en Andalucía, SIOSE 2005-2016. Superficie (%).	98
Tabla 29: Ocupación de Superficies construidas y alteradas (%).	99
Tabla 30: Ocupación de Superficies de agua y zonas húmedas (%).	100
Tabla 31:Ocupación de Superficies agrícolas (%).	100
Tabla 32:Ocupación de Superficies forestales y naturales (%).	101
Tabla 33:Estimación de pérdidas de suelo por provincia en la comunidad autónoma de Andalucía (%).	103
Tabla 34: Evolución de nacimientos, defunciones y matrimonios en Fuentes de Andalucía.....	108
Tabla 35: Población estacional máxima en Fuentes de Andalucía.....	109
Tabla 36: Porcentaje de habitantes según país de nacimiento en Fuentes de Andalucía.	110
Tabla 37: Demografía del Municipio Fuentes de Andalucía.....	111
Tabla 38: Evolución de la renta media en Fuentes de Andalucía.....	116
Tabla 39: Renta en municipios cercanos de Fuentes de Andalucía.....	117
Tabla 40: Parque automotriz en Fuentes de Andalucía.	119
Tabla 41: Superficie y principal cultivo en Fuentes de Andalucía.....	120
Tabla 42: Número de establecimientos en espacios productivos por actividad.	121
Tabla 43: Estadísticas turísticas de Fuentes de Andalucía Abril 2023.....	122
Tabla 44:Transacciones inmobiliarias según antigüedad de la Vivienda 2021.....	123
Tabla 45: Transacciones inmobiliarias según régimen de protección 2021.....	123
Tabla 46: Infraestructura viaria por tipo y estado de la vía 2015. (en metros).....	124
Tabla 47: Capacidad de los depósitos de agua en metros cúbicos en el 2015.....	125
Tabla 48: Residuos urbanos 2015 (Contenedores) (TM/año).	126
Tabla 49: Alumbrado público en 2015 (Puntos de luz) (Kilovatios)	126
Tabla 50: Infraestructura y servicios en Fuentes de Andalucía.....	127



Tabla 51: Factores ambientales.	128
Tabla 52: Matriz de identificación de efectos de la fase de construcción.	129
Tabla 53: Matriz de identificación de efectos de la fase de funcionamiento	130
Tabla 54: Matriz de identificación de efectos de la fase de desmantelamiento.	131
Tabla 55: Matriz de ordenación por pares.	132
Tabla 56: Matriz del subsistema físico natural, factores medio inerte.	132
Tabla 57: Matriz del subsistema físico natural, factores medio biótico	133
Tabla 58: Matriz del subsistema perceptual.	133
Tabla 59: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor usos del suelo rústico.	133
Tabla 60: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor características culturales y relaciones económicas.....	133
Tabla 61: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor infraestructuras.....	134
Tabla 62: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor estructura humana.	134
Tabla 63: Matriz del subsistema socioeconómico, factor población.	134
Tabla 64: Matriz del subsistema socioeconómico, factor economía.	135
Tabla 65: Matriz del subsistema núcleos e infraestructura, factor infraestructura y servicios.	135
Tabla 66: Distribución de las UIP según método de ordenación por rangos.	136
Tabla 67: Resumen valoración cualitativa.....	139
Tabla 68: Resumen valoración cuantitativa.....	140
Tabla 69: valoración cuantitativa sin medidas correctoras por acciones.....	161
Tabla 70: valoración cuantitativa con medidas correctoras V_p	162
Tabla 71: valoración cuantitativa con medidas correctoras IN	163
Tabla 72: Ficha resumen de valoración cualitativa y cuantitativa.....	165
Tabla 73: Centrales solares térmicas en operación en el mundo.....	178
Tabla 74: Estimación de pérdidas de suelo en Andalucía 1992-2020.....	182
Tabla 75: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aire	184
Tabla 76: Matriz de valoración cualitativa -Factor Clima.....	184
Tabla 77: Matriz de valoración cualitativa -Factor Suelo	184
Tabla 78: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aguas continentales	184
Tabla 79: Matriz de valoración cualitativa -Factor Vegetación o Flora.....	185



Tabla 80: Matriz de valoración cualitativa -Factor Fauna.....	185
Tabla 81: Matriz de valoración cualitativa -Paisaje intrínseco.....	185
Tabla 82: Matriz de valoración cualitativa -Factor Intervibilidad.....	185
Tabla 83: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aire	186
Tabla 84: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aire	186
Tabla 85: Matriz de valoración cualitativa -Estructura poblacional.....	186
Tabla 86: Matriz de valoración cualitativa -Renta	186
Tabla 87: Matriz de valoración cualitativa -Infraestructura No Viaria	187
Tabla 88: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Aire	187
Tabla 89: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Tierra-suelo.....	187
Tabla 90: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Vegetación o Flora.....	187
Tabla 91: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Fauna.....	188
Tabla 92: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Paisaje intrínseco	188
Tabla 93: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Intervisibilidad	188
Tabla 94: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Uso productivo.....	188
Tabla 95: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Características culturales	189
Tabla 96: Matriz de valoración cuantitativa -Factor Estructura poblacional	189
Tabla 97: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Aire	189
Tabla 98: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Tierra-suelo.....	189
Tabla 99: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor vegetación-Flora	190
Tabla 100: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Fauna.....	190
Tabla 101: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Paisaje intrínseco	190
Tabla 102: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Aire	190
Tabla 103: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Uso productivo	191
Tabla 104: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Características culturales	191
Tabla 105: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Estructura poblacional	191

Figuras

Figura 1:Potencia instalada de Energía solar térmica por Comunidad Autónoma.	
Fuente: (Red electrica, 2022) (Statista, 2023)	20
Figura 2: Matriz energética 2022 , España. Fuente: ((REE), 2022)	23
Figura 3: Potencia instalada de Energía renovable en España 2022. Fuente: ((REE), 2022).....	24
Figura 4:Tipos de tecnologías de centrales solar térmica. Fuente: (IDAE, 2011).....	26
Figura 5: Proyecto Gemasolar. Fuente: Google Earth.....	29
Figura 6: DNI (W/m2) mensual de la localización del proyecto. Fuente: base de datos del programa SAM.	33
Figura 7: Temperatura y vientos promedios en la localización del proyecto Gemasolar. Fuente: base de dato del programa SAM.....	35
Figura 8: Central solar térmica. Fuente: Sener	36
Figura 9: Campo solar y torre central del proyecto en referencia. Fuente: (Moreno, 2015).....	37
Figura 10: Perímetro y Área del proyecto Gemasolar.. Fuente:Google Earth	39
Figura 11: Configuración circular planta Gemasolar. Fuente: Programa SAM.....	40
Figura 12: Asignación de puntaje por el método de ordenación. Fuente: Elaboración propia	76
Figura 13: Asignación de puntaje, criterio del medio natural. Fuente: Elaboración propia	77
Figura 14: Asignación de puntaje, criterio del medio social. Fuente: Elaboración propia	77
Figura 15: Valores límites de contaminantes atmosférico según la última actualización de la OMS en el 2021. Fuente: (MITECO, 2021)	83
Figura 16: Mediciones de calidad de aire en zona agrícolas- rurales de Andalucía y de Sevilla. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de (MITECO, 2021).....	84
Figura 17: Condiciones climáticas en Fuentes de Andalucía. Fuente: (meteoblue, 2023)	85



Figura 18: Cielo nublado, sol y días de precipitación en Fuentes de Andalucía. Fuente: (meteoblue, 2023).....	86
Figura 19: Mapa del Suelo de la Fuentes de Andalucía. Fuente: Base de datos de (IGME, 2023)	87
Figura 20: Arroyos cercanos al proyecto en referencia Gemasolar. Fuente: Google Earth	88
Figura 21: Parque rural Molino de Viento. Fuente: (Andalucía T. F., 2023).....	94
Figura 22: Via verde de la Campiña. Fuente: (Andalucía T. F., 2023)	95
Figura 23: El Castillo de la Monclova. Fuente: (Andalucía T. F., 2023).....	96
Figura 24: Estimación de pérdidas de suelo en Andalucía 1992-2020.Fuente: Sistema de Indicadores Ambientales de la Red de Información Ambiental de Andalucía.....	102
Figura 25: Evolución de la población Fuentes de Andalucía desde 1986 al 2022.Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes	107
Figura 26: Habitantes de Fuentes de Andalucía segun Pais de Nacimiento. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes	110
Figura 27: Demografía de Fuentes de Andalucía por grupo de edad. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.	113
Figura 28: Habitantes segun lugar nacimiento en Fuentes de Andalucía-2022.Fuente: (ciudad, 2022).....	114
Figura 29: Mapa de densidad de población de Fuentes de Andalucía 2019.Fuente: (ciudad, 2022).....	115
Figura 30: Principales actividades económicas 2021 en Fuentes de Andalucía. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.	118
Figura 31: Tipos de impactos sin medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia ..	138
Figura 32. Efectividad de las medidas correctoras. Fuente: elaboración propia	162
Figura 33. Variación de la Importancia Ponderada con Medidas Correctoras. Fuente: elaboración propia	164

1. Introducción

La transición de una matriz energética que sea sostenible y libre de emisiones se ha convertido en una prioridad a nivel mundial. En este contexto, la tecnología termosolar ha surgido como una de las alternativas para la generación de electricidad, el cual contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto es debido a que utiliza el sol como fuente de energía, lo que disminuye la liberación de gases contaminantes, ayuda a mitigar el cambio climático y disminuye la necesidad de importar y utilizar combustibles fósiles. En consecuencia, genera la autonomía energética de un país y reduce la volatilidad de los precios de la energía.

En España, la energía solar térmica ha experimentado un notable desarrollo y ha impulsado a otros países a su implementación. En el año 2021, según los datos proporcionado por la Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar (Protermosolar), la capacidad instalada de energía termosolar en España alcanzó aproximadamente los 2,3 gigavatios (GW), convirtiéndose en uno de los líderes mundiales en el uso de esta tecnología. No obstante, este gran auge, es gracias al Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) que estableció objetivos ambiciosos para el año 2030 en el sector eléctrico, se espera obtener una capacidad total instalada de 157 gigavatios (GW), que se distribuye en : 50 GW de energía eólica, 37 GW de energía solar fotovoltaica, 27 GW de ciclos combinados de gas, 15 GW de energía hidráulica, 10 GW de bombeo, 7 GW de energía solar termoeléctrica, 3 GW de energía nuclear y 8GW en otras tecnologías.

A nivel global, la energía solar térmica también ha experimentado un crecimiento importante. En el año 2020, según un informe realizado por IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) sobre energía renovable, la capacidad instalada de este tipo de energía alcanzó los 6,6 GW. El listado de países que lideran el funcionamiento u operación de centrales solar térmica son España, Estados Unidos, Marruecos y Sudáfrica.

Sin embargo, aunque este tipo de tecnología es sustentable y viable en lugares con un buen nivel de radiación solar, es importante considerar los posibles impactos ambientales que puedan generar en las distintas fases del proyecto. Entre los principales impactos ambientales asociados se encuentran el uso de recursos hídricos, cambios en el uso del suelo y la biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes,



impactos visuales y paisajísticos, gestión de residuos y tratamiento de productos químicos. Si bien estos impactos pueden ser significativos, existen medidas de mitigación que pueden aplicarse para minimizarlos.

El presente estudio tiene como objetivo analizar los posibles impactos ambientales asociados a los proyectos termosolares y presentar medidas de mitigación adecuadas para minimizar las afecciones provocadas desde la etapa de diseño y planificación hasta su desmantelamiento, teniendo como referencia datos proporcionados del proyecto Gemasolar, que utiliza tecnología solar concentrada y almacenamiento térmico.

2. Contexto

El estudio de Evaluación de Impacto Ambiental se centra en la construcción de una Central Termosolar de torre central, considerando como referencia el proyecto de Gemasolar, con el objetivo de analizar los posibles efectos ambientales y sociales que dichos proyectos puedan generar. Esta iniciativa se enmarca dentro de las políticas estatales nacionales y de la comunidad Andaluza, que buscan disminuir la dependencia energética, fomentar el uso de energías renovables y cumplir con los compromisos internacionales para combatir el cambio climático.

España, al igual que todos los países miembros de la UE, se han comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la participación de otras fuentes de energía renovable en su matriz energética. Sin embargo, la dependencia en la importación de energía ha llevado a que proyectos de energías renovables, como la Central Termosolar en cuestión, sean consideradas estratégicas para garantizar la seguridad energética y cumplir con los compromisos internacionales en materia de cambio climático.

Los convenios internacionales como el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París, que buscan frenar el cambio climático, imponen metas vinculantes para la disminución de emisiones y la incorporación de fuentes de energía renovable en la matriz energética. La construcción de la Central Termosolar contribuiría a cumplir con estos compromisos internacionales. En este sentido, el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) establece objetivos vinculantes para el incremento del uso de fuentes de energía renovable en el consumo total de energía. Con el objetivo de producir el 20% de la energía

bruta consumida a partir de fuentes renovables, se promueve el aumento de la cobertura con energías renovables y la reducción de emisiones de CO₂.

En este escenario, la construcción de una Central Solar Termoeléctrica se presenta como una alternativa relevante para reducir la dependencia energética del país y cumplir con los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad ambiental. Uno de los principales beneficios de esta tecnología es su contribución a la disminución del consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ asociadas a las fuentes de energía que sustituyen. Al utilizar la energía solar térmica, se mejora la eficiencia energética de los edificios e industrias donde se incorpora, lo que tiene un impacto positivo en la reducción de la huella de carbono y en la mitigación del cambio climático.

Es importante destacar que la tecnología solar térmica ha experimentado un desarrollo significativo en los últimos años, lo que la convierte en una opción madura y fiable. Esto ha facilitado su integración en edificaciones e industrias de manera sencilla. Además, las instalaciones solares térmicas actuales requieren un mantenimiento mínimo y disponen de sistemas de control para seguimiento remoto, lo que garantiza la seguridad y la comodidad de uso.

En comparación con la tecnología fotovoltaica, la energía generada por un panel solar térmico en 30 años es mayor, y su huella de carbono por unidad de energía es mucho menor. Esto se traduce en una mayor eficiencia y menor impacto ambiental en el caso de la tecnología solar térmica.

Tabla 1: Comparación de tecnologías solar fotovoltaica y solar térmica en generación de huella de Carbono por KWh.

	Solar Térmica	Fotovoltaica
Huella de carbono (KgeCO ₂)	112,5	498
Energía generada por panel en 30 años (KWh)	56,29	16,71
Huella de carbono por energía generada (gCO ₂ /kWh)	2,1	29,8

Fuente: (Fabrisolia, 2019)

La tecnología de la central termosolar contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se estima que esta planta evita la emisión de aproximadamente 47.600 toneladas de CO₂ al año, gracias a su generación de



electricidad libre de combustibles fósiles y con cero emisiones directas de gases de efecto invernadero durante su operación.

3. Objetivos y alcance del trabajo

El objetivo principal de este trabajo consiste en llevar a cabo una Evaluación de Impacto Ambiental de una Central Termosolar propuesta. Para alcanzar este objetivo, se han establecido los siguientes subobjetivos:

- ✓ Analizar los posibles impactos ambientales asociados con la construcción, operación y desmantelamiento de la Central Termosolar en cuestión.
- ✓ Evaluar las alternativas del proyecto que permitan reducir y mitigar los impactos ambientales, utilizando métodos de análisis multicriterio.
- ✓ Identificar las afectaciones en los distintos subsistemas, incluyendo el físico natural, perceptual, socioeconómico, y núcleo e infraestructura.
- ✓ Analizar e identificar los tipos de impactos generados por el proyecto.
- ✓ Realizar una valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales.
- ✓ Proponer medidas de mitigación y/o compensaciones destinadas a reducir los impactos ambientales identificados en el proyecto.
- ✓ Evaluar si las medidas correctivas garantizan una gestión ambiental sostenible y la viabilidad de la puesta en marcha de la central termosolar.

3.1. Beneficios que aporta el trabajo

Este trabajo ofrece una perspectiva general y clara sobre las implicaciones de la instalación de centrales termosolares en la comunidad Andaluza. Los beneficios de implementar proyectos a gran escala no deberían limitarse únicamente a valorizar los aspectos económicos y sociales, sino que también se deberían considerar su impacto ambiental en su totalidad, porque es un derecho social y ético que las comunidades crezcan en un entorno de calidad ambiental. Por lo tanto, desde la perspectiva profesional, se benefician todos los actores involucrados en un proyecto energético.

Cabe indicar que, los problemas ambientales actuales exigen un sistema de gestión preventiva, y llevar a cabo una evaluación de impacto ambiental, no solo sirve para identificar las posibles consecuencias directas o indirectas de un proyecto, sino que también para proponer soluciones a corto, mediano y largo plazo.



En base a lo anterior, desde una perspectiva biológica, los seres humanos mantenemos una estrecha relación con nuestro entorno, ya que formamos parte del ecosistema. Por lo tanto, cualquier esfuerzo dirigido a minimizar o reducir los efectos negativos que causamos en nuestro entorno contribuye a la lucha contra el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la disminución de la capa de ozono, el agotamiento de recursos naturales y otros desafíos ambientales, el cual se beneficiaría empresas, gobiernos, comunidades, la flora y fauna.

4. Análisis del estado del arte

La energía solar térmica utiliza diferentes configuraciones y tecnologías para aprovechar la radiación solar y generar electricidad. Uno de los enfoques comunes es el uso de espejos o heliostatos para concentrar la radiación solar en un receptor central, que contiene un fluido de transferencia de calor. Este fluido se calienta y se utiliza para generar vapor, el cual impulsa una turbina que produce electricidad.

Algunas de las tecnologías más utilizadas incluyen torres de concentración, discos y canal parabólicos. Estas plantas pueden almacenar el calor durante períodos de alta radiación solar y utilizarlo más tarde para generar electricidad cuando la radiación solar es baja, lo que les permite operar de manera continua e incluso proporcionar electricidad durante la noche o en días nublados.

Un dato interesante sobre la energía solar térmica es su historia. En 1905, William Bailey recibió la primera patente de un colector solar térmico, lo que indica que el interés por aprovechar la energía solar térmica había existido durante más de un siglo. Desde entonces, se han realizado numerosos avances tecnológicos en la captación y conversión de energía solar térmica, facilitando el desarrollo y utilización de plantas termosolares a gran escala en diferentes regiones del mundo.

La energía solar térmica es una fuente de energía renovable y limpia que ha demostrado su eficacia y capacidad para generar electricidad a gran escala. Además, el coste de su tecnología ha disminuido en los últimos años, lo que la hace cada vez más competitiva con las fuentes de energía no renovable. Sin embargo, la energía solar térmica depende de las condiciones climáticas, lo que significa que su capacidad de generación de energía puede variar según la cantidad de radiación solar disponible.

La instalación de centrales eléctricas de energía solar térmica a gran escala puede requerir grandes extensiones de tierra, lo que puede ser un problema en zonas urbanas o de alta densidad poblacional. Asimismo, los costes de inversión y mantenimiento de las centrales eléctricas de energía solar térmica son generalmente más altos que los de otras fuentes de energía renovable, como la energía eólica o la fotovoltaica. Además, el uso del agua como fluido de trabajo en estas centrales puede ser un problema en zonas donde el agua es un recurso escaso.

4.1. Energía solar térmica en España

En los últimos años, España ha experimentado un notable crecimiento en el uso de energía solar térmica, lo cual se ha convertido en una fuente importante de generación renovable. A continuación, se analiza la capacidad instalada de energía solar térmica en las diferentes comunidades autónomas del país, la metodología utilizada para la recopilación de datos se basa en información disponible hasta septiembre de 2021 utilizando diferentes fuentes, incluyendo informes oficiales y estadísticas de organismos gubernamentales y entidades del sector energético. La capacidad instalada se expresa en megavatios (MW).

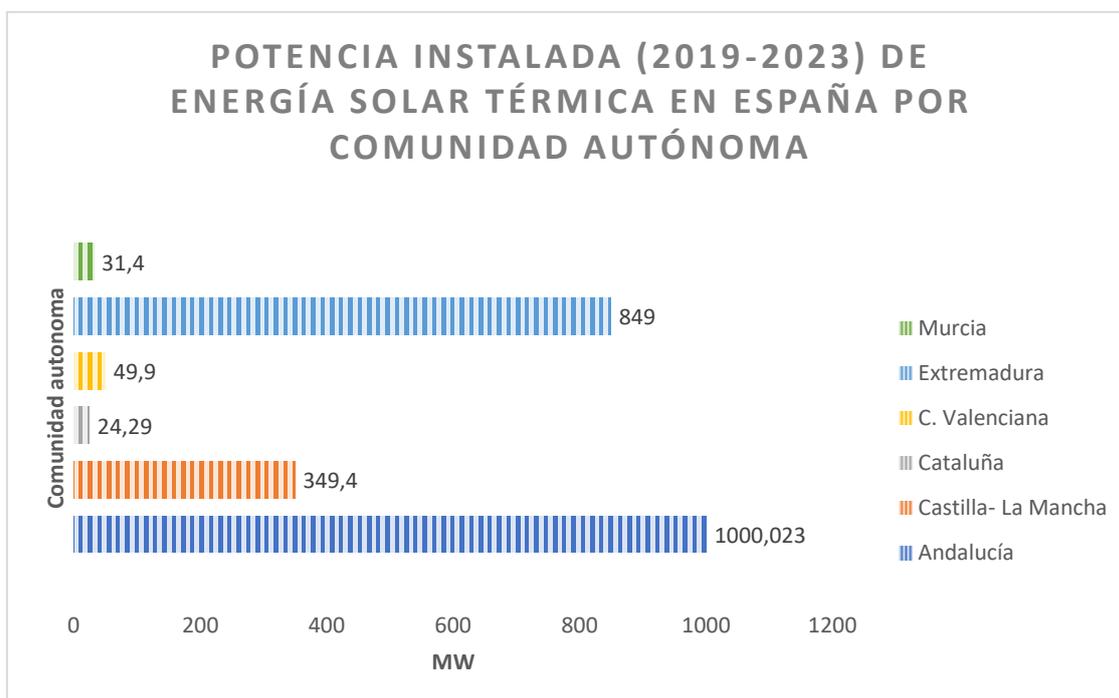


Figura 1: Potencia instalada de Energía solar térmica por Comunidad Autónoma.
 Fuente: (Red eléctrica, 2022) (Statista, 2023)



Los resultados indican que Andalucía es la comunidad autónoma líder en capacidad instalada de energía solar térmica en España, con más de 1000 MW. Destacando la planta Solnova en Sanlúcar la Mayor, con una capacidad de 150 MW. En segundo lugar y representando el 36,46% de la energía solar térmica instalada en España se encuentra Extremadura, con una capacidad instalada superior a los 300 MW, destacando la central termosolar de Plataforma Solar de Alvarado en Alvarado, con una capacidad de 50 MW. Castilla-La Mancha es otra comunidad autónoma destacada, con una capacidad instalada estimada en más de 349 MW, destacando la planta termosolar de Villar de Cañas con 50 MW. Murcia también cuenta con una presencia significativa en energía termosolar, con una capacidad instalada total de alrededor de 150 MW, destacando la planta termosolar de La Florida en Alhama de Murcia, con 50 MW. La Comunidad Valenciana ha desarrollado varios proyectos termosolares, principalmente en la provincia de Castellón, con una capacidad instalada estimada de alrededor de 100 MW. Por último, otras comunidades autónomas como Cataluña, Aragón, Castilla y León y las Islas Canarias cuentan con una capacidad instalada menor de energía termosolar, que oscila entre 20 y 50 MW.

4.1.1. Participación del sector mercantil

El sector de la energía termosolar ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, con la participación activa de destacadas empresas como Abengoa, ACS Cobra, Sener y Acciona. Gracias a su avanzada tecnología y al compromiso con la sostenibilidad, España se ha convertido en líder mundial en exportaciones de tecnología termosolar, con presencia en países como Estados Unidos, Chile, Sudáfrica y Marruecos.

De acuerdo con los datos proporcionados por la Asociación Española de la Industria Solar Térmica (ASIT), en 2020 se instalaron en España un total de 69,5 megavatios térmicos (MWt) de capacidad solar térmica, lo que eleva la capacidad total instalada a más de 2.700 MWt. Esta energía térmica producida es en gran parte dedicada a la producción de agua caliente sanitaria y calefacción en edificios residenciales, comerciales e industriales. Además, también se utiliza para procesos industriales, como la producción de vapor en la industria alimentaria o química.

Con el impulso del sector y el compromiso de las empresas, España se posiciona como uno de los principales referentes en energías renovables y se mantiene a la



vanguardia de la tecnología termosolar, una fuente de energía limpia y cada vez más valorada en todo el mundo.



Tabla 2:Potencia instalada en MW de energía por comunidad autónoma.

Año	2019-2023																				
	Energía/ Comunidades autónoma	Andalucía	Aragón	Asturias	Cantabria	Castilla- La Manc	Castilla y Le	Cataluña	Ceuta	C. de Mad	C. Valenci	Extremad	Galicia	Islas Balea	Islas Cana	La Rioja	Melilla	Murcia	Navarra	País Vasco	Nacional
Hidráulica	623,288	1333,815	804,977	98,912	651,388	4397,562	1922,217	-	108,517	641,894	2277,362	3731,836	-	1,52	52,426	-	-	35,478	237,711	177,657	17096,56
Turbina de bombeo	584,87	219,14	-	360,6	215	-	439,84	-	-	1511,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3331,4
Nuclear	-	-	-	-	1003,41	-	3032,81	-	-	1063,94	2017,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7117,29
Carbón	570,05	-	1249,925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1403,19	241,2	-	-	-	-	-	-	3464,365
Fuel + Gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,95
Motores diésel	-	-	-	-	-	-	-	77,52	-	-	-	-	139,4	487,64	-	64,11	-	-	-	-	768,67
Turbina de gas	-	-	-	-	-	-	-	13,3	-	-	-	-	603,1	520,75	-	11,5	-	-	-	-	1148,65
Turbina de vapor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	482,64	-	-	-	-	-	-	482,64
Ciclo combinado	5951,715	1869,67	854,17	-	758,74	-	3788,23	-	-	2853,54	-	1246,98	822,9	865,4	784,7	-	3263,71	1222,32	1968,07	26250,145	
Hidroeléctrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,32	-	-	-	-	-	-	11,32
Eólica	3612,531	5036,304	698,075	35,307	4797,624	6617,167	1368,65	-	-	1243,03	39,375	3887,3	3,568	640,365	448,12	-	262,77	1355,212	154,284	30199,682	
Solar fotovoltaica	4338,608	2024,437	1,005	4,028	4723,695	1442,309	297,777	-	63,363	423,27	5365,045	18,068	234,965	212,165	99,734	0,06	1407,691	166,902	51,286	20874,408	
Solar térmica	1000,023	-	-	-	349,4	-	24,29	-	-	49,9	849	-	-	-	-	-	31,4	-	-	2304,013	
Otras renovables	451,146	8,685	90,535	12,862	110,091	100,981	64,239	-	45,084	12,563	44,085	65,147	2,13	3,696	3,627	-	8,365	42,691	27,249	1093,176	
Cogeneración	703,955	514,17	69,555	280,73	369,726	572,857	962,896	-	210,009	441,024	9,792	531,212	11,523	38,2	21,822	-	299,422	146,67	455,657	5639,22	
Residuos no renovables	51,293	49,9	53,948	4,967	-	-	36,617	-	14,9	63,088	-	40,68	37,4	-	-	-	1,084	-	-	71,786	425,663
Residuos renovables	-	-	-	4,967	-	-	27,175	-	14,9	-	-	25	37,4	-	-	-	1,084	-	-	59,586	170,112
Potencia total	17887,479	11056,121	3822,19	802,373	12979,074	13130,876	11964,741	90,82	456,773	8312,149	10601,789	10949,413	2133,586	3263,696	1410,429	77,838	5308,836	3171,506	2965,575	120385,264	

Fuente: (Red eléctrica, 2022)

4.2. Energía solar térmica en el mundo

China se proyecta como el principal agente en la expansión de la capacidad de generación de energía solar concentrada en los próximos diez años. Este fenomenal ascenso se refleja en un incremento sustancial de la capacidad instalada, pasando de 5.6 gigavatios (GW) en el 2018 a una impresionante marca de 22.4 GW proyectada para 2030. Esta prominente posición de China en el mercado de energía solar concentrada se atribuye en gran medida a los continuos esfuerzos y compromisos sostenidos por el país en este campo. Sin embargo, es importante destacar que China no está aislada en esta tendencia. Otros países, como Chile y diversas naciones en el Medio Oriente y el Norte de África, también están contribuyendo significativamente a la mejora de la eficiencia, el almacenamiento de energía y la reducción de costos asociados a esta fuente de energía renovable. Este panorama subraya una tendencia global hacia una mayor adopción de la energía solar concentrada, lo cual conlleva beneficios notables tanto para la industria como para el medio ambiente en general.

En particular, el mercado chileno ha sido impulsado por ambiciosos objetivos en materia de energía renovable, incluyendo la meta de que el 20% de la combinación energética nacional provenga de fuentes limpias para 2025. Para lograr este objetivo, Chile ha implementado una serie de subastas tecnológicamente neutrales desde 2017, lo que ha resultado en una destacada reducción del costo promedio de generación de energía, disminuyendo de $\$99.2/\text{MWh}$ en 2013 a $\$24.97/\text{MWh}$ en la actualidad. El análisis de la evolución positiva en la generación de energía solar concentrada en China y otros países destaca el compromiso global hacia una transición hacia fuentes de energía más sostenibles, así como la creciente importancia de la tecnología solar concentrada en la consecución de estos objetivos a nivel internacional. (trade, 2019)

A continuación, podemos visualizar en la siguiente tabla las centrales solares térmicas que se encuentran en construcción.

Tabla 3: Centrales solar térmicas en construcción en el mundo.

País	Planta	Año de operación	Capacidad (MW)	Tecnología	Almacenamiento	Almacenamiento (h)
Arabia Saudita	ISCC Duba 1	2023	43	ISCC; Trough	No	
Emiratos árabes	Energy 1 / DEWA IV 3x 200MW trough se	2023	600	Parabolic Trough	Sí	11
Sudáfrica	Redstone	2023	100	Power Tower	Sí	12
China	Zhongguang Solar 100 MW Tower + 600 MW PV	2023	100	PV-Hybrid; Tower	Sí	9
China	IC Dunhuang 100 MW Fresnel + 600 MW PV	2024	100	PV-Hybrid; Fresnel	No	
China	Long New Energy Akesai 110MW + 640MW PV	2024	110	PV-Hybrid; Tower	Sí	8
China	Energy Guazhou 2x50MW Tower + 200 MW PV	2024	100	Wind-PV-Hybrid; Tower	No	
China	Lumen 100 MW Fresnel + 400 MW PV + 200 MW Wind	2024	100	Wind-PV-Hybrid; Fresnel	No	
Italia	Stromboli Solar	2024	4	PV-Hybrid; Fresnel	Sí	16

Fuente : (NREL, s.f.)

4.3. Energía solar térmica en la matriz energética

En los últimos años, se ha observado una notable evolución en la producción de energía eléctrica en España, en particular en lo que respecta a la composición de su mix energético. En la figura 2, según los datos proporcionados por Red Eléctrica de España (REE) correspondientes al año 2022, el mix eléctrico del país reflejó una diversificación significativa en términos de las diferentes tecnologías utilizadas. Dentro de este contexto, el ciclo combinado se destaca como una de las principales fuentes de generación, representando el 22% de la producción total de energía eléctrica. Esta tecnología hace uso de gas natural como su principal fuente de combustible. Asimismo, la energía eólica desempeñó un papel crucial, contribuyendo con un 25.2% a la generación eléctrica y aprovechando la fuerza del viento como recurso fundamental. Además, la energía nuclear, basada en la liberación de energía contenida en el núcleo atómico, contribuyó con el 6% del total de la generación eléctrica en España. Mientras tanto, la energía solar, tanto fotovoltaica como térmica, tuvo una notable representación, constituyendo un 16.6% y un 1.9% respectivamente.

La energía hidráulica, que se basa en la inercia del agua, también jugó un papel importante, contribuyendo con un 14.4% a la matriz energética del país. Por otro lado, la cogeneración, que emplea tanto gas natural como biomasa para la generación de energía eléctrica y térmica, representó el 4.7% de la producción total. El porcentaje restante de generación eléctrica provino de fuentes diversas, tales como el carbón, la energía solar térmica, el bombeo puro y los motores diésel. Estos datos subrayan la complejidad y la diversidad del sistema energético español.

Es evidente la importancia de continuar fomentando la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, en línea con los objetivos medioambientales y energéticos tanto del país como de la Unión Europea. El análisis de la composición del mix energético español brinda una visión clara de las tecnologías actuales utilizadas en la generación de energía eléctrica y ofrece perspectivas valiosas para futuras investigaciones y políticas en el campo de la energía.

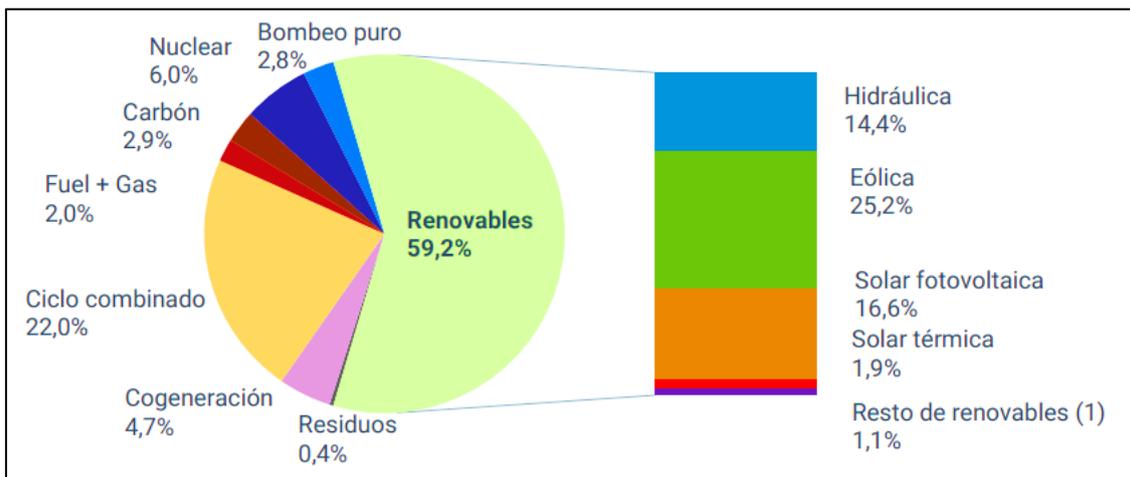


Figura 2: Matriz energética 2022 , España. Fuente: ((REE), 2022)

Es destacable que en el año 2022 se ha alcanzado una cifra récord en la producción de energías renovables, las cuales representaron el 59,2% del total en España. Este aumento fue posible gracias a una mayor producción eólica y solar, principalmente, al aumento de la potencia solar fotovoltaica que ha aportado 4.498 MW un 76,3 % de la nueva potencia, lo que supone el mayor incremento histórico en esta tecnología y ha conseguido superar a la hidráulica, situándose en estos momentos como la tercera fuente de generación en el ranking con más potencia ya que supone el 16,6 % del total de potencia instalada nacional.

Esto demuestra que el sistema eléctrico español está trabajando activamente por alcanzar los objetivos de neutralidad recogidos por el Pacto Verde Europeo y en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC). Si embargo, para poder aprovechar toda la energía generada por las fuentes renovables, es esencial contar con sistemas de almacenamiento adecuados. De esta manera, será posible acumular la electricidad producida en horas de alta producción y distribuirla en momentos en que la demanda sea mayor y la

oferta escasa. A medida que se desarrollen baterías de mayor capacidad, será posible mejorar el almacenamiento y distribución de la energía renovable.

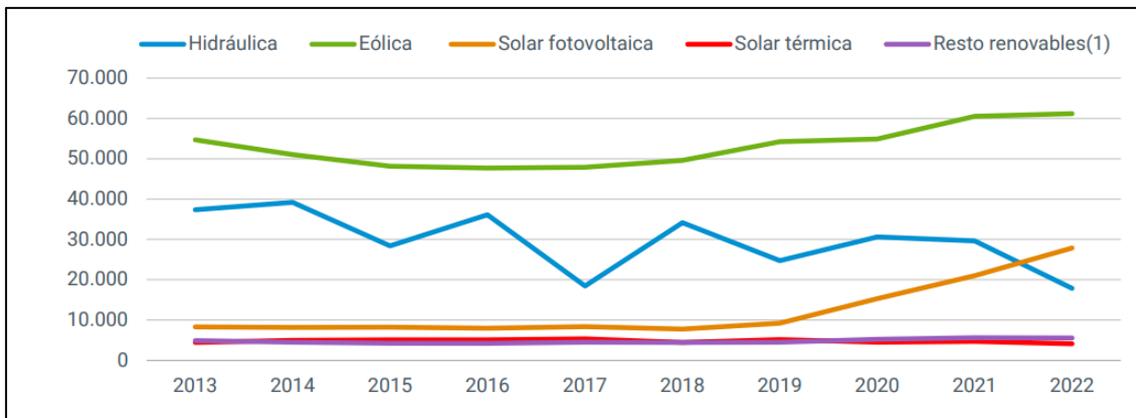


Figura 3: Potencia instalada de Energía renovable en España 2022. Fuente: ((REE), 2022)

Sin embargo, a pesar de tener un gran potencial solar en Europa, España ha tenido una política energética poco favorable para el desarrollo de la energía solar térmica. Los gobiernos no han establecido políticas claras y efectivas para impulsar su uso y desarrollo. Como resultado, existe el riesgo de contar en el futuro con un parque termosolar obsoleto en términos tecnológicos si no se adoptan medidas para fomentar una mayor innovación tecnológica. Esta situación es directamente atribuible a las condiciones impuestas por la legislación, que limita la potencia eléctrica nominal de las instalaciones a 50 MW.

Esto podría llevar a la industria a optimizar económicamente y en forma individual cada proyecto en particular, en lugar de buscar la optimización del sistema energético en su conjunto. Por lo tanto, es necesario evaluar si conviene promover la implementación de centrales de mayor o menor potencia que las actuales, pero que incorporen cogeneración e hibridación con tecnologías renovables. Estas deben ser más congruentes con el sistema energético del futuro hacia el cual se desea evolucionar.

Otro aspecto significativo del modelo de instalación de las centrales eléctricas termosolares en España es la práctica generalizada de utilizar combustibles auxiliares. Aunque se hace uso de la posibilidad legal de emplear un combustible auxiliar, en la mayoría de los casos, este es el gas natural y aún no se ha explorado la posibilidad de utilizar la biomasa. Por lo que, urge replantear el marco regulatorio para potenciar los conceptos de plantas avanzadas y evitar reproducir patrones tradicionales que no contribuyen a la optimización del sistema energético.

Es fundamental promover la investigación y el desarrollo en el ámbito de la energía solar térmica, así como facilitar condiciones favorables y estables para su implementación a fin de aprovechar al máximo su potencial en la matriz energética del país.

Tabla 4: Balance eléctrico en España del 2020-2023

Energía	2020	2021	2022	2023
Hidráulica	30631,724	29626,009	17907,008	11660,309
Eólica	54906,246	60525,657	61193,574	29489,560
Solar fotovoltaica	15302,145	20981,043	27901,967	15324,674
Solar térmica	4538,310	4705,525	4123,193	1925,305
Hidroeléctrica	19,540	23,098	22,881	7,760
Otras renovables	4481,581	4719,873	4656,917	1630,834
Residuos renovables	725,652	877,941	877,708	330,128
Generación renovable	110605,198	121459,146	116683,248	60368,570
Turbinación bombeo	2751,440	2649,324	3776,176	2484,387
Nuclear	55758,360	54041,020	55983,611	23826,878
Ciclo combinado	44022,855	44500,099	68137,500	17317,325
Carbón	5020,713	4983,148	7765,054	1701,621
Motores diésel	2399,492	2517,424	2548,201	981,443
Turbina de gas	406,583	423,580	657,477	293,172
Turbina de vapor	1387,608	1108,056	1207,233	529,055
Fuel + Gas	-	0,000	-	0,000
Cogeneración	27030,313	26090,647	17754,221	8257,017
Residuos no renovables	2016,188	2238,741	1899,961	524,667
Generación no renovable	140793,552	138552,039	159729,433	55915,566
Consumos en bombeo	-4627,715	-4317,787	-6095,316	-4041,022
Importación Francia	11421,711	11931,251	4549,001	1893,829
Importación Portugal	6096,881	4791,774	3059,620	1691,195
Importación Marruecos	409,756	688,186	422,891	183,624
Importación Andorra	0,016	0,012	0,008	0,007
Exportación Francia	-6192,458	-6280,765	-13379,619	-5444,624
Exportación Portugal	-7553,565	-9543,491	-12315,198	-5876,568
Exportación Marruecos	-706,611	-509,393	-1852,740	-865,667
Exportación Andorra	-196,146	-225,135	-285,653	-112,099
Saldo l. internacionales	3279,585	852,440	-19801,690	-8545,252
Demanda en b.c.	250050,620	256545,839	250515,675	103697,861

Fuente: ((REE), 2022)

4.4. Tecnología utilizada en centrales solar térmica

En este punto, es fundamental abordar la importancia de definir tecnologías y centrales de referencia para el estudio de impacto ambiental. En particular, se consideran las tecnologías de concentración termosolar, como los canales parabólicos, los concentradores lineales de Fresnel, los sistemas de torre o receptor central y los discos parabólicos. Cabe destacar que, las tecnologías de energía solar térmica se encuentran en constante evolución, lo que se traduce en una amplia diversidad de opciones disponibles en cada una de

ellas. Estas opciones van desde la configuración general de las centrales hasta los materiales utilizados en algunos de sus componentes.

Por esta razón, tanto el subsistema de captación y concentración de la radiación solar como el sistema de conversión de energía solar a térmica, su transporte y el sistema de transformación de energía térmica a eléctrica presentan diferentes alternativas dentro de cada tecnología.

La selección de un conjunto específico de opciones de configuración para un proyecto tendría repercusiones significativas en todos los aspectos del mismo. Esto incluye los plazos de ejecución de las diferentes etapas, la inversión requerida, las condiciones financieras, los rendimientos asociados al funcionamiento general de la central y de cada uno de sus subsistemas y equipos, así como los gastos de operación y mantenimiento, entre otros.

A continuación, se describen cada una de las configuraciones posibles para una central termosolar:

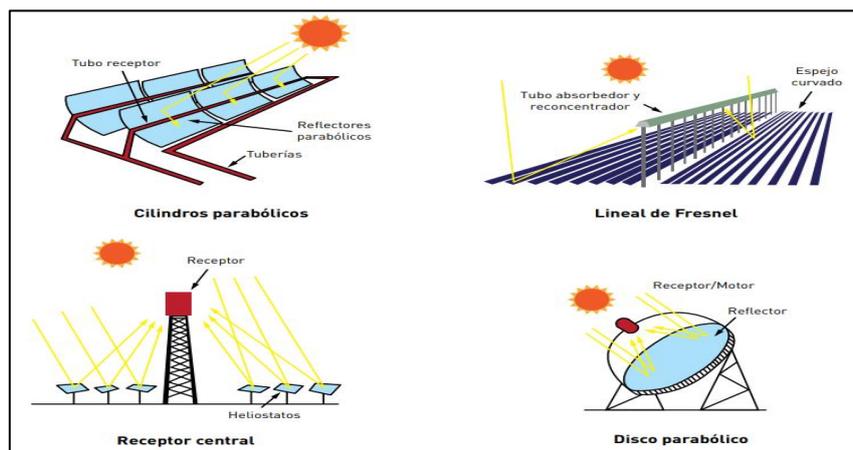


Figura 4: Tipos de tecnologías de centrales solar térmica. Fuente: (IDAE, 2011)

4.4.1. Receptor central o sistema de Torre

En las plantas de receptor central, los helióstatos reflejan la radiación solar en un receptor situado en lo alto de una torre, por el que circulan sales de nitrato fundidas. El receptor está compuesto por una superficie absorbente que retiene la energía térmica, y que envuelve a un entramado de tubos interiores por donde circulan las sales térmicas, las cuales son impulsadas desde un "tanque frío" a los pies de la torre. Las sales calientes bajan de la torre hasta un intercambiador de calor, donde se transfiere la energía térmica a un flujo de agua, generando vapor de agua para generar electricidad. En momentos de baja radiación solar, las sales almacenadas en un "tanque caliente" ceden el calor almacenado al

sistema de generación de vapor, permitiendo continuar generando energía eléctrica. La energía solar por concentración es limpia, renovable y fiable, y tiene el potencial para satisfacer las necesidades crecientes de la sociedad moderna.

4.4.2. Discos parabólicos

La central de discos parabólicos es una planta de energía solar térmica que utiliza discos parabólicos para concentrar la radiación solar en un receptor ubicado en el foco de cada disco. Esta configuración, se compone de una serie de discos parabólicos dispuestos en filas, cada uno con una forma de curva de parábola diseñada para reflejar y concentrar la radiación solar en su foco. Durante el día, los discos parabólicos se orientan automáticamente siguiendo el movimiento del sol para maximizar la captación de radiación solar. Esta capacidad de seguimiento solar permite mantener la máxima eficiencia de la central a lo largo del día.

En el foco de cada disco parabólico se encuentra un tubo receptor recubierto con un revestimiento selectivo de alta absorción y baja emisividad. El tubo receptor contiene un fluido térmico, que se calienta al recibir la radiación solar concentrada. La transferencia de calor convierte el agua en vapor de alta presión y temperatura, lo que impulsa una turbina conectada a un generador eléctrico. La rotación de la turbina genera electricidad a partir de la energía térmica del vapor. La electricidad generada se transforma en corriente alterna y se transmite a la red eléctrica para su distribución y uso. Algunas centrales de discos parabólicos pueden incluir sistemas de almacenamiento térmico para aprovechar el exceso de calor generado durante el día. Estos sistemas almacenan el calor en sales fundidas u otros materiales de almacenamiento térmico para utilizarlo posteriormente cuando no haya radiación solar directa, como durante la noche o en días nublados.

4.4.3. Lineal de Fresnel

Una central lineal de Fresnel es un tipo de central solar térmica que utiliza una configuración de espejos lineales para concentrar la radiación solar en un receptor a lo largo de una línea focal. El proceso comienza con los espejos lineales planos, dispuestos en filas y capaces de seguir el movimiento del sol. Estos reflejan y concentran la radiación solar incidente hacia la línea focal, donde se encuentra el receptor. El receptor consta de tubos receptores o de absorción, diseñados para absorber el calor de la radiación solar

concentrada. Cuando la radiación solar se concentra en los tubos receptores, el fluido térmico que circula por ellos se calienta y se dirige a un intercambiador de calor, donde se produce la generación de vapor. El vapor generado impulsa una turbina acoplada a un generador, produciendo electricidad que se transmite a la red eléctrica para su distribución. Algunas centrales lineales de Fresnel también cuentan con sistemas de almacenamiento térmico que permiten que la central continúe funcionando incluso en ausencia de radiación solar directa. De esta manera, se puede aprovechar el calor almacenado durante el día para generar electricidad durante la noche o en días nublados.

4.4.4. Cilindros parabólicos

Una central de cilindros parabólicos es una instalación que utiliza energía solar termosolar para generar electricidad. Esta tecnología emplea una serie de espejos cilindro-parabólicos dispuestos en filas para concentrar la radiación solar en un receptor ubicado en el foco de cada espejo. Los colectores solares están compuestos por espejos parabólicos largos y estrechos, que reflejan y concentran la radiación solar incidente en una línea focal a lo largo del colector.

En la línea focal de cada colector solar se encuentra un tubo receptor, que es un tubo metálico herméticamente sellado y recubierto con un protector de vidrio. Dentro del tubo receptor, se encuentra un fluido térmico que absorbe el calor concentrado por los espejos parabólicos y alcanza altas temperaturas, generalmente alrededor de 400°C. El fluido térmico caliente procedente de los tubos receptores se dirige a un intercambiador de calor, donde sobra su calor a un circuito secundario de agua.

El agua se convierte en vapor de alta presión y temperatura, que impulsa una turbina conectada a un generador eléctrico. La rotación de la turbina genera electricidad a partir de la energía térmica del vapor. Además, algunas centrales de cilindros parabólicos incorporan sistemas de almacenamiento térmico, que almacenan parte del calor generado durante el día en sales fundidas u otros materiales. Esto permite que la central siga funcionando incluso cuando no hay radiación solar directa, como durante la noche o en días nublados.

5. Descripción de la central solar térmica Gemasolar

En este informe se simulará el campo solar de Gemasolar, una planta de concentración solar de receptor central de torre diseñada y suministrada por SENER. Este campo solar está compuesto por 2.650 heliostatos, distribuidos en anillos concéntricos alrededor de la torre de 140 metros de altura. Cada heliostato cuenta con una superficie de espejos de 120 m², orientada de forma continua para seguir la posición del sol durante todo el día. Para lograr la precisión necesaria en la focalización, cada heliostato posee un mecanismo de accionamiento de dos ejes, diseñado y suministrado también por SENER.

Otro elemento singular de la planta es el receptor cilíndrico de alta eficiencia ubicado en lo alto de la torre, que ha sido diseñado y patentado por SENER. Este receptor es capaz de absorber el 95% de la radiación del espectro solar, transmitiendo la energía al compuesto de sales fundidas que circula por su interior.

Entre las principales ventajas del proyecto en referencia se encuentran su capacidad de almacenamiento de alta temperatura, que permite gestionar la producción eléctrica de manera eficiente y maximizar el rendimiento de la planta. También destaca su bajo riesgo operacional, ya que no cuenta con sistemas móviles de tuberías ni aceite térmico, lo que reduce las pérdidas térmicas y los costes de mantenimiento. Además, el mismo fluido se emplea para almacenamiento y como fluido de transferencia térmica, lo que reduce el intercambio de calor y maximiza la eficiencia termodinámica. Se espera que Gemasolar alcance una producción de 6.450 h/año, lo que maximiza los beneficios de la planta.



Figura 5: Proyecto Gemasolar. Fuente: Google Earth

La planta tiene una potencia nominal de 20 MW y utiliza un ciclo de potencia Rankine de vapor para generar electricidad. El fluido de trabajo utilizado en el receptor es sales fundidas, con una temperatura de entrada de 290°C y una temperatura de salida de 565°C.

En cuanto a los costos, el costo total de construcción del proyecto se estima en 358,19 millones de dólares, y el LCOE (costo nivelado de energía) se sitúa en 0,28 dólares por kilovatio hora (USD/kWh).

Tabla 5: Ficha técnica de la planta referencial Gemasolar.

Campos heliostatos		Sistema de almacenamiento	
Área total (m ²)	1.900.000	Tipo	2 tanques
Numero de heliostatos	2.650	Capacidad horas	15
Área por heliostatos (m ²)	120	Capacidad horas anuales	5.000
Área total de apertura (m ²)	304.750	Medio de almacenamiento	Sales fundidas
Factor de ocupacion	0,1604	T° tanque de frío	290
Reflectancia media anual de espejos	0,90	T° tanque caliente	565
Área reflectante/ Área del heliostato	0,9836	Rendimiento térmico anual medio	0,83
Torre y receptor		Ciclo de potencia	
Altura máxima de la Torre (m)	140	Potencia nominal de la planta (MW)	20
Almacenamiento 15 h (m)	200	Rendimiento medio anual	0,38
Tipo de receptor	Cilíndrico	Ciclo de poder	Rankine de vapor
Fluido de trabajo	Sales fundidas	Tipo de enfriamiento	húmedo
T° de entrada del receptor	290	Costos	
T° de salida del receptor	565	Costo total de construcción (USD)	358,19 millones
Rendimiento anual medio	0,23	LCOE (USD/kWh)	0,28

Fuente : Elaboración propia obtenida de (solarpaces, 2023)

5.1. Localización y Recurso solar

El proyecto termosolar ha sido ubicado estratégicamente en Fuentes de Andalucía, provincia de Sevilla en España, debido al excelente recurso solar que caracteriza la región. El clima mediterráneo de la zona, con largas horas de sol y altos niveles de radiación solar, permite una captación óptima de la energía solar por parte de los heliostatos y el receptor central. La radiación solar incidente es abundante y constante a lo largo del año, lo que proporciona una base sólida para la generación de energía renovable y sostenible en la central solar de Gemasolar.

La estratégica ubicación del proyecto Gemasolar en una región con un recurso solar favorable ha sido un factor clave para su desarrollo exitoso y su capacidad para generar electricidad de manera eficiente. El DNI es un parámetro importante en el diseño

de sistemas solares, ya que representa la radiación solar directa recibida en una superficie perpendicular al sol.

En el contexto del punto de diseño, un aumento en el valor de DNI indica que se requieren menos helióstatos u otros dispositivos de concentración solar para alcanzar la potencia deseada en condiciones de referencia. Por lo que es esencial que el valor de DNI utilizado en el punto de diseño refleje las condiciones reales de radiación solar en la ubicación de la planta. Este valor debe tener en cuenta las pérdidas térmicas y de tubería, para garantizar que la planta alcance la clasificación térmica especificada.

En los cálculos del punto de diseño, el software SAM (System Advisor Model) utiliza el valor de DNI junto con la posición del sol al mediodía en el solsticio de verano (21 de junio al norte del ecuador y 21 de diciembre al sur del ecuador). Esta combinación de información permite obtener una estimación precisa de la radiación solar para el diseño y análisis de sistemas solares. En la tabla 4 podemos visualizar, que el programa *System Advisor Model* (SAM) proyecta para la latitud $39,41^\circ$ y longitud $-3,22^\circ$, los siguientes valores:



Tabla 6: Medición de DNI, DHI y GHI en la localización del proyecto.

Mes	Beam irradiance - DNI (W/m ²)						Diffuse irradiance - DHI (W/m ²)						Global irradiance - GHI (W/m ²)					
	Media	Min	Max	Sum	St Dev	Avg Daily Max	Media	Min	Max	Sum	St Dev	Avg Daily Max	Media	Min	Max	Sum	St Dev	Avg Daily Max
Enero	211.073	0	977	314077	350.404	818.613	28	0	252	41664	502.283	143.29	103.859	0	579	154542	169.396	481.645
Febrero	249.048	0	1000	334721	365.492	871.936	381.726	0	292	51304	61.552	185.419	151.354	0	743	203420	229.434	612.419
Marzo	282.903	0	1015	420960	385.699	896.677	495.155	0	379	73679	741.884	227.258	206.081	0	894	306649	289.846	776.936
Abril	197.469	0	1021	284356	329.301	744.5	699.389	0	462	100712	103.123	321.613	191.8	0	979	276192	285.666	746.129
Mayo	342.329	0	1001	509385	385.592	917.71	806.371	0	485	119988	113.547	285.032	308.692	0	1030	459334	358.182	966.032
Junio	353.26	0	997	508695	372.195	902.193	878.153	0	491	126454	112.425	317.258	330.333	0	1052	475680	367.811	983.645
Julio	333.921	0	959	496874	357.704	859.452	863.145	0	484	128436	105.514	301.548	315.791	0	1012	469897	358.218	955.871
Agosto	361.296	0	977	537608	391.95	887.516	610.948	0	456	90909	779.776	200.194	297.444	0	1003	442597	352.992	926.064
Septiembre	237.065	0	980	341374	344.54	823.867	592.194	0	408	85276	883.638	254.226	199.288	0	892	286975	283.744	756.387
Octubre	211.923	0	956	315342	329.966	811.067	459.664	0	360	68398	740.545	211.226	149.681	0	785	222725	228.702	612.774
Noviembre	112.515	0	945	162022	260.1	724.2	309.132	0	274	44515	56.145	191.452	742.604	0	605	106935	143.373	425.484
Diciembre	889.664	0	947	132382	224.193	715.074	249.147	0	211	37073	470.537	158.677	516.821	0	498	76903	104.807	328.742
Total	248.733	0	1021	4,36E+10	355.773	818.425	552.744	0	491	968408	864.008	233.458	198.736	0	1052	3,48E+11	293.595	717.063

Fuente Elaboración propia obtenida de la base de dato de SAM

Podemos observar que el promedio anual de irradiación global se sitúa en 4,77 kWh/m²/día, mientras que la irradiación normal directa alcanza los 5,97 kWh/m²/día y la irradiación difusa se mantiene en 1,33 kWh/m²/día. Estos valores representan mediciones significativas de la radiación solar incidente en la región y son fundamentales para evaluar el potencial y la viabilidad de proyectos relacionados con la energía solar y otras aplicaciones que dependen de la radiación solar.

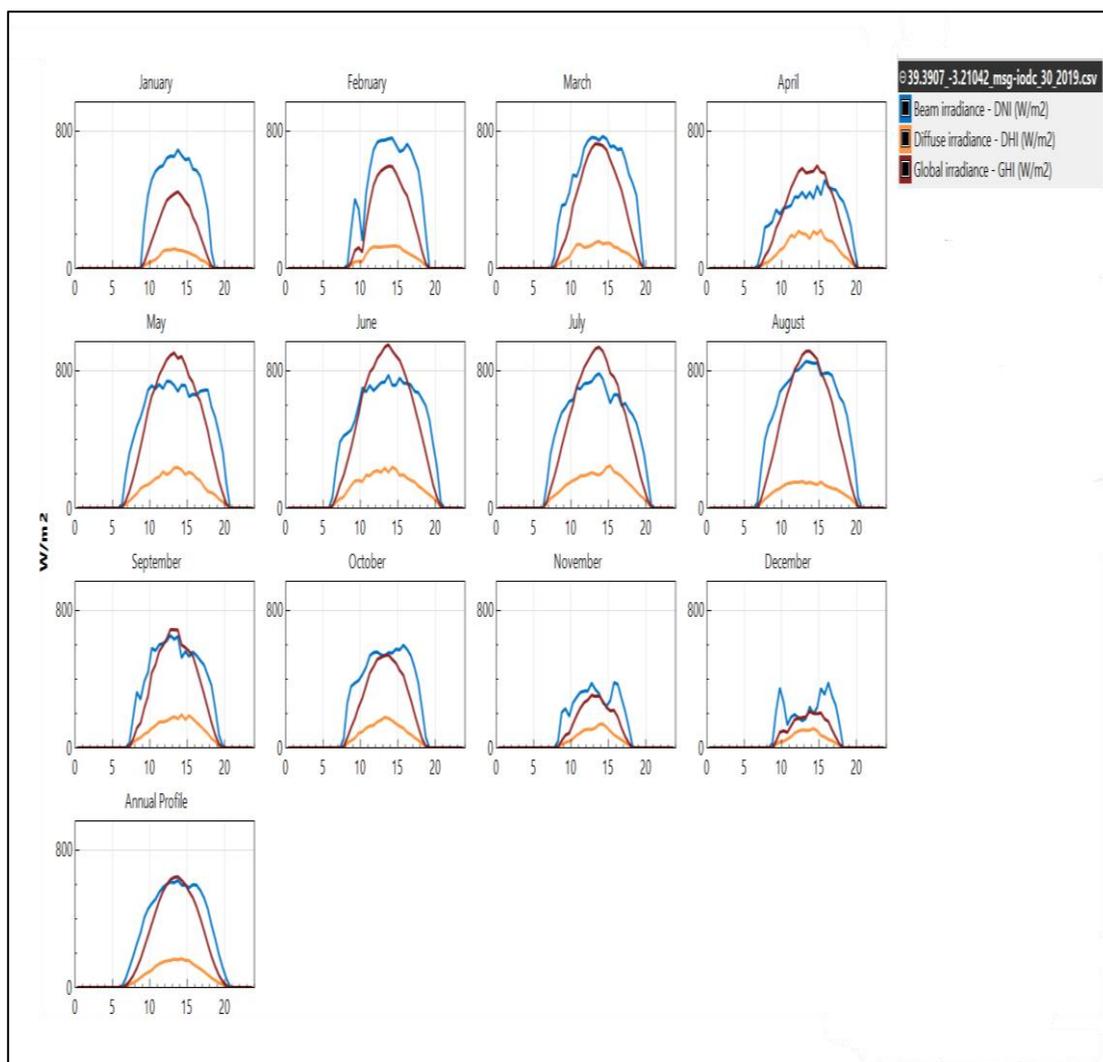


Figura 6: DNI (W/m²) mensual de la localización del proyecto. Fuente: base de datos del programa SAM.

En lo que respecta al clima de esta región, se destaca una temperatura promedio anual de 15,4°C, acompañada de vientos con una velocidad promedio de 2,7 m/s. Este clima se

ajusta a la descripción de un clima mediterráneo con influencia continental, una característica compartida con gran parte de la región de Andalucía.

Los vientos en esta zona se caracterizan por su moderación y su variabilidad en cuanto a dirección a lo largo del año. La dirección predominante de los vientos en primavera y verano es del suroeste, provenientes tanto del Atlántico como del Mediterráneo. Sin embargo, su comportamiento puede ser influenciado por factores locales como la topografía y las variaciones en la presión atmosférica. En contraste, durante otoño e invierno, la dirección predominante del viento cambia hacia el nordeste.

Con respecto a las temperaturas, la zona presenta un patrón climático típico del clima mediterráneo, con inviernos suaves y veranos calurosos. A continuación, se detallan las temperaturas promedio para las diferentes estaciones del año:

- a) **Invierno (diciembre a febrero):** Durante el invierno, las temperaturas oscilan entre -5°C y 16°C , siendo enero el mes más frío.
- b) **Primavera (marzo a mayo):** En esta estación, las temperaturas experimentan un aumento gradual. Los valores promedio se encuentran en el rango de 10°C a 24°C .
- c) **Verano (junio a agosto):** Los veranos en Fuentes de Andalucía se caracterizan por ser cálidos, con temperaturas que pueden superar los 30°C . Las temperaturas medias en esta época varían entre 20°C y 35°C .
- d) **Otoño (septiembre a noviembre):** Durante el otoño, las temperaturas empiezan a disminuir gradualmente, con promedios que se sitúan entre 12°C y 25°C .

Estos datos climáticos son esenciales para comprender las condiciones ambientales de la región y son de gran relevancia en diversas aplicaciones, incluyendo la planificación de proyectos energéticos y la gestión de recursos naturales.

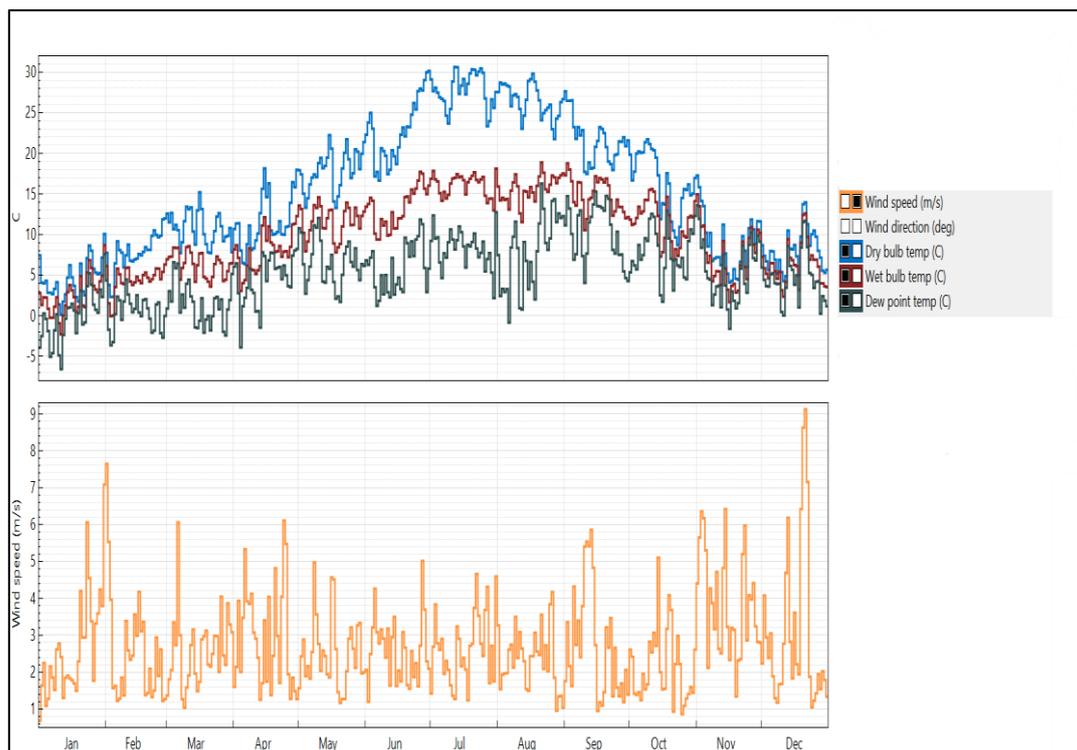


Figura 7: Temperatura y vientos promedios en la localización del proyecto Gemasolar. Fuente: base de dato del programa SAM.

5.2. Tecnología de captación solar

El proceso de generación de electricidad en esta planta termosolar se fundamenta en la concentración de la radiación solar mediante el uso de helióstatos. Estos dispositivos reflejan la radiación solar hacia un receptor situado en la parte superior de una torre. En el interior del receptor, una combinación de sales fundidas se calienta gracias a la radiación solar incidente y se almacena en un tanque de sales calientes. Posteriormente, se bombea una corriente de estas sales a alta temperatura hacia un generador de vapor. El vapor sobrecalentado resultante impulsa una turbina-acoplada a un alternador convencional, generando así electricidad.

Se proyecta que la producción eléctrica neta anual de la planta termosolar alcance los 110 GWh. Este valor representa un excedente neto de más de 90 GWh al año, que será entregado al Sistema Eléctrico. Es importante mencionar que, para garantizar un suministro constante de electricidad y compensar la falta de radiación solar en momentos adversos, la instalación cuenta con un sistema auxiliar de gas natural. (Novotec, 2007)

En cuanto al recurso hídrico, se estima que la planta termosolar requerirá un aporte anual estimado de 0,5 Hm³ de agua. Principalmente, este recurso se destinará para cubrir

las pérdidas en los circuitos de refrigeración y vapor, así como para el consumo del personal en las áreas de oficinas y operaciones. Actualmente, se están evaluando los recursos hídricos disponibles en la zona de ubicación, considerando la utilización de pozos existentes y la posible construcción de otras infraestructuras acuíferas propuestas por el promotor. Es relevante destacar que el efluente generado por la instalación se aprovecha como agua de riego, y su descarga se efectúa en una balsa de riego con una capacidad de 300.000 m³, ubicada en las proximidades (embalse de la Viñuela I), aproximadamente a 1 kilómetro al norte de la planta. Esta eficiente gestión del efluente refleja el enfoque sostenible de la planta termosolar al reutilizar el agua en sus procesos y minimizar el impacto ambiental. (Novotec, 2007)

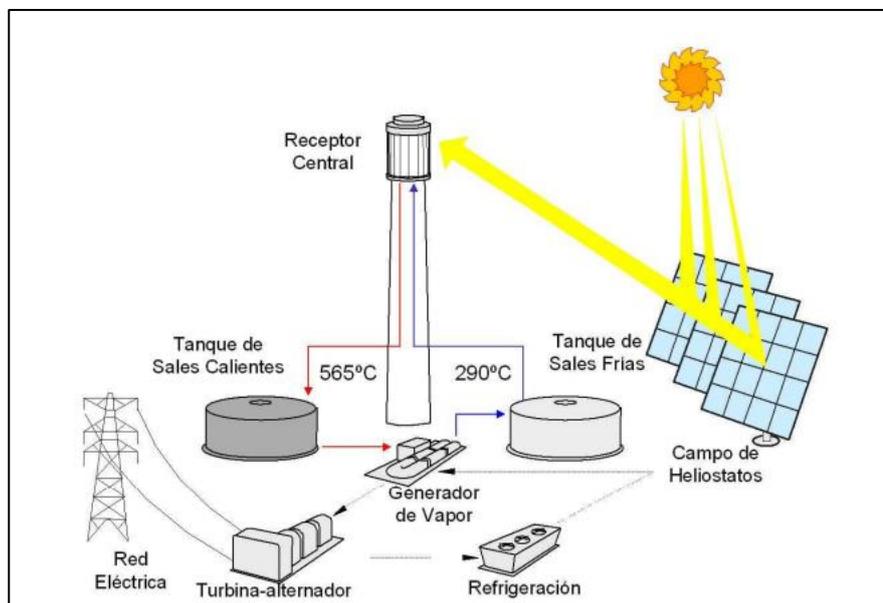


Figura 8: Central solar térmica. Fuente: Sener

5.2.1. Campo solar y torre central

El campo solar de este proyecto se compone de una extensa área de aproximadamente 195 hectáreas, donde se encuentran distribuidos un total de 2.650 heliostatos. Estos heliostatos desempeñan un papel fundamental al reflejar la radiación solar hacia la torre central de la planta. Cada heliostato está equipado con una superficie reflectante de vidrio y cuenta con un sistema de seguimiento solar de dos ejes que automatiza su orientación para seguir la trayectoria del sol a lo largo del día. Esta disposición se organiza en anillos concéntricos alrededor de la torre central, lo que permite concentrar eficazmente la radiación solar en un área más reducida. Los heliostatos también están dispuestos en filas

estratégicas para garantizar la reflexión precisa de la luz solar hacia la torre. Cada uno de ellos está diseñado para reflejar con precisión la luz solar hacia un ángulo específico, lo que maximiza la eficiencia del sistema.

La torre central, que actúa como el punto focal del campo solar, desempeña un papel crucial en la generación de energía. Esta imponente estructura tiene una altura aproximada de 140 metros y se ha construido utilizando materiales de alta resistencia capaces de soportar las altas temperaturas que se generan en su interior. Su construcción implicó la colocación de más de 11.000 toneladas de acero y 53.000 metros cúbicos de hormigón. En el interior de la torre se encuentran sistemas avanzados de control y monitorización que supervisan el funcionamiento de la central, así como equipos especializados que transforman la energía térmica capturada en electricidad utilizable. (Novotec, 2007)

En la parte superior de la torre se ubica el receptor solar, que consta de una serie de paneles receptores diseñados para capturar y absorber la radiación solar reflejada por los helióstatos. Este receptor está construido con un material cerámico especial diseñado para soportar las altas temperaturas a las que se expone. Cuando la luz solar concentrada incide en el receptor, se desencadena un fenómeno conocido como efecto termoeléctrico. El material cerámico absorbe el calor generado y lo transfiere a un fluido portador de calor que circula a través del receptor. Este proceso es fundamental en la conversión de la energía solar en energía térmica que posteriormente se utilizará para generar electricidad de manera eficiente.

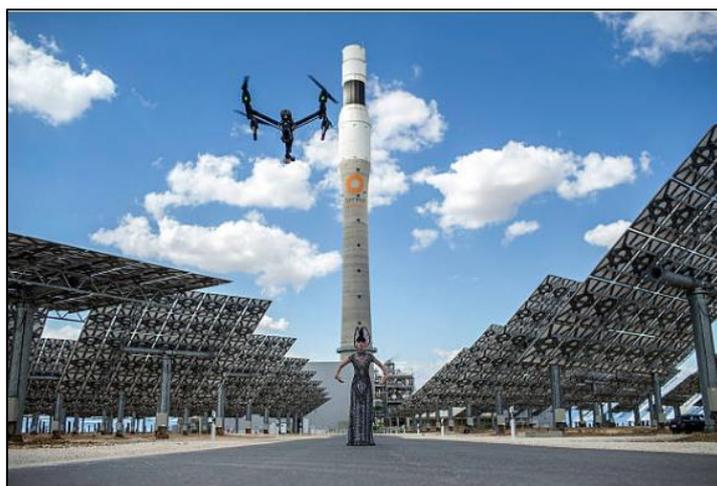


Figura 9: Campo solar y torre central del proyecto en referencia. Fuente: (Moreno, 2015)

5.2.2. Tanque de almacenamiento

La central termosolar utiliza un fluido portador de calor muy especial, conocido como "sales fundidas solares", como componente clave en su proceso de generación de electricidad. Este fluido desempeña un papel crucial al capturar y transferir el calor generado por la radiación solar concentrada hacia la producción de electricidad. A medida que la radiación solar incide sobre los helióstatos y se refleja hacia el receptor solar en la parte superior de la torre central, este fluido circula a través del receptor, absorbiendo la energía térmica generada en el proceso.

Una vez que el fluido portador de calor ha absorbido suficiente calor, se dirige hacia un sistema de almacenamiento térmico situado en la base de la torre central. Este sistema de almacenamiento térmico consta de dos tanques: uno destinado al almacenamiento de las sales fundidas calientes y otro al almacenamiento de las sales fundidas frías. Estas sales fundidas calientes se mantienen a una temperatura de alrededor de 565 grados Celsius, mientras que las sales fundidas frías se conservan a una temperatura más baja, aproximadamente 290 grados Celsius. Este sistema de almacenamiento térmico es esencial para garantizar la disponibilidad de calor durante la noche o en condiciones climáticas adversas, cuando la radiación solar directa es limitada. El proceso de almacenamiento térmico es fundamental en la operación de la planta.

Durante el día, cuando la radiación solar es abundante, el fluido portador de calor se calienta a la circular a través del receptor solar. El calor capturado se almacena en las sales fundidas calientes. Posteriormente, cuando se requiere generar electricidad, el calor almacenado en las sales fundidas calientes se transfiere a las sales fundidas frías mediante el fluido portador de calor. Esta transferencia de calor permite que las sales fundidas frías se calienten y generen vapor de agua a alta presión. El vapor de agua producido es empleado para impulsar una turbina acoplada a un generador eléctrico, generando así electricidad que puede ser inyectada en la red eléctrica para su distribución. Este proceso de almacenamiento térmico permite a la central funcionar de manera continua y confiable, incluso durante periodos en los que la radiación solar directa es limitada, como durante la noche o en días nublados. (Novotec, 2007).

5.3. Configuración de una central solar térmica de 20 MW

El dimensionamiento del campo de helióstatos en una central termosolar es un proceso fundamental para garantizar su eficiencia y rendimiento óptimo. Se consideran varios factores esenciales, como la potencia de la central, la radiación solar directa, el tamaño de los helióstatos, la altura de la torre y la geometría del receptor. Para llevar a cabo este proceso de dimensionamiento y optimización, se utilizan programas informáticos especializados como SAM (Solar Advisor Model). Estas herramientas están diseñadas específicamente para abordar la complejidad de la disposición de los helióstatos de manera eficiente y efectiva.

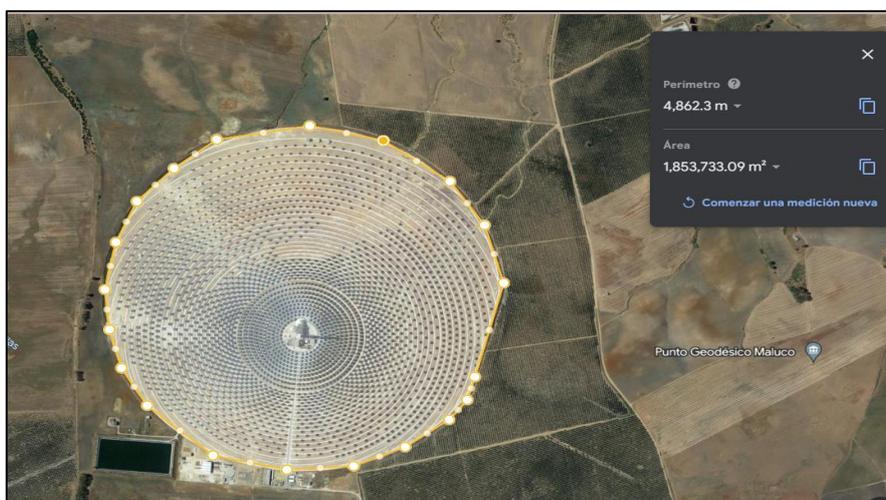


Figura 10: Perímetro y Área del proyecto Gemasolar.. Fuente:Google Earth

En regiones cercanas al ecuador, donde el ángulo de incidencia solar es casi perpendicular durante la mayor parte del año, la configuración más utilizada es la circular debido a que permite una mayor captación de energía solar. En otros términos, la disposición de los paneles solares forma un círculo alrededor de un punto central, generalmente un receptor o una torre.

La eficiencia de esta configuración disminuye a medida que el ángulo de incidencia solar se vuelve más oblicuo, dado que la cantidad de radiación solar directa capturada disminuye. Esta pérdida de eficiencia puede ser significativa en latitudes más altas, lo que limita la viabilidad de esta configuración en esas regiones. (fenercom, 2012)

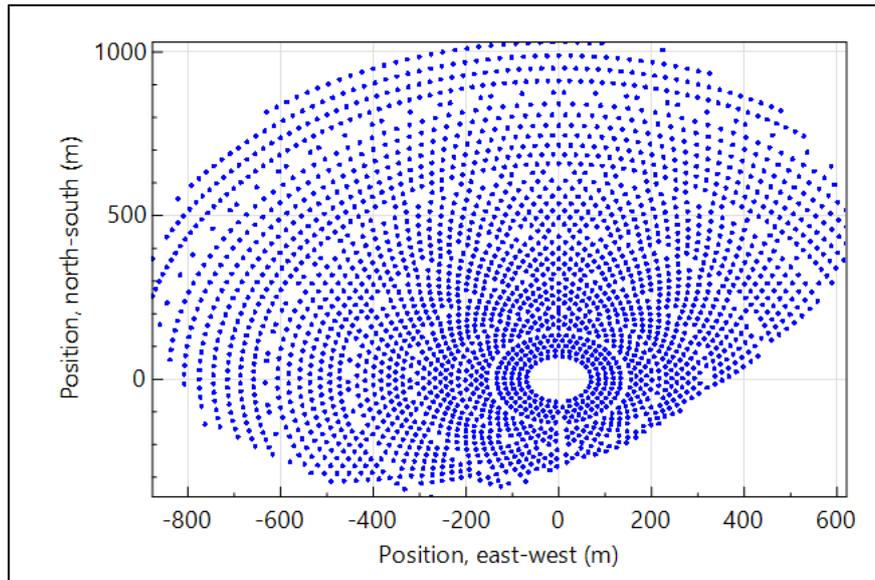


Figura 11: Configuración circular planta Gemasolar. Fuente: Programa SAM

La distribución uniforme de la carga térmica en el receptor solar es otro aspecto esencial. Al rodear la torre con heliostatos en un patrón circular, se evitan los puntos calientes y se asegura que la temperatura sea uniforme en todo el receptor. Esto es crítico para mantener la integridad del sistema y evitar daños. También minimiza los espacios muertos en el campo solar, lo que significa que prácticamente todos los heliostatos pueden reflejar la luz solar en el receptor, maximizando así la utilización del terreno y la generación de energía.

Para comenzar, el primer anillo se coloca a una distancia de 70 metros de la torre central, lo que equivale a la mitad de la altura de esta última. Esta ubicación estratégica permite la incorporación del anillo de mayor potencia de la planta solar térmica en las proximidades de la torre. A medida que nos alejamos de la torre central, los anillos subsiguientes se disponen con una separación gradualmente creciente. Esta estrategia se implementa con el propósito de evitar problemas de apantallamiento, es decir, para garantizar que ningún heliostato bloquee la luz solar reflejada hacia la torre. El punto más alejado de los heliostatos se encuentra a 1400 metros de la torre central.

El resultado final es un diseño de campo de heliostatos que permite una generación anual estimada de 110 GW (gigavatios) de energía. Esta capacidad anual de generación de energía representa un importante logro en la producción de energía renovable a partir de la radiación solar y demuestra la eficiencia de la disposición en anillos

concéntricos en la captación de la luz solar y la conversión en electricidad en la central termosolar.

5.4. Relación de acciones inherentes a las fases del proyecto

En el proyecto se distinguen tres fases relevantes: construcción, operación y desmantelamiento. A continuación, se detalla las acciones de cada fase del proyecto:

5.4.1. Fase de construcción

La fase de construcción de una central de torre solar térmica es una etapa fundamental en el desarrollo de proyectos de energía solar. Durante esta fase, se llevan a cabo una serie de acciones y procesos que permiten materializar la infraestructura necesaria para la generación de energía a partir del sol. A continuación, describiremos en detalle cada una de las etapas involucradas en la construcción de una central de torre solar térmica:

- I. **Planificación y Diseño:** La primera etapa de la construcción implica realizar una evaluación de la viabilidad del proyecto, considerando factores como la disponibilidad de recursos solares, acceso a la red eléctrica y los permisos requeridos. También es relevante un estudio para la selección del emplazamiento adecuado, teniendo en cuenta la radiación solar, la topografía y la proximidad a las infraestructuras existentes. Para luego llevar a cabo un diseño detallado de la planta, incluyendo la disposición de las torres solares, los sistemas de seguimiento solar, los sistemas de almacenamiento térmico y los sistemas auxiliares.
- II. **Preparación del Terreno:** Una vez finalizada la planificación y el diseño, se procede a la preparación del terreno donde se construirá la central de torre solar térmica. Esta etapa incluye la limpieza del terreno, nivelación del suelo y el movimiento de tierras necesario para la construcción de cimentaciones y estructuras. También se lleva a cabo un análisis del suelo para determinar su capacidad de carga y se implementan medidas para prevenir la erosión y proteger la calidad del suelo.

III. Construcción e Instalación de Equipos:

- a) Construcción y montaje de la torre solar: La construcción de la torre solar es uno de los aspectos más destacados de una central de torre solar térmica. Durante esta etapa, se erigen las estructuras que conforman la torre, generalmente compuestas por una serie de segmentos prefabricados. Se realiza el montaje de las diferentes secciones de la torre y se lleva a cabo su anclaje al suelo mediante cimentaciones específicas. Esta etapa requiere un meticuloso trabajo de ingeniería y seguridad para garantizar la estabilidad y resistencia de la torre. También en esta etapa se realiza la construcción de caminos de acceso y plataformas para la instalación de los equipos.

- b) Instalación de heliostatos: Los heliostatos son los dispositivos que reflejan la radiación solar hacia la torre solar, obteniendo así la concentración de la energía solar en un punto focal. Durante esta etapa, se instalan los heliostatos en el terreno afectado a la torre. Cada heliostato está equipado con motores y sensores que permiten su movimiento y seguimiento del sol, asegurando que la radiación solar se concentre de manera eficiente en la torre.

- c) Construcción de sistemas de almacenamiento térmico: La generación de energía en una central de torre solar térmica se basa en la capacidad de almacenamiento del calor capturado durante el día para su posterior utilización la noche o en días nublados. En esta etapa, se construyen los sistemas de almacenamiento térmico, que suelen consistir en tanques o depósitos de ventas fundidas. Estos sistemas permiten almacenar grandes cantidades de energía térmica para su posterior conversión en energía eléctrica.

- d) Implementación de sistemas auxiliares: Además de la torre solar, los heliostatos y los sistemas de almacenamiento térmico, una central de torre solar térmica requiere diversos sistemas auxiliares para su correcto funcionamiento. Estos incluyen sistemas de control y monitoreo, suministro de agua, limpieza de heliostatos, seguridad y evacuación de calor. Durante

esta etapa, se lleva a cabo la instalación y conexión de estos sistemas auxiliares.

- e) **Pruebas y puesta en marcha:** Una vez finalizada la construcción de los componentes principales de la central de torre solar térmica, se procede a realizar pruebas y ensayos para asegurar su correcto funcionamiento. Se llevan a cabo pruebas de operación de los heliostatos, circulación y almacenamiento de calor, seguridad e integración de todos los sistemas. Una vez superadas estas pruebas, se procede a la puesta en marcha de la central, asegurando su correcto funcionamiento y rendimiento.

5.4.2. Fase de operación

Una vez finalizada la fase de construcción, comienza la etapa de operación de la central de torre solar térmica. Durante esta fase, se lleva a cabo una serie de acciones y procesos que permiten la generación continua de energía solar. A continuación, describiremos en detalle cada una de las etapas involucradas en la operación de una central de torre solar térmica:

- I. **Puesta en marcha:** Al iniciar la operación de la central de torre solar térmica, se lleva a cabo un proceso de arranque y calentamiento de los sistemas. Esto implica poner en marcha los sistemas de almacenamiento térmico y comenzar a calentar el fluido o las ventas contenidas en ellos. Durante esta etapa, se refuerzan los parámetros de funcionamiento óptimos y se ajustan los sistemas para maximizar la eficiencia energética.
- II. **Operación y Mantenimiento:** La función principal de una central de torre solar térmica es captar y concentrar la radiación solar para convertirla en energía térmica. Durante la operación, los heliostatos reflejan la radiación solar hacia la torre solar, donde se concentra en un punto focal. El calor generado en este proceso se utiliza para calentar el fluido o las ventas contenidas en los sistemas de almacenamiento térmico, que luego se convierte en energía eléctrica. Por lo tanto, en esta etapa, la operación de la planta debe ser continua, para ello se realiza

inspecciones regulares de los equipos y sistemas para detectar posibles fallas o problemas. El Mantenimiento preventivo, incluye la limpieza de los colectores solares y la revisión de los sistemas de almacenamiento y conversión.

5.4.3. Fase de Abandono

En la fase de abandono, se planifica y ejecuta el cese de las operaciones de la central de torre solar térmica. Esto implica el desmantelamiento de las estructuras y la eliminación de los componentes del sistema de manera segura y respetando las regulaciones ambientales. Durante esta etapa, se llevan a cabo actividades de desmontaje, demolición y gestión de residuos para minimizar los impactos ambientales. Además, se pueden realizar acciones de restauración del sitio, como la rehabilitación del terreno y la revegetación, con el objetivo de devolver el área a su estado original o a un estado adecuado. Algunas acciones que pueden llevarse a cabo en esta etapa son las siguientes:

- I. **Desmantelamiento de las estructuras:** Se toma la decisión de cese de las operaciones de la central solar térmica, basada en factores como la vida útil de los equipos y la rentabilidad del proyecto. Primero se planifica la detención de operaciones, el cual incluye la desconexión de la planta de la red eléctrica y el cese de suministro de combustible o energía auxiliar. Luego se desmontan y retiran los equipos y estructuras de la planta, como las torres solares, los colectores y los sistemas de almacenamiento. Cabe indicar que, se realizan tareas de desmontaje de manera segura y se gestiona adecuadamente los residuos generados durante el desmantelamiento.
- II. **Restauración del terreno:** Se realizan trabajos de restauración para devolver el terreno a su estado original o estado adecuado. Esto puede incluir la nivelación del terreno, la revegetación y otras medidas para minimizar el impacto ambiental.
- III. **Gestión de residuos:** Se lleva a cabo la gestión adecuada de los residuos generados durante el desmantelamiento, siguiendo las normas ambientales vigentes. Esto puede incluir la clasificación, separación, reciclaje y disposición adecuada de los materiales.

5.5. Descripción de los materiales, equipos y maquinaria a emplear, costos, mano de obra y diagrama Gantt

De acuerdo con los registros y datos recopilados del proyecto en referencia, la construcción implicó una inversión total de 230 millones de euros. Dicha inversión se distribuyó entre los diferentes componentes clave del proyecto, que son el: sistema de captación de energía solar, sistema de conversión de energía solar térmica, sistema de almacenamiento de energía térmica, bloque de potencia, ingeniería y margen de la empresa encargada del proyecto.

A continuación, se visualiza en las Tabla 7 el desglose del coste total de inversión con el porcentaje ponderado asignado a cada componente, dicho porcentaje es un estimado referencial que se invierte en este tipo de proyectos. (IDAE, 2011)

Tabla 7: Desglose del coste de inversión.

Desglose del coste total de inversión	% de inversión	Inversion en Euros
Sistema de captación de la energía solar	36	€ 82.800.000,00
Sistema de conversión de energía solar térmica	24	€ 55.200.000,00
Sistema de almacenamiento de energía térmica	2	€ 4.600.000,00
Bloque de potencia	15	€ 34.500.000,00
Ingeniería y margen EPC	23	€ 52.900.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a estudio técnicos realizado por (IDAE, 2011)

La importancia de esta inversión radica en el impulso que ha brindado a la investigación y desarrollo de tecnologías limpias, contribuyendo así al avance hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. A continuación, se presenta un desglose del coste total de inversión en diferentes componentes del proyecto, junto con el porcentaje de inversión correspondiente y la cantidad en euros para cada componente del proyecto:

I. Sistema de captación de la energía solar (36%)

Esta parte del proyecto representó una inversión de 82.800.000 euros aproximadamente. El desglose de la inversión para esta fase del proyecto corresponde a espejos heliostáticos, estructuras metálicas, seguidores solares, movimiento de tierras, cimentación, montaje y nave de montaje que son fundamentales para lograr una instalación eficiente de un sistema de captación de energía solar. A continuación, podemos visualizar los costos involucrados en cada componente:

- ✓ Espejos (6%): Los espejos, también conocidos como heliostatos, son uno de los componentes clave del sistema de captación. Estos espejos se ajustan automáticamente para seguir la trayectoria del sol y reflejan la luz solar hacia una torre receptora central.
- ✓ Estructuras metálicas (43%): Las estructuras metálicas mantienen el soporte y la base para los espejos. Son fundamentales para garantizar que los espejos estén correctamente posicionados y sigan la dirección óptima del sol.
- ✓ Seguidores solares (29%): Los seguidores solares son dispositivos que permiten a los espejos seguir el movimiento del sol a lo largo del día. Esto asegura que la luz solar se concentre eficientemente en la torre receptora, maximizando así la generación de calor.
- ✓ Movimiento de tierras (5%): Antes de instalar los componentes del sistema de captación, es necesario preparar el terreno mediante movimiento de tierras y nivelación.
- ✓ Cimentación (4%): La cimentación proporciona una base sólida para las estructuras metálicas y los seguidores solares, asegurando su estabilidad y durabilidad.
- ✓ Montaje (10%): El montaje implica la instalación efectiva de los espejos, seguidores y estructuras metálicas en el terreno preparado.
- ✓ Nave de montaje (3%): La nave de montaje consiste en ensamblar y preparar los componentes antes de su instalación en el sitio de la central termosolar.

Tabla 8: Desglose de costos del sistema de captación de la energía solar.

Sistema de captación de la energía solar	% de inversión	Inversion en Euros
Espejos	6	€ 4.968.000,00
Estructuras metálicas	43	€ 35.604.000,00
Seguidores solares	29	€ 24.012.000,00
Movimiento de tierras	5	€ 4.140.000,00
Cimentación	4	€ 3.312.000,00
Montaje	10	€ 8.280.000,00
Nave de montaje	3	€ 2.484.000,00
Total	€	82.800.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a (IDAE, 2011)

II. Sistema de conversión de energía solar térmica (24%)

Con un coste de inversión de 55.200.000 euros, la conversión de energía solar en energía térmica en una central termosolar de tecnología de torre involucra varios componentes donde cada uno de ellos desempeña un papel esencial en el proceso de generación de energía. En el desglose del porcentaje de inversión y el monto en euros para cada componente del sistema de conversión, se destacan los siguientes aspectos:

- ✓ Receptor Solar (63,4%): El receptor solar es el componente central de la tecnología de torre. Se encuentra ubicado en la torre y es el encargado de recibir la radiación solar concentrada desde los heliostatos o espejos y transformarla en calor. Es una parte crítica y costosa del sistema de conversión debido a su complejidad y los materiales utilizados.
- ✓ Obra Civil: Torre Receptor (11,0%): La construcción de la torre donde se ubica el receptor solar representa una parte importante del presupuesto total de inversión. La altura considerable de la torre y la necesidad de asegurar su estabilidad y durabilidad agregan costos significativos en materiales y construcción.
- ✓ Sales Fundidas (10,9%): Las sales fundidas son el fluido de intercambio de calor utilizado en el sistema de conversión. Estas ventas son más económicas que el aceite térmico, pero su inclusión en el sistema implica un costo que abarca tanto las ventas necesarias para el receptor solar como las destinadas al almacenamiento térmico.

- ✓ Sistema Mecánico (8,8%): El sistema mecánico incluye las tuberías, válvulas y equipos necesarios para el trasiego y la circulación del fluido de intercambio de calor a través del receptor y el almacenamiento térmico.
- ✓ Calderas de Gas Natural (4,6%): Las calderas de gas natural son utilizadas como respaldo para generar energía en momentos de baja radiación solar. Proporcione la posibilidad de generar electricidad incluso en ausencia de luz solar.
- ✓ Sistema de Protección contra Incendios (0.8%): El sistema de protección contra incendios es fundamental para garantizar la seguridad y prevenir riesgos en la central.
- ✓ Sistema de Inertización (0.4%): El sistema de inertización se utiliza para evitar la oxidación de las sales fundidas, asegurando su adecuado funcionamiento y prolongando su vida útil.

Tabla 9: Desglose de inversión del sistema de conversión de energía solar.

Sistema de conversión de la energía solar	% de inversión	Inversión en Euros
Sales fundidas	10,9	€ 6.037.375,05
Receptor solar	63,4	€ 35.008.778,79
Sistema mecánico (tuberías, válvulas, montaje)	8,8	€ 4.861.886,14
Sistema de protección contra incendios	0,8	€ 431.812,26
Sistema de inertización	0,4	€ 239.895,70
Calderas de gas natural	4,6	€ 2.542.894,39
Obra civil: torre receptor	11,0	€ 6.077.357,67
Total		€ 55.200.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a (IDAE, 2011)

III. Sistema de almacenamiento de energía térmica (2%)

El proyecto asignó un estimado de 4.600.000 euros aproximadamente para la implementación del sistema de almacenamiento térmico, que permite almacenar el exceso de energía térmica para ser utilizado cuando no haya suficiente radiación solar. Los principales componentes del sistema de almacenamiento y su participación en los costos son los siguientes:

- ✓ Tanques y Tuberías (75,0%): Este componente representa la parte más significativa de la inversión en el sistema de almacenamiento. Incluye la

construcción de tanques y tuberías para el almacenamiento y el transporte del fluido de intercambio de calor, que en el caso de la tecnología de torre consiste en sales fundidas. Los tanques están diseñados para mantener la energía térmica protegida de manera segura y eficiente.

- ✓ Sistema de Llenado Inicial (7,0%): El sistema de llenado inicial se refiere al proceso de cargar el fluido de intercambio de calor (sales fundidas) en los tanques de almacenamiento por primera vez. Esto implica el manejo cuidadoso del fluido y la logística para asegurar un llenado adecuado y seguro.
- ✓ Obra Civil (18,0%): La obra civil engloba los costes asociados con la construcción de las instalaciones y la infraestructura para el sistema de almacenamiento de energía térmica. Esto incluye la preparación del terreno, cimentación, construcción de los tanques y la instalación de tuberías.

Tabla 10: Desglose de inversión del sistema de almacenamiento de energía térmica.

Sistema de almacenamiento de energía térmica	% de inversión	Inversión en Euros
Tanques y tuberías	75,0	€ 3.450.000,00
Sistema de llenado inicial	7,0	€ 322.000,00
Obra civil	18,0	€ 828.000,00
Total	€	4.600.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a (IDAE, 2011)

IV. Bloque de potencia (15%)

La inversión destinada al bloque de potencia ascendió a 34.500.000 euros. Esta sección comprende las turbinas, generadores y otros equipos necesarios para transformar la energía térmica en electricidad de manera eficiente. Los principales componentes del bloque de potencia y su participación en los costos son los siguientes:

- ✓ Intercambiadores de Calor Sales/Vapor (18,0%): Los intercambiadores de calor son esenciales para el proceso de transformación de la energía térmica en energía eléctrica. En este caso, se utiliza para transferir el calor de las sales fundidas al vapor de agua, que posteriormente mueve las turbinas para generar electricidad.
- ✓ Equipos Rotatorios y Mecánicos (40,0%): Los equipos rotatorios y mecánicos incluyen las turbinas y generadores que transforman la energía mecánica en

energía eléctrica. Estos equipos son cruciales para la generación de electricidad a partir del vapor producido por el calor captado.

- ✓ **Sistemas Auxiliares (27,0%):** Los sistemas auxiliares son responsables de proporcionar el soporte y los servicios necesarios para el correcto funcionamiento del bloque de potencia. Esto incluye sistemas de control, monitoreo, lubricación y otros elementos que garantizan la operación óptima y segura del bloque de potencia.
- ✓ **Obra Civil (15,0%):** La obra civil implica la construcción de las estructuras y cimientos necesarios para albergar los equipos del bloque de potencia. Estas estructuras deben ser diseñadas y construidas con materiales resistentes para soportar el peso y la operación de los equipos.

Tabla 11: Inversión de bloque de potencia.

Bloque de potencia	% de inversión	Inversión en Euros
Intercambiadores de calor sales/vapor	18,0	€ 6.210.000,00
Equipos rotatorios y mecánicos	40,0	€ 13.800.000,00
Sistemas auxiliares	27,0	€ 9.315.000,00
Obra civil	15,0	€ 5.175.000,00
Total	€	34.500.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a (IDAE, 2011)

V. Ingeniería y margen EPC (23%)

La ingeniería y el margen de la empresa encargada del proyecto absorbieron una inversión de 52.900.000 euros. Esta categoría incluye los costos asociados con la gestión del proyecto, los honorarios de los ingenieros y arquitectos, así como los márgenes de beneficio de la empresa.

Tabla 12: Desglose de inversión en Ingeniería y margen EPC.

Ingeniería y margen EPC	% de inversión	Inversión en Euros
Ingeniería PeM	85,0	€ 44.965.000,00
Margen EPC	15,0	€ 7.935.000,00
Total	€	52.900.000,00

Fuente: Elaboración propia en base a (IDAE, 2011)

5.5.1. Diagrama Gantt

En este punto, se definen los plazos de trabajo para la creación de la central termosolar. Estos plazos representan una estimación del tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo, y se toman como referencia el proyecto Gemasolar, que inició su construcción el 2007 y comenzó a operar su planta en el año 2011. Cabe indicar, que los tiempos propuestos son una estimación basada en la experiencia de proyectos similares de estas características.

Después de la fase de construcción, generalmente se requiere de 6 meses a 1 año, para llevar a cabo las pruebas de puesta en marcha y asegurarse de que todos los sistemas funcionen correctamente.

5.6. Descripción de emisiones, residuos y vertidos

5.6.1. Emisiones

Aunque las centrales solares térmicas tienen bajas emisiones en comparación con otras fuentes de energía convencionales, es esencial mantener un control estricto sobre las emisiones que se generan durante su operación. Estas emisiones pueden incluir gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos, que contribuyen al cambio climático y reducen la calidad del aire. A continuación, se analizarán las emisiones atmosféricas y las medidas para minimizar su impacto ambiental.

I. Emisiones Atmosféricas

Las emisiones atmosféricas en las centrales solares térmicas pueden generarse durante la combustión de los combustibles utilizados para generar calor, como el gas natural o los biocombustibles. También pueden estar relacionados con la producción y el uso de fluidos térmicos, como el aceite térmico o las sales fundidas. Para controlar estas emisiones, se aplican diversas tecnologías y sistemas de control de emisiones, como filtros y catalizadores, para reducir la liberación de contaminantes al aire. Asimismo, se deben implementar tecnologías de combustión eficientes para minimizar las emisiones generadas durante la generación de calor.

II. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Las centrales solares térmicas también pueden generar emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente durante la producción y el uso de fluidos térmicos. Estos gases, como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), contribuyen al calentamiento global y al cambio climático. Para minimizar estas emisiones, es crucial promover el uso de tecnologías más sostenibles en la generación y almacenamiento de energía termosolar. Una de las soluciones más efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es la implementación de sistemas de almacenamiento térmico, que permiten utilizar la energía solar protegida durante las horas en que no hay suficiente radiación solar, evitando así la necesidad de recurrir a fuentes de energía convencional y sus correspondientes emisiones de CO₂. Además, se pueden explorar alternativas de fluidos térmicos con menor impacto ambiental y promover prácticas de eficiencia energética para reducir el consumo de energía en la central.

5.6.2. Gestión de Residuos

- I. **Residuos en la Fase de Construcción:** Durante la fase de construcción de la planta, se generarán diversos tipos de residuos. Los residuos no peligrosos y asimilables a urbanos, generados por el personal de obra y las actividades de construcción, incluyen principalmente:
- a) Maderas: Estos residuos provienen de envoltorios de componentes, protección durante el transporte de materiales y otras actividades relacionadas con la construcción. Se almacenarán temporalmente en obra y se retirarán por un gestor autorizado. Se priorizará su reutilización y valorización.
 - b) Metales, Plásticos: Estos materiales también se originan en las cimentaciones, el envoltorio de componentes y la protección durante el transporte. Se almacenarán temporalmente en obra y se retirarán por un gestor autorizado, con prioridad en su reutilización y valorización.
 - c) Restos de Hormigón: Producidos en las cimentaciones, drenajes y zanjas. Los residuos asimilables a urbanos se almacenarán temporalmente en obra y se retirarán por un gestor autorizado.
 - d) Tierras Sobrantes: Generadas principalmente debido a la construcción de cimentaciones, especialmente para la torre y los helióstatos. Se calcularon volúmenes estimados y se almacenarán temporalmente en obra. Se reutilizarán en la medida de lo posible, y el resto se retirará a un vertedero por un gestor autorizado.
 - e) Restos Asimilables a Urbanos: Estos residuos provienen del personal de la obra y se almacenarán temporalmente en obra antes de su retirada por un gestor autorizado.

En cuanto a los residuos peligrosos generados en la fase de construcción, estos incluyen:

- a) Trapos Impregnados de Aceites: Producidos durante el mantenimiento de la instalación y manipulación de sustancias. Estos residuos serán retirados por un gestor autorizado.
- b) Tierras Contaminadas con Aceites: Se originan por posibles vertidos, derrames de maquinaria y manipulación de sustancias. Estas tierras serán retiradas por un gestor autorizado.

- c) Aceites Usados: Generados en el mantenimiento de la maquinaria y durante la fase de prueba y puesta en marcha de la instalación. Estos residuos serán retirados por un gestor autorizado, y se dará prioridad a su valorización.
- d) Envases que han Contenido Sustancias Peligrosas: Producidos durante el mantenimiento de maquinaria y en el taller de montaje de helióstatos. Estos envases se almacenarán temporalmente en un almacén de Residuos Peligrosos y se retirarán por un gestor autorizado.

II. Residuos en la Fase de Explotación: Durante la fase de explotación de la planta de generación solar termoeléctrica, los residuos generados incluirán tanto residuos no peligrosos como residuos peligrosos.

Residuos no Peligrosos:

- a) Residuos Asimilables a Urbanos: Estos residuos serán generados por el personal de la planta y los lodos generados en el proceso de ablandamiento del agua con cal. Se almacenarán temporalmente en la planta y serán retirados por un gestor autorizado.

Residuos Peligrosos:

- a) Aceites y Lubricantes Usados: Generados en el mantenimiento de la turbina de vapor y otras instalaciones. Estos residuos serán almacenados temporalmente en un almacén de residuos peligrosos y retirados por un gestor autorizado.
- b) Trapos Impregnados con Aceites: Producidos durante el mantenimiento de las instalaciones. Estos residuos serán almacenados temporalmente en un almacén de residuos peligrosos y retirados por un gestor autorizado.
- c) Envases que han Contenido Sustancias Peligrosas: Producidos durante el mantenimiento de las instalaciones y el uso de sustancias químicas en el tratamiento del agua. Estos envases se almacenarán temporalmente en un almacén de Residuos Peligrosos y serán retirados por un gestor autorizado.

- d) Aceites del Separador de Grasas: Generados por el separador lamelar de aguas pluviales y de limpieza. Estos aceites se almacenarán temporalmente en un almacén de residuos peligrosos y serán retirados por un gestor autorizado.
- e) Tóners: Producidos en oficinas y sala de control. Estos residuos serán retirados por un gestor autorizado.
- f) Tubos Fluorescentes: Producidos en oficinas y sala de control. Estos residuos serán almacenados temporalmente en un almacén de residuos peligrosos y retirados por un gestor autorizado.
- g) Lodos de Tratamiento de Agua Bruta: Generados en el proceso de ablandamiento del agua con cal. Estos lodos se almacenarán temporalmente y serán retirados por un gestor autorizado.
- h) Lodos de Tratamiento de Agua Sanitaria: Producidos en el proceso de depuración de aguas sanitarias. Estos lodos se almacenarán temporalmente y serán retirados por un gestor autorizado.
- i) Residuos Asimilables a Urbanos: Producidos por el personal de la planta. Estos residuos se almacenarán temporalmente en la planta y serán retirados por un gestor autorizado.

5.6.3. Gestión de Vertidos

El control y la gestión adecuada de los vertidos también son aspectos cruciales para asegurar un funcionamiento ambientalmente sostenible de las centrales solares térmicas. Los vertidos pueden incluir aguas residuales y efluentes líquidos generados durante las operaciones de la central.

I. Tratamiento del Agua Bruta

El proceso de tratamiento del agua bruta en la planta consta de dos etapas principales: pretratamiento con filtros de arena y ablandamiento con cal. Estas etapas son fundamentales para garantizar la calidad y la adecuación del agua para su uso posterior. En la primera etapa, el agua bruta se somete a un pretratamiento con filtros de arena. Este proceso implica el paso del agua a través de filtros de arena que eliminan las partículas y los sólidos suspendidos presentes en el agua. Esto ayuda a clarificarla y eliminar cualquier impureza sólida que pueda afectar su calidad. Una vez realizado el pretratamiento, el agua pasa a la etapa de ablandamiento con cal. En esta etapa, se agrega cal al agua tratada para

reducir su dureza. Esto es especialmente importante para su uso posterior en la planta, ya que la dureza del agua puede afectar la eficiencia de los equipos y procesos.

II. Usos del Agua Tratada

El agua tratada se utiliza de diversas formas en la planta. Una parte de ella se emplea directamente como aporte a las torres de refrigeración. Estas torres son utilizadas para disipar el calor generado en los procesos industriales, por lo que el agua tratada juega un papel crucial en el enfriamiento de dichos procesos. Otra fracción del agua tratada se dirige a una planta de agua desmineralizada. Esta planta utiliza tecnologías como la ósmosis inversa y la electrodoionización para producir agua desmineralizada de alta pureza. Esta agua se utiliza en el ciclo de agua-vapor y para la limpieza de espejos en la planta. Además, el agua pretratada se utiliza directamente para tareas de limpieza y como agua de servicio en la planta. Antes de ser utilizado en duchas y lavabos, una parte del agua pretratada se somete a un proceso de potabilización para garantizar su calidad y seguridad.

III. Tratamiento de Efluentes

La planta también se preocupa por el tratamiento adecuado de los efluentes generados durante sus operaciones. Los efluentes de limpieza y las aguas pluviales contaminadas con aceites son tratados mediante un separador de agua-aceite en la red de drenaje. Esto permite separar los componentes y obtener un efluente final con un caudal de 2 toneladas por hora. Asimismo, los rechazos del proceso de desmineralización y las purgas del generador de vapor se destinan a una balsa de recogida de efluentes ubicada en la zona de la planta. Estos efluentes se gestionan adecuadamente de acuerdo con las regulaciones ambientales aplicables.

IV. Tratamiento de Aguas Sanitarias

Las aguas sanitarias también reciben un tratamiento previo antes de ser vertidas en la balsa de recogida de efluentes de la planta. Este tratamiento consta de varias etapas, incluyendo una zona anóxica para la desnitrificación del agua, una zona óxica para la eliminación de materia orgánica y nitrificación, recirculación de fangos y decantación secundaria, y filtración de arena y desinfección del efluente resultante.

V. Gestión de Fangos

Los fangos generados durante el proceso de depuración se espesan y deshidratan mediante sacos filtrantes. Posteriormente, se lleva a cabo una gestión adecuada de los fangos deshidratados, que puede incluir su eliminación o disposición final de acuerdo con las regulaciones ambientales vigentes.

VI. Vertido de Agua de Refrigeración

El volumen de vertido generado por la purga del circuito de refrigeración requiere especial atención en la gestión del agua. Estas aguas tienen una mayor concentración de sales debido a múltiples ciclos de evaporación. Se estima que este volumen alcanza aproximadamente 100.000 metros cúbicos al año, con un caudal de 8,7 toneladas por hora. Se planea utilizar esta agua como riego y se descargará en una balsa de riego con una capacidad de 300,000 metros cúbicos en el embalse de la viñuela I, con un caudal de descarga estimado de 15,4 toneladas por hora. (Novotec, 2007)

5.6.4. Prácticas de Reducción, Reutilización y Reciclaje

Para minimizar el impacto ambiental de los residuos generados en las centrales solares térmicas, es esencial implementar prácticas de reducción, reutilización y reciclaje siempre que sea posible. Algunas de las medidas que pueden adoptarse son las siguientes:

- ✓ Reducción de residuos sólidos: Promover el uso de materiales reciclados y reciclables durante la construcción y operación de la central para reducir la generación de residuos sólidos. Además, se pueden implementar medidas para optimizar el uso de materiales y evitar el desperdicio.
- ✓ Reutilización de materiales: Favorecer la reutilización de materiales durante la construcción y operación de la central, siempre y cuando cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos. Esto puede incluir la reutilización de componentes y equipos que aún están en buen estado de funcionamiento.
- ✓ Reciclaje de residuos: Establecer un sistema de reciclaje adecuado para los materiales que no se pueden reutilizar. Promover la separación de residuos en origen y su correcta disposición en contenedores adecuados para facilitar el reciclaje.
- ✓ Tratamiento adecuado de los residuos líquidos: Implementar sistemas de gestión y tratamiento adecuado para las aguas residuales producidas en las instalaciones.

Esto incluye la aplicación de tecnologías de tratamiento que cumplen con los estándares ambientales y sanitarios vigentes.

5.6.5. Monitoreo y Seguimiento

La supervisión y el seguimiento continuo de la gestión de residuos, emisiones y vertidos generados por las centrales solares térmicas son esenciales para garantizar un manejo adecuado y responsable de los mismos. Se debe llevar a cabo un monitoreo regular de estas variables para verificar el cumplimiento de las normas ambientales y tomar medidas correctivas si es necesario.

Este monitoreo debe llevarse a cabo en colaboración con las autoridades competentes y seguir los procedimientos establecidos para la presentación de informes y la gestión adecuada de los datos recopilados. Además, se debe mantener un registro detallado de la gestión de residuos, emisiones y vertidos, que esté disponible para la revisión y verificación por parte de las autoridades ambientales en caso de ser requerido.

5.7. Acciones de impacto ambiental

El proceso de construcción, operación y eventual abandono de una central solar térmica de torre implica diversas fases y cada una de ellas puede tener impactos específicos sobre el medio ambiente. A continuación, se describirán las acciones llevadas a cabo en cada una de las tres fases del proyecto: construcción, operación y abandono. Estas acciones se contrastarán con el inventario ambiental para identificar los posibles impactos, describirlos, valorarlos y elaborar las acciones preventivas y correctoras correspondientes.

5.7.1. Acciones que modifican el uso del suelo

- a) La preparación del terreno para la instalación de la central solar térmica de torre conlleva la remoción de vegetación, la nivelación del terreno y la realización de excavaciones. Estas actividades pueden ser necesarias para crear el espacio requerido para la central, pero también pueden tener impactos negativos en la flora y fauna locales. La pérdida de hábitats naturales y la degradación del suelo son preocupaciones ambientales significativas.
- b) La instalación de una central solar térmica de torre puede implicar la conversión de áreas naturales o agrícolas en terrenos industriales. Esto puede tener un impacto en la biodiversidad al interrumpir los ecosistemas locales y disminuir la

disponibilidad de tierras para la agricultura u otros usos. La conservación de áreas naturales y la preservación de tierras agrícolas son cuestiones clave a considerar.

- c) Después de la desmantelación de la central, es esencial llevar a cabo actividades de rehabilitación del terreno. Esto implica la remoción de infraestructuras obsoletas, la restauración de la vegetación y la rehabilitación de los suelos afectados. El objetivo es restaurar las condiciones naturales y minimizar el impacto a largo plazo en el medio ambiente.

5.7.2. Acciones que implican emisión de contaminantes

5.7.2.1. A la atmósfera

Durante la fase de construcción, se utilizan vehículos y maquinaria pesada que generan emisiones de gases de efecto invernadero de polvo y partículas en suspensión durante los movimientos de tierra y el transporte de materiales, como dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Estas emisiones contribuyen al cambio climático y pueden tener un impacto negativo en la calidad del aire.

En relación a la fase de operaciones, si bien la central solar térmica de torre utiliza una fuente de energía renovable, todavía puede haber emisiones de gases de efecto invernadero durante su operación. Esto puede deberse al uso de combustibles fósiles auxiliares para generar vapor cuando la radiación solar no es suficiente. Estas emisiones deben ser controladas y minimizadas para reducir el impacto en el cambio climático

5.7.2.2. En forma de residuos sólidos

En la fase de construcción, la central puede generar una cantidad considerable de residuos, como escombros, material de embalaje y desechos de construcción. La disposición adecuada de estos residuos es esencial para evitar impactos negativos en el entorno.

En relación a la fase de abandono, el desmantelamiento de la central puede generar residuos, como componentes metálicos, paneles solares y otros materiales. Estos residuos deben ser gestionados de manera adecuada, siguiendo las normas ambientales, para evitar impactos negativos en el entorno.

5.7.2.3. En forma acústica

Durante la fase de construcción del proyecto, se llevarán a cabo una serie de actividades que generarán un incremento notable en el nivel de ruido en el área circundante. Estas

actividades incluyen el movimiento constante de vehículos pesados, la realización de excavaciones para la preparación del terreno, el montaje de estructuras metálicas y otras operaciones necesarias para la construcción de la planta. El trasiego de vehículos, en particular, contribuirá significativamente al aumento del nivel de ruido, ya que se requiere una flota de camiones y maquinaria pesada para el transporte de materiales y equipos. Las operaciones de excavación y montaje de estructuras también generan ruido, que se suma al conjunto de impactos acústicos durante esta fase.

Es importante resaltar que, debido a la ubicación geográfica de la instalación, la zona circundante está escasamente poblada, y las edificaciones cercanas son utilizadas como almacén principalmente de materiales agrícolas. Esto significa que el impacto acústico causado por las actividades de construcción no afecta a una población residente de manera significativa. Sin embargo, es crucial tomar medidas de mitigación del ruido para proteger a la fauna local, que puede ser sensible a estas perturbaciones.

La fase de explotación de la planta se caracterizará por la operación continua de una serie de equipos y maquinaria esenciales para el proceso productivo. Estos incluyen la turbina de vapor, bombas, la planta de tratamiento de aguas y unidades de aire comprimido, entre otros. Cada uno de estos componentes contribuirá al nivel de ruido global en la instalación.

La turbina de vapor, en particular, puede generar un nivel de ruido significativo debido a su operación constante. Las bombas, necesarias para el transporte de fluidos, también son fuentes potenciales de ruido. Además, la planta de tratamiento de aguas y las unidades de aire comprimido pueden generar sonidos característicos relacionados con su funcionamiento.

5.7.3. Que implican sobreexplotación de recursos

5.7.3.1. Materias primas

La construcción de una central termosolar implica el uso de materiales como acero, hormigón y vidrio, que requiere la extracción de recursos naturales y su procesamiento, lo cual puede tener impactos en los ecosistemas locales.

5.7.3.2. Consumos de agua

La construcción de la central puede requerir un consumo significativo de agua para actividades como el mezclador de hormigón, el control del polvo y el suministro de agua para

los trabajadores. Esto puede tener un impacto en los recursos hídricos locales, especialmente si la región ya enfrenta escasez de agua. Durante la operación de la central, puede ser necesario un suministro continuo de agua para el enfriamiento del sistema, la generación de vapor y la limpieza de los paneles solares. Esto puede tener un impacto en los recursos hídricos locales, especialmente si se utiliza agua de fuentes limitadas.

5.7.4. Que implican subexplotación de recursos

5.7.4.1. Flora y vegetación

En la fase de cimentación de las estructuras que sostienen las líneas eléctricas aéreas, es necesario retirar la cubierta vegetal presente en el área de construcción. Es importante destacar que la superficie ocupada por las cimentaciones es relativamente pequeña y que la vegetación presente en el recorrido de la línea se considera de escasa relevancia desde el punto de vista botánico, ya que consiste principalmente en especies asociadas al cultivo. Los efectos que las acciones de cimentación tienen sobre la vegetación se valoran como compatibles en su mayoría, dado que la superficie ocupada es limitada y la vegetación afectada no es de alto valor ecológico. Sin embargo, se debe señalar que el impacto sobre la vegetación debido a la realización de las cimentaciones se considera moderado, principalmente debido a la necesidad de retirar la cubierta vegetal en esa área específica.

Durante la fase de montaje de soportes y tendido de cables, se realizan actividades que pueden tener un impacto sobre la vegetación circundante. Sin embargo, estos impactos se valoran en su mayoría como compatibles. Es importante destacar que la vegetación afectada por estas acciones suele ser similar a la mencionada en la fase de cimentación, es decir, de escasa relevancia botánica. La valoración de los impactos sobre la vegetación en esta fase se considera compatible debido a que las actividades de montaje y tendido de cables son temporales y no generan una degradación significativa del entorno vegetal. Sin embargo, se debe mantener una supervisión adecuada para evitar daños innecesarios.

5.7.4.2. Faunísticos

La construcción y operación de líneas eléctricas aéreas también pueden tener un impacto en la fauna local. En la fase de construcción, se produce una intrusión de actividades humanas y maquinaria en el hábitat de la fauna, lo que puede resultar en la destrucción de algunos refugios naturales, como madrigueras y nidos. Es importante destacar que la presencia humana en el área de influencia de la línea es frecuente debido a la actividad

agrícola de la zona. En términos generales, la afección sobre la fauna se ha valorado como compatible en la mayoría de los casos, excepto en la fase de explotación. En esta fase, se ha identificado un impacto moderado provocado por la colisión de la avifauna con los apoyos, cables y líneas de tierra, así como por la electrocución de la avifauna. Estos impactos se consideran moderados debido a su potencial impacto negativo en la población de aves locales.

5.7.5. Que dan lugar al deterioro del paisaje

La construcción de una central termosolar puede alterar el paisaje y el entorno visual de la zona. Los proyectos de infraestructura eléctrica también tienen un impacto en el paisaje, tanto en la fase de construcción como en la de explotación.

Durante la fase de construcción, la presencia de maquinaria y la realización de cimentaciones, montaje de apoyos y tendido de cables introducidos elementos foráneos en el paisaje. Este impacto se caracteriza por ser temporal, localizado y reversible.

En la fase de explotación, la presencia permanente de los apoyos, líneas y cables de tierra introducen nuevos elementos en el paisaje, lo que se valora como un impacto moderado debido a su persistencia en el tiempo.

5.7.6. Que modifican el entorno social, económico y cultural

5.7.6.1. Cambios en el paisaje:

Los cambios en el paisaje local pueden tener impactos socioeconómicos en las comunidades cercanas que dependen del turismo o de actividades agrícolas. Estos cambios pueden influir en la atracción de visitantes y, en consecuencia, en la economía local.

5.7.6.2. Empleo y desarrollo local:

La construcción y operación de la central termosolar pueden generar empleo y contribuir al desarrollo económico de la región. Esto puede ser beneficioso para las comunidades locales al proporcionar oportunidades de trabajo y desarrollo económico sostenible.

6. Examen y evaluación de alternativas

La Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una clave normativa en el ámbito de la protección ambiental, ya que establece los procedimientos para evaluar y prevenir los posibles impactos derivados de proyectos y actividades humanas. Uno de los aspectos fundamentales de la EIA es el análisis de alternativas, el cual desempeña un papel crucial al considerar diferentes opciones viables para resolver una iniciativa o proyecto.

El objetivo de este documento es requerido en el análisis de alternativas dentro del marco de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de 21/2013, de 9 de diciembre, específicamente en su capítulo II, sección 1, artículo 34, apartado 2, punto b. Según esta sección, los estudios de impacto ambiental deben incluir una exposición de las principales alternativas estudiadas y un análisis de los posibles impactos de cada una de ellas. Es importante tener en cuenta que, en el caso de un proyecto de promoción privada, las alternativas se limitan al ámbito de competencia de la propiedad. Esto significa que las alternativas propuestas deben ajustarse a los factores técnicos y ambientales que se están estudiando. En este contexto, se presentan cuatro alternativas para la realización de un proyecto solar térmico, cada una de ellas evaluada en función de su viabilidad técnica y económica.

Las alternativas propuestas incluyen la denominada "alternativa 0", que consiste en la no realización de la central solar térmica. Esta alternativa sirve como punto de referencia para evaluar los impactos potenciales de las demás opciones. Además, se presentan las alternativas 1, 2 y 3, que implican la realización del proyecto. El objetivo principal de este análisis de alternativas es proporcionar una visión integral y fundamental de las diferentes opciones disponibles en relación con el proyecto solar térmico. Además, se busca promover una toma de decisiones transparente y responsable, que garantice el cumplimiento de los requisitos legales y la protección del medio ambiente.

6.1. Examen de alternativas

A lo largo de este documento, se analizarán en detalle las alternativas propuestas, destacando sus características, beneficios y posibles impactos. Se considerarán aspectos como la viabilidad técnica y económica, el uso de recursos naturales, la generación de energía renovable, la protección del entorno natural y la aceptación pública. A continuación, se detallarán las alternativas propuestas, teniendo en cuenta su contexto técnico, ambiental

y económico, con el fin de evaluar sus sugerencias y establecer las bases para la selección de la opción más adecuada y sostenible en términos de impacto ambiental.

6.1.1. Alternativa 0- No actuación

La alternativa cero, que consiste en la no construcción de la central solar térmica, es una opción que implicaría no realizar ninguna intervención en el medio ambiente. Sin embargo, esta alternativa conlleva ciertas consideraciones que deben tenerse en cuenta.

En primer lugar, una característica relevante de esta alternativa es que no requeriría ninguna inversión económica, ya que no se llevaría a cabo la construcción de la central solar térmica. Esto implica un coste cero en términos de inversión inicial. Sin embargo, es importante tener en cuenta el concepto de costo de oportunidad, ya que, al no implementar este proyecto, se perdería la oportunidad de aprovechar las ventajas energéticas y ambientales de la producción de energía eléctrica a partir de una fuente renovable como la energía solar térmica. En otras palabras, si se elige esta alternativa, se renunciaría a los beneficios económicos y ambientales asociados con la generación de energía solar.

En segundo lugar, la no construcción de la central solar térmica no generaría beneficios sociales para la comunidad. Al no implementar este proyecto, se perdería la oportunidad de crear empleos y generar riqueza en la zona. Además, la no ejecución del proyecto podría llevar a la comunidad a optar por alternativas menos sostenibles para la generación de electricidad, lo que podría tener un impacto negativo tanto ambiental como social. Es importante considerar que la ganadería o la agricultura, que podrían ser alternativas, también tienen sus propios impactos ambientales.

En tercer lugar, la no construcción de la central solar térmica implicaría que no habría impactos ambientales en el medio. Si bien este proyecto sostenible podría tener ciertos impactos en la flora y fauna local, estos se evitarían al no llevar a cabo la construcción de la central. Esto significa que no sería necesario considerar propuestas de mitigación para reducir los impactos ambientales en el área donde se desarrollaría el proyecto.

Además, al no ejecutar el proyecto, no sería necesario contratar mano de obra ni incurrir en costos asociados con la preparación y capacitación del personal. Esto se debe a que no habría actividad de construcción ni operación de la central solar térmica.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la no construcción de la central solar térmica no contribuiría al desarrollo sostenible en la misma medida que lo haría su

implementación. La energía solar térmica es una fuente de energía amigable con el medio ambiente, ya que no emite sustancias tóxicas ni contaminantes a la atmósfera. Al no llevar a cabo este proyecto, no se lograría una reducción en el uso de combustibles fósiles, que son una de las principales causas del efecto invernadero y el cambio climático.

6.1.2. Alternativa 1: Proyecto de 70 MW sin almacenamiento térmico

El Proyecto en referencia se desarrolla con una capacidad de generación de 70 megavatios (MW) pero sin la inclusión de un sistema de almacenamiento térmico. El sistema se compone de una serie de heliostatos que concentran la luz solar en la parte superior de una torre, donde se calienta un fluido térmico y se genera vapor para impulsar turbinas y producir electricidad.

Ventajas

- ✓ Generación de Energía Limpia: Aunque la generación sería intermitente, el proyecto seguiría produciendo energía limpia y renovable durante las horas de sol, lo que contribuiría a la reducción de emisiones de carbono.
- ✓ Capacidad de Producción: Durante las horas de radiación solar intensa cantidad, el proyecto podría generar una significativa de electricidad y contribuir a la demanda energética.

Desventajas

- ✓ Intermitencia: La generación de energía estaría limitada al día ya las condiciones climáticas. No se podría generar electricidad durante la noche o en días nublados.
- ✓ Desperdicio de Potencial: La falta de almacenamiento térmico limitaría la capacidad de aprovechar al máximo el recurso solar disponible, ya que no se podría acumular energía para su uso posterior.
- ✓ Inestabilidad en la Red: La generación intermitente podría afectar la estabilidad de la red eléctrica si no se cuenta con medidas de compensación adecuadas.

Aspectos Técnicos

En esta alternativa, se considera la expansión a 70 MW sin incorporar el sistema de almacenamiento térmico. Esto implica una actualización en los componentes del campo

solar y las instalaciones auxiliares. El campo solar consistiría en una matriz de espejos heliostáticos que reflejarían la radiación solar hacia la parte superior de una torre receptora central. La torre albergaría un receptor solar de alta eficiencia que calentaría un fluido térmico. A través de un intercambiador de calor, el fluido calentado produciría vapor para accionar una turbina conectada a un generador eléctrico. La capacidad adicional requería una expansión significativa del campo solar para capturar una mayor cantidad de radiación solar. Sin embargo, al carecer de almacenamiento térmico, el proyecto solo podría generar electricidad durante las horas de máxima radiación solar, lo que resultaría en una generación intermitente y limitada a las condiciones climáticas.

Aspectos Económicos

Los costos serían asociados principalmente a la expansión del campo solar, la actualización de la torre receptora y el equipo de generación eléctrica. Además, la falta de almacenamiento térmico podría afectar la capacidad de la planta para generar energía constante durante las horas no soleadas, lo que podría influir en su rentabilidad. Es importante considerar la disminución de costos en tecnologías solares en los últimos años, lo que podría reducir los gastos totales.

Impacto ambiental

La generación de energía solar es una fuente de energía limpia y renovable, lo que contribuiría a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles. Por otro lado, la ausencia de almacenamiento térmico limitaría la capacidad de la planta para proporcionar energía constante, lo que podría requerir respaldo de otras fuentes de energía en momentos de poca radiación solar. Esto podría contrarrestar parcialmente los beneficios ambientales y plantear la cuestión de la estabilidad del suministro eléctrico.

6.1.3. Alternativa 2: Proyecto de 20 MW sin almacenamiento térmico

El proyecto Gemasolar de 20 MW sin almacenamiento térmico enfrentaría múltiples desafíos que afectarían la eficiencia, la confiabilidad y la viabilidad económica. La generación intermitente y la falta de capacidad para almacenar y entregar energía en momentos de baja radiación solar limitarían su contribución al suministro de energía sostenible. Si

bien el almacenamiento térmico agrega complejidad y costo al proyecto, su ausencia podría resultar en un proyecto menos eficiente y más costoso en términos de uso de recursos y operación.

Impacto en la Generación de Energía

La ausencia de almacenamiento térmico en el proyecto Gemasolar podría resultar en una generación de energía altamente dependiente de la radiación solar directa. Durante las horas de poca radiación o durante la noche, la generación eléctrica podría cesar por completo, lo que resultaría en una producción intermitente e inconsistente de energía. Esto limitaría la capacidad de la planta para proporcionar un suministro constante de electricidad a la red, lo que podría afectar la confiabilidad del sistema energético.

Eficiencia y Uso de Recursos

El almacenamiento térmico permite aprovechar el exceso de energía durante las horas de alta radiación para generar electricidad en momentos de menor insolación. Sin esta capacidad, se necesitarían mayores extensiones de tierra y equipos para alcanzar una producción equivalente. Esto podría resultar en un uso ineficiente de los recursos y un aumento en los costos de instalación y mantenimiento.

Estabilidad de la Red y Fiabilidad:

La intermitencia en la generación de energía solar puede tener un impacto significativo en la estabilidad de la red eléctrica, lo cual puede causar fluctuaciones en la frecuencia y el voltaje de la red, lo que requiere medidas adicionales para garantizar la estabilidad. Para contrarrestar esta inestabilidad, se necesitarían equipos de regulación y compensación, lo que aumentaría los costos operativos y podría afectar la viabilidad económica del proyecto. Además, la falta de almacenamiento térmico también afecta la eficiencia y el uso de los recursos.

Impacto ambiental:

La planta termosolar dependería de sistemas de respaldo para asegurar un suministro constante de energía durante períodos de baja radiación solar. Estos sistemas de respaldo, como las centrales térmicas convencionales o la generación diésel, emiten gases de efecto invernadero y otros contaminantes, contrarrestando los beneficios ambientales de la central. Además, debido a la falta de almacenamiento térmico, se requerirían áreas de terreno más extensas para compensar la menor eficiencia de generación. Esto podría tener un

impacto negativo en los ecosistemas locales y en la biodiversidad, especialmente si se necesitan áreas adicionales de alto valor ecológico para instalar paneles solares.

Viabilidad Económica

El componente financiero también se vería afectado por la falta de almacenamiento térmico. La capacidad de la planta para vender energía de manera constante y predecible podría disminuir, lo que podría afectar los ingresos esperados. Además, la inversión inicial en infraestructura de almacenamiento sin calor podría ser menos rentable a largo plazo, ya que la planta tendrá que enfrentar costos de operación más altos debido a su ventana de generación limitada.

6.1.4. Alternativa 3: Proyecto original de 20 MW con almacenamiento térmico

El terreno elegido presenta un índice de irradiación solar excepcional, con aproximadamente 2.062 KWh/m²/año. Esta alta irradiación garantiza una generación constante de energía solar, maximizando la eficiencia de la planta a lo largo del año. Además, el relieve de la finca es esencialmente plano, lo que es esencial para la operación eficiente de una central termosolar. La topografía plana facilita la instalación de los componentes y la operación continua sin interferencias. Un aspecto igualmente relevante es que la ubicación de la planta no afecta a ningún Espacio Natural Protegido ni está incluida en figuras de protección ambiental, como ZEPAS, ZIAE o LIC.

En relación con la eficiencia de la central, esta alternativa utiliza un sistema de almacenamiento térmico, que utiliza sales fundidas. Este sistema permite la generación de energía continua incluso durante la noche o en días nublados. La capacidad de almacenar energía térmica para su liberación posterior garantiza un suministro de energía constante y confiable, lo que la hace aún más atractiva para la integración en la red eléctrica.

Tabla 14: Comparación de alternativas.

	Central de 20 MW con Almacenamiento	Central de 70 MW sin Almacenamiento	Central de 20 MW sin Almacenamiento
Aspectos técnicos			
Capacidad de Generación	20 megavatios	70 megavatios	20 megavatios
Almacenamiento Térmico	Si	No	No
Eficiencia Energética	alta	Moderada	Moderada
Flexibilidad	alta	Baja	Baja
Impacto Ambiental			
Emisiones de gases de efecto invernadero	Menor	Mayor	Mayor
Uso de recursos naturales	Mayor	Mayor	Menor
Eliminación de residuos	Menor	Mayor	Mayor
Impacto Social			
Generación de empleo	Mayor	Mayor	Menor
Participación comunitaria	Mayor	Mayor	Menor
Impacto Económico			
Costos de inversión	Mayor	Mayor	Menor
Rentabilidad económica	Mayor	Mayor	Menor
Contribución al desarrollo local	Mayor	Mayor	Menor
Costos de implementación	Moderados	Altos	Moderados
Costos Operativos	Moderados	Moderados	Moderados

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Metodología de Evaluación de alternativas

En la etapa de desarrollo de cualquier proyecto, es fundamental evaluar cuidadosamente las alternativas disponibles antes de tomar decisiones cruciales. En el contexto de proyectos ambientales, esta evaluación es aún más relevante, ya que se deben considerar no solo los aspectos técnicos y económicos, sino también los impactos ambientales y sociales que pueden derivarse de las diferentes opciones. Este informe se centra en la evaluación de alternativas para un proyecto en particular, considerando una central termosolar como fuente de generación de energía eléctrica. Las alternativas a evaluar son las siguientes:

- a) A0 - No realización del proyecto: Esta es la opción de no llevar a cabo ningún proyecto y mantener el estado actual de la ubicación en cuestión.
- b) A1 - Configuración central termosolar (70 MW) sin almacenamiento térmico: Implica la construcción de una central termosolar de 70 MW sin la implementación de un sistema de almacenamiento térmico.

- c) A2 - Configuración central de 20 MW sin almacenamiento térmico: En esta alternativa, se propone la construcción de una central termosolar de menor capacidad (20 MW) sin almacenamiento térmico.
- d) A3 - Proyecto original, 20 MW con almacenamiento térmico: Esta opción se refiere al proyecto original que considera una central termosolar de 20 MW con almacenamiento térmico.

El objetivo de esta evaluación multicriterio es identificar la alternativa que resulte más conveniente desde una perspectiva ambiental, técnica, social y económica. Además, se incluirá la alternativa de no actuación (A0) para proporcionar una línea base de comparación que permita visualizar los impactos y beneficios potenciales de las otras opciones.

6.2.1. Selección de los criterios de ordenación

La evaluación multicriterio es una herramienta ampliamente reconocida y utilizada para analizar y comparar alternativas en base a múltiples criterios. En el contexto de esta evaluación, se considerarán criterios ambientales, sociales y económicos con el objetivo de determinar la conveniencia de cada alternativa. A continuación, se describen los criterios específicos que serán evaluados:

Criterios Ambientales:

- a) Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Se evaluará la contribución de cada alternativa al cambio climático a través de la emisión de GEI.
- b) Uso de Recursos Naturales: Se determinará el impacto en la utilización de tierras y recursos naturales que cada alternativa conlleva.
- c) Eliminación de Residuos: Se evaluará la generación y gestión de residuos durante la construcción y operación de cada alternativa.
- d) Uso de Agua: Se considerará la cantidad de agua requerida por cada alternativa y la fuente de suministro utilizada.
- e) Biodiversidad: Se analizará el impacto de cada alternativa en la fauna y flora local, así como las medidas de protección implementadas.

Criterios Sociales:

- a) Generación de Empleo: Se evaluará la cantidad de empleos directos e indirectos generados por cada alternativa, considerando el impacto en el empleo local.
- b) Impacto Visual y Acústico: Se analizará el impacto visual y acústico de cada alternativa en el entorno, teniendo en cuenta las posibles molestias para la comunidad.
- c) Seguridad: Se considerará la seguridad tanto durante la construcción como durante la operación de la central termosolar, con énfasis en la prevención de accidentes y riesgos.
- d) Participación Comunitaria: Se considerará la interacción y participación de la comunidad local en el proyecto, así como la aceptación del mismo.

Criterios Económicos:

- a) Costos de Inversión: Se evaluarán los costos iniciales de construcción y desarrollo de cada alternativa, considerando la inversión requerida.
- b) Rentabilidad Económica: Se analizará la viabilidad financiera a largo plazo de cada alternativa, incluyendo el período de retorno de la inversión.
- c) Contribución al Desarrollo Local: Se evaluará el impacto económico positivo de cada alternativa en la región circundante, considerando su contribución al desarrollo local.

La evaluación multicriterio proporcionará una visión integral de las diferentes alternativas, permitiendo tomar decisiones informadas y considerar la complejidad de los aspectos ambientales, sociales y económicos involucrados.

Tabla 15: Ámbito y criterios en las alternativas.

Ámbito	Criterio
Natural	Emisiones de GEI
	Uso de Recursos Naturales
	Eliminación de Residuos
	Uso de Agua
	Biodiversidad
Social	Generación de Empleo
	Impacto visual acústico
	Seguridad
	Participación Comunitaria
Económico	Costos de Inversión
	Rentabilidad Económica
	Contribución al Desarrollo Local

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Método de ordenación simple

El Método de Ordenación Simple es una herramienta ampliamente utilizada en la toma de decisiones para evaluar y clasificar alternativas en base a múltiples criterios. Este método consiste en asignar valores numéricos a cada alternativa en relación con un conjunto de criterios predefinidos. El procedimiento para llevar a cabo el Método de Ordenación Simple implica los siguientes pasos:

- a) **Identificación de las Alternativas y Criterios Relevantes:** Se identifican las alternativas a evaluar y los criterios relevantes que se utilizarán para medir el impacto ambiental. En este caso, se han propuesto cuatro alternativas y se han definido criterios que van desde 1 (menor impacto) hasta 4 (mayor impacto).
- b) **Asignación de Valores a las Alternativas:** Para cada criterio, se asigna un valor numérico a cada alternativa que refleje el impacto ambiental asociado. Los valores varían del 1 al 4, donde 1 representa el menor impacto y 4 el mayor impacto. Esta asignación se realiza de acuerdo con la percepción o datos disponibles.
- c) **Suma de Valores para Cada Alternativa:** Se suman los valores asignados a cada alternativa en función de todos los criterios. Esta suma representa una puntuación total que indica el nivel de impacto ambiental de cada alternativa.

- d) **Clasificación de Alternativas:** Las alternativas se clasifican en función de sus puntuaciones totales. Aquellas con puntuaciones más bajas indican un menor impacto ambiental y se consideran más favorables desde esta perspectiva.

A continuación, se presenta la matriz de evaluación que muestra los valores asignados a cada alternativa en función de los criterios de impacto ambiental definidos, donde 1 representa el menor impacto y 4 el mayor impacto:

Tabla 16: Método de ordenación simple.

		Alternativas			
Ámbito	Criterio	A0	A1	A2	A3
Natural	Emisiones de GEI	1	3	3	2
	Uso de Recursos Naturales	1	4	2	3
	Eliminación de Residuos	1	2	2	2
	Uso de Agua	1	3	2	2
	Biodiversidad	1	3	2	2
Social	Generación de Empleo	4	2	2	1
	Impacto visual acústico	1	3	2	2
	Seguridad	1	2	2	2
	Participación Comunitaria	1	2	3	3
Económico	Costos de Inversión	1	1	2	3
	Rentabilidad Económica	1	2	3	1
	Contribución al Desarrollo Local	4	1	1	1
SUMA		17	25	23	22

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que la alternativa cero, es decir, la opción de no realizar el proyecto, se clasifica como la opción más favorable desde el punto de vista ambiental. Esto sugiere que esta alternativa tiene el menor impacto en los criterios evaluados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta conclusión se basa en una ponderación uniforme de los criterios y no considera posibles diferencias en la importancia de cada uno de ellos. Por lo tanto, debemos considerar que el Método de Ordenación Simple se utiliza como un punto de partida en la evaluación de alternativas y puede servir como una referencia inicial para identificar tendencias generales. El orden resultante de las alternativas, de la más viable a la menos viable, se presenta de la siguiente manera:

$$A0 > A3 \geq A2 \geq A1$$

Es importante destacar que este ordenamiento se basa en una ponderación uniforme de los criterios. En los próximos métodos de evaluación que se desarrollen, se considerará una asignación más detallada de los pesos para los criterios, lo que permitirá una evaluación más precisa y equilibrada de las alternativas.

6.2.3. Método de puntuación ponderada

El Método de Puntuación Ponderada es una técnica de evaluación que brinda la capacidad de asignar una puntuación a diferentes medios o alternativas, en función de su rendimiento en una serie de criterios predefinidos. Esta metodología utiliza ponderaciones para reflejar la importancia relativa de cada criterio en la toma de decisiones. Los criterios se evalúan utilizando una escala numérica y las puntuaciones se ponderan según los valores asignados.

Para comenzar el proceso de Puntuación Ponderada, se otorga inicialmente una puntuación total de 100 puntos a las alternativas que se evaluarán. A continuación, se realiza una evaluación detallada utilizando el método de ordenación y comparación por pares. En este proceso, se comparan dos medios a la vez y se determina cuál de los dos es preferido en función de un criterio específico. El procedimiento es el siguiente:

- a) **Selección de Criterios Relevantes:** Se identifican y seleccionan criterios clave que se utilizarán para evaluar los medios. Estos criterios deben ser representativos de los aspectos ambientales, sociales y económicos que son relevantes en el contexto de la toma de decisiones.
- a) **Asignación de Puntos por Criterio:** Se asigna una puntuación a cada medio para cada criterio, utilizando una escala numérica, por ejemplo, de 1 a 5. En esta escala, 1 representa el peor desempeño y 5 el mejor desempeño en ese criterio específico.
- b) **Comparación por Pares:** Se comparan dos medios a la vez basándose en un criterio determinado. Se otorgan puntos al medio preferido en esa comparación, según su desempeño en el criterio evaluado.
- c) **Cálculo de Ponderaciones Relativas:** Una vez que se han asignado puntos a todos los pares de criterios, se calcula la ponderación relativa de cada criterio en función de los puntos acumulados. Cuanto más alta sea la puntuación acumulada para un criterio, mayor será su ponderación en la evaluación general.

- d) **Evaluación de Alternativas:** Con las ponderaciones relativas determinadas, se procede a evaluar cada alternativa en función de los criterios. Para cada criterio, se otorgan puntos en función de su desempeño. Estos puntos se multiplican por la ponderación relativa del criterio correspondiente.
- e) **Cálculo de Puntuación Total:** Finalmente, se calcula la puntuación total para cada alternativa sumando los puntos ponderados obtenidos en la evaluación de los criterios. La alternativa con la puntuación más alta se considera la más favorable desde una perspectiva ambiental.

A continuación, se asignan los pesos relativos a cada criterio evaluado, siendo la distribución total máxima de 100 puntos entre los distintos medios.:

Asignación de 100 puntos a los tres tipos de criterio por método de ordenación y comparación de pares	
1) Ordenación por importancia:	
1 Medio natural	
2 Medio social	
3 Medio económico	
2) Comparación por pares:	
Medio natural	0,85
Medio social	0,85
Medio económico	0,8
TOTAL	2,5
3) Pesos relativos:	
Medio natural	0,34
Medio social	0,34
Medio económico	0,32
4) Distribución 100 puntos:	
Medio natural	34,00
Medio social	34,00
Medio económico	32,00

Figura 12: Asignación de puntaje por el método de ordenación. Fuente: Elaboración propia

Asignación de los 34 puntos a los distintos criterios del medio natural		
1) Ordenación por importancia :		
	1 Emisiones de GEI	
	3 Uso de Recursos Naturales	
	5 Eliminación de Residuos	
	4 Uso de Agua	
	2 Biodiversidad	
2) Comparación por pares :		
	Emisiones de GEI	1
	Uso de Recursos Naturales	0,8
	Eliminación de Residuos	0,6
	Uso de Agua	0,6
	Biodiversidad	1
	TOTAL	4
3) Pesos relativos :		
	Emisiones de GEI	0,25
	Uso de Recursos Naturales	0,20
	Eliminación de Residuos	0,15
	Uso de Agua	0,15
	Biodiversidad	0,25
4) Distribución 34 puntos :		
	Emisiones de GEI	8,50
	Uso de Recursos Naturales	6,80
	Eliminación de Residuos	5,10
	Uso de Agua	5,10
	Biodiversidad	8,50

Figura 13: Asignación de puntaje, criterio del medio natural. Fuente: Elaboración propia

Asignación de los 34 puntos a los distintos criterios del medio social		
1) Ordenación por importancia :		
	4 Generación de Empleo	
	1 Impacto visual acústico	
	2 Seguridad	
	3 Participación Comunitaria	
2) Comparación por pares :		
	Generación de Empleo	0,55
	Impacto visual acústico	0,9
	Seguridad	0,8
	Participación Comunitaria	0,75
	TOTAL	3
3) Pesos relativos :		
	Generación de Empleo	0,18
	Impacto visual acústico	0,30
	Seguridad	0,27
	Participación Comunitaria	0,25
4) Distribución 34 puntos :		
	Generación de Empleo	6,23
	Impacto visual acústico	10,20
	Seguridad	9,07
	Participación Comunitaria	8,50

Figura 14: Asignación de puntaje, criterio del medio social. Fuente: Elaboración propia



Tabla 17: Asignación de puntaje alternativas proyectos termosolar.

Ordenación de las alternativas				ALTERNATIVAS			
%	Ámbito	Criterio	peso	A0	A1	A2	A3
34	Natural	Emisiones de GEI	8,50	4	3	3	4
		Uso de Recursos Naturales	6,80	4	3	2	2
		Eliminación de Residuos	5,10	4	3	3	3
		Uso de Agua	5,10	4	2	2	3
		Biodiversidad	8,50	4	2	3	3
34	Social	Generación de Empleo	6,23	1	4	3	4
		Impacto visual y acústico	10,20	4	2	3	3
		Seguridad	9,07	4	4	3	5
		Participación Comunitaria	8,50	4	3	4	4
32	Económico	Costos de Inversión	11,64	1	3	4	3
		Rentabilidad Económica	11,05	1	4	3	4
		Contribución al Desarrollo Local	9,31	1	4	3	4
SUMA			100,00	36,00	37,00	36,00	42,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Matriz relativa a la alternativa A1.

Criterio	peso	ALTERNATIVAS			
		A0	A1	A2	A3
Emisiones de GEI	8,50	1	0,75	0,75	1
Uso de Recursos Naturales	6,80	1	0,75	0,5	0,5
Eliminación de Residuos	5,10	1	0,75	0,75	0,75
Uso de Agua	5,10	1	0,5	0,5	0,75
Biodiversidad	8,50	1	0,5	0,75	0,75
Generación de Empleo	6,23	0,25	1	0,75	1
Impacto visual y acústico	10,20	1	0,5	0,75	0,75
Seguridad	9,07	1	1	0,75	1,25
Participación Comunitaria	8,50	1	0,75	1	1
Costos de Inversión	11,64	0,25	0,75	1	0,75
Rentabilidad Económica	11,05	0,25	1	0,75	1
Contribución al Desarrollo Local	9,31	0,25	1	0,75	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Matriz ponderada .

criterios	ALTERNATIVAS			
	A0	A1	A2	A3
Emisiones de GEI	8,50	6,38	6,38	8,50
Uso de Recursos Naturales	6,80	5,10	3,40	3,40
Eliminación de Residuos	5,10	3,83	3,83	3,83
Uso de Agua	5,10	2,55	2,55	3,83
Biodiversidad	8,50	4,25	6,38	6,38
Generación de Empleo	1,56	6,23	4,68	6,23
Impacto visual y acústico	10,20	5,10	7,65	7,65
Seguridad	9,07	9,07	6,80	11,33
Participación Comunitaria	8,50	6,38	8,50	8,50
Costos de Inversión	2,91	8,73	11,64	8,73
Rentabilidad Económica	2,76	11,05	8,29	11,05
Contribución al Desarrollo Local	2,33	9,31	6,98	9,31
SUMA	71,3	78,0	77,1	88,7

Fuente: Elaboración propia

Durante la reevaluación de las alternativas utilizando una matriz más completa, se ha observado un cambio significativo en el orden de preferencia en comparación con el primer método de evaluación. A pesar de esto, la alternativa A3, que representa el proyecto original de una central de 20 MW con almacenamiento térmico, se mantiene como la preferencia más sólida.

El nuevo orden de las alternativas es el siguiente:

$$A3 > A1 \geq A2 \geq A0$$

Esta reordenación se debe a que, en la matriz más completa, se han asignado pesos y consideraciones adicionales a los criterios, lo que ha permitido evaluar de manera más precisa los impactos ambientales, sociales, técnicos y económicos de cada alternativa.

Es importante destacar que cada criterio se ha ponderado de acuerdo con su relevancia para el proyecto. En este contexto, la alternativa A3 continúa siendo la preferida debido a su equilibrio entre impacto ambiental positivo, aceptación social razonable, viabilidad técnica y beneficios económicos sostenibles a largo plazo. Aunque la alternativa A1 tiene la capacidad de generación más alta, su falta de almacenamiento térmico y costos adicionales han influido en su clasificación como segunda mejor opción.

6.2.4. Método Electre

Este método proporciona un marco analítico para comparar y evaluar alternativas en función de múltiples criterios. Dos conceptos fundamentales en este enfoque son los índices de concordancia y discordancia, que cuantifican el grado de acuerdo y discrepan entre alternativas según los criterios establecidos.

Índice de Concordancia

El índice de concordancia es una métrica esencial en el método ELECTRE que evalúa el grado en que una supera alternativa a otra en términos de los criterios considerados. Se calcula sumando los pesos de los criterios para los cuales la primera alternativa es igual o supera a la segunda, y luego dividiendo este resultado por la suma total de los pesos. En otras palabras, el índice de concordancia mide la proporción de criterios en los cuales una alternativa es igual o mejor que otra. Cuanto mayor sea el índice de concordancia, mayor será el grado de acuerdo en que la primera alternativa es superior.

Tabla 20: Matriz de concordancia.

matriz de concordancia				
	A0	A1	A2	A3
A0	-	0,84	0,9	0,79
A1	0,87	-	1	0,69
A2	0,75	0,71	-	0,45
A3	0,79	1	1	-

Fuente: Elaboración propia

Índice de Discordancia

El índice de discordancia complementa el índice de concordancia, centrandó su atención en los criterios en los que la primera alternativa es inferior a la segunda. Calculado como la diferencia mayor de puntuación otorgada a las alternativas en estos criterios desfavorables, dividida por el tamaño de la escala de puntuación, el índice de discordancia refleja el grado de desacuerdo entre las alternativas. En esencia, mide cuanto grande es la diferencia en contra de la primera alternativa en los criterios en los que es inferior. Un índice de discordancia bajo indica un menor desacuerdo y, por lo tanto, una mayor coherencia entre las alternativas.

Tabla 21: Matriz de discordancia.

matriz de discordancia				
	A0	A1	A2	A3
A0	-	0,75	0,5	0,75
A1	0,75	-	0,5	0,5
A2	0,75	0,5	-	0,75
A3	0,5	0,25	0,25	-

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realiza la matriz de ordenación donde se da preferencia a una alternativa respecto a la otra y seguidamente la alternativa con más veces de elección es la que se prefiere respecto de las otras.

Tabla 22: Matriz de ordenación.

		matriz de ordenación			
		A0	A1	A2	A3
A0	-	A1	A0	A3	
A1	-	-	A1	A3	
A2	-	-	-	A3	
A3	-	-	-	-	

ORDEN PREFERENCIAL			
A3 >	A0 >	A1 >	A2

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en el análisis multicriterio realizado, es evidente que la alternativa 3, es decir, el "Proyecto Original de 20 MW con Almacenamiento Térmico" (A3), nuevamente se posiciona como la opción preferida. Esta alternativa combina una reducción significativa de emisiones de gases de efecto invernadero, eficiencia ambiental y la capacidad de generar ingresos a través de la venta de electricidad, lo que la coloca en una posición destacada.

En términos de preferencia, la alternativa de "No Realización del Proyecto" (A0) se coloca en segundo lugar, ya que aunque no tiene un impacto económico ni energético positivo, supone un impacto ambiental mínimo y, en ciertos contextos, puede ser la opción más adecuada. Luego, la alternativa A1, que implica una "Central de 70 MW sin Almacenamiento Térmico", se ubica en tercer lugar debido a su capacidad de generar ingresos y su eficiencia ambiental, aunque no alcanza el nivel de eficiencia de A3.

Finalmente, la alternativa A2, que contempla una "Central de 20 MW sin Almacenamiento Térmico", se coloca en cuarto lugar en términos de preferencia debido a su menor capacidad de generación y su eficiencia ambiental ligeramente inferior en comparación con A1 y A3.

6.2.5. Resumen de la evaluación de alternativas

Los métodos de decisión simple, ponderado y Electre ofrecen enfoques diferentes para la toma de decisiones. A continuación, se visualiza en la tabla el resumen de la evaluación de alternativas.

Tabla 23: Comparación de métodos y orden preferencial de alternativas.

	ORDEN PREFERENCIAL			
METODO SIMPLE	A0 >	A3 >	A2 >	A1
METODO PONDERACION	A3 >	A1 >	A2 >	A0
METODO ELECTRE	A3 >	A0 >	A1 >	A2

Fuente: Elaboración propia

La alternativa A3, se destaca como la preferida en dos de los métodos de evaluación (Método Simple y Método ELECTRE) y se encuentra en la segunda posición en el Método de Ponderación. Esto sugiere que, en general, esta alternativa es una elección sólida, ya que combina eficiencia ambiental y la capacidad de generar ingresos a través de la venta de electricidad.

La alternativa A0, es valorada en segundo lugar en dos de los métodos de evaluación (Método Simple y Método ELECTRE). Esto destaca la importancia de considerar la opción de no intervenir en ciertos casos, especialmente cuando los impactos ambientales pueden ser significativos.

La alternativa A1, varía en su preferencia según los métodos utilizados. Esto sugiere que la elección de esta alternativa puede depender de los criterios específicos y las prioridades del proyecto.

La alternativa A2, se encuentra en una posición intermedia en todos los métodos de evaluación. Esto indica que, si bien tiene ventajas, como una inversión inicial más baja, también tiene limitaciones en términos de capacidad de generación y eficiencia ambiental.

7. Inventario ambiental

En el presente punto, se procede a especificar el factor ambiental susceptible de verse afectado en el proyecto, es decir, se realizará un registro detallado de los componentes ambientales de cada área determinada que permitirá identificar los posibles impactos del proyecto en el medio ambiente.

7.1. Subsistema físico natural

El subsistema físico natural, el cual se considera una parte fundamental de nuestro entorno, comprende diversos elementos naturales y físicos que interactúan entre sí. Estos elementos constituyen el relieve, el clima, los suelos, la hidrografía y otros aspectos geológicos y geográficos.

7.1.1. Medio inerte

7.1.1.1. Aire

La calidad del aire en Fuentes de Andalucía es un indicador importante que puede medir el impacto ambiental del lugar y su variación puede verse afectado por diversos factores. Estos incluyen la ubicación geográfica de la localidad, las actividades industriales presentes, el tráfico vehicular y las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, en zonas cercanas a fuentes de emisión, como carreteras con un alto flujo vehicular o áreas industriales, es posible que los niveles de contaminantes sean más elevados.

Para evaluar y monitorear la calidad del aire en Fuentes de Andalucía, se utilizan sensores especializados que miden diferentes contaminantes atmosféricos. No obstante, según los datos proporcionados por las autoridades locales (Junta de Andalucía), consideraremos los datos arrojados en Sevilla que se encuentra a menos de 65 km del parque solar térmico y lo de las zonas agrícolas-rurales. Entre los principales contaminantes que se vigilan se encuentran las partículas en suspensión, tanto las de tamaño inferior a 10 micrómetros (PM10) como las de tamaño inferior a 2,5 micrómetros (PM2.5). También se monitorea el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono troposférico (O₃), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV).

Contaminante	Valor legislado UE	Valor guía OMS (2006)	Valor guía OMS (2021)
NO ₂ (anual)	40 µg/m ³	40 µg/m ³	10 µg/m ³
NO ₂ (diario)	--	--	25 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
SO ₂ (horario)	350 µg/m ³ (24 veces/año)	--	--
SO ₂ (diario)	125 µg/m ³ (3 veces/año)	20 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)	40 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
PM10 (anual)	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
PM10 (diario)	50 µg/m ³ (35 veces/año)	50 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)	45 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
PM2,5 (anual)	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³
PM2,5 (diario)	--	25 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)	15 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
O ₃ (máximo diario 8h)	120 µg/m ³	100 µg/m ³	100 µg/m ³ (3 ó 4 veces/año)
O ₃ (Peak season)	--	--	60 µg/m ³
CO (diario)	--	--	4 mg/m ³ (3 ó 4 veces/año)

Figura 15: Valores límites de contaminantes atmosférico según la última actualización de la OMS en el 2021. Fuente: (MITECO, 2021)

En la Figura 16, podemos visualizar que desde el 2011 los indicadores indican que los valores de cada emisión son relativamente bajos, cumpliendo con el marco legislativo nacional y de la OMS.

Comunidad autónoma Andalucía	Nombre de la zona	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
SO2	ANDALUCÍA ZONAS AGRÍCOLAS																						Baja	
	SEVILLA																							Baja
	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
NO2	ANDALUCÍA ZONAS AGRÍCOLAS																							Baja
	SEVILLA																							Baja
	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
PM10	ANDALUCÍA ZONAS AGRÍCOLAS																							Baja
	SEVILLA																							Baja
	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
Pb	ANDALUCÍA ZONAS AGRÍCOLAS																							Baja
	SEVILLA																							Baja
	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
PM2.5	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
Benceno	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
CO	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
Ozono-03	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
Ársenico	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
Cadmio	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
Níquel	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja
benzo(a)pireno - B(a)P	ANDALUCÍA-ZONAS RURALES																							Baja

Figura 16: Mediciones de calidad de aire en zona agrícolas- rurales de Andalucía y de Sevilla. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de (MITECO, 2021)

7.1.1.2. Clima. condiciones climáticas

La Figura 17 nos proporciona información detallada sobre la evolución de las temperaturas, las precipitaciones y los vientos a lo largo del año en Fuentes de Andalucía, esto nos permite tener una visión general de las condiciones climáticas en esa región y comprender los extremos climáticos que se han experimentado en el pasado.

La temperatura máxima diaria media se representa mediante una línea roja continua, que muestra la temperatura promedio más alta registrada durante cada día de cada mes. Se observa que en los meses de julio y agosto se alcanza una temperatura máxima de 37°C, lo cual indica que son los meses más cálidos del año. Por otro lado, la temperatura mínima diaria media se representa con una línea azul continua, que indica la temperatura promedio más baja registrada durante cada día de cada mes. Se observa que en los meses de enero y febrero se registra una temperatura mínima de 5°C, lo cual indica que son los meses más fríos del año.

Además, se incluyen líneas discontinuas de color azul y rojo para representar los días calurosos y las noches frías de cada mes en los últimos 30 años. Estas líneas siguen la misma tendencia que la temperatura máxima y mínima diaria media. Se registra un máximo de días calurosos de 42°C y un mínimo de noches frías de -1°C, lo que muestra los extremos de temperatura que se han experimentado históricamente en Fuentes de Andalucía.

En cuanto a las precipitaciones, se puede observar que el mes de diciembre registra la máxima cantidad de precipitaciones, con 42 mm, mientras que los meses de julio y agosto presentan la mínima cantidad de precipitación, con 2 mm.

En relación a los vientos, se observa que en el mes de abril se registran vientos con una velocidad máxima de 17 km/h, mientras que los meses de enero y mayo presentan la velocidad mínima de vientos, con 3 km/h.

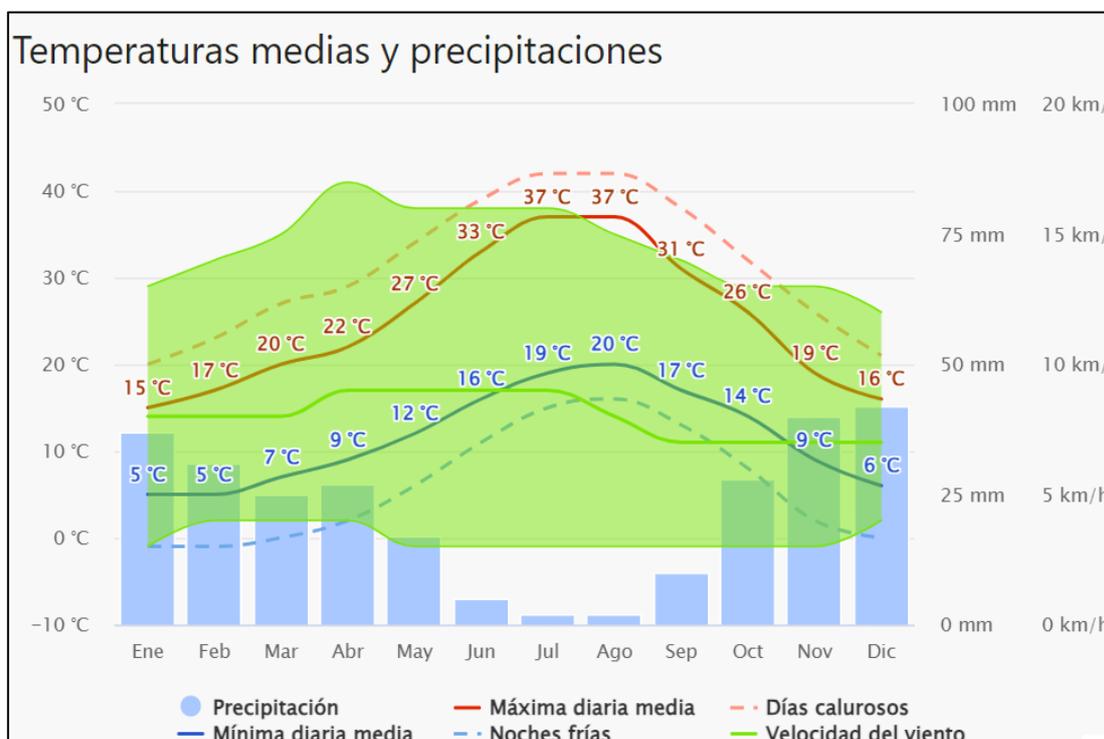


Figura 17: Condiciones climáticas en Fuentes de Andalucía. Fuente: (meteoblue, 2023)

En cuanto a la Figura 18, nos proporciona información detallada de número de días de sol, parcialmente nublados, nublados y con precipitaciones en cada mes. Los días se han clasificado en diferentes categorías según el grado de cobertura de nubes.

Los días con menos del 20% de cubierta de nubes se consideran días soleados, lo que implica un cielo mayormente despejado y una alta incidencia de luz solar. Se observa que el mes de julio registra el máximo de 27 días soleados, mientras que el mínimo se

encuentra en 0,2 días nublados y 0,8 días con precipitaciones. Los días con una cobertura de nubes entre el 20% y el 80% se clasifican como parcialmente nublados. Durante estos días, hay una combinación de períodos soleados y momentos en los que las nubes cubren parcialmente el cielo. Destaca que el mes de mayo registra el máximo de 14,3 días parcialmente nublados.

Por otro lado, los días con más del 80% de cobertura de nubes se consideran nublados. Durante estos días, el cielo está mayormente cubierto de nubes, lo que puede resultar en una menor cantidad de luz solar directa. En particular, el mes de diciembre registra el máximo de 8,5 días nublados y 8 días con precipitaciones.

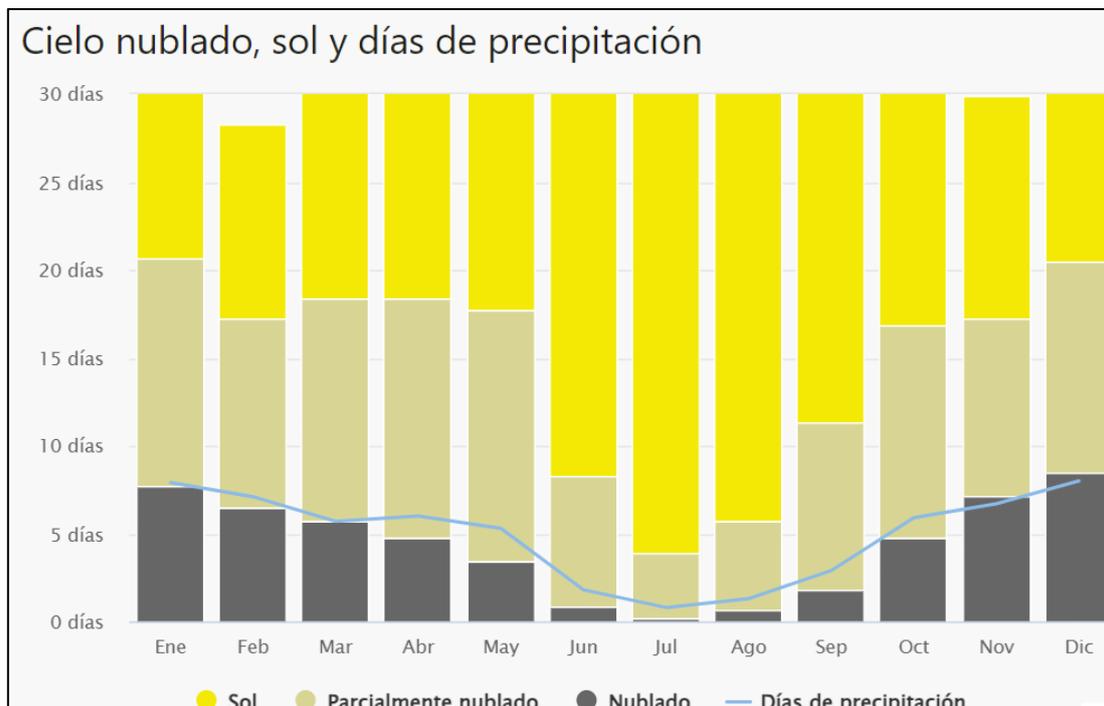


Figura 18: Cielo nublado, sol y días de precipitación en Fuentes de Andalucía. Fuente: (meteoblue, 2023)

7.1.1.3. Tierra y suelo

De acuerdo a los estudios realizados en la provincia de Sevilla, los Cambisoles son los suelos más abundantes, ocupando más del 25% del territorio provincial. Estos suelos son poco desarrollados y presentan un horizonte B ligeramente diferenciado de tipo cámbico y un perfil tipo ABC. Los Vertisoles, por otro lado, representan el 18% del territorio y se caracterizan por sus arcillas expansivas y grietas amplias durante los periodos secos. Los Luvisoles y Regosoles, por su parte, se distribuyen en un 30% del territorio, los primeros son suelos evolucionados con un horizonte enriquecido en arcillas, mientras que los segundos son suelos poco desarrollados sin horizontes superficiales orgánicos.

Los Solonchacks están presentes en las marismas del Guadalquivir, cubriendo casi un 9% de la superficie provincial, siendo suelos ricos en elementos finos y suelen presentar hidromorfismo o agrietamientos poligonales superficiales. Los Fluvisoles, por su parte, son suelos desarrollados sobre depósitos aluviales recientes y abarcan casi un 7% del territorio provincial. Por otro lado, los Litosoles son suelos esqueléticos con un perfil AR y no superan los 10 cm de profundidad. Se encuentran en todas las sierras de la provincia y representan casi el 5% del territorio. Los Planosoles, en su subtipo eútrico, ocupan aproximadamente un 3% del territorio provincial, caracterizándose por desarrollarse en áreas planas y presentar un horizonte E álbico sobre un horizonte B poco permeable.

Por último, los Rankers, Rendsinas y Arenosoles álbicos tienen una representación mínima en la provincia, ocupando conjuntamente menos del 1% del territorio. En resumen, estos suelos se agrupan en 26 unidades cartográficas con características similares. Es importante destacar que, a nivel provincial, los suelos calcáreos representan más del 50% del territorio y se concentran al sur del río Guadalquivir, lo que sugiere la necesidad de prestar especial atención a la gestión del suelo en esta zona, para evitar la erosión y favorecer la productividad del terreno. (Andalucía J. d., Tipología de suelos en la comunidad andaluza, 2023)

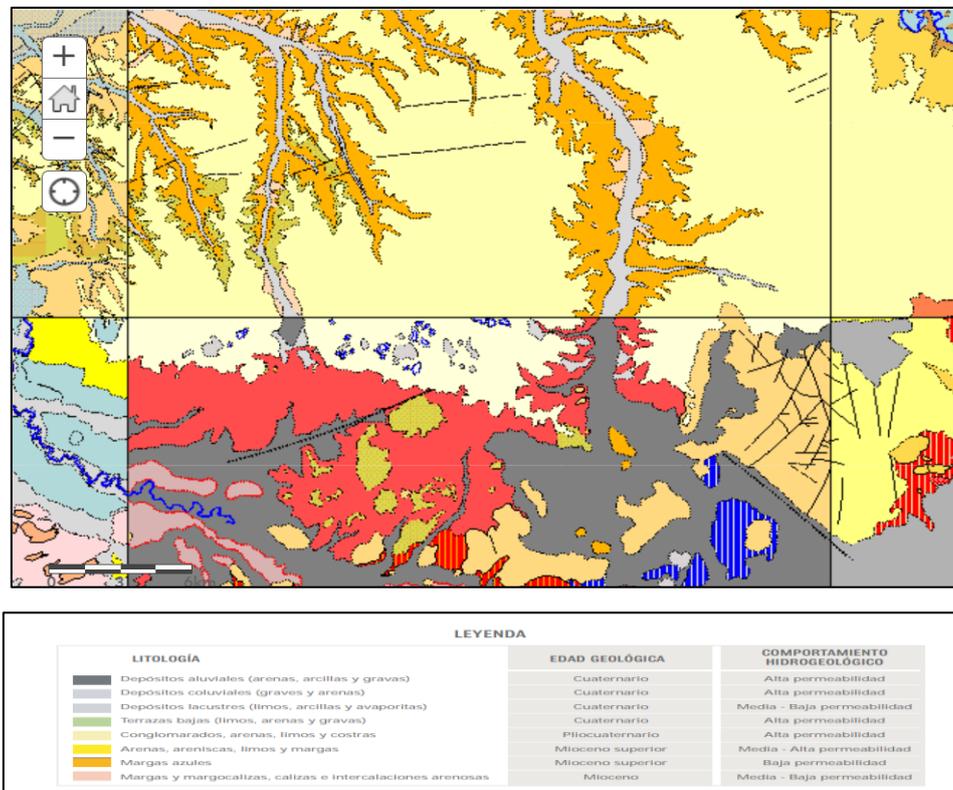


Figura 19: Mapa del Suelo de la Fuentes de Andalucía. Fuente: Base de datos de (IGME, 2023)

7.1.1.4. Aguas continentales

Según la definición proporcionada por la Real Academia Española (RAE), las aguas continentales abarcan todas aquellas aguas que se encuentran tanto en la superficie como en el subsuelo, es decir, las aguas subterráneas. Estas aguas constituyen un recurso natural de gran importancia y requieren de medidas de protección y conservación para garantizar su calidad y disponibilidad.

En el ámbito de la Unión Europea, la protección de las aguas continentales está establecida por la Directiva Marco del Agua (DMA), específicamente la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, emitida el 23 de octubre de 2000. Esta directiva establece un marco comunitario de actuación en materia de política de aguas, con el objetivo principal de lograr un buen estado de las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas, en el territorio de la Unión Europea.

En cuanto a las aguas continentales de este proyecto, podemos encontrar tres arroyos que se encuentran en la proximidad del parque solar térmico, el cual se describen a continuación:



Figura 20: Arroyos cercanos al proyecto en referencia Gemasolar. Fuente: Google Earth

✓ Arroyo de Matillas

El Arroyo de Matillas, ubicado en la región montañosa de la Sierra Sur de Sevilla, es un arroyo que se forma gracias a la acumulación de aguas pluviales y manantiales en la zona. A medida que fluye hacia el sur, atraviesa diversos paisajes rurales y tierras destinadas a

la agricultura antes de desembocar en cuerpos de agua más grandes, como el cauce del Río Guadalquivir.

La vegetación que rodea las orillas y los márgenes del Arroyo de Matillas se caracteriza por su vegetación de ribera. En la zona, podemos encontrar especies como el álamo blanco (*Populus alba*), el sauce (*Salix* spp.), el taray (*Tamarix* spp.) y el carrizo (*Phragmites australis*). Estas plantas han desarrollado adaptaciones para vivir en ambientes acuáticos o cerca de cursos de agua.

En cuanto a la fauna, el arroyo y su entorno son hábitats importantes para una gran variedad de especies. Entre los animales que se pueden encontrar en el Arroyo de Matillas, se incluyen peces como la boga (*Chondrostoma polylepis*), la cacho (*Squalius carolitertii*) y el barbo (*Luciobarbus sclateri*). También se pueden encontrar anfibios, como la rana común (*Pelophylax perezi*) y el sapo corredor (*Epidalea calamita*). Además, el arroyo es un hábitat natural importante para aves acuáticas, como el martín pescador (*Alcedo atthis*) y la garza real (*Ardea cinerea*), así como diversos insectos como libélulas y una variedad de mariposas y escarabajos.

✓ Arroyo de Águilas

Es un afluente de río de Serranías Béticas Húmedas, posee una longitud de 11,90 Km. El Arroyo de Aguila, ubicado en la provincia de Sevilla en Andalucía, España, es un curso de agua que tiene su origen en las cercanías de Fuentes de Andalucía, en la Sierra Sur de la misma provincia. Este arroyo nace a partir de las aguas de lluvia y de manantiales que se encuentran en la zona. A medida que el arroyo fluye hacia el sur, atraviesa paisajes rurales y áreas agrícolas antes de desembocar en otros cursos de agua más grandes, como el Río Guadalquivir.

En cuanto a la fauna, el arroyo y su entorno son un hábitat importante para diversas especies de animales, incluyendo peces como la boga (*Chondrostoma polylepis*), la cacho (*Squalius carolitertii*) y el barbo (*Luciobarbus sclateri*), anfibios como la rana común (*Pelophylax perezi*) y el sapo corredor (*Epidalea calamita*), aves acuáticas como el martín pescador (*Alcedo atthis*) y la garza real (*Ardea cinerea*) e insectos como libélulas y diferentes especies de mariposas y escarabajos.

Tabla 24: Régimen de Caudales Mínimos (Hm³/Mes) para un Año Húmedo (Estado de Normalidad o Prealerta Según el PES).

Hm ³ /Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Arroyo del Águila	0,035	0,015	0,015	0,016	0,019	0,007	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,005	0,133

Fuente: (Andalucía J. d., Plan hidrológico , 2021)

✓ Arroyo de Viñuelas

El Arroyo de Viñuelas, es un cuerpo de agua situado en las cercanías de Sevilla que se caracteriza por su sinuoso recorrido y su entorno natural pintoresco y diverso. Este arroyo de tamaño moderado cuenta con aguas cristalinas y frescas que provienen de manantiales y de la acumulación de aguas pluviales en la zona.

A medida que el arroyo avanza en su recorrido, atraviesa paisajes que van desde zonas rurales hasta áreas de vegetación frondosa, creando meandros y pequeñas cascadas que añaden encanto a su paisaje. Su curso se encuentra rodeado de una rica vegetación de ribera compuesta por árboles y arbustos, entre los que destacan el álamo blanco, el sauce y el taray. Estas especies proporcionan una sombra agradable y refugio a numerosas especies. En cuanto a la fauna, el arroyo alberga una variedad de especies. En sus aguas, se pueden encontrar peces como la boga, el barbo y la anguila. También es común avistar aves acuáticas como el martín pescador, que se posa en las ramas bajas de los árboles en busca de su alimento.

7.1.2. Medio biótico

7.1.2.1. Vegetación o flora

El municipio de Fuentes de Andalucía, se caracteriza por contar con una variedad de flora y vegetación debido a los diferentes factores geográficos y climáticos presentes en la zona. Dentro de la variedad de vegetación presente en el municipio, se destacan varios tipos de ecosistemas y especies. Uno de los ecosistemas más característicos de la región son los bosques de encinas (*Quercus ilex*), los cuales se encuentran principalmente en las zonas más elevadas y frescas, como en las laderas de las sierras cercanas. La encina, una especie de roble mediterráneo, domina estos bosques y convive con otras especies como el alcornoque, el madroño y el lentisco.

En las áreas más secas y bajas, donde el suelo es menos fértil, aparecen matorrales y jarales. Estos ecosistemas están compuestos por arbustos resistentes a la sequía, como

el brezo, el tomillo, el romero, la jara y la retama. También se pueden encontrar algunas especies endémicas adaptadas a condiciones extremas.

Las dehesas son otro ecosistema relevante en Fuentes de Andalucía. Estos espacios abiertos combinan pastizales con encinas y alcornoques dispersos, y son utilizados para la ganadería extensiva. Las dehesas contribuyen a la conservación de la biodiversidad y son fundamentales para la supervivencia de especies emblemáticas como el lince ibérico.

Junto a los cauces de los ríos y arroyos, se desarrolla una vegetación específica que incluye árboles como los sauces, los álamos y los olmos. Estas áreas de vegetación de ribera proporcionan refugio y alimento para muchas especies de aves, mamíferos y anfibios. Dentro de la flora destacada en Fuentes de Andalucía, se encuentran varias especies autóctonas que merecen mencionarse. El acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*) es un olivo silvestre resistente a condiciones climáticas adversas que ha sido utilizado tradicionalmente para la obtención de aceite de oliva. El lentisco (*Pistacia lentiscus*) es un arbusto perenne que se encuentra en áreas secas y soleadas, cuyas hojas son utilizadas en la producción de esencias y cuya resina tiene propiedades medicinales. La jara pringosa (*Cistus ladanifer*) es un arbusto perenne caracterizado por sus grandes flores rosadas o blancas y su aroma resinado, siendo una especie emblemática de los matorrales mediterráneos. El abedul de hoja estrecha (*Betula pendula*) es una especie caducifolia que se encuentra en las zonas más húmedas y frescas, como los márgenes de los ríos.

Tabla 25: Bosques cercanos al municipio de Fuentes de Andalucía.

Bosques	Distancia desde Fuentes de Andalucía
1- Bosque de Dehesas	2.83 km ² La campana (Sevilla)
2- Bosques ribereños	1.65 km ² La campana (Sevilla)
3- Bosques mixtos de frondosas en región biogeográfica mediterránea	1.14 km ² La Luisiana (Sevilla)
4- Bosques ribereños	1.03 km ² La Luisiana (Sevilla)
5- Bosques ribereños	0.78 km ² Marchena (Sevilla)
6- Encinares	0.77 km ² La campana (Sevilla)
7- Bosques ribereños	0.42 km ² Marchena (Sevilla)
8- Encinares	0.3 km ² La campana (Sevilla)
9- Dehesas	0.24 km ² El Calonge (Cordoba)
10- Encinares	0.21 km ² La campana (Sevilla)

Fuente: (Spain, 2023)

Tabla 26:Flora del municipio de Fuentes de Andalucía:

Flora	Terreno ocupado	%
Agrícola y prados artificiales (Agrícola y prados artificiales)	144742.75000000 ha	99,7559%
Artificial (Artificial)	190.49000000 ha	0,1313%
Cultivo con arbolado disperso (Cultivo con arbolado disperso)	55.36000000 ha	0,0382%
Eucaliptales (A.F.M. (Bosquetes))	35.33000000 ha	0,0243%
Agua (Agua)	35.17000000 ha	0,0242%
Minería, escombreras y vertederos (Minería, escombreras y vertederos)	22.78000000 ha	0,0157%
Humedal (Humedal)	12.52000000 ha	0,0086%
Bosques mixtos de frondosas en region biogeográfica mediterránea (área recreativa)	2.55000000 ha	0,0018%

Fuente: (Spain, 2023)

7.1.2.2. Fauna

En este punto, se destaca la presencia de diversas especies de aves, anfibios, mamíferos y reptiles en el municipio de Fuentes de Andalucía. Estas especies contribuyen a la biodiversidad y al equilibrio ecológico de la región. A pesar de ser un área que está en gran medida dedicada a la agricultura, el territorio cuenta con una amplia variedad de ecosistemas y hábitats naturales que son hogar de diversas especies animales.

Dentro del grupo de aves, se pueden encontrar una gran cantidad de especies tanto residentes como migratorias. Entre las más comunes se encuentran el gorrión común, la golondrina, el estornino negro, el jilguero y el mirlo, mientras que en la temporada de migración se pueden observar otras especies como la cigüeña blanca, la abubilla, la golondrina común y el vencejo común.

Respecto a los mamíferos, hay presencia de diferentes especies, entre las cuales destacan el conejo, la liebre, el ratón de campo y el tejón. Aunque en menor medida, también se han registrado la presencia de zorros y jabalíes en las zonas boscosas cercanas. En cuanto a los reptiles y anfibios, se pueden encontrar distintas especies adaptadas a los ambientes mediterráneos. Entre los reptiles presentes en el municipio se encuentran la culebra de escalera, la lagartija colirroja, la culebra bastarda y la víbora hocicuda, mientras que entre los anfibios destaca la rana común y el sapo común.

En los cursos de agua y charcas, es posible encontrar una gran diversidad de peces, como la carpa, la perca y el lucio. Además, en los entornos acuáticos también habitan distintas especies de anfibios como el tritón jaspeado y el sapillo pintojo ibérico.

Tabla 27: Fauna del municipio de Fuentes de Andalucía.

Aves			
canastera común (<i>Glareola pratincola</i>)	avión común (<i>Delichon urbicum</i>)	cogujada común (<i>Galerida cristata</i>)	mochuelo común (<i>Athene noctua</i>)
abejaruco europeo (<i>Merops apiaster</i>)	buitrón (<i>Cisticola juncidis</i>)	cuervo (<i>Corvus corax</i>)	paloma doméstica (<i>Columba domestica</i>), paloma doméstica (<i>Columba livia/domestica</i>)
abubilla (<i>Upupa epops</i>)	calandria común (<i>Melanocorypha calandra</i>)	estornino negro (<i>Sturnus unicolor</i>)	pardillo común (<i>Carduelis cannabina</i>)
aguilucho cenizo (<i>Circus pygargus</i>)	carraca europea (<i>Coracias garrulus</i>)	aguilucho pálido o gavián rastro (Circus cyaneus)	perdiz roja (<i>Alectoris rufa</i>)
alcaraván común (<i>Burhinus oedicephalus</i>)	vencejo común (<i>Apus apus</i>), vencejo pálido (<i>Apus pallidus</i>)	golondrina común (<i>Hirundo rustica</i>)	ruiseñor común (<i>Luscinia megarhynchos</i>)
alcaudón común (<i>Lanius senator</i>)	verdecillo (<i>Serinus serinus</i>)	gorrión común (<i>Passer domesticus</i>)	sisón común (<i>Tetrax tetrax</i>)
ánade real (azulón) (<i>Anas platyrhynchos</i>)	terrera común (<i>Calandrella brachydactyla</i>)	jilguero (<i>Carduelis carduelis</i>)	cernícalo primilla (<i>Falco naumanni</i>), cernícalo vulgar (<i>Falco tinnunculus</i>)
autillo europeo (<i>Otus scops</i>)	verderón europeo o verderón común (<i>Carduelis chloris</i>)	lavandera boyera (<i>Motacilla flava</i>)	chorlitejo chico (<i>Charadrius dubius</i>)
tórtola europea (<i>Streptopelia turtur</i>), tórtola turca (<i>Streptopelia decaocto</i>)	zarcero común (<i>Hippolais polyglotta</i>)	lechuza común (<i>Tyto alba</i>)	cigüeña blanca (<i>Ciconia ciconia</i>), cigüeñuela común (<i>Himantopus himantopus</i>)
triguero (<i>Emberiza calandra</i>)	gorrión moruno (<i>Passer hispaniolensis</i>)	mirlo común (<i>Turdus merula</i>)	codorniz común (<i>Coturnix coturnix</i>)
Anfibios			
rana común (<i>Pelophylax perezi</i>)	gallipato (<i>Pleurodeles waltl</i>)	sapillo moteado ibérico (<i>Pelodytes ibericus</i>)	rana común (<i>Rana perezi</i>)
Mamíferos			
conejo común (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), liebre ibérica (<i>Lepus granatensis</i>)	zorro (<i>Vulpes vulpes</i>)	rata común (<i>Rattus norvegicus</i>), ratón casero (<i>Mus musculus</i>)	topillo mediterráneo (<i>Microtus duodecimcostatus</i>)
Reptiles			
culebra de herradura (<i>Hemorrhois hippocrepis</i>)	salamanquesa común (<i>Tarentola mauritanica</i>)	culebra viperina (<i>Natrix maura</i>)	culebrilla ciega (<i>Blanus cinereus</i>)

Fuente: (Spain, 2023)

7.2. Subsistema perceptual

7.2.1. Paisaje intrínseco

Su paisaje típico de la campiña mediterránea ofrece una amplia variedad de cultivos, como girasol, trigo y olivos, así como áreas de matorral de garriga. La belleza del paisaje

cambia según la temporada, pero siempre atrae a los visitantes que buscan tranquilidad y contacto con la naturaleza.

Entre los recursos turísticos de la zona, destacan las yeguas y ganaderías, famosas por su tradición en el mundo del caballo. Además, el Parque Rural Molino de Viento es un lugar especial gracias a su exuberante vegetación que combina especies autóctonas y ornamentales. Los pinos piñoneros predominan en este parque, además de otras especies como el alcornoque, el álamo, el paraíso, el olivo y el eucalipto.



Figura 21: Parque rural Molino de Viento. Fuente: (Andalucía T. F., 2023)

El Parque Rural Molino de Viento cuenta con diversos puntos de interés, como la ermita de María Auxiliadora. Este lugar sagrado adquiere especial relevancia durante la romería anual que se celebra el último domingo de mayo. La Vía Verde de la Campiña es otro recurso turístico importante, con un tramo de aproximadamente 27 kilómetros apto tanto para caminantes como para ciclistas, ideal para disfrutar de la naturaleza, el senderismo y el cicloturismo.

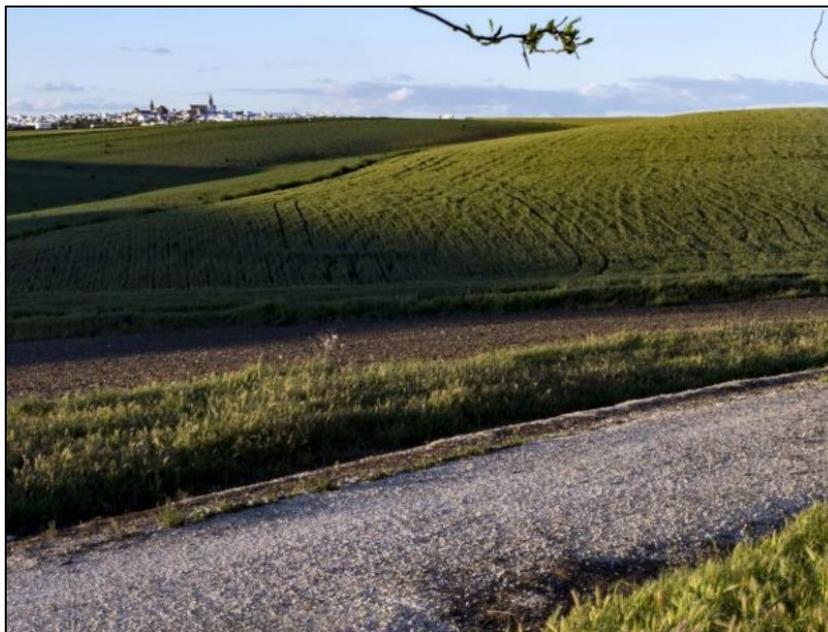


Figura 22: Via verde de la Campiña. Fuente: *(Andalucía T. F., 2023)*

La Fuente de la Reina es otro lugar de interés en Fuentes de Andalucía. Este manantial de origen romano ha sido conservado con mucho cuidado y es alimentado por agua que procede de los arenales cercanos. El Castillo de la Monclova es uno de los edificios más representativos de la zona, albergando una importante colección privada de obras de arte y una capilla. Los Jardines del Castillo de Monclova son también una visita obligada.

En las cercanías de Fuentes de Andalucía se encuentra la ciudad turdetana de Obúlcula, declarada Bien de Interés Cultural por su zona arqueológica. El pueblo presenta tres casas señoriales que datan del siglo XVIII con hermosos miradores barrocos y fachadas que presentan portadas, balcones y motivos artísticos. Todo esto hace de Fuentes de Andalucía un lugar ideal para aquellos que deseen explorar y conocer la historia y la cultura de la región.

7.2.2. Intervisibilidad

La intervisibilidad es un concepto clave para entender cómo diferentes elementos se relacionan visualmente en un entorno determinado. En el caso de Fuentes de Andalucía, la presencia de una gran central termosolar, tiene un impacto significativo en la intervisibilidad del paisaje y la imagen urbana de la localidad.

En lo que respecta a la intervisibilidad entre la central solar térmica en referencia y el casco histórico de Fuentes de Andalucía, existe una relación visual directa entre ambos elementos. Desde varios puntos del municipio, es posible avistar la torre central y los

espejos heliostáticos, lo que crea una conexión visual entre la arquitectura moderna de la central y la riqueza patrimonial del casco histórico. Por ende, hay un impacto en la percepción del entorno por parte de los residentes y visitantes. Algunos pueden percibir esta central termosolar como un hito moderno y una muestra de innovación tecnológica, que agrega valor estético y simbólico al paisaje. Otros pueden considerar que la presencia de Gemasolar altera la armonía visual y el carácter histórico del municipio.

7.2.3. Recursos científico-culturales

Fuentes de Andalucía, situado en la comarca de La Campiña de Carmona, es un lugar privilegiado en términos geográficos. Su entorno está marcado por un suelo agrícola fértil y una presencia abundante de agua subterránea, lo que ha sido fundamental para el desarrollo de una importante actividad agrícola y ganadera en la zona. Estas características han permitido a los investigadores estudiar y desarrollar técnicas agrícolas avanzadas que contribuyen al progreso y la eficiencia en la producción de alimentos.

En relación con los recursos culturales, podemos encontrar:

- ✓ El Castillo de la Monclova que es un monumento histórico valioso que atrae a aquellos interesados en la historia y la arquitectura medieval. La marca "Castillo de la Monclova" ayuda a difundir su importancia y atraer a turistas y entusiastas de la historia.



Figura 23: El Castillo de la Monclova. Fuente: (Andalucía T. F., 2023)

- ✓ El Carnaval de Fuentes de Andalucía es una festividad tradicional vibrante y colorida que atrae a los residentes locales y visitantes de otras regiones. El Jueves Lardero, que da inicio al carnaval antes de la Cuaresma, marca el comienzo de una de las celebraciones más antiguas de Andalucía. Durante esta festividad, las

personas se disfrazan para no ser reconocidas y se realizan actuaciones humorísticas llamadas 'murgas', que narran los eventos más importantes del año anterior. La rica y diversa cultura de Fuentes de Andalucía espera a todos aquellos que desean sumergirse en la historia y la tradición.

- ✓ El Centro de Interpretación del Barroco de Fuentes de Andalucía destaca el rico patrimonio barroco presente en la localidad y en la región de Andalucía en general. Esta marca permite crear conciencia sobre la importancia cultural y artística del barroco y ofrece a los visitantes la oportunidad de aprender más sobre este estilo artístico a través de exposiciones, actividades y recursos educativos.
- ✓ La tradición gastronómica de Fuentes de Andalucía también constituye un recurso científico y cultural de gran relevancia. La cocina andaluza es célebre por su diversidad y sabor, y este pueblo no es una excepción. Los platos típicos, como el refrescante gazpacho, el delicioso salmorejo, el sabroso pescaíto frito y las variadas tapas, forman parte de la identidad culinaria del lugar. Además, la producción de aceite de oliva es una parte esencial de la economía local y una parte integral de la dieta mediterránea, lo que brinda oportunidades de estudio sobre la sostenibilidad y los beneficios de este valioso producto.

7.3. Subsistema población y poblamiento

7.3.1. Usos del suelo rústico

7.3.1.1. Uso recreativo al aire libre

El uso de suelo recreativo en las fuentes de Andalucía destaca el senderismo, pesca, el piragüismo y el remo son actividades acuáticas. En relación con el senderismo es una de las actividades recreativas más comunes y apreciadas en las fuentes de Andalucía, dado que la región cuenta con una extensa red de senderos que recorren sus diversos paisajes, desde las riberas de los ríos hasta las cumbres de las montañas. Estos senderos están bien señalizados y mantenidos, lo que permite a los visitantes explorar y descubrir la belleza natural de la zona de manera segura y cómoda.

La pesca es otra actividad popular y relajante que atrae tanto a los residentes locales como a los turistas. Los ríos y lagos de Andalucía están llenos de diversas especies de peces, como truchas, barbos y lucios, que ofrecen un desafío emocionante para los

entusiastas de la pesca. En el ámbito acuático, el piragüismo y el remo son actividades acuáticas muy populares en las fuentes de Andalucía. (Andalucía T. F., 2023)

7.3.1.2. Uso productivo

En la actualización de SIOSE a 2016, se han identificado cambios significativos en las cuatro principales clases de coberturas de suelo en la comunidad autónoma de Andalucía: agrícola, artificial, forestal y zonas húmedas. Podemos visualizar en la tabla 27, los principales patrones de cambio en las coberturas de suelo, los datos arrojan que la clase forestal ha experimentado la mayoría de los cambios, representando el 50,2% del total. Estos cambios se deben principalmente a la transición de pastizales con arbolado a matorrales con arbolado, o de estas formaciones a bosques densos.

El segundo tipo de cambio más común se encuentra dentro de la clase agrícola, que comprende el 41,3% de los cambios. Esto incluye la conversión de cultivos herbáceos a cultivos leñosos (como olivos y frutales) y viceversa. El tercer tipo de cambio más frecuente ocurre entre diferentes clases, en particular de la clase forestal a la agrícola (13,21%). Esto implica la transformación de pastizales en cultivos (tanto herbáceos como leñosos), matorrales en cultivos, pastizales con arbolado en cultivos, entre otros.

Tabla 28: Ocupación del suelo en Andalucía, SIOSE 2005-2016. Superficie (%).

Usos del suelo	2005	2009	2011	2013	2016
Superficies construidas y alteradas	4,2	4,5	4,7	4,8	4,8
Superficies agrícolas	40,4	40,2	40,0	41,2	41,3
Superficies forestales y naturales	51,9	51,8	51,7	50,4	50,2
Superficies de agua y zonas húmedas	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: (Azul, 2022)

Se destaca la escasa cantidad de cambios que se desprenden de las superficies construidas y alteradas, que representa el 4,8% del total. Por otro lado, se observa la estabilidad de las zonas húmedas, ya que solo un 0,46% de los cambios detectados entre 2013 y 2016 bajaron a esta categoría.

En la tabla 29, se puede observar que la mayor parte de esta superficie está destinada a redes viarias y ferroviarias, representando el 35,8% del total. El siguiente sector más grande es el urbano mixto, que constituye el 32,2% de la superficie. Otros sectores importantes son las zonas industriales y mineras, las instalaciones agrícolas y ganaderas, y los servicios comerciales y de oficinas. Cada uno de estos contribuye con alrededor del 5% al 7% de la superficie total.

En términos de áreas recreativas y de ocio, se observa que la superficie dedicada a estas actividades es relativamente pequeña, representando solo el 3,1% del total. Las infraestructuras energéticas, zonas verdes urbanas, instalaciones de residuos, aeropuertos y puertos representan juntos alrededor del 5% de la superficie total.

Tabla 29: Ocupación de Superficies construidas y alteradas (%).

Superficies construidas y alteradas	Superficie (ha)	%
Redes viarias y ferroviarias	150.485,3	35,8
Urbano mixto	135.493,5	32,2
Zonas industriales	33.014,1	7,9
Zonas mineras	29.138,4	6,9
Instalaciones agrícolas, ganaderas	20.541,3	4,9
Servicios, comercial y oficinas	13.527,5	3,2
Ocio, cultural y deportivo	12.976,9	3,1
Infraestructuras energéticas	10.478,5	2,5
Zonas verdes urbanas	6.199,2	1,5
Infraestructuras de residuos	2.826,2	0,7
Aeropuertos	2.097,6	0,5
Puertos	1.513,9	0,4
Instalación forestal	224,9	0,1
Otras infraestructuras técnicas	1.796,2	0,4
Total	420.313,3	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos de. (Azul, 2022)

En la tabla 30, se observa que la ocupación de Superficies de agua y zonas húmedas total es de 322,184.8 hectáreas, de las cuales un 49.2% corresponden a ríos y cauces con y sin vegetación asociada, mientras que las zonas húmedas artificiales representan el 29.5% de la superficie total. Por último, las otras zonas húmedas naturales ocupan el 21.4% restante.

Tabla 30: Ocupación de Superficies de agua y zonas húmedas (%).

Superficies de agua y zonas húmedas	Superficie (ha)	%
Ríos y cauces con y sin vegetación asociada	158.354,6	49,2
Zonas húmedas artificiales	94.911,2	29,5
Otras zonas húmedas naturales	68.919,0	21,4
Total	322.184,8	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos de (Azul, 2022)

En la tabla 30, Se puede observar que la mayoría de las superficies agrícolas pertenecen a los olivares, con un 43,2%. Los cultivos herbáceos ocupan el segundo lugar con un 42,9% seguido de frutales no cítricos con un 8,6%. También se observa que los frutales cítricos ocupan solo un pequeño porcentaje del área cultivada con un 2,2%.

El uso de invernaderos es limitado, representando solo el 1,5% del total de la superficie. Las combinaciones de cultivos y vegetación y el viñedo ocupan menos del 1% cada uno. Estos datos demuestran la predominancia de la producción de aceite de oliva y el cultivo de cereales en la región.

Tabla 31: Ocupación de Superficies agrícolas (%).

Superficies agrícolas	Superficie (ha)	%
Olivares	1.561.687,7	43,2
Cultivos herbáceos	1.550.424,1	42,9
Frutales no cítricos	311.398,0	8,6
Frutales cítricos	78.842,5	2,2
Invernaderos	53.099,2	1,5
Combinaciones de cultivos y vegetación	32.200,4	0,9
Viñedo	29.971,1	0,8
Combinaciones de cultivos leñosos	67,9	0,0
Total	3.617.690,7	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos de (Azul, 2022)

En la tabla 32, se observa que los matorrales con arbolado puro representan el mayor porcentaje de superficie con un 24,7%, seguido por los matorrales y pastizales con arbolado puro con un 20,7% y 18,5% respectivamente. También se destaca la existencia de bosques de coníferas y de Quercíneas, los cuales ocupan una proporción significativa de la superficie forestal con un 7,1% y 6,0% respectivamente. Por otro lado, los

matorrales con arbolado mixto, el suelo desnudo y las combinaciones de cultivos y vegetación tienen menor presencia en la zona estudiada.

En general, los datos presentados sugieren una importante presencia de vegetación natural en la zona, aunque también es importante tener en cuenta la existencia de áreas de suelo desnudo y de cultivos intercalados con la vegetación natural. Estos datos pueden servir como punto de partida para la planificación y gestión sostenible de la zona estudiada.

Tabla 32: Ocupación de Superficies forestales y naturales (%).

Superficies forestales y naturales	Superficie (ha)	%
Matorrales con arbolado puro	1.087.066,5	24,7
Matorral	911.393,0	20,7
Pastizales con arbolado puro	813.121,7	18,5
Pastizal	354.233,5	8,1
Bosque de coníferas	312.175,0	7,1
Bosques de Quercíneas	261.924,9	6,0
Matorrales con arbolado mixto	161.187,7	3,7
Suelo desnudo	136.459,5	3,1
Combinaciones de cultivos y vegetación	87.693,7	2,0
Bosque mixto	68.342,5	1,6
Pastizales con arbolado mixto	49.988,5	1,1
Playas, dunas, acantilados y arenales	47.405,3	1,1
Cortafuegos	44.112,2	1,0
Bosque de eucaliptos	32.681,2	0,7
Bosque de otras frondosas	24.319,4	0,6
Suelo desestructurado	3.277,0	0,1
Zonas incendiadas	0,0	0,0
Total	4.395.381,7	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos de (Azul, 2022)

En la Figura 24, podemos visualizar que las pérdidas de suelo se clasifican en cuatro categorías: bajas, moderadas, altas y muy altas. Estos porcentajes representan

la proporción de pérdidas de suelo en cada categoría en relación con la superficie de Andalucía (para más detalle de los valores anuales, ver Anexo II)

Las categorías de pérdidas de suelo más comunes son las bajas y moderadas, seguidas de las altas y muy altas. Esto sugiere que la mayoría de las pérdidas de suelo están dentro de rangos considerados como menos severos. En general, se observa una disminución en las pérdidas de suelo a lo largo del tiempo. En los primeros años del período analizado, las pérdidas de suelo fueron más altas, pero estas posteriormente disminuyeron.

En algunos años, como 1996, 1997 y 2005, se registraron porcentajes más altos en la categoría de pérdidas de suelo muy altas. Estos años pueden indicar situaciones de mayor degradación del suelo en algunas áreas de la región. En el año 2020, se observa un aumento en las pérdidas de suelo en la categoría muy alta en comparación con años anteriores, aunque el porcentaje sigue siendo relativamente bajo en relación con las otras categorías.

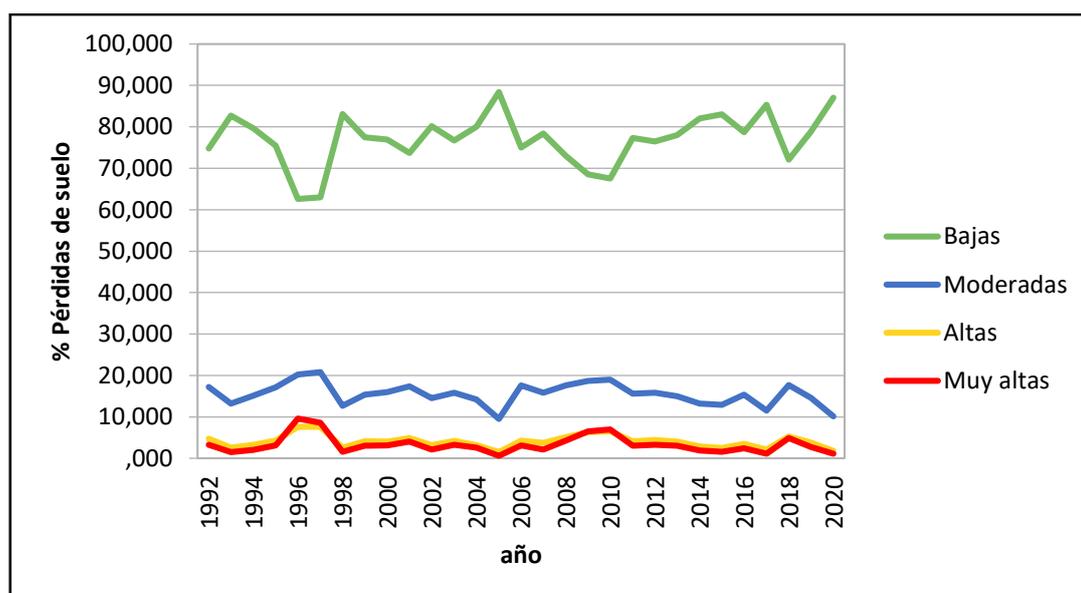


Figura 24: Estimación de pérdidas de suelo en Andalucía 1992-2020. Fuente: Sistema de Indicadores Ambientales de la Red de Información Ambiental de Andalucía

En relación con la tabla 33, las estimaciones de pérdidas de suelo en la comunidad autónoma de Andalucía muestran variaciones significativas entre las diferentes provincias. En términos generales, la provincia de Sevilla presenta un porcentaje más alto de pérdidas de suelo en todas las categorías en comparación con la media de Andalucía. Esto indica que la provincia de Sevilla ha experimentado un nivel más significativo de degradación del suelo en comparación con otras provincias de la región.

En comparación con otras provincias, Sevilla tiene un porcentaje más bajo de pérdidas de suelo en la categoría de "muy altas". Sin embargo, sigue siendo importante abordar estas pérdidas para prevenir una mayor degradación del suelo.

Tabla 33: Estimación de pérdidas de suelo por provincia en la comunidad autónoma de Andalucía (%).

Estimación de pérdidas de suelo. Media del periodo 1992-2019 (% sobre superficie provincial o regional)									
Pérdidas de suelo	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Bajas	77,6	62,0	76,6	73,5	88,9	63,0	50,5	83,5	73,3
Moderadas	18,2	23,0	17,7	18,4	9,2	24,1	29,4	13,0	18,5
Altas	2,9	8,1	3,9	4,8	1,3	7,4	11,1	2,4	4,9
Muy altas	1,3	6,9	1,8	3,3	0,6	5,5	9,0	1,1	3,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a la base de datos de (Azul, 2022)

7.3.2. Características culturales y relaciones económicas

Fuentes de Andalucía, como muchas otras localidades en Andalucía, tiene una historia rica y fascinante que se refleja en su patrimonio cultural. El pueblo tiene raíces que se remontan a la época romana, y algunos hallazgos arqueológicos han demostrado la presencia de asentamientos humanos en la región desde tiempos antiguos. Sin embargo, la configuración actual del pueblo se desarrolló principalmente durante la Edad Media y la época de la Reconquista, cuando fue parte de la frontera entre los reinos cristianos y musulmanes. Uno de los principales tesoros históricos de Fuentes de Andalucía es su iglesia parroquial, dedicada a Nuestra Señora de las Nieves. Además de la iglesia, el pueblo cuenta con otras edificaciones históricas, como la Casa de Pilatos, un palacio renacentista que data del siglo XVI, que a menudo se utilizan como escenarios para eventos culturales y festivos.

Ferias y Fiestas Locales: Una de las festividades más importantes de Fuentes de Andalucía es la Feria de la Cruz de Mayo, que se celebra a principios de mayo. Durante esta colorida celebración, las calles del pueblo se adornan con cruces florales, y los vecinos participan en bailes, música y procesiones religiosas. La Feria de la Cruz de Mayo es un ejemplo destacado de cómo la religión y la cultura se fusionan en las festividades

andaluzas. Otra celebración significativa es la Semana Santa, una tradición profundamente arraigada en toda Andalucía. (Andalucía T. F., 2023)

Gastronomía: La gastronomía andaluza es famosa por su sabor y diversidad, y Fuentes de Andalucía no es una excepción. Los platos tradicionales de la zona reflejan la influencia de la cultura árabe y romana en la región. Algunos de los platos más representativos de Fuentes de Andalucía incluyen:

- Salmorejo: Una variante del gazpacho, una sopa fría a base de tomate, pan, aceite de oliva y ajo, que se sirve con huevo duro y jamón serrano.
- Gazpacho: La versión tradicional de esta sopa fría se elabora con tomates, pepininos, pimientos, cebollas, aceite de oliva y vinagre.
- Flamenquín: Un plato frito que consiste en carne de cerdo o pollo envuelta en jamón serrano y luego rebozada en huevo y pan rallado.
- Pestiños: Un dulce frito que se prepara en Navidad y Semana Santa, elaborado con masa de harina, aceite de oliva y miel. (Andalucía T. F., 2023)

Música y Baile: La música y el baile son elementos esenciales de la cultura andaluza. En Fuentes de Andalucía, el flamenco tiene un lugar especial en el corazón de la comunidad. El pueblo cuenta con varios tablaos y peñas flamencas donde se organizan espectáculos de cante, baile y guitarra flamenca. La bulería, la soleá y la seguiriyala son palos flamencos que se interpretan con pasión y habilidad en estas actuaciones. (Andalucía T. F., 2023)

Artesanía: La artesanía local también es una parte importante de la cultura de Fuentes de Andalucía. Los artesanos locales crean hermosos productos que reflejan la tradición andaluza, como azulejos pintados a mano, cerámica, mantones de Manila y productos de cuero. Estas artesanías se han transmitido de generación en generación y son muy valoradas tanto por los residentes como por los visitantes. (Andalucía T. F., 2023)

Relaciones Económicas: La economía de Fuentes de Andalucía ha experimentado cambios significativos a lo largo de su historia. Originalmente, la agricultura y la ganadería eran las principales fuentes de ingresos para la población local. La tierra fértil y el clima favorable de la región permitían el cultivo de una variedad de productos agrícolas, como cereales, aceitunas, uvas y legumbres. También se criaban ganado ovino y caprino en las tierras circundantes. Con el tiempo, la economía local ha diversificado sus fuentes de

ingresos. La producción de aceite de oliva se ha convertido en una industria importante, con numerosos molinos de aceite en la zona que procesan las olivas cosechadas en los olivares locales. Este aceite de oliva de alta calidad se exporta a nivel nacional e internacional y contribuye significativamente a la economía local. La construcción y el sector inmobiliario también han experimentado un auge en Fuentes de Andalucía en las últimas décadas, con la construcción de nuevas viviendas y urbanizaciones para satisfacer la demanda de residentes y turistas. La belleza natural de la región y su proximidad a Sevilla han contribuido a este crecimiento. El turismo es una fuente de ingresos cada vez más importante en Fuentes de Andalucía. La riqueza de su patrimonio cultural, sus festividades tradicionales y su entorno natural atraen a visitantes durante todo el año. El turismo rural y el turismo relacionado con la Semana Santa son especialmente relevantes en la economía local.

7.3.3. Infraestructura

7.3.3.1. Infraestructura viaria

Fuentes de Andalucía se encuentra conectado a través de una red de carreteras que lo vinculan con otras partes de la región y del país. Las principales vías de acceso a Fuentes de Andalucía son las siguientes:

- E5 / A4: La Autovía del Sur, también conocida como A-4 o E5, es una de las arterias de transporte más importantes de España. Esta carretera conecta Madrid con Sevilla, y atraviesa Fuentes de Andalucía en su camino hacia el sur. La A-4 es esencial para el transporte de mercancías y viajeros, lo que hace que Fuentes de Andalucía tenga una ubicación estratégica para el comercio y el turismo.
- A-407: La carretera A-407 es otra vía importante que conecta Fuentes de Andalucía con la ciudad de Écija, ubicada al noroeste. Esta carretera es fundamental para las comunicaciones locales y regionales, facilitando el acceso a servicios y mercados cercanos.
- A-431: La A-431 es una carretera que enlaza Fuentes de Andalucía con Osuna, otra ciudad importante de la provincia de Sevilla. Esta conexión juega un papel vital en el desarrollo económico y comercial de la región.
- Caminos Rurales: Además de las carreteras principales, Fuentes de Andalucía cuenta con una red de caminos rurales que conectan las áreas rurales circundantes. Estos caminos son cruciales para la agricultura y el acceso a las fincas agrícolas

que son una parte importante de la economía local. Los caminos rurales también brindan oportunidades para el turismo rural y la exploración de la belleza natural de la región.

7.4. Subsistema socio económico

7.4.1. Población

7.4.1.1. Dinámica poblacional

Dado que el proyecto se ubica aproximadamente a 9,6 km del pueblo de Fuentes de Andalucía, es relevante analizar la población de dicho municipio. Según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2022, la población total en Fuentes de Andalucía es de 7.173 habitantes, con 3.569 hombres y 3.604 mujeres. Estos números indican una distribución relativamente equilibrada en términos de género en el municipio. Además, la edad media de la población en Fuentes de Andalucía es de 44 años. Es importante destacar que la mayoría de la población reside en los núcleos de Fuentes de Andalucía, donde se concentran 7.098 habitantes, mientras que un número más reducido, de aproximadamente 75 habitantes, vive en áreas diseminadas. Esto indica una concentración de población en los centros urbanos del municipio.

La dinámica poblacional se relaciona a los cambios y tendencias que ocurren en la población a lo largo del tiempo. Algunos aspectos relevantes para considerar son: crecimiento demográfico, el saldo migratorio (diferencia entre inmigración y emigración), la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad. Estos indicadores permiten comprender si la población está aumentando, disminuyendo o manteniéndose estable, así como las causas subyacentes de estos cambios.

En general, la población de Fuentes de Andalucía ha experimentado fluctuaciones a lo largo de los años, con algunos períodos de crecimiento y otros de estabilidad o incluso disminución. En el gráfico 8, podemos visualizar que, desde la década de 1980 hasta principios de la década de 1990, se observa un crecimiento gradual de la población. Sin embargo, desde la década de 1990 hasta aproximadamente 2003, hubo una tendencia a la baja o una disminución leve en el número total de habitantes. A partir de 2003, se observa una tendencia general de crecimiento en la población de Fuentes de Andalucía. Aunque puede haber variaciones anuales, se puede notar un incremento gradual en el número total de habitantes.

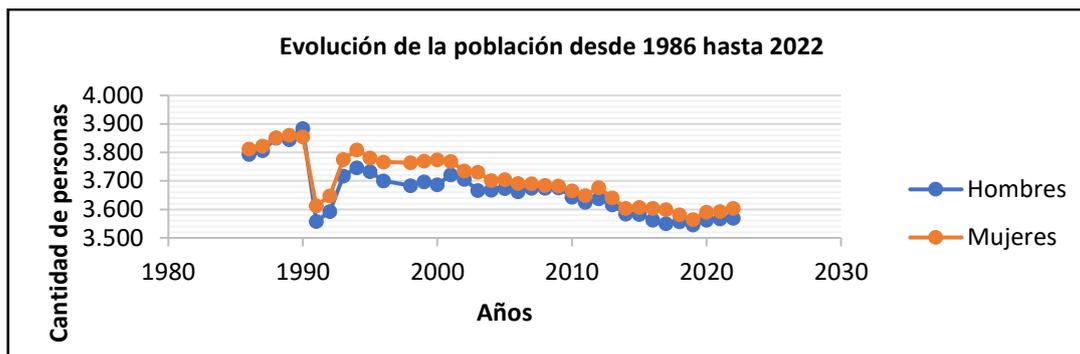


Figura 25: Evolución de la población Fuentes de Andalucía desde 1986 al 2022. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes

Al analizar la evolución de los nacimientos y defunciones, así como los matrimonios en el periodo proporcionado en la tabla 34, se pueden observar algunas tendencias y cambios a lo largo del tiempo. En relación a los nacimientos y defunciones, se puede apreciar una disminución en el número de nacimientos a lo largo de los años, con fluctuaciones anuales. Se destaca que en los últimos años, desde 2020 hasta 2021, ha habido una disminución significativa en los nacimientos, con una diferencia de -36 y -15 respectivamente. Por otro lado, el número de defunciones también ha mostrado una tendencia a la baja, aunque con algunas variaciones en determinados años. Esto ha llevado a que la diferencia entre nacimientos y defunciones sea negativa en la mayoría de los años, lo que indica un saldo negativo en términos de crecimiento natural de la población.

En lo que respecta a los matrimonios, se observa una variabilidad en el número de matrimonios a lo largo del periodo estudiado. Algunos años muestran un aumento en el número de matrimonios, mientras que otros presentan una disminución. No se aprecia una tendencia clara a lo largo del tiempo, pero es notable que en los últimos años ha habido una disminución en comparación con años anteriores. Estos datos pueden reflejar cambios demográficos y sociales en el municipio y en la sociedad en general. Factores como la planificación familiar, cambios en las estructuras familiares, tasas de fertilidad y mortalidad, así como la evolución de las normas y valores relacionados con el matrimonio, pueden influir en estas tendencias.

Tabla 34: Evolución de nacimientos, defunciones y matrimonios en Fuentes de Andalucía.

Evolución Nacimientos y Defunciones				Evolución Matrimonios	
Año	Nacimientos	Fallecidos	Diferencia	Año	Matrimonios
2021	56	71	-15	2021	29
2020	41	77	-36	2020	9
2019	52	57	-5	2019	28
2018	54	71	-17	2018	38
2017	59	75	-16	2017	32
2016	56	75	-19	2016	37
2015	64	68	-4	2015	32
2014	67	72	-5	2014	29
2013	62	78	-16	2013	18
2012	65	81	-16	2012	26
2011	78	64	14	2011	25
2010	57	84	-27	2010	38
2009	59	89	-30	2009	39
2008	64	82	-18	2008	21
2007	67	85	-18	2007	23
2006	73	75	-2	2006	35
2005	61	67	-6	2005	47
2004	77	79	-2	2004	25

Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes

En relación con la población estacional máxima, esto se refiere a una estimación que refleja la capacidad máxima que tiene el municipio de Fuentes de Andalucía para albergar residentes, trabajadores, estudiantes y otras personas que tienen algún tipo de vínculo o relación con el municipio. Anualmente, el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas y las Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consejos Insulares colaboran para recopilar la información relevante y publicarla con el fin de proporcionar una visión actualizada de la población estacional máxima de los diferentes municipios. De esta forma, se puede planificar mejor la gestión de recursos y servicios para garantizar el bienestar de todos los que forman parte de la comunidad de Fuentes de Andalucía.

Tabla 35: Población estacional máxima en Fuentes de Andalucía.

Población Estacional Máxima	
Año	Personas
2015	9.760
2014	9.760
2013	9.760
2012	9.760
2011	9.760
2010	9.777
2009	9.777
2008	9.782
2005	9.773
2000	9.898

Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes

En los últimos años registrados, desde 2008 hasta 2015, se ha mantenido una constante de 9.760 personas como población máxima estacional. Esto sugiere que el municipio ha logrado mantener una capacidad estable para acoger a residentes temporales, trabajadores, estudiantes y visitantes en diferentes épocas del año. Es importante destacar que la estabilidad en la población estacional máxima puede estar influenciada por diversos factores, como la disponibilidad de empleo, la oferta educativa, los eventos culturales y turísticos, entre otros. Estos elementos pueden afectar la atracción de personas a la localidad en diferentes períodos del año.

En términos de movimientos migratorios, en 2021 se registraron 108 emigraciones y 138 inmigraciones en Fuentes de Andalucía. Estos datos son indicativos de los flujos migratorios y pueden reflejar la atracción o salida de personas hacia o desde el municipio. Además, en 2022 había 159 residentes extranjeros en Fuentes de Andalucía, siendo Marruecos la principal procedencia, representando el 34% del total de la población extranjera. Estos datos demográficos proporcionan una comprensión más completa de la población en Fuentes de Andalucía y son relevantes para el análisis de impacto y planificación de proyectos que se encuentran en la zona. Es importante tener en cuenta la dinámica

demográfica y los cambios en la composición de la población al desarrollar iniciativas y políticas que satisfagan las necesidades de la comunidad.

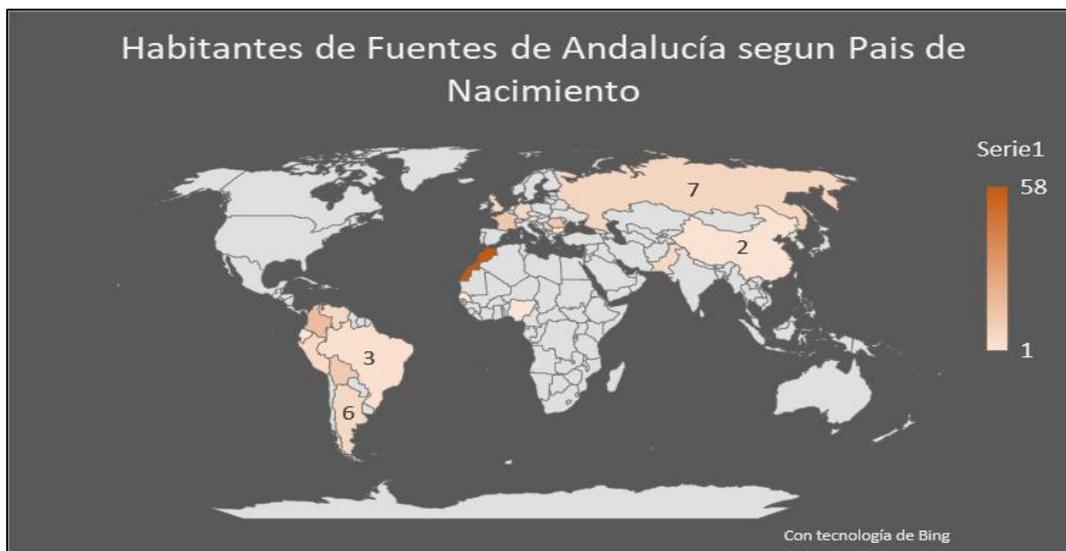


Figura 26: Habitantes de Fuentes de Andalucía según País de Nacimiento. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes

Tabla 36: Porcentaje de habitantes según país de nacimiento en Fuentes de Andalucía.

Habitantes según país de Nacimiento

<i>Pais</i>	2022	Dif (2021)	<i>Pais</i>	2022	Dif (2021)
<i>Bulgaria</i>	1	0,47%	Cuba	2	0,95%
<i>Francia</i>	13	6,16%	Argentina	6	2,84%
<i>Portugal</i>	2	0,95%	Bolivia	12	5,69%
<i>Reino Unido</i>	5	2,37%	Brasil	3	1,42%
<i>Alemania</i>	6	2,84%	Colombia	17	8,06%
<i>Rumanía</i>	13	6,16%	Ecuador	1	0,47%
<i>Rusia</i>	7	3,32%	Perú	5	2,37%
<i>Marruecos</i>	58	27,49%	Venezuela	6	2,84%
<i>Nigeria</i>	1	0,47%	China	2	0,95%
<i>Senegal</i>	1	0,47%	Pakistán	6	2,84%
<i>Otros</i>	44	20,85%	Total	211	100,00%

Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Padrón Municipal de Habitantes

7.4.1.2. Estructura poblacional

En cuanto a la estructura poblacional, se refiere a la distribución de la población según características como la edad, el sexo y otros aspectos sociodemográficos. En la siguiente tabla demográfica de Fuentes de Andalucía se muestra la distribución de la población según diferentes rangos de edad, desglosados por hombres y mujeres. Los datos reflejan la cantidad de personas en cada grupo de edad en el municipio.

Tabla 37: Demografía del Municipio Fuentes de Andalucía.

Población de Fuentes de Andalucía por sexo y edad 2022			
Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-5	140	133	273
5-10	152	174	326
10-15	149	175	324
15-20	188	190	378
20-25	200	195	395
25-30	205	212	417
30-35	231	199	430
35-40	242	208	450
40-45	268	250	518
45-50	291	296	587
50-55	318	264	582
55-60	287	236	523
60-65	213	202	415
65-70	202	218	420
70-75	163	182	345
75-80	162	171	333
80-85	74	122	196
+85	84	177	261
Total	3569	3604	7173

Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Revisión del Nomenclator de enero de 2019 del Instituto Nacional de Estadística

Año 2022

Al analizar la tabla que muestra la distribución de la población por grupos de edad en el municipio de Fuentes de Andalucía, se pueden observar algunas tendencias y patrones interesantes. En general, se puede ver que la población es relativamente equilibrada en términos de género, con ligeras variaciones en algunos grupos de edad. A continuación, se presentan algunos puntos destacados:

- ✓ Distribución por grupos de edad: El grupo de edad más representado en el municipio es el de 45-50 años, con un total de 587 personas. Le siguen los grupos de edad de 50-55 años (582 personas) y 40-45 años (518 personas). Estos grupos de edad muestran una mayor concentración de personas en comparación con otros grupos.
- ✓ Distribución por edades tempranas: En los grupos de edad de 0-5 años, 5-10 años y 10-15 años, se puede observar una proporción similar de hombres y mujeres, con ligeras variaciones. Esto indica una distribución equilibrada de la población infantil en el municipio.
- ✓ Incremento gradual en el grupo de edad de 20 a 55 años: A medida que avanzamos en los grupos de edad, se observa un aumento gradual en la cantidad de personas, especialmente en el rango de edad de 20 a 55 años. Esto sugiere una población activa y en edad laboral en el municipio.
- ✓ Estabilidad en el grupo de edad de 55 a 75 años: Los grupos de edad de 55 a 75 años muestran una cantidad relativamente estable de hombres y mujeres, lo que indica una población más estable en términos de edad y posiblemente un envejecimiento gradual de la misma.
- ✓ Distribución por edades avanzadas: A medida que aumenta la edad, se observa una disminución en la cantidad de hombres y mujeres. Esto es consistente con el patrón general de disminución de la población en grupos de edad más avanzados debido a factores como la mortalidad y la esperanza de vida. Adicionalmente, podemos notar una tendencia que se hace más evidente en los grupos de edad de 80-85 años y +85 años, donde la proporción de mujeres es significativamente mayor que la de hombres.

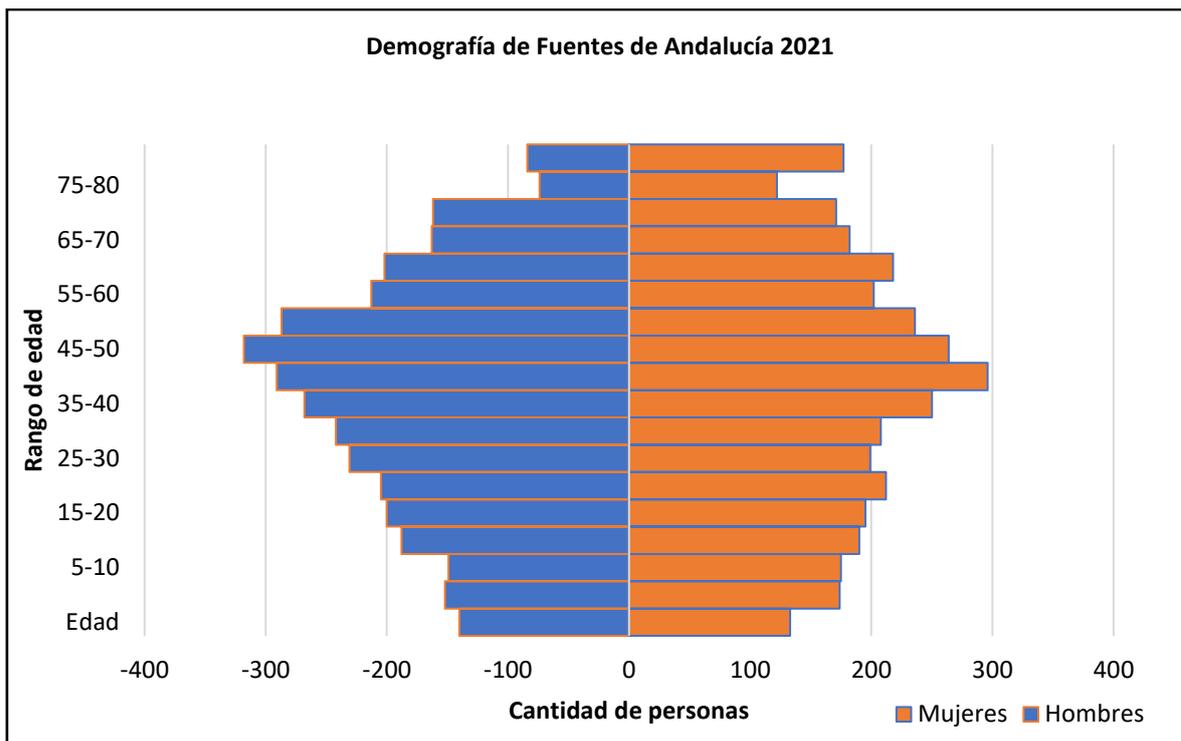


Figura 27: Demografía de Fuentes de Andalucía por grupo de edad. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.

Según los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), basados en el padrón municipal 2022, se ha observado que el 76,13% de los habitantes empadronados en el Municipio de Fuentes de Andalucía han nacido en este mismo municipio. Esto corresponde a un total de 5.461 personas. Además, se ha registrado que el 20,93% de los habitantes han emigrado a Fuentes de Andalucía desde diferentes lugares de España. De este grupo, el 15,75% (1.130 personas) proviene de otros municipios de la provincia de Sevilla. Por otro lado, el 1,87% (134 personas) ha llegado desde otras provincias de la comunidad autónoma de Andalucía. Asimismo, el 3,30% (237 personas) proceden de otras comunidades autónomas de España, mientras que el 2,94% (211 personas) han emigrado a Fuentes de Andalucía desde otros países.

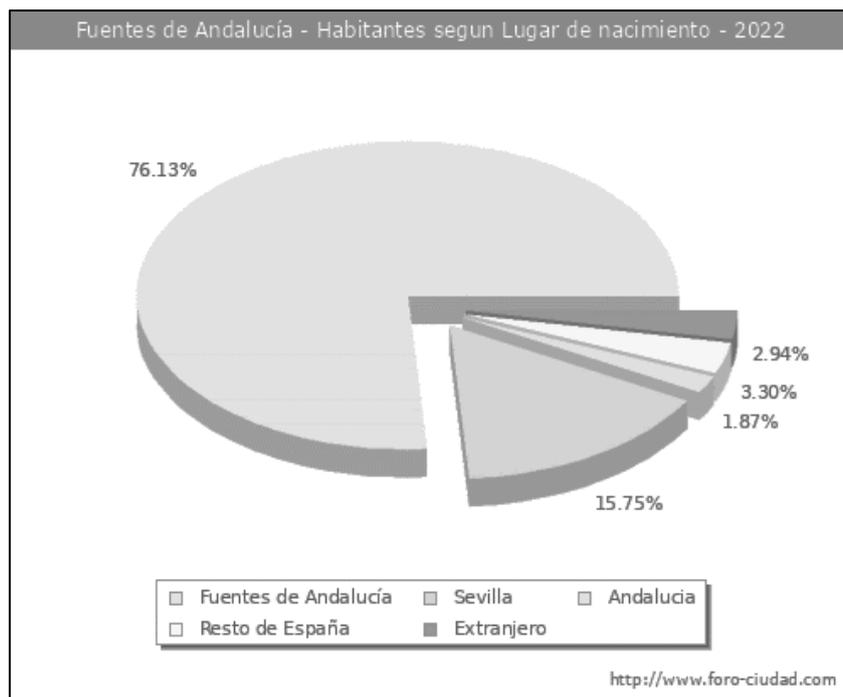


Figura 28: Habitantes segun lugar nacimiento en Fuentes de Andalucía-2022.Fuente: (ciudad, 2022)

7.4.1.3. Densidad de población

En base a los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), se ha determinado que la densidad de población en Fuentes de Andalucía es de 47,65 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta cifra representa el promedio de personas que residen en cada kilómetro cuadrado del municipio. Para tener una mejor comprensión de la distribución de la población en el casco urbano de Fuentes de Andalucía, podemos visualizar en la Figura 29, un mapa que representa las diferentes secciones censales y su respectiva densidad de población. Cabe destacar que, en el mapa, la densidad se presenta en términos de habitantes por cada 1.000 metros cuadrados, por lo que para obtener la densidad en kilómetros cuadrados es necesario multiplicar el valor por 1.000.

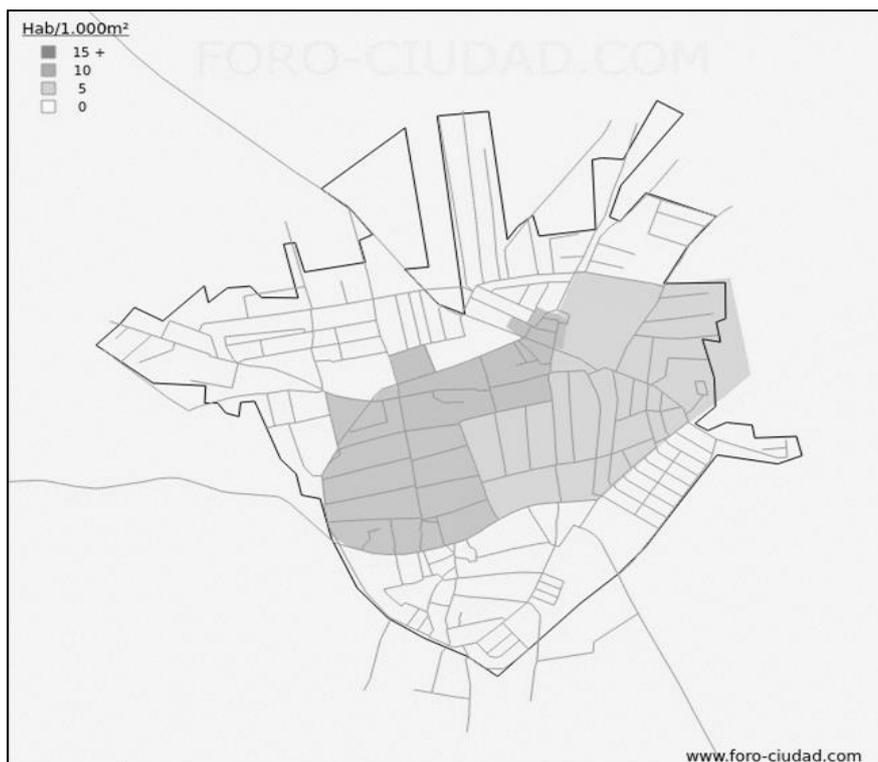


Figura 29: Mapa de densidad de población de Fuentes de Andalucía 2019. Fuente: (ciudad, 2022)

El mapa revela que la densidad de población varía significativamente en diferentes áreas del casco urbano de Fuentes de Andalucía. Algunas secciones censales presentan una mayor concentración de habitantes por unidad de superficie, mientras que otras tienen una densidad más baja. Esta variación puede deberse a factores como la distribución de viviendas, la disponibilidad de terrenos urbanizables y la planificación urbana.

7.4.2. Economía

7.4.2.1. Renta

De acuerdo con la información proporcionada por el Ministerio de Hacienda, se observa que en el municipio de Fuentes de Andalucía, la renta bruta media por declarante en el año 2019 fue de 16.465€. Esta cifra representa un aumento de 603€ en comparación con el año anterior, 2018. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la renta disponible media por declarante, una vez se han deducido los impuestos correspondientes al Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF) y las contribuciones realizadas a la Seguridad Social, se situó en 14.464€ en el año 2019. Este valor muestra un incremento de 475€ en comparación con el año anterior, 2018.

Estos datos reflejan una tendencia positiva en cuanto a la renta bruta y disponible en el municipio de Fuentes de Andalucía. El aumento en la renta bruta media por declarante puede indicar un crecimiento económico en el área, mientras que el incremento en la renta disponible sugiere una mejora en la capacidad de gasto y ahorro de los declarantes.

Tabla 38: Evolución de la renta media en Fuentes de Andalucía.

Evolución de la Renta Media en Fuentes de Andalucía				
Año	Renta Bruta	Variación	Renta Disponible	Variación
2019	16.465 €	603€ (3,66%)	14.464 €	475€ (3,28%)
2018	15.862 €	-236€ (-1,49%)	13.989 €	-158€ (-1,13%)
2017	16.098 €	1.006€ (6,25%)	14.147 €	804€ (5,68%)
2016	15.092 €	378€ (2,50%)	13.343 €	261€ (1,96%)
2015	14.714 €	75€ (0,51%)	13.082 €	245€ (1,87%)
2014	14.639 €	539€ (3,68%)	12.837 €	388€ (3,02%)
2013	14.100 €	0€ (0,00%)	12.449 €	0€ (0,00%)

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Ministerio de Hacienda.

Según los datos recopilados en el año 2019, el municipio de Fuentes de Andalucía ocupa la posición número 82 en términos de renta bruta media en la provincia de Sevilla. A nivel regional, se sitúa en la posición número 455 dentro de la comunidad de Andalucía, y a nivel nacional (excluyendo País Vasco y Navarra), se encuentra en la posición número 5244.

A continuación, se muestra una tabla que compara la posición de Fuentes de Andalucía con otros municipios cercanos y de población similar en términos de renta bruta media:

Tabla 39: Renta en municipios cercanos de Fuentes de Andalucía.

Renta Municipios Cercanos				
Municipio	Renta Bruta	Posición Provincial	Posición Comunidad	Posición Nacional
Sevilla (Sevilla)	29.866 €	9	13 €	424
Marchena (Sevilla)	20.371 €	35	142 €	2877
La Luisiana (Sevilla)	17.989 €	65	294 €	4235
Campillo de Altobuey (Cuenca)	16.467 €	103	539 €	5243
Fuentes de Andalucía (Sevilla)	16.465 €	82	455 €	5244
La Portellada (Teruel)	16.465 €	123	487 €	5245
Lantejuela (Sevilla)	15.471 €	96	577 €	5896

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Ministerio de Hacienda.

De acuerdo con esta tabla, se puede observar que Fuentes de Andalucía se encuentra en una posición intermedia en comparación con los municipios cercanos y de población similar en términos de renta bruta media. Aunque se sitúa por debajo de Sevilla, Marchena y La Luisiana, se encuentra por encima de municipios como Campillo de Altobuey, La Portellada y Lantejuela. Cabe indicar que estos datos reflejan la situación económica en términos de ingresos en el municipio de Fuentes de Andalucía en comparación con su entorno. Es importante tener en cuenta estos indicadores para comprender la situación socioeconómica de la región y poder tomar decisiones y medidas adecuadas para promover el desarrollo y el bienestar de la comunidad local.

7.4.2.2. Actividades y relaciones económicas

La actividad económica principal en Andalucía se determina por el número de establecimientos en funcionamiento, los cuales son unidades que producen bienes y/o servicios bajo la responsabilidad de un titular o empresa en un lugar fijo y permanente. Este análisis se realiza utilizando información del Directorio de establecimientos con actividad económica en Andalucía, que cubre todos los establecimientos ubicados en la comunidad autónoma y se actualiza al menos una vez al año. El Directorio no incluye actividades económicas que no forman parte del Producto Interior Bruto regional, ni aquellas realizadas en unidades móviles o sin instalación permanente, ni las que se llevan a cabo en viviendas

familiares sin identificación exterior y sin acceso fácil al público. Las secciones consideradas en el Directorio cubren una amplia gama de actividades económicas, lo que permite tener una visión integral de la estructura económica de la región y facilitar el análisis y la toma de decisiones en materia de desarrollo económico y planificación empresarial.

Las secciones consideradas en el Directorio son diversas y cubren una amplia gama de actividades económicas, que incluyen agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; industrias extractivas; industria manufacturera; suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado; suministro de agua, saneamiento y gestión de residuos; construcción; comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos; transporte y almacenaje; hostelería; información y comunicaciones; actividades financieras y de seguros; actividades inmobiliarias; actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades administrativas y servicios auxiliares; administración pública y defensa; educación; actividades sanitarias y de servicios sociales; actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento; y otros servicios.



Figura 30: Principales actividades económicas 2021 en Fuentes de Andalucía. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.

Al analizar las principales actividades económicas en el año 2021 en función del número de establecimientos, podemos indicar lo siguiente:

- I. **Sección G. Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas:** Esta sección tiene el mayor número de establecimientos, con un total de 153. Esto indica que el sector comercial es una de las principales actividades económicas en el período analizado. Este sector

abarca tanto el comercio mayorista como minorista, así como la reparación de vehículos, lo que refleja una amplia variedad de negocios y servicios relacionados con la venta y mantenimiento de productos.

En relación al parque automotriz, en el 2022 existe un total de 6.471 vehículos registrados en Fuentes de Andalucía, lo que proporciona una visión general de la movilidad en la localidad y el nicho de mercado para el comercio mayorista y minorista en este sector. Los datos sugieren que los turismos y las motocicletas son los vehículos más comunes en la zona, lo que refleja la preferencia por medios de transporte personales y ágiles. La presencia de furgonetas y camiones indica una actividad comercial y logística, mientras que los tractores industriales sugieren una relevante actividad agrícola e industrial.

Tabla 40: Parque automotriz en Fuentes de Andalucía.

Territorio	
Tipo de vehículo	Fuentes de Andalucía
Turismos	3.963
Motocicletas	507
Furgonetas	282
Camiones Hasta 3.500 Kg	311
Camiones más de 3.500 Kg	28
Tractores industriales	52
Ciclomotores	1.081
Remolques y semirremolques	104
Otros vehículos	143
Total	6.471

Fuente: Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. -2022

II. Sección A. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca:

Esta sección ocupa el segundo lugar en términos de número de establecimientos, con un total de 142. Esto señala la importancia de las actividades relacionadas con la producción agrícola, ganadera, forestal y pesquera en la economía. Estas actividades suelen ser fundamentales en áreas rurales y desempeñan un papel crucial en la provisión de alimentos y materias primas. Los cultivos herbáceos se centran en los cultivos temporales, praderas temporales y huertas (incluyendo invernaderos). Se distingue entre los principales cultivos de secado, que se desarrollan en terrenos sin riego artificial, y los principales cultivos de regadío, que se benefician del riego controlado.

En el año 2020, se sembraron un total de 10.530 hectáreas de superficie en Fuentes de Andalucía para cultivos herbáceos. Esta cifra refleja la extensión de tierra utilizada para la producción de plantas herbáceas en la región. El principal cultivo herbáceo de regadío fue el algodón, que ocupó una superficie destinada de aproximadamente 176 hectáreas. Por otro lado, el trigo se posicionó como el principal cultivo herbáceo de secano en Fuentes de Andalucía durante ese mismo año. El trigo es un cultivo que no depende del riego artificial y se desarrolla en condiciones de precipitación natural. En el municipio, se destinaron aproximadamente 2.948 hectáreas para el cultivo de trigo en secano.

En cuanto a los cultivos leñosos, en el año 2020 se emplearon alrededor de 1.900 hectáreas de superficie, que incluyen árboles y arbustos perennes, lo cual desempeñan un papel relevante en la economía agrícola local. El principal cultivo leñoso fue el olivar de aceituna de aceite. Este cultivo, altamente valorado por su producción de aceite de oliva, se benefició del riego para su desarrollo óptimo. La superficie destinada a este cultivo de regadío fue de aproximadamente 1.250 hectáreas.

Tabla 41: Superficie y principal cultivo en Fuentes de Andalucía

Provincia	Sevilla
Municipio	Fuentes de Andalucía
Superficie dedicada a cultivos herbáceos (ha). 2020	10.530
Principal cultivo herbáceo de regadío. 2020	Algodón
Principal cultivo herbáceo de regadío (ha). 2020	176
Principal cultivo herbáceo de secano. 2020	Trigo
Principal cultivo herbáceo de secano (ha). 2020	2.948
Superficie dedicada a cultivos leñosos (ha). 2020	1.900
Principal cultivo leñoso de regadío. 2020	Olivar aceituna de aceite
Principal cultivo leñoso de regadío (ha). 2020	1.250
Principal cultivo leñoso de secano. 2020	Olivar aceituna de aceite
Principal cultivo leñoso de secano (ha). 2020	450

Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía

III. Sección C. Industria manufacturera:

La sección de industria manufacturera cuenta con 54 establecimientos. Esta categoría engloba la producción y transformación de bienes a través de procesos industriales. Aunque tiene menos establecimientos en comparación con el comercio y la agricultura, la industria manufacturera puede tener un impacto significativo en la economía, ya que involucra la creación de productos y el empleo de mano de obra.

En la tabla 42, podemos visualizar los datos proporcionados sobre las actividades económicas en Fuentes de Andalucía revelan una diversidad de sectores presentes en la localidad. Destacan la presencia de actividades comerciales, como el comercio y la hostelería, así como la fabricación de muebles, metalurgia y reparación de maquinaria. Sin embargo, algunos sectores importantes en la región, como la industria agroalimentaria y la aeronáutica, no se mencionan en los datos proporcionados.

Tabla 42: Número de establecimientos en espacios productivos por actividad.

Territorio	
Tipo de actividad	Fuentes de Andalucía
industrial	1
Energía, agua y residuos	2
Industria manufacturera Muebles	1
Industria manufacturera Resto	1
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	1
Reparación e instalación de maquinaria y equipo	1
Comercio	7
Actividades Administrativas, Financieras y de Seguros	1
Hostelería y restauración	1
Actividades Sanitarias, Educación y de Servicios Sociales	1

Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía

IV. Sección I. Hostelería:

La sección de hostelería muestra un total de 43 establecimientos. Esta categoría comprende actividades relacionadas con la provisión de servicios de alojamiento y alimentación, como hoteles, restaurantes, bares y otros establecimientos similares. La hostelería suele estar estrechamente ligada al sector turístico y puede ser una fuente importante de empleo y generación de ingresos en áreas turísticas.

Según los datos recopilados en abril de 2023 por el INE, se produjo un total de 1.436 turistas que visitaron Fuentes de Andalucía, lo cual representa un aumento del 16,5% en comparación con abril de 2022. De estos turistas, se observa un incremento significativo en los turistas de origen internacional, que ascendieron a 160 en abril de 2023, lo que representa un aumento del 100% en comparación con el mismo mes del año anterior.

Tabla 43: Estadísticas turísticas de Fuentes de Andalucía Abril 2023.

Estadísticas turísticas		
Municipio	Total Turistas	Diferencia
	abr-23	abr-22
Fuentes de Andalucía	1.436	+236,94 (16,5%)
Turistas nacionales	1.276	+136,53 (10,7%)
Turistas internacionales	160	+80 (100%)
Estadísticas turísticas en otros municipios		
Sevilla	408.126	+65.925 (-19,3%)
La Campana	2.043	+268 (15,1%)
Marchena	4.110	-274 (-6,3%)
La Luisiana	470	-42 (-8,2%)
Lantejuela	119	-4 (-3,3%)

Fuente: Elaboración propia con datos del INE y (ciudad, 2022)

Por otro lado, el número de turistas nacionales fue de 1.276, lo que representa un incremento del 10,7%. En cuanto al período comprendido entre enero y abril de 2023, se produjo un total de 4.193 turistas que visitaron Fuentes de Andalucía. Esto representa un aumento del 8,3% en comparación con el mismo período del año anterior. De estos turistas, 3.695 fueron de origen nacional, lo que indica un aumento del 6,5%, y 498 fueron de origen internacional, lo que representa un aumento del 24,2%.

V. Sección F. Construcción:

La sección de construcción cuenta con 36 establecimientos. Esta categoría incluye actividades relacionadas con la construcción de edificios y obras de ingeniería civil. Aunque tiene menos establecimientos en comparación con otras secciones, la construcción desempeña un papel fundamental en el desarrollo de infraestructuras y viviendas, y su actividad puede ser un indicador del crecimiento económico y la inversión en el sector.

La construcción de edificios, carreteras, puentes y otras obras de ingeniería civil mejora la calidad de vida de los ciudadanos al proporcionarles acceso a servicios básicos y una mayor movilidad. Además, la creación de nuevas viviendas ofrece oportunidades para que las personas establezcan sus hogares y contribuyan al crecimiento de la población local. Es fundamental destacar que la construcción también tiene un impacto significativo en la economía local. La inversión en proyectos de construcción genera empleo en sectores diferentes, desde trabajadores de la construcción hasta proveedores de materiales

y servicios relacionados. A medida que la actividad de construcción aumenta, también se incrementa la demanda de bienes y servicios, lo que puede impulsar la economía en general.

Por otro lado, es relevante examinar las transacciones inmobiliarias según la antigüedad de la vivienda en Fuentes de Andalucía, de acuerdo con la información proporcionada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en 2021.

Tabla 44: Transacciones inmobiliarias según antigüedad de la Vivienda 2021.

Territorio	
Antigüedad de la vivienda	Fuentes de Andalucía
Vivienda nueva	-
Vivienda segunda mano	78
Total	78

Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

De acuerdo con los datos, no se registraron transacciones de viviendas nuevas en Fuentes de Andalucía durante el año 2021. Sin embargo, se llevaron a cabo un total de 78 transacciones de viviendas de segunda mano. Esto puede indicar que la oferta de viviendas nuevas puede haber sido limitada durante ese período. Por otro lado, es importante analizar las transacciones inmobiliarias según el régimen de protección de la vivienda en Fuentes de Andalucía durante el mismo período.

Tabla 45: Transacciones inmobiliarias según régimen de protección 2021.

Régimen de protección de la vivienda			
Territorio	Vivienda libre	Vivienda protegida	Total
Fuentes de Andalucía	77	1	78

Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

En relación con la infraestructura viaria en Fuentes de Andalucía, en la tabla 46 muestra la clasificación por tipo de vía y estado de la vía, según los datos proporcionados por el Ministerio de Política Territorial y Función Pública a través de la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales. Se observó una cantidad considerable de vías en proceso de ejecución y una proporción significativa de vías no pavimentadas. En cuanto a las travesías, se produjo un total de 27.352 metros de vías en buen estado y se contabilizaron 19.007 metros de vías no pavimentadas en Fuentes de Andalucía.

Tabla 46: Infraestructura viaria por tipo y estado de la vía 2015. (en metros)

Territorio		
Tipo de vía	Estado de la vía	Fuentes de Andalucía
Travesía	Bueno	27.352
	TOTAL	27.352
Calles y plazas	Bueno	159.970
	Regular	29.490
	Malo	15.099
	En ejecución	9.958
	No pavimentado	28.503
	TOTAL	243.020
Otros viarios	No pavimentado	19.007
	TOTAL	19.007
TOTAL	Bueno	187.322
	Regular	29.490
	Malo	15.099
	En ejecución	9.958
	No pavimentado	47.510
	TOTAL	289.379

Fuente: Ministerio de Política Territorial y Función Pública. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales

7.5. Subsistema núcleos e infraestructuras

7.5.1. Infraestructuras y servicios

7.5.1.1. Infraestructura no viaria

La infraestructura no viaria es crucial para el bienestar y desarrollo de la comunidad en Fuentes de Andalucía. En primer lugar, el suministro de agua potable es una prioridad en la localidad. Se ha establecido una red de distribución que garantiza que cada hogar tenga acceso a este recurso esencial. Además, se realizan controles periódicos para asegurar la calidad del agua y se promueven prácticas sostenibles para su uso.

El sistema de saneamiento es un componente esencial de la infraestructura urbana que desempeña un papel crucial en la protección del medio ambiente y la salud pública. En el caso de Fuentes de Andalucía, el municipio cuenta con una red de alcantarillado que cumple con la importante función de recoger las aguas residuales generadas por los hogares e industrias de la zona, sometiéndolas a un tratamiento adecuado antes de su

disposición final. Además del sistema de alcantarillado, es relevante considerar la capacidad de los depósitos de agua en el municipio. Según los datos proporcionados por el Ministerio de Política Territorial y Función Pública en la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales del año 2015, la capacidad de los depósitos de agua en Fuentes de Andalucía era de 1.400 metros cúbicos.

Tabla 47: Capacidad de los depósitos de agua en metros cúbicos en el 2015.

Territorio	Capacidad
Fuentes de Andalucía	1.400

Fuente: Ministerio de Política Territorial y Función Pública. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales

En cuanto a la gestión de residuos, el municipio ha implementado un sistema de recolección y disposición final adecuada. Además, llevan a cabo campañas de concienciación y educación para fomentar una cultura de reducción de residuos y consumo responsable. En la tabla 48, se puede visualizar la cantidad de residuos urbanos en Fuentes de Andalucía en el año 2015, desglosada por tipo de recogida y medida, según los datos proporcionados por el Ministerio de Política Territorial y Función Pública a través de la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales.

La producción total de basura en Fuentes de Andalucía en el año 2015 fue de 3,245.8 toneladas al año, y se contaba con 151 contenedores para la recogida de diferentes tipos de residuos, estos datos son relevantes para comprender el manejo de los residuos urbanos en la localidad y pueden ser utilizados para la planificación y gestión eficiente de los sistemas de recogida y tratamiento de residuos. En cuanto a la recogida de residuos no selectivos, se estima una producción de basura de 3.210,8 toneladas métricas al año. Para la gestión de estos residuos, se disponía de 130 contenedores.

Tabla 48: Residuos urbanos 2015 (Contenedores) (TM/año).

Territorio		
Tipo de recogida	Medida	Fuentes de Andalucía
Papel y cartón	Producción de basura	30
	Contenedores	13
Vidrio	Producción de basura	5
	Contenedores	8
No selectiva	Producción de basura	3.210,8
	Contenedores	130
TOTAL	Producción de basura	3.245,8
	Contenedores	151

Fuente: Ministerio de Política Territorial y Función Pública. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales

Por último, la iluminación pública juega un papel importante en Fuentes de Andalucía. Un buen sistema de alumbrado público mejora la seguridad y calidad de vida de los ciudadanos, especialmente por la noche. La localidad cuenta con una red de alumbrado eficiente y bien distribuida, que realza la belleza del casco histórico y espacios públicos.

Según los datos proporcionados por el Ministerio de Política Territorial y Función Pública en la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales, en el año 2015, en Fuentes de Andalucía se contaban con un total de 1.212 puntos de luz en su alumbrado público. La potencia instalada en estos puntos de luz era de 13 kilovatios

Tabla 49: Alumbrado público en 2015 (Puntos de luz)|(Kilovatios) .

Territorio	Puntos de luz	Potencia instalada
Fuentes de Andalucía	1.212	13

Fuente: Ministerio de Política Territorial y Función Pública. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales

7.5.1.2. Equipamientos y servicios

Fuentes de Andalucía, cuenta con una sólida infraestructura y servicios. En el nivel educativo, cuenta con escuelas infantiles, colegios e institutos que ofrecen una educación integral y de excelencia. Estos centros educativos se enfocan en preparar a los jóvenes para un futuro académico y profesional exitoso, necesario un plan de estudios sólidos y programas extracurriculares enriquecedores.

En términos de atención médica, el municipio cuenta con un centro de salud que ofrece atención médica primaria, consultas especializadas y servicios de enfermería. Los habitantes de la localidad pueden acceder fácilmente a consultas médicas y recibir el tratamiento necesario para mantener su salud en óptimas condiciones. En casos más complejos o especializados, el municipio se encuentra cerca de centros hospitalarios de referencia en la provincia, lo que garantiza una atención médica completa y de calidad para la población local.

En relación con la recreación y el deporte, estos son aspectos importantes en la vida de los habitantes de Fuentes de Andalucía, por lo que el municipio cuenta con parques y jardines bien cuidados brindan espacios de esparcimiento para los vecinos y visitantes, donde pueden disfrutar de momentos al aire libre en un entorno tranquilo y natural. Además de los espacios verdes, dispone de instalaciones deportivas como polideportivos, pistas de tenis y campos de fútbol.

En términos de transporte, cuenta con una buena conectividad tanto por carretera como por transporte público. El municipio está interconectado con las principales vías y autopistas que conectan con otras localidades cercanas y con la capital de la provincia, Sevilla. Además de la conexión por carretera, Fuentes de Andalucía cuenta con servicios de transporte público que conectan el pueblo con otras localidades vecinas y la capital provincial.

En cuanto al comercio y los servicios, cuenta con una variada oferta comercial que incluye tiendas de alimentación, supermercados, panaderías, ferreterías, farmacias y otros establecimientos que satisfacen las necesidades diarias de los residentes. Estos comercios locales contribuyen a la economía del municipio y brindan a los habitantes una amplia gama de productos y servicios para su comodidad y conveniencia.

Tabla 50: Infraestructura y servicios en Fuentes de Andalucía.

Municipio Fuentes de Andalucía			
Infraestructura y servicios			
Centros de Infantil. Curso 2020-2021	3	Centros C.F. de Grado Superior. Curso 2020-2021	0
Centros de Primaria. Curso 2020-2021	2	Centros de educación de adultos. Curso 2020-2021	2
Centros de Enseñanza Secundaria Obligatoria. Curso 2020-2021	1	Bibliotecas públicas. 2020	1
Centros de Bachillerato. Curso 2020-2021	1	Centros de salud. 2021	0
Centros C.F. de Grado Medio. Curso 2020-2021	1	Consultorios. 2021	1
Número de pantallas de cine. 2021	0	Viviendas familiares principales. 2011	2.576

Fuente: Elaboración propia en base a (ciudad, 2022)

8. Identificación y valoración de impactos

En este punto, se evalúa los factores ambientales, en donde se incluyen los subsistemas que podrían impactar en las distintas fases del parque solar térmico. Se presenta la tabla donde se han considerado todos los posibles impactos que pueden ocasionarse.

Tabla 51: Factores ambientales.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE EFECTOS		
1. SUBSISTEMA FISICO NATURAL	1.1. MEDIO INERTE	1.1.1. Aire
		1.1.2. Clima. Condiciones climáticas
		1.1.3. Tierra suelo
		1.1.4. Aguas continentales
		1.1.5. Procesos entre los elementos del medio
2. SUBSISTEMA PERCEPTUAL	2.1. MEDIO PERCEPTUAL	1.2.1. Vegetación o Flora
		1.2.2. Fauna
		1.2.3. Procesos del medio biótico
		1.2.4. Ecosistemas especiales
		2.1.1. Paisaje intrínseco
3. SUBSISTEMA POBLACION Y POBLAMIENTO	3.1. USOS DEL SUELO RÚSTICO	2.1.2. Intervisibilidad
		2.1.3. Componentes singulares del paisaje
		2.1.4. Recursos científico culturales
		3.1.1. Uso recreativo al aire libre
	3.2. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y RELACIONES ECONÓMICAS	3.1.2. Uso productivo
		3.1.3. Conservación de la naturaleza
	3.3. INFRAESTRUCTURA	3.1.4. Viario rural
		3.2.1. Características culturales
	3.4. ESTRUCT. URBANA	3.2.2. Acti. y relac. económicas
		3.3.1. Infra. viaria
3.3.2. Infra. no viaria		
3.4.1. Morfología		
4. SUBSISTEMA SOCIO ECONOMICO	4.1. POBLACIÓN	3.4.2. Planeamiento urbanístico
		4.1.1. Dinámica poblacional
		4.1.2. Estructura poblacional
	4.2. ECONOMICA	4.1.3. Densidad de población
		4.2.1. Renta
		4.2.2. Finanzas y sector público
		4.2.3. Activi. y relacc. económicas
5. SUBSISTEMA NUCLEOS E INFRAESTRUCTURAS	5.1. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	5.1.1. Infraestructura viaria
		5.1.2. Infraestructura no viaria
		5.1.3. Equipamientos y servicios

Fuente: Elaboración propia.

8.1. Matriz de identificación de efectos

La identificación y valoración de impactos ambientales en la ejecución de obras y la puesta en marcha de centrales termosolares es un proceso crítico para asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales y la conservación del entorno natural. Este proceso se divide en diferentes etapas o fases, cada una de las cuales requiere un enfoque específico en la identificación y evaluación de los impactos ambientales. Estas fases incluyen:

- a) Fase de construcción: Durante la fase de construcción de una central termosolar, se lleva a cabo la implementación de la planta, el cual implica la instalación de heliostatos, torres receptoras y sistemas de almacenamiento de energía térmica. Aunque durante esta etapa se emplea maquinaria pesada y se generan emisiones de CO₂, a largo plazo, la central desempeña un papel fundamental en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al generar energía limpia y renovable. La adopción de tecnologías sostenibles y prácticas de gestión

- adecuadas son esenciales para minimizar el impacto ambiental durante esta fase crucial de la construcción. (Ver tabla 52)
- b) Fase de Funcionamiento: En la fase de funcionamiento o explotación, se consideran los impactos potenciales que surgen de la operación continua de las instalaciones de la central termosolar. Durante esta etapa, es fundamental llevar a cabo un monitoreo constante y controlar cualquier impacto ambiental. (Ver tabla 53)
- c) Fase de Desmantelamiento: La fase de abandono o desmantelamiento involucra el retiro de las instalaciones y la restauración de los terrenos afectados a su estado original o similar. Se deben identificar y evaluar los impactos derivados de estas actividades, siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente. (Ver tabla 54)

Tabla 52: Matriz de identificación de efectos de la fase de construcción.

FASE DE CONSTRUCCIÓN			Acciones construcción						
			Planificación y Diseño	Preparación del Terreno	Construcción y montaje de la torre	Instalación de heliostatos	Construcción de sistemas de almacenamiento térmico	Implementación de sistemas auxiliares	Pruebas y puesta en marcha
SISTEMA FISICO NATURAL	1.1. MEDIO INERTE	1.1.1. Aire		x	x				
		1.1.2. Clima. Condiciones climáticas				x	x	x	
		1.1.3. Tierra suelo		x	x	x	x	x	x
		1.1.4. Aguas continentales		x		x			
		1.1.5. Procesos entre los elementos del medio							
	1.2. MEDIO BIÓTICO	1.2.1. Vegetación o Flora		x	x	x	x	x	x
		1.2.2. Fauna		x	x	x	x	x	x
		1.2.3. Procesos del medio biótico							
		1.2.4. Ecosistemas especiales							
SUBSISTEMA PERCEPTIVO	2.1. MEDIO PERCEPTUAL	2.1.1. Paisaje intrínseco			x	x			
		2.1.2. Intervisibilidad			x		x		
		2.1.3. Componentes singulares del paisaje							
		2.1.4. Recursos científico culturales							
3. SUBSISTEMA POBLACION Y POBLAMIENTO	3.1. USOS DEL SUELO RÚSTICO	3.1.1. Uso recreativo al aire libre		x	x				
		3.1.2. Uso productivo		x	x	x	x	x	
		3.1.3. Conservación de la naturaleza							
		3.1.4. Vario rural							
	3.2. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y RELACIONES ECONÓMICAS	3.2.1. Características culturales							x
		3.2.2. Acti. y relac. económicas							
	3.3. INFRAESTRUCTURA	3.3.1. Infra. viaria							
		3.3.2. Infra. no viaria							
	3.4. ESTRUCT. URBANA	3.4.1. Morfología							
		3.4.2. Planeamiento urbanístico							
SISTEMA SOCIO ECONÓMICO	4.1. POBLACIÓN	4.1.1. Dinámica poblacional							
		4.1.2. Estructura poblacional		x	x	x	x	x	
		4.1.3. Densidad de población							
	4.2. ECONOMICA	4.2.1. Renta							x
		4.2.2. Finanzas y sector público							
		4.2.3. Activi. y relacc. económicas							
5. SUBSISTEMA NUCLEOS E INFRAESTRUCTURA	5.1. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	5.1.1. Infraestructura viaria	x						
		5.1.2. Infraestructura no viaria							
		5.1.3. Equipamientos y servicios							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Matriz de identificación de efectos de la fase de funcionamiento

FASE DE FUNCIONAMIENTO		Acciones funcionamiento		
		Puesta en marcha	Operación y Mantenimiento	
1. SUBSISTEMA FISICO NATURAL	1.1. MEDIO INERTE	1.1.1. Aire		
		1.1.2. Clima. Condiciones climaticas		x
		1.1.3. Tierra suelo	x	x
		1.1.4. Aguas continentales		x
		1.1.5. Procesos entre los elementos del medio		
	1.2. MEDIO BIÓTICO	1.2.1. Vegetación o Flora	x	x
		1.2.2. Fauna	x	x
		1.2.3. Procesos del medio biótico		
2. SUBSISTEMA PERCEPTUAL	2.1. MEDIO PERCEPTUAL	1.2.4. Ecosistemas especiales		
		2.1.1. Paisaje intrínseco	x	x
		2.1.2. Intervisibilidad		
		2.1.3. Componentes singulares del paisaje		
3. SUBSISTEMA POBLACION Y POBLAMIENTO	3.1. USOS DEL SUELO RÚSTICO	2.1.4. Recursos científico culturales		
		3.1.1. Uso recreativo al aire libre		
		3.1.2. Uso productivo		x
		3.1.3. Conservación de la naturaleza		
	3.2. CARACTERISTICAS CULTURALES Y RELACIONES	3.1.4. Viario rural		
		3.2.1. Características culturales		x
	3.3. INFRAESTRUCTURA	3.2.2. Acti. y relac. económicas		
		3.3.1. Infra. viaria		
3.4. ESTRUCT. URBANA	3.3.2. Infra. no viaria			
	3.4.1. Morfología			
	3.4.2. Planeamiento urbanístico			
4. SUBSISTEMA SOCIO ECONOMICO	4.1. POBLACIÓN	4.1.1. Dinámica poblacional		
		4.1.2. Estructura poblacional	x	x
		4.1.3. Densidad de población		
	4.2. ECONOMICA	4.2.1. Renta		x
		4.2.2. Finanzas y sector público		
4.2.3. Activi. y relacc. económicas				
5. SUBSISTEMA NUCLEOS E INFRAESTRUCTURAS	5.1. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	5.1.1. Infraestructura viaria		x
		5.1.2. Infraestructura no viaria		
		5.1.3. Equipamientos y servicios		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Matriz de identificación de efectos de la fase de desmantelamiento.

FASE DE DESMANTELAMIENTO			Acciones desmantelamiento		
			Desmantelamiento de las estructuras	Restauración del terreno	Gestión de residuos
1. SUBSISTEMA FISICO NATURAL	1.1. MEDIO INERTE	1.1.1. Aire		x	x
		1.1.2. Clima. Condiciones climáticas	x		x
		1.1.3. Tierra suelo	x	x	x
		1.1.4. Aguas continentales			x
		1.1.5. Procesos entre los elementos del medio			
	1.2. MEDIO BIÓTICO	1.2.1. Vegetación o Flora	x	x	
		1.2.2. Fauna	x	x	
		1.2.3. Procesos del medio biótico			
		1.2.4. Ecosistemas especiales			
2. SUBSISTEMA PERCEPTUAL	2.1. MEDIO PERCEPTUAL	2.1.1. Paisaje intrínseco			x
		2.1.2. Intervisibilidad			
		2.1.3. Componentes singulares del paisaje			
		2.1.4. Recursos científico culturales			
3. SUBSISTEMA POBLACION Y POBLAMIENTO	3.1. USOS DEL SUELO RÚSTICO	3.1.1. Uso recreativo al aire libre			
		3.1.2. Uso productivo	x	x	
		3.1.3. Conservación de la naturaleza			
		3.1.4. Viario rural			
	3.2. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y RELACIONES	3.2.1. Características culturales	x	x	x
		3.2.2. Acti. y relac. económicas			
	3.3. INFRAESTRUCTURA	3.3.1. Infra. viaria			
		3.3.2. Infra. no viaria			
	3.4. ESTRUCT. URBANA	3.4.1. Morfología			
3.4.2. Planeamiento urbanístico					
4. SUBSISTEMA SOCIO ECONOMICO	4.1. POBLACIÓN	4.1.1. Dinámica poblacional			
		4.1.2. Estructura poblacional	x	x	x
		4.1.3. Densidad de población			
	4.2. ECONOMICA	4.2.1. Renta	x	x	x
		4.2.2. Finanzas y sector público			
		4.2.3. Activi. y relac. económicas			
5. SUBSISTEMA NUCLEOS E INFRAESTRUCTURAS	5.1. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	5.1.1. Infraestructura viaria	x	x	x
		5.1.2. Infraestructura no viaria			
		5.1.3. Equipamientos y servicios			

Fuente: Elaboración propia.

8.2. Determinación de los pesos de cada factor

La complejidad del medio ambiente en el que se desarrollan estas actividades nos lleva a considerar múltiples factores que influyen en su estado y salud. Cada uno de estos factores desempeña un papel único y específico en la situación medioambiental global, y su importancia puede variar significativamente. Por lo tanto, es imperativo asignar a cada uno de estos factores un índice ponderal que refleja su contribución relativa al estado del medio ambiente en cuestión. Este índice se expresa en unidades de importancia ponderal (UIP), y su valor se determina mediante una distribución relativa de un total de mil unidades,

El proceso de atribuir índices ponderales a los factores ambientales es una herramienta fundamental para la toma de decisiones informadas y responsables. Al asignar un valor numérico a cada factor, podemos evaluar de manera más precisa cómo cada uno de ellos afecta la situación medioambiental y cuáles requieren una atención prioritaria. El

primer paso en este proceso es identificar y listar los factores ambientales relevantes para la situación específica que estamos evaluando. Estos factores pueden variar ampliamente según el contexto, una vez que se han identificado los factores pertinentes, el siguiente paso es asignar un índice ponderal a cada uno de ellos. Esto se hace distribuyendo un total de mil unidades, que representan la importancia global del medio ambiente en cuestión, entre los factores de manera relativa.

Los factores con un índice ponderal más alto se consideran más críticos y requieren una atención prioritaria en las estrategias de gestión y mitigación. Por otro lado, los factores con índices ponderales más bajos no deben pasarse por alto, pero pueden requerir menos recursos y esfuerzo para su manejo. A continuación, se visualiza en la tabla, la ponderación para casa subsistema ambiental:

Tabla 55: Matriz de ordenación por pares.

SUBSISTEMAS AMBIENTALES						
1	Subsistema físico natural					
2	Subsistema perceptual					
3	Subsistema población y poblamiento					
4	Subsistema socio económico					
5	Subsistema núcleos e infraestructuras					

Matriz de ordenación por pares						
SUBSISTEMAS						
PANELISTAS	1	2	3	4	5	suma
Frecuencia f_{ij}	1	3	2	1	1	10
Valor relativo asignado al subsistema i V_{ij}	1	0,3	0,2	0,1	0,1	
VALOR RELATIVO TOTAL	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	1
VALOR RELATIVO FINAL	0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	1,00
VALOR EN UIP (Unidades de Importancia)	300	300	200	100	100	1000

Fuente: Elaboración propia

Se muestran las distribuciones de las mil unidades de importancia (UIP) según el método de ordenación por rangos. El detalle del análisis y valoración se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 56: Matriz del subsistema físico natural, factores medio inerte.

FACTORES (MEDIO INERTE)							
PANELISTAS	Aire	Clima	Suelo	A. Contin.	PEM*	M. Marino	
1	3	1	4	2	0	X	
SUMA	3	1	4	2	0	X	10
VALOR REL.	0,30	0,10	0,40	0,20	0,00	X	1,00
VALOR UIP	45	15	60	30	0	X	150
<i>*PEM: Procesos entre los elementos del medio</i>							
Clasificación	2°	4°	1°	3°	5°		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Matriz del subsistema físico natural, factores medio biótico

FACTORES (MEDIO BIÓTICO)					
PANELISTAS	Flora	Fauna	PMB*	Ecosistemas esp.	
1	3	2	1	0	
SUMA	3	2	1	0	6
VALOR REL.	0,50	0,33	0,17	0,00	1,00
VALOR UIP	75	50	25	0	150
<i>*PMB: Procesos del Medio Biótico</i>					
Clasificación	1°	2°	3°	4°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Matriz del subsistema perceptual.

FACTORES (MEDIO PERCEPTUAL)					
PANELISTAS	P. Intrínseco	Intervisibi.	CSP*	RC-C*	
1	2	3	0	1	
SUMA	2	3	0	1	6
VALOR REL.	0,33	0,50	0,00	0,17	1,00
VALOR UIP	100	150	0	50	300
<i>*CSP: Componentes singulares del paisaje</i>					
<i>*RCC: Recursos científico-culturales</i>					
Clasificación	2°	1°	4°	3°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor usos del suelo rústico.

FACTORES (USOS DEL SUELO RÚSTICO)					
PANELISTAS	URAL*	U. Produc.	C. Naturale.	Viarío Rural	
1	1	3	2	0	
SUMA	1	3	2	0	6
VALOR REL.	0,17	0,50	0,33	0,00	1,00
VALOR UIP	8	25	17	0	50
<i>*URAL: Uso recreativo al aire libre</i>					
Clasificación	3°	1°	2°	4°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor características culturales y relaciones económicas.

FACTORES (CARAC. CULTU. Y RELAC. ECONÓMICAS)			
PANELISTAS	C. Cultu.	ARE*	
1	1	0	
SUMA	1	0	1
VALOR REL.	1,00	0,00	1,00
VALOR UIP	50	0	50
<i>*ARE: Actividades y relaciones económicas</i>			
Clasificación	1°	2°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor infraestructuras.

FACTORES (INFRAESTRUCTURAS)			
PANELISTAS	I. Viaria	I. no Viaria	
1	1	0	
SUMA	1	0	1
VALOR REL.	1,00	0,00	1,00
VALOR UIP	50	0	50
<i>Clasificación</i>	1°	2°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Matriz del subsistema población y poblamiento, factor estructura humana.

FACTORES (ESTRUCTURA HUMANA)			
PANELISTAS	Morfología	Plan. Urban.	
1	0	1	
SUMA	0	1	1
VALOR REL.	0,00	1,00	1,00
VALOR UIP	0	50	50
<i>Clasificación</i>	2°	1°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63: Matriz del subsistema socioeconómico, factor población.

FACTORES (POBLACIÓN)				
PANELISTAS	Din. Poblac.	Es. Poblac.	Den. Poblac.	
1	0	1	2	
SUMA	0	2	1	3
VALOR REL.	0,00	0,67	0,33	1,00
VALOR UIP	0	33	17	50
<i>Clasificación</i>	3°	1°	2°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Matriz del subsistema socioeconómico, factor economía.

FACTORES (ECONOMÍA)				
PANELISTAS	Renta	FSP*	ARE*	
1	2	1	0	
SUMA	2	1	0	3
VALOR REL.	1,00	0,50	0,00	1,50
VALOR UIP	33	17	0	50
<i>*FSP: Finanzas y sector público</i>				
<i>*ARE: Actividades y relaciones económicas</i>				
<i>Clasificación</i>	1°	2°	3°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Matriz del subsistema núcleos e infraestructura, factor infraestructura y servicios.

FACTORES (INFRA. Y SERVICIOS)				
PANELISTAS	I. Viaria	I. no Viaria	ES*	
1	0	2	1	
SUMA	0	2	1	3
VALOR REL.	0,00	0,67	0,33	1,00
VALOR UIP	67	0	33	100
<i>*ES: Equipamientos y servicios</i>				
<i>Clasificación</i>	1°	3°	2°	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: Distribución de las UIP según método de ordenación por rangos.

SUBSISTEMAS	UIP	MEDIOS	UIP	FACTORES	UIP
1. SUBSISTEMA FISICO NATURAL	300	1.1. MEDIO INERTE	150	1.1.1. Aire	45
				1.1.2. Clima. Condiciones climáticas	15
				1.1.3. Tierra suelo	60
				1.1.4. Aguas continentales	30
				1.1.5. Procesos entre los elementos del medio	0
		1.2. MEDIO BIÓTICO	150	1.2.1. Vegetación o Flora	75
				1.2.2. Fauna	50
				1.2.3. Procesos del medio biótico	25
				1.2.4. Ecosistemas especiales	0
				2.1.1. Paisaje intrínseco	100
2. SUBSISTEMA PERCEPTUAL	300	2.1. MEDIO PERCEPTUAL	300	2.1.2. Intervisibilidad	150
				2.1.3. Componentes singulares del paisaje	0
				2.1.4. Recursos científico culturales	50
				3.1.1. Uso recreativo al aire libre	8
3. SUBSISTEMA POBLACION Y POBLAMIENTO	200	3.1. USOS DEL SUELO RÚSTICO	50	3.1.2. Uso productivo	25
				3.1.3. Conservación de la naturaleza	17
				3.1.4. Viario rural	0
				3.2.1. Características culturales	50
		3.2. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y RELACIONES	50	3.2.2. Acti. y relac. económicas	0
				3.3.1. Infra. viaria	50
		3.3. INFRAESTRUCTURA	50	3.3.2. Infra. no viaria	0
				3.4.1. Morfología	0
		3.4. ESTRUCT. URBANA	50	3.4.2. Planeamiento urbanístico	50
				4.1.1. Dinámica poblacional	0
4. SUBSISTEMA SOCIO ECONOMICO	100	4.1. POBLACIÓN	50	4.1.2. Estructura poblacional	33
				4.1.3. Densidad de población	17
				4.2.1. Renta	33
		4.2. ECONOMICA	50	4.2.2. Finanzas y sector público	17
				4.2.3. Activi. y relacc. económicas	0
				5.1.1. Infraestructura viaria	67
5. SUBSISTEMA NUCLEOS E INFRAESTRUCTURAS	100	5.1. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS	100	5.1.2. Infraestructura no viaria	0
				5.1.3. Equipamientos y servicios	33
				TOTAL UIP	1000

Fuente: Elaboración propia

8.3. Valoración cualitativa

La valoración cualitativa se basa en una serie de criterios que permiten evaluar el impacto de una acción sobre los subfactores ambientales. Estos criterios se aplican a cada acción de manera individual y se suman para obtener la importancia total del impacto. Los criterios utilizados en esta evaluación son los siguientes:

- Signo:** Este criterio determina si el impacto de la acción es beneficioso o perjudicial para el subfactor en cuestión. Un impacto beneficioso tendrá un signo positivo, mientras que un impacto perjudicial tendrá un signo negativo.
- Intensidad:** Se refiere a la fuerza del efecto que la acción tiene sobre el subfactor evaluado. Una acción puede tener un efecto débil o fuerte, lo que se reflejará en su intensidad.

- c) **Extensión:** Este criterio tiene en cuenta la magnitud en la que se propaga el efecto de la acción. Algunos impactos pueden ser locales y limitados, mientras que otros pueden afectar a un área más amplia.
- d) **Momento:** El tiempo que tarda en aparecer el efecto desde el momento en que se realizó la acción se considera como el momento del impacto. Algunos efectos pueden manifestarse de manera inmediata, mientras que otros pueden requerir un tiempo considerable.
- e) **Capacidad de recuperación:** Evalúa el grado de respuesta que el factor ambiental tiene para volver a las condiciones iniciales previas al impacto. Algunos factores pueden recuperarse con relativa facilidad, mientras que otros pueden ser más resistentes.
- f) **Persistencia:** Se refiere a la duración del efecto en el factor evaluado. Algunos impactos pueden ser temporales y de corta duración, mientras que otros pueden perdurar durante un período más largo.
- g) **Efecto:** Se analiza la causa indirecta o directa de la acción sobre el factor evaluado. Esto implica entender cómo la acción específica afecta al subfactor en cuestión.
- h) **Interrelación de impactos similares:** Se examina en qué medida el efecto es independiente o está relacionado con otros efectos. Algunos impactos pueden estar interconectados y amplificar sus consecuencias.
- i) **Periodicidad:** Se considera la frecuencia con la que ocurre el efecto en el proceso de la acción que se evalúa. Algunos impactos pueden ser episódicos, mientras que otros pueden ser continuos.

8.3.1. Clasificación de los Impactos según su Recuperación

Una parte importante de la valoración cualitativa es la clasificación de los impactos en función de su posible recuperación. Esto nos permite comprender mejor la naturaleza y la gravedad de los efectos ambientales.

Los impactos se clasifican en cinco categorías:

- a) **Reducido:** Son impactos con un signo positivo, lo que indica que tienen un efecto beneficioso en el subfactor.

- b) Compatible: Estos impactos tienen una puntuación inferior a 25 unidades y están relacionados con una recuperación inmediata después de realizar alguna actividad. No se necesitan medidas protectoras o correctoras adicionales.
- c) Moderado: Los impactos en esta categoría tienen valores entre 25 y 50 unidades. No se espera que requieran medidas correctoras o preventivas intensivas. Incluyen impactos reversibles y de corto a mediano plazo.
- d) Severo: Impactos con valores entre 50 y 75 unidades. Requieren la aplicación de medidas correctoras y protectoras. Además, la recuperación suele ser a largo plazo. Son impactos irreversibles o recuperables a largo plazo.
- e) Crítico: Impactos con valores entre 75 y 100 unidades. Están relacionados con una pérdida permanente de las condiciones ambientales, lo que significa que no habrá recuperación incluso adoptando medidas correctoras y preventivas. Son impactos irreversibles e irrecuperables y deben evitarse a toda costa.

8.3.2. Evaluación Cualitativa en Archivo Excel y Resultados

La evaluación cualitativa de los impactos se realiza en un archivo Excel, lo que facilita el cálculo de las evaluaciones y la obtención de resultados precisos. Los criterios mencionados anteriormente se aplican a cada acción y subfactor, y los resultados se registran de manera sistemática.

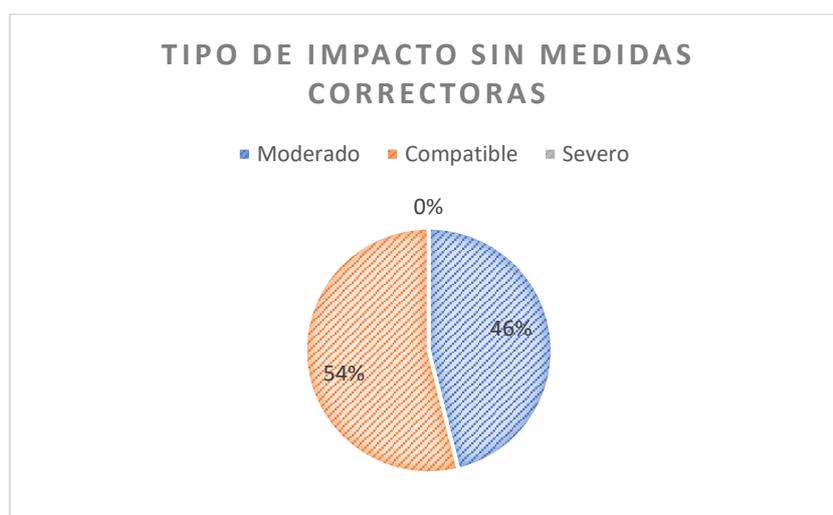


Figura 31: Tipos de impactos sin medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia

El análisis cualitativo del proyecto de implementación termosolar revela que la mayoría de los impactos son de tipo moderado y compatible, con un total de 6 y 7

respectivamente. Esto sugiere que, en general, la implementación de esta tecnología tiene un impacto positivo y adecuado en el entorno. No se identificaron impactos severos, lo que indica que no se anticipan efectos negativos significativos en términos ambientales o sociales.

En el anexo 3, se proporciona los resultados de esta evaluación de manera global y en la siguiente tabla, se incluye un resumen de las calificaciones asignadas a cada acción y subfactor, así como la importancia total del impacto provocado por el proyecto.

Tabla 67: Resumen valoración cualitativa.

RESUMEN VALORACIÓN CUALITATIVA		
Subfactor	Sin correctoras	Tipo de impacto
Aire	-13,93	Compatible
Clima	-11,93	Compatible
Tierra - Suelo	-26,21	Moderado
Aguas continentales	-13,16	Compatible
Vegetacion o flora	-37,04	Moderado
Fauna	-40,77	Moderado
Paisaje intrinseco	-26,9	Moderado
Intervisibilidad	-37,19	Moderado
Uso productivo	-48,09	Moderado
Características culturales	-3,96	Compatible
Estructura Poblacional	-5,74	Compatible
Renta	-3,18	Compatible
Infraestructuras viaria	-3,04	Compatible

Fuente: Elaboración propia

El análisis de impactos en el proyecto de implementación termosolar revela una serie de consideraciones importantes en relación con el medio ambiente y la sociedad. En particular, se observan impactos moderados en la tierra, el suelo, la vegetación y la fauna, principalmente atribuibles a la fase de construcción y montaje de la torre solar, así como a la preparación del terreno y otros elementos asociados. Estos impactos subrayan la necesidad de tomar medidas adecuadas para minimizar su efecto en el entorno natural, incluyendo la implementación de estrategias de mitigación y restauración del terreno.

Asimismo, la intervisibilidad y el uso productivo también presentan impactos moderados debido a la construcción y operación de la planta termosolar, lo que indica la importancia de considerar cuidadosamente su ubicación y su impacto en las actividades

locales. Otro aspecto relevante se refiere a la gestión de residuos durante el proceso de desmantelamiento y la restauración del terreno, lo cual requiere una planificación detallada para asegurar una eliminación adecuada de los materiales y la recuperación efectiva de la zona. Por el contrario, se encuentra que los impactos en características culturales, estructura poblacional, renta e infraestructuras viarias son compatibles o de menor magnitud. Esto indica que el proyecto no debería tener un efecto significativo en estos aspectos, lo que respalda su viabilidad y aceptabilidad en la comunidad.

8.4. Valoración cuantitativa

En esta sección, se presenta el proceso de valoración cuantitativa de los impactos críticos y severos identificados en la evaluación cualitativa del proyecto de implementación. En primer lugar, se destacó que la mayoría de las evaluadas se encontraban en el rango de acciones moderadas o compatibles. Sin embargo, se identificaron 6 acciones con impactos significativos que se calificaron en el rango de 40 a 100 unidades y que requerirían medidas correctoras.

La valoración cuantitativa se basa en la comparación de la calidad ambiental entre la alternativa 0 (sin actuación) y la implementación del proyecto. Esta valoración cuantitativa es esencial para tomar decisiones informadas sobre el proyecto y determinar la necesidad de medidas correctoras y preventivas. Permite una evaluación más precisa de los efectos del proyecto en el entorno y en la comunidad, lo que contribuye a una toma de decisiones responsable y sostenible. Para ello, se utilizó una hoja de cálculo en Excel para llevar a cabo los cálculos y obtener una evaluación numérica precisa. Los resultados completos se detallan en el Anexo 4 del informe.

Tabla 68: Resumen valoración cuantitativa

RESUMEN VALORACIÓN CUANTITATIVA		
Subfactor	Sin correctoras	Tipo de impacto
Aire	-14,66	Compatible
Tierra - Suelo	-21,19	Moderado
Vegetacion o flora	-33,38	Moderado
Fauna	-26,88	Moderado
Paisaje intrinseco	-24,55	Compatible
Intervisibilidad	-35,19	Moderado
Uso productivo	-28,07	Moderado
Características culturales	-17,19	Compatible
Estructura Poblacional	29,75	Compatible

Fuente: Elaboración propia

Algunos subfactores como la vegetación, la fauna, la intervisibilidad y el uso productivo, exhiben impactos moderados. Aunque estos impactos no alcanzan la categoría de severos, señalan la necesidad imperativa de implementar medidas efectivas para mitigar y gestionar estos efectos en el entorno natural y en la comunidad local. Estas pueden abarcar desde la protección de los hábitats afectados hasta la restauración planificada del paisaje.

En contraposición, subfactores como la estructura poblacional y las características culturales se caracterizan por mostrar un impacto compatible. Esta evaluación sugiere que el proyecto no incide de manera significativa en estos aspectos. Este resultado respalda la noción de que el proyecto es aceptable desde una perspectiva social y cultural, lo que es de suma relevancia en el proceso de toma de decisiones. La aceptación y la consideración de las dinámicas culturales y poblacionales son fundamentales para fomentar la colaboración y el apoyo comunitario, elementos que contribuyen en gran medida al éxito y la sostenibilidad de iniciativas como esta.

9. Medidas correctoras

En el presente capítulo, se exponen las medidas preventivas, correctoras y compensatorias que han sido adoptadas en el proyecto con el propósito de lograr un equilibrio entre el desarrollo de la energía solar térmica y la preservación del medio ambiente, la salud humana y el bienestar de la comunidad. Estas medidas han sido diseñadas con el objetivo de promover un desarrollo sostenible y responsable.

Las medidas preventivas consisten en acciones anticipadas que se implementan con el fin de evitar o reducir la ocurrencia de impactos negativos. Por otro lado, las medidas correctoras tienen como finalidad atenuar el impacto disminuyendo su importancia, aunque no lo eliminan por completo. Estas medidas entran en juego cuando la afectación es inevitable. Por último, cuando el impacto sea inevitable o difícil de corregir, se aplicarán las medidas compensatorias. Estas medidas tienen como finalidad compensar el efecto negativo a través de la generación de efectos positivos relacionados con el mismo factor afectado negativamente.

9.1. Aire – clima

La calidad del aire es un aspecto crítico en cualquier proyecto de construcción e infraestructura, y para minimizar los impactos negativos durante todas las fases del proyecto, se implementará una serie de medidas y controles estrictos.

I. Control de Emisiones:

Durante la fase de construcción, es fundamental minimizar la dispersión de partículas en suspensión y reducir la contaminación atmosférica. Para lograr esto:

- a) Se deberá llevar a cabo un riego periódico de las zonas de trabajo. Este riego ayudará a mantener la humedad del suelo y evitar que las partículas se oncen en el aire debido a la actividad de construcción.
- b) Se implementarán barreras físicas, como vallas o mallas, alrededor de las áreas de trabajo para contener la dispersión de partículas.
- c) Se utilizarán métodos de control de polvo, como el empleo de aspersores o sistemas de nebulización, en áreas críticas para minimizar la liberación de partículas.

Clasificación: Medida preventiva.

Una vez que la central o el proyecto estén en funcionamiento, es necesario mantener un control riguroso de las emisiones para evaluar su impacto continuo en el entorno. Esto incluye gases como el vapor de agua y el dióxido de carbono (CO₂). Para lograrlo:

- a) Se realizarán mediciones regulares de las emisiones, utilizando equipos y métodos de monitoreo aprobados y calibrados adecuadamente.
- b) Además de los contaminantes comunes, se prestará atención a posibles efectos no previstos, como la formación de niebla, que podrían estar relacionados con las emisiones y requerirán una evaluación y mitigación adecuada.
- c) Si se detectan emisiones que superan los límites establecidos por la normativa ambiental, se tomarán medidas correctivas inmediatas para reducir estas emisiones a niveles aceptables.

Clasificación: Medida preventiva.

II. Mantenimiento de Vehículos y Maquinaria:

- a) Se realizará un mantenimiento adecuado y las inspecciones preceptivas de los vehículos y maquinaria utilizados durante la fase de construcción. Esto garantizará que los vehículos estén en condiciones óptimas de funcionamiento y reducirá las emisiones nocivas.
- b) Se fomentará el uso de maquinaria con sistemas de filtración de emisiones y tecnología avanzada que reduzca la liberación de partículas y gases contaminantes.

Clasificación: Medida preventiva.

- ## III. Inspecciones Reglamentarias de la Instalación de Combustión de Gas Natural: El sistema auxiliar de combustión de gas natural estará sujeto a inspecciones reglamentarias periódicas (una cada tres años) de acuerdo con la legislación vigente. Se llevarán a cabo controles continuos de emisiones y se registrarán los resultados en un libro-registro sellado y foliado por la autoridad ambiental competente.

Clasificación: Medida preventiva.

9.2. Tierra – suelo

La gestión efectiva del suelo y la ocupación de usos del suelo son aspectos fundamentales en cualquier proyecto de construcción o desarrollo. Estas medidas son esenciales para garantizar la integridad ambiental, la seguridad y la preservación de la calidad del suelo. En este contexto, se detallan y describen en profundidad tres aspectos clave de la gestión del suelo y la ocupación de usos del suelo: señalización y jalonamiento, almacenamiento y evacuación de sustancias peligrosas y residuos, y restauración post-obras.

I. Señalización y Jalonamiento

La señalización se refiere a la colocación de señales visuales y marcadores en áreas específicas para comunicar claramente los límites del sitio de construcción. Estas señales suelen ser visibles y fácilmente identificables para cualquier persona que se acerque al lugar. Además, la señalización debe incluir información relevante, como la prohibición de acceso no autorizado, las precauciones de seguridad y los contactos de emergencia.

El jalonamiento complementa la señalización al establecer límites físicos en el sitio de construcción. Esto se logra mediante la colocación de postes o estacas en el suelo,

a menudo conectados por cintas o cadenas, para definir claramente los límites del área de trabajo. Estos hitos físicos actúan como una barrera visible y física para evitar que personas no autorizadas ingresen al sitio de construcción.

Clasificación: Medida preventiva.

II. Almacenamiento y Evacuación de Sustancias Peligrosas y Residuos

La gestión adecuada de sustancias peligrosas y residuos es un componente crítico de la ocupación de usos del suelo en proyectos de construcción y desarrollo. La manipulación y el almacenamiento inadecuado de estas sustancias pueden tener graves consecuencias para el suelo y el medio ambiente circundante. Para abordar este punto, se implementarán medidas específicas:

- a) Almacenamiento Seguro de Sustancias Peligrosas: Las sustancias peligrosas, como productos químicos corrosivos o inflamables, deben almacenarse en áreas designadas y habilitadas específicamente para tal fin. Estas áreas suelen contar con sistemas de contención, como diques o bandejas, para evitar el derrame de sustancias peligrosas en el suelo. Además, es crucial que todas las sustancias peligrosas se almacenen en recipientes adecuados y etiquetados correctamente.

Clasificación: Medida preventiva.

- b) Control de Derrames: En caso de derrames accidentales de sustancias peligrosas, se deben implementar procedimientos y equipos de respuesta para contener y mitigar los derrames de manera efectiva. Esto puede incluir la disponibilidad de absorbentes, barreras y sistemas de drenaje adecuados.

Clasificación: Medida preventiva.

- c) Gestión de Residuos: Los residuos generados durante las operaciones de construcción deben manejarse de acuerdo con las regulaciones y normativas ambientales aplicables. Esto implica la separación de residuos peligrosos y no peligrosos, el uso de contenedores adecuados y la disposición final segura de los residuos en instalaciones autorizadas.

Clasificación: Medida preventiva.

III. Restauración Post-Obras

La restauración post-obras es un componente fundamental de la gestión del suelo y la ocupación de usos del suelo en proyectos de construcción y desarrollo. Esta fase se enfoca en devolver las áreas afectadas por las obras a su estado original o a un estado similar al existente antes del inicio de las construcciones. Las medidas clave incluyen:

- a) Una vez que las obras han finalizado, se procede a la eliminación de todos los residuos generados durante el proceso de construcción. Esto incluye la retirada de estructuras temporales, escombros y cualquier equipo o maquinaria que ya no sea necesaria en el lugar.

Clasificación: Medida preventiva.

- b) Cualquier daño causado al suelo durante las operaciones de construcción debe ser reparado. Esto puede implicar la nivelación del terreno, la restauración de la vegetación y la corrección de cualquier erosión o sedimentación que haya ocurrido.

Clasificación: Medida preventiva.

- c) En proyectos que afectan áreas naturales sensibles, se puede requerir una restauración ecológica más detallada. Esto implica la replantación de especies nativas y la implementación de medidas para restablecer el hábitat local.

Clasificación: Medida preventiva.

9.3. Agua

En el marco de la conservación ambiental y la preservación de los recursos hídricos, se implementarán medidas de alta relevancia en el proyecto con el objetivo de salvaguardar la integridad de los cursos de agua y las aguas subterráneas en la zona circundante. A continuación, se detallan dichas medidas:

- I. Salvaguarda de la Integridad de Cauces y Aguas Subterráneas: Se tomarán precauciones necesarias para evitar la ubicación del parque de maquinaria en áreas que formen parte del Dominio Público Hidráulico o que sean naturalmente permeables. Esta medida proactiva tiene como propósito prevenir cualquier

posible incidente de contaminación que pueda impactar negativamente los cauces de agua y las reservas subterráneas.

Clasificación: Medida preventiva.

- II. Tratamiento Integral de Aguas Residuales: Todas las aguas residuales provenientes de diversas fuentes, como baños, lavabos y duchas, serán sometidas a un estricto proceso de tratamiento antes de ser descargadas en la balsa de acumulación de drenajes. Esta iniciativa asegura que las aguas residuales sean tratadas de manera adecuada desde una perspectiva medioambiental antes de su disposición final.

Clasificación: Medida preventiva.

- III. Gestión Eficiente de Aguas de Drenaje: Se llevarán a cabo obras de infraestructura necesarias para garantizar la apropiada evacuación de las aguas de escorrentía, reduciendo así los riesgos asociados con procesos erosivos y la sedimentación. Este enfoque proactivo tiene como objetivo prevenir posibles impactos negativos en el entorno acuático circundante.

Clasificación: Medida preventiva.

- IV. Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Hídricos: Las aguas contenidas en la balsa de recolección de drenajes serán reutilizadas como recurso en una balsa con capacidad de 300,000 metros cúbicos, perteneciente a la finca La Monclova. Este uso garantizará el cumplimiento de los estándares de calidad especificados y promoverá un enfoque sostenible y responsable en el uso de los recursos hídricos disponibles.

Clasificación: Medida preventiva.

9.4. Vegetación o flora

Se abordarán tres prácticas esenciales para minimizar el impacto ambiental y promover la conservación de la flora y vegetación existentes en áreas afectadas por obras, el cual incluyen el uso de zonas libres de vegetación para almacenamiento, la gestión adecuada de restos de poda y tala, y la restauración con especies autóctonas.

- I. Identificar y designar áreas específicas dentro del sitio del proyecto como "zonas libres de vegetación". Estas áreas deben ser seleccionadas cuidadosamente para minimizar el impacto en la flora y la vegetación nativa. Además, se deben implementar medidas de control de erosión y sedimentación para prevenir la contaminación del suelo y el agua circundante.

Clasificación: Medida preventiva.

- II. Los restos de poda, tala y desbroce deben ser manejados de manera responsable y de acuerdo con las regulaciones ambientales locales y nacionales. La primera opción preferible es la reutilización de los restos de vegetación en el sitio, como mantillo o material de cobertura del suelo. Esto puede ayudar a mejorar la calidad del suelo y promover la regeneración de la vegetación. En los casos en que la reutilización no sea viable, los restos de poda y tala deben ser retirados y llevados a vertederos autorizados. En algunos casos, la quema de restos de poda y tala puede ser una opción, pero solo debe realizarse con la autorización correspondiente y siguiendo pautas específicas para minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad.

Clasificación: Medida preventiva.

- III. Priorizar las especies autóctonas en la planificación de la restauración, es decir, se debe incluir la selección cuidadosa de las especies autóctonas más apropiadas para el sitio, teniendo en cuenta factores como el tipo de suelo, el clima y la disponibilidad de agua. Además, se deben implementar medidas de manejo adecuadas, como el riego y la protección contra herbívoros, para garantizar el éxito de la restauración.

Clasificación: Medida preventiva.

9.5. Fauna

La conservación de la fauna es un aspecto fundamental en la planificación y ejecución de proyectos de construcción y desarrollo. En este contexto, se presentarán dos cruciales medidas para la gestión de la fauna en el entorno de las obras:

I. Durante la ejecución de las obras, se llevará a cabo un estricto control de tráfico y velocidad en el sitio de construcción. Esta medida se implementa con el objetivo de prevenir colisiones entre vehículos y la fauna local, así como para evitar la concentración innecesaria de maquinaria en el área de trabajo.

a) Se debe controlar la velocidad implica la imposición de límites de velocidad adecuados en el sitio de construcción, que deben ser respetados por todos los conductores y operadores de maquinaria. Estos límites deben ser congruentes con las características del terreno y la proximidad de áreas de hábitat de la fauna. Además, se deben implementar señalización y marcadores visibles para indicar zonas sensibles donde la velocidad debe ser reducida, como áreas de cruce de fauna o zonas de hábitat identificadas.

Clasificación: Medida preventiva.

b) Se deben minimizar las áreas donde la maquinaria permanece ociosa y se deben implementar horarios de trabajo que reduzcan al mínimo las perturbaciones en el hábitat de la fauna local. Esto garantiza que la fauna tenga la oportunidad de transitar y utilizar sus áreas de hábitat de manera segura.

Clasificación: Medida preventiva.

II. En un esfuerzo por mitigar el riesgo de colisiones mortales entre aves y líneas eléctricas, se llevará a cabo la instalación de espirales salvapájaros de polipropileno sobre las líneas eléctricas en el área de construcción. Esta medida tiene como objetivo principal prevenir que las aves choquen con los cables y sufran lesiones o muertes innecesarias. Además, se realizará un seguimiento constante para garantizar que los dispositivos estén en buen estado y funcionando correctamente a lo largo de la duración del proyecto.

Clasificación: Medida preventiva.

III. Garantizar la continuidad de los ciclos de especies terrestres, se recomienda el uso de vallas cinegéticas en lugar de vallas de seguridad estándar. Estas vallas permitirán el paso de especies menores y, al mismo tiempo, evitarán daños en los equipos que componen la central.

Clasificación: Medida Mitigante.

- IV. Se propone mantener una cobertura vegetal baja en la parcela, lo suficiente para no interferir con el funcionamiento de la central. Esta cobertura vegetal servirá como hábitat para la alimentación y reproducción de las especies aviares locales. Se dispondrá de maquinaria de desbrozado para conservar esta cobertura vegetal de manera controlada.

Clasificación: Medida Mitigante.

9.6. Paisaje intrínseco

El paisaje es un componente fundamental del entorno natural que influye en la calidad de vida de las comunidades y en la percepción visual y ambiental de un lugar. La mejora y conservación del paisaje son aspectos de gran relevancia para este proyecto, por lo que se tomarán las siguientes medidas:

- I. Durante la ejecución de las obras, es común que se generen áreas degradadas que requieren atención especial para su restauración y recuperación. En este sentido, se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- a) Se implementarán medidas para descompactar los suelos afectados por las obras, lo que contribuirá a mejorar la estructura del suelo y permitirá un mejor crecimiento de la vegetación.

Clasificación: Medida preventiva.

- b) Se procederá a la retirada adecuada del material sobrante generado durante las obras, evitando así la acumulación innecesaria de escombros o residuos que puedan afectar la estética y la funcionalidad del entorno.

Clasificación: Medida preventiva.

- c) Se prestará especial atención a la restauración de los márgenes de los caminos o vías de acceso que hayan sido afectados por la construcción. Esto incluye la nivelación, el reemplazo de vegetación y la corrección de cualquier erosión o daño causado.

Clasificación: Medida preventiva.

II. La creación de zonas ajardinadas con especies autóctonas es una estrategia efectiva para promover la biodiversidad local y mantener la armonía arquitectónica en el entorno de un proyecto. A continuación, se presentan los aspectos clave de esta práctica:

- a) Se llevará a cabo una cuidadosa selección de especies vegetales autóctonas que sean adecuadas para el entorno local. Estas especies han evolucionado para adaptarse a las condiciones climáticas y del suelo de la región, lo que las hace más resistentes y sostenibles.

Clasificación: Medida preventiva.

- b) Las zonas ajardinadas se diseñarán e integrarán de manera armoniosa en el entorno circundante y dentro de la planta termosolar. Se prestará especial atención para garantizar que el carácter arquitectónico de la zona no se vea comprometido y que las áreas verdes contribuyan a la estética general del proyecto.

Clasificación: Medida preventiva.

- c) Se establecerán prácticas de mantenimiento sostenible para las zonas ajardinadas, que incluirán riegos eficientes, control de plagas no tóxicas y la preservación de la biodiversidad local.

Clasificación: Medida preventiva.

9.7. Intervisibilidad

- I. Se implementarán programas de reforestación y paisajismo para ocultar las instalaciones y crear un amortiguador visual.

Clasificación: Medida preventiva.

- II. Se limitará la altura de las estructuras y se utilizarán revestimientos no reflectantes para minimizar el impacto visual. Además, se empleará tecnología de camuflaje visual, como espejos y paneles con revestimientos especiales, para hacer que las instalaciones sean menos visibles y se integren de manera más armoniosa en el entorno.

Clasificación: Medida preventiva.

9.8. Uso recreativo y productivo

Dado que se trata de un terreno en desuso y sin actividad agrícola previa, se tomarán medidas preventivas durante la fase de construcción, producción y desmantelamiento, con un enfoque especial en el movimiento de tierras, que podría potencialmente resultar en la contaminación del terreno. En caso de que se detecte cualquier indicio de contaminación, se aplicarán tratamientos de descontaminación respectivos con la finalidad de preservar y mantener la integridad del terreno, promoviendo así un uso productivo sostenible del mismo.

Clasificación: Medida preventiva.

9.9. Características culturales

9.9.1. Estructura poblacional

- I. La instalación de una central solar térmica puede generar opiniones no favorables en parte de la población debido a consideraciones culturales o estéticas. Con el objetivo de mitigar o reducir estas opiniones negativas, se propone tomar una medida preventiva que consista en distribuir propaganda informativa sobre los beneficios que aporta una instalación de este tipo a la localidad. Esta acción busca educar a la población acerca de los aspectos positivos de la energía solar térmica, como la generación de energía limpia y sostenible, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el fomento de la independencia energética.

Clasificación: Medida preventiva.

- II. Priorizar la contratación de mano de obra local en la construcción y operación de la central termosolar con el fin de desalentar la emigración de los residentes jóvenes hacia otras regiones en busca de trabajo, contribuyendo a la estabilidad y el crecimiento de la comunidad.

Clasificación: Medida compensatoria

- III. Establecer acuerdos de compensación económica con la comunidad local es una forma de reconocer y valorar el uso de la tierra por parte del proyecto. Esto puede incluir pagos por el uso de la tierra y contribuciones financieras a proyectos comunitarios. Estas compensaciones ayudarán a fortalecer la relación entre el

proyecto y la comunidad, y pueden ser utilizadas para mejorar las infraestructuras locales, servicios sociales, educación u otros proyectos de interés comunitario.

Clasificación: Medida compensatoria

- IV. Implementar un sistema eficiente de gestión de residuos es fundamental para reducir la contaminación y minimizar los riesgos para la salud de la población local. Esto implica establecer procesos adecuados de clasificación, recolección, transporte y eliminación de residuos. Además, es importante promover la reducción, reutilización y reciclaje de los materiales utilizados en la construcción y operación de la central termosolar, para minimizar su impacto ambiental.

Clasificación: Medida preventiva.

9.9.2. Renta

La renta es un aspecto importante a considerar en el contexto de la instalación de una central solar térmica, especialmente en lo que respecta a la etapa de desmantelamiento. Para minimizar los efectos negativos sobre la renta de la localidad y los individuos, se propone una medida compensatoria que consista en la adecuación del terreno para un uso agrario una vez finalizada la operación de la central. Esta medida implica preparar la tierra de manera que quede removida, filtrada y abonada, lo que puede facilitar su posterior uso agrícola. De esta manera, se busca mantener una fuente potencial de ingresos para la comunidad local una vez que la central haya cumplido su ciclo de vida útil. Esta acción puede ayudar a mitigar los impactos económicos negativos y proporcionar oportunidades adicionales para la generación de ingresos en la zona.

Clasificación: Medida compensatoria.

9.9.3. Emisión de informes relativos a la vigilancia ambiental

La preservación del medio ambiente y la sostenibilidad son cuestiones fundamentales en la planificación y ejecución de proyectos de generación de energía. En este contexto, el programa de vigilancia ambiental desempeña un papel crucial para garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales y medidas correctoras propuestas, que buscan minimizar y reducir las afecciones generadas en las distintas fases del proyecto .

Los principales objetivos del programa de vigilancia ambiental son:

- a) Asegurar que durante todas las fases del proyecto se implementen las medidas necesarias para prevenir, mitigar o corregir los posibles impactos ambientales negativos.
- b) Evaluar de manera continua y sistemática si el proyecto se desarrolla de acuerdo con lo establecido en la evaluación de impacto ambiental y en la Declaración de Impacto Ambiental.

Fase de Construcción

I. Informes de Seguimiento Ambiental

Durante la fase de construcción, se llevarán a cabo informes de seguimiento ambiental de manera semanal, el cual tiene como objetivo principal controlar que las actividades de construcción se desarrollen de acuerdo con las disposiciones establecidas en el estudio de impacto ambiental y la Declaración de Impacto Ambiental. Para ello, semanalmente se recopilarán datos relacionados con las operaciones en curso y se compararán con los parámetros ambientales especificados en los documentos de referencia. En caso de detectar desviaciones o incumplimientos, se tomarán medidas correctivas de inmediato.

Una vez culminada la fase de construcción de la planta solar, se elaborará un informe final de seguimiento ambiental, el cual proporcionará una visión integral de cómo se gestionan los aspectos ambientales durante la construcción y permitirá evaluar el éxito de las acciones tomadas. Además, se detallará todas las afectaciones al medio ambiente durante la construcción, la aplicación de las medidas protectoras y correctoras implementadas y los resultados obtenidos.

II. Capacitación Ambiental de los Trabajadores

La capacitación ambiental de los trabajadores es esencial para garantizar que todas las personas involucradas en el proyecto comprendan la importancia de minimizar el impacto ambiental y sepan cómo actuar de manera responsable. Esta formación debe cubrir temas como la gestión de residuos, la prevención de la contaminación, la protección de la fauna y la flora local, entre otros.

III. Demarcación de la Zona de Ocupación

La delimitación de la zona de ocupación se mantendrá clara y se revisará periódicamente para asegurar que no se produzcan expansiones no autorizadas que puedan afectar negativamente al medio ambiente. Durante la fase de explotación, se verificará que no se ocupe ni afecte una superficie mayor de la estrictamente necesaria para las operaciones. Esto incluye áreas donde se llevarán a cabo las diferentes tareas de construcción, áreas de almacenamiento, rutas de acceso y cualquier otro espacio utilizado en el proyecto.

IV. Control de Mantenimiento de Vehículos y Maquinaria

La maquinaria y los vehículos utilizados en la construcción pueden ser una fuente potencial de contaminación del agua y del suelo debido a posibles vertidos de aceites y combustibles. Por lo tanto, se implementará un riguroso control de las actividades relacionadas con el mantenimiento de esta maquinaria. Esto incluye la inspección regular de los vehículos y maquinaria para asegurarse de que no haya fugas de líquidos y que todas las operaciones de mantenimiento se realicen de manera segura y respetando las regulaciones ambientales vigentes.

V. Restauración de Zonas Afectadas por la Maquinaria

El tránsito de vehículos y maquinaria en las distintas fases del proyecto puede causar daños temporales al terreno y a la vegetación circundante. Para minimizar estos impactos, se establecerá un procedimiento para la recuperación de las zonas afectadas. Esto incluye la restauración de la topografía original y la reubicación de la vegetación, si es necesario. La recuperación de estas áreas debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible después de la finalización de las actividades de construcción en cada sitio específico.

VI. Gestión de zonas de almacenamiento para productos y materiales

La gestión adecuada de las zonas de almacenamiento temporal de materiales es esencial para minimizar el impacto ambiental. Se verificará que estas áreas estén debidamente delimitadas y acondicionadas para reducir al mínimo la perturbación del suelo y la vegetación circundante. Esto incluye la implementación de prácticas de almacenamiento que eviten la dispersión de materiales y productos químicos peligrosos en el entorno. Además,

se controlará la gestión de residuos en estas áreas para garantizar que se cumple con la legislación aplicable.

En cuanto a la gestión adecuada de los residuos peligrosos generados durante la fase de construcción, se almacenarán y gestionarán de acuerdo con la legislación vigente aplicable a este tipo de residuos. Esto incluye la segregación, el etiquetado adecuado y la disposición final en instalaciones autorizadas. Se llevará un registro detallado de la gestión de estos residuos, incluyendo su transporte y eliminación.

En cuanto a la gestión de residuos generados durante las actividades de tala y desbroce en la fase de construcción, como ramas, troncos y material vegetal, serán eliminados de forma inmediata para evitar la acumulación y la posible afectación al entorno. La eliminación adecuada de estos residuos también contribuirá a prevenir incendios forestales y mantener la integridad de los ecosistemas locales.

VII. Riego periódico de Caminos

El riego periódico de los caminos utilizados en el proyecto es una medida importante para evitar la generación de emisiones de partículas debido al tránsito de vehículos. El polvo y las partículas en suspensión pueden tener efectos negativos en la calidad del aire y en la salud humana. Por lo tanto, se establecerá un programa de riego regular de los caminos para mantener los niveles de polvo dentro de los límites aceptables y cumplir con las regulaciones ambientales.

VIII. Supervisión de los Niveles Sonoros de la Maquinaria

El ruido generado por la maquinaria en la obra puede tener un impacto significativo en el entorno y en la calidad de vida de las comunidades circundantes. Para garantizar que los niveles de ruido estén dentro de los límites establecidos por la legislación, se llevará a cabo un control constante de los niveles sonoros generados por la maquinaria ruidosa presente en la obra. Se verificará que la maquinaria cumpla con las regulaciones marcadas CE y que los niveles de potencia acústica se mantengan dentro de los estándares permitidos.

IX. Control de Vertido de Aguas Sanitarias

El control de las aguas sanitarias procedentes de las casetas de obra es fundamental para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua cercanos y del suelo. Se implementarán

sistemas de tratamiento adecuados para asegurar que las aguas sanitarias cumplan con los estándares de calidad requeridos antes de ser liberadas o descargadas. Se llevará a cabo un seguimiento regular de los sistemas de tratamiento para garantizar su eficacia y se tomarán medidas correctivas si es necesario.

X. Retirada y Almacenamiento de Tierra Vegetal

Durante los movimientos de tierras necesarios para la construcción, se retirará la capa superficial de tierra vegetal (los primeros 15-20 cm de suelo). Esta capa de tierra vegetal es esencial para la regeneración de la vegetación local y la restauración de las áreas afectadas. La retirada de esta tierra se realizará de manera cuidadosa y se almacenará adecuadamente para su posterior uso en la restauración de áreas perturbadas. La altura de los caballones de tierra vegetal se mantendrá por debajo de 1,5 metros para facilitar su manipulación y evitar la compactación.

XI. Protección de la Fauna y Plan de Seguimiento sobre la avifauna

La protección de la fauna local es una preocupación importante durante la fase de construcción. El tránsito de maquinaria, las emisiones a la atmósfera y la generación de ruido pueden tener un impacto negativo en la fauna circundante. Para minimizar estos impactos, se implementarán medidas para minimizar la afección producida sobre la fauna. Esto puede incluir la restricción de ciertas actividades en áreas sensibles durante ciertos períodos, el uso de barreras para evitar la entrada de animales en áreas de construcción y la capacitación del personal para la identificación y protección de la fauna local.

En cuanto a la instalación de medidas de protección contra la electrocución y colisión de aves con la línea eléctrica aérea de evacuación, se verificará que se coloquen espirales de polipropileno salvapájaros sobre el hilo de tierra de la línea eléctrica y que se implementen las medidas establecidas en el Decreto 178/2006 que rige la protección de las aves en estas situaciones. Estas medidas ayudarán a evitar que las aves sufran electrocución o colisión con los conductores eléctricos.

En cuanto a la elaboración de un Plan de Seguimiento sobre la avifauna durante la fase de construcción, se monitoreará y evaluará continuamente el impacto del proyecto en la avifauna local, con el fin de tomar medidas correctivas si es necesario. Se realizarán observaciones regulares, censos de aves y se registrarán cualquier impacto inesperado.

Fase de Explotación

I. Informe de Seguimiento Ambiental en Fase de Explotación

Durante la fase de explotación de la planta solar termoeléctrica y la línea eléctrica de evacuación, se llevará a cabo un informe de seguimiento ambiental para verificar el cumplimiento de las estipulaciones establecidas en el Plan de Vigilancia Ambiental. Este informe analizará la eficacia de las medidas implementadas durante la fase de explotación y evaluará si se han alcanzado los objetivos ambientales establecidos. También identificará cualquier limitación o incumplimiento y propondrá medidas correctivas si es necesario.

II. Demarcación de la Zona de Ocupación

Durante la fase de explotación, se comenzará verificando que no se ocupa ni se afecta una superficie mayor de la estrictamente necesaria para las operaciones. La delimitación de la zona de ocupación se mantendrá clara y se revisará periódicamente para asegurar que no se produzcan expansiones no autorizadas que puedan afectar negativamente al medio ambiente.

III. Control de Mantenimiento de Vehículos y Maquinaria

La gestión de las actividades de mantenimiento de vehículos y maquinaria durante la fase de explotación es fundamental para evitar la contaminación del agua, el suelo y la vegetación. Para lograr esto, se establecerá una zona específica para el mantenimiento de la maquinaria, donde se realizarán todas las actividades relacionadas con el mantenimiento y reparación de vehículos y equipos. Esta gestión se complementará con la implementación de programas de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar de que la maquinaria se mantenga en buenas condiciones operativas. Además, se promoverá el uso responsable de los vehículos y equipos para minimizar el consumo de combustible y reducir las emisiones.

IV. Residuos Peligrosos

La gestión adecuada de los residuos peligrosos generados durante la fase de explotación es esencial para prevenir impactos ambientales negativos. Se seguirán las mismas

prácticas de gestión de residuos peligrosos que se establecieron durante la fase de construcción, incluyendo la segregación, el etiquetado adecuado y la disposición final en instalaciones autorizadas. Se llevará un registro detallado de la gestión de estos residuos, incluyendo su transporte y eliminación.

V. Control de Emisiones de la Instalación de Combustión de Gas Natural

La instalación auxiliar de combustión de gas natural en la planta termosolar puede ser una fuente potencial de emisiones contaminantes. Para controlar estas emisiones, se llevará a cabo un monitoreo constante de la instalación para verificar que se cumplan con los estándares de emisión establecidos por la legislación. Se realizarán inspecciones reglamentarias periódicas y controles continuos de emisiones para garantizar que la instalación funcione de manera eficiente y cumpla con los requisitos ambientales.

VI. Control de Ruido de la Planta Termosolar

El control del ruido generado por la planta termosolar es esencial para evitar molestias para las comunidades cercanas y para minimizar el impacto ambiental. Se llevará a cabo un monitoreo constante de los niveles acústicos para garantizar que se mantengan por debajo de los límites establecidos por la legislación. Esto incluye la verificación de que la maquinaria y los equipos de la planta cumplan con las regulaciones de potencia acústica y la implementación de medidas correctivas si es necesario.

VII. Efluentes Generados en la Instalación de Aguas

La planta termosolar generará efluentes que deben ser controlados para garantizar que cumplan con los parámetros de calidad requeridos antes de ser liberados o descargados. Se llevará a cabo un monitoreo regular de los efluentes de la instalación para verificar que se ajusten a los estándares ambientales aplicables. Si es necesario, se implementarán medidas de tratamiento o corrección para garantizar que los efluentes no causen daño al entorno.

VIII. Seguimiento de la Fauna

Durante la fase de explotación, se comenzará monitoreando la fauna local para detectar impactos no previstos en el proyecto. Se llevará a cabo un seguimiento regular de la

avifauna y otros animales presentes en la zona para evaluar si las medidas de protección implementadas son efectivas. Se prestará especial atención a cualquier impacto inesperado en la fauna y se tomarán medidas para mitigar estos impactos si es necesario.

Fase de Abandono

1. Desmantelamiento de la Instalación

El desmantelamiento de la instalación al final de su vida útil es una etapa crítica que debe ser gestionada adecuadamente. Durante esta fase, se generará una cantidad significativa de residuos, incluyendo componentes de la planta y estructuras. Es fundamental asegurarse de que estos residuos se manejen y gestionen de acuerdo con la normativa ambiental vigente. Se verificará que se cumplan todos los requisitos legales para la eliminación segura y responsable de estos residuos. Además, se revisarán y aprobarán los documentos de entrega de residuos a gestores autorizados.

2. Restauración de la Zona Ocupada

La restauración de la zona ocupada por la planta termosolar es esencial para devolver el área a sus condiciones originales antes de la instalación. Esto incluye la remoción de todas las estructuras y componentes no deseados, la recuperación de la topografía original y la reubicación de la tierra vegetal previamente retirada. La restauración también debe incluir la revegetación de la zona utilizando especies autóctonas para promover la recuperación de los ecosistemas locales.

3. Monitorización Post-Abandono

Después de la fase de abandono y restauración, se llevará a cabo un período de monitorización post-abandono para verificar que la zona vuelva a su estado natural y para detectar cualquier impacto residual. Se realizarán inspecciones regulares de la zona y se evaluará la evolución de la vegetación y la fauna. Esto se hará durante un período de tiempo suficiente para asegurar que la zona se haya recuperado adecuadamente y que no haya impactos ambientales negativos a largo plazo.

4. Plan de Contingencia Post-Abandono

Se elaborará un Plan de Contingencia Post-Abandono para anticipar y responder a posibles eventos inesperados que puedan ocurrir después de la fase de abandono. Este plan contemplará acciones específicas para abordar situaciones como vertidos, incendios forestales o eventos climáticos extremos que puedan afectar la zona restaurada. Se establecerán protocolos de respuesta, se designarán responsables y se proporcionarán el equipo y los recursos necesarios para actuar con eficacia en caso de emergencia.

10. Valoración con medidas correctoras

En este capítulo, nos enfocaremos en realizar una valoración cuantitativa actualizada, teniendo en cuenta las medidas correctivas que se implementarán. Es importante destacar que estas medidas correctivas están diseñadas para abordar las diversas fases del proyecto, aunque su nivel de influencia puede variar según la magnitud de los problemas que se enfrenten. En lugar de proporcionar medidas correctivas específicas, hemos optado por considerar aquellas medidas que tienen un impacto directo e indirecto en los subfactores que analizamos en el capítulo anterior. Al combinar sus efectos, esperamos lograr una mejora significativa en la viabilidad del proyecto en su conjunto.

A continuación, presentamos un resumen de la valoración cuantitativa, tomando en cuenta las medidas correctivas que hemos identificado:

Tabla 69: valoración cuantitativa sin medidas correctoras por acciones.

VALORACIÓN CUANTITATIVA			
Subfactores	Acciones	Vp	
1	Aire	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2 Preparación del Terreno (Construcción)	3,32
2	Tierra - Suelo	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2 Preparación del Terreno (Construcción) 1.3 Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción) 1.4 Implementación de sistemas auxiliares (Construcción) 1.5 Instalación heliostatos (Construcción) 1.6 Pruebas y puestas en marcha (construcción)	11,42
3	Vegetación o flora	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2 Preparación del Terreno (Construcción) 1.3 Implementación de sistemas auxiliares (Construcción) 1.4 Pruebas y puestas en marcha (construcción) 1.5. Operación y mantenimiento (Funcionamiento)	26,91
4	Fauna	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2 Preparación del Terreno (Construcción) 1.3 Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción) 1.4 Implementación de sistemas auxiliares (Construcción) 1.5 Pruebas y puestas en marcha (construcción)	1,92
5	Paisaje intrínseco	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2 Instalación heliostatos (Construcción) 1.3 Puesta en marcha (funcionamiento) 1.4 Operación y mantenimiento (Funcionamiento)	0,76
6	Intervisibilidad	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2. Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)	40,11
7	Uso productivo	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción) 1.2. Instalación heliostatos (Construcción) 1.3 Implementación de sistemas auxiliares (Construcción) 1.4 Operación y mantenimiento (Funcionamiento)	29,51
8	Características culturales	1.1 Operación y mantenimiento (Funcionamiento)	23,60
9	Estructura Poblacional	1.1 Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)	11,38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70: valoración cuantitativa con medidas correctoras Vp

VALORACIÓN CUANTITATIVA VP CC**				
Subfactores		Vp	Vpcc*	Efectividad (%)
1	Aire	3,32	1,54	53,61
2	Tierra - Suelo	11,42	4,86	57,44
3	Vegetacion o flora	26,91	10,65	60,42
4	Fauna	1,92	1,16	39,58
5	Paisaje intrinseco	0,76	0,69	9,21
6	Intervisibilidad	40,11	25,17	37,25
7	Uso productivo	29,51	15,07	48,93
8	Características culturales	23,60	12,83	45,64
9	Estructura Poblacional	11,38	7,56	33,57

Fuente: Elaboración propia

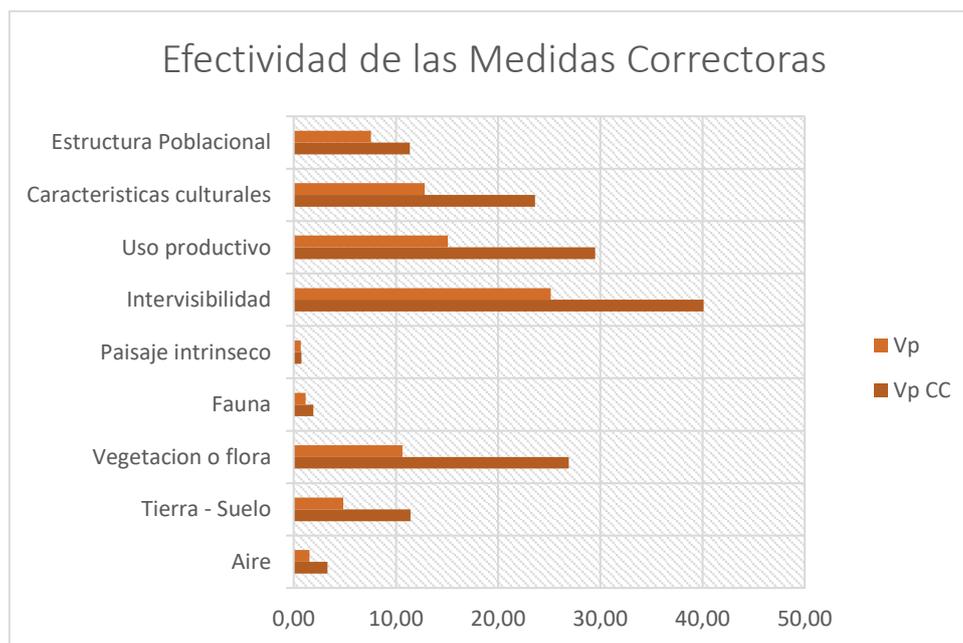


Figura 32. Efectividad de las medidas correctoras. Fuente: elaboración propia

En esta valoración cuantitativa, hemos evaluado el impacto de nuestro proyecto en diversos subfactores que abarcan una amplia gama de aspectos ambientales y sociales. El Valor Global Ponderado del Impacto sobre el Entorno Generado por el Proyecto (Vp) se ha calculado considerando la suma de los impactos individuales en cada uno de estos subfactores.

Los resultados obtenidos revelan que, en términos generales, las medidas correctoras han tenido un impacto positivo en la reducción de los efectos negativos del proyecto en el entorno. Sin embargo, es importante destacar que la efectividad de estas medidas varía significativamente entre los diferentes subfactores.

En primer lugar, la vegetación o flora, junto con el uso productivo, emergen como los subfactores que más contribuyen al VP total, con valores de 26,91 y 29,51 respectivamente. Estos resultados resaltan la importancia de considerar tanto la biodiversidad como la actividad económica en la planificación y gestión de proyectos. En segundo lugar, la intervisibilidad y el paisaje intrínseco, aunque presentan VP más bajos en comparación con otros subfactores, aún son de gran relevancia para preservar la calidad del entorno visual y su valor estético.

En todos los subfactores, se logra una reducción significativa del VP mediante la aplicación de estas medidas, con un rango de efectividad que va desde un 9,21% en el paisaje intrínseco hasta un 60,42% en la vegetación o flora. Estos resultados nos brindan una visión clara de los impactos generados por nuestro proyecto y nos orientan hacia la implementación de acciones concretas para mitigar estos efectos negativos. Además, nos recuerdan la importancia de considerar el equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación del entorno natural y cultural.

Tabla 71: valoración cuantitativa con medidas correctoras IN

VALORACIÓN CUANTITATIVA IN CC**				
Subfactores		IN	INCC	Variación (%)
1	Aire	14,66	5,04	65,62
2	Tierra - Suelo	21,19	17,53	17,27
3	Vegetación o flora	33,38	24,43	26,81
4	Fauna	26,88	20,70	22,99
5	Paisaje intrínseco	24,55	21,41	12,79
6	Intervisibilidad	35,19	28,32	19,52
7	Uso productivo	30,24	26,21	13,33
8	Características culturales	17,19	14,06	18,21
9	Estructura Poblacional	29,75	10,50	64,71

Fuente: Elaboración propia

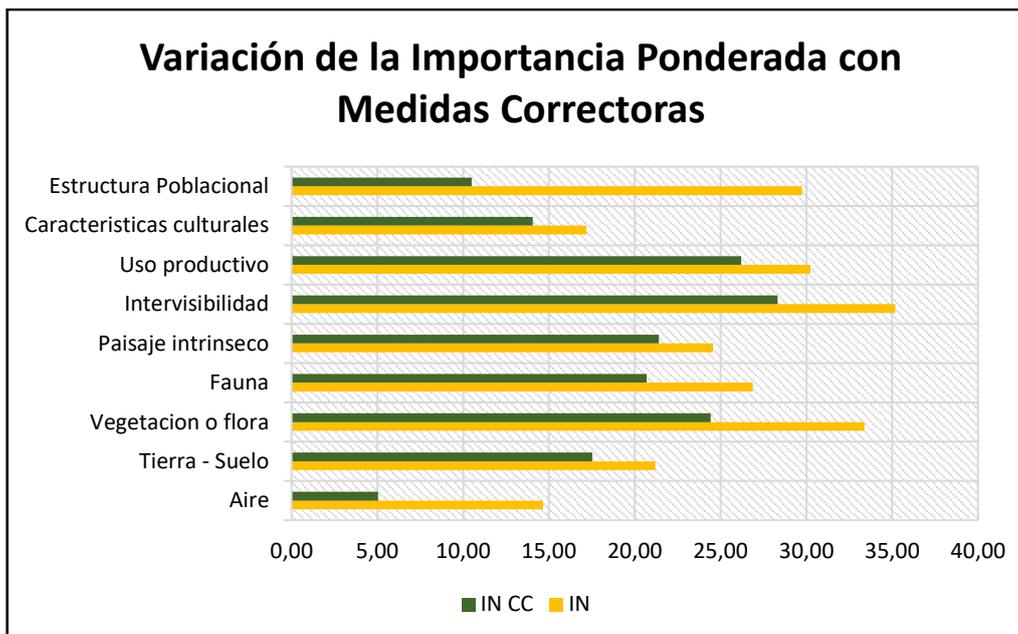


Figura 33. Variación de la Importancia Ponderada con Medidas Correctoras. Fuente: elaboración propia

Los resultados revelan una serie de tendencias significativas en cuanto a la importancia global de estos subfactores en relación con el proyecto. En primer lugar, es evidente que la vegetación o flora y la intervisibilidad destacan como los subfactores con la mayor importancia global ponderada, con valores de 33,38 y 35,19 respectivamente. Esto resalta la relevancia crítica de preservar la biodiversidad y mantener la calidad visual del entorno.

La calidad del aire, aunque importante, experimenta una reducción significativa en su importancia global ponderada una vez que se aplican las medidas correctoras, con una variación del 65,62%. Esto sugiere que las medidas implementadas han tenido un impacto positivo en la calidad del aire y en la reducción de su importancia en relación con el proyecto.

La estructura poblacional, por otro lado, muestra la mayor variación, con un 64,71%, lo que indica que las medidas correctoras han tenido un impacto sustancial en la reducción de su importancia en el contexto del proyecto.

Por otro lado, la tierra-suelo y las características culturales también desempeñan un papel importante en la valoración, con valores de IN de 21,19 y 17,19, respectivamente. Esto subraya la relevancia de conservar la calidad del suelo y respetar las características culturales locales en la planificación y ejecución del proyecto. En general, esta valoración cuantitativa destaca la importancia de comprender y cuantificar los diversos aspectos ambientales y sociales relacionados con un proyecto.

10.1. Ficha resumen

Finalmente se incluyen las fichas resumen de la valoración cualitativa y cuantitativa:

Tabla 72: Ficha resumen de valoración cualitativa y cuantitativa

INFORME FINAL					
VALORACION CUALITATIVA					
Factor ambiental	Nº de impactos	IN	Nº de medidas correctoras	ICC	INCC
Aire	4	-13,93	0	0	-13,93
Clima	6	-11,93	0	0	-11,93
Tierra - Suelo	11	-26,21	0	0	-26,21
Aguas continentales	5	-13,16	0	0	-13,16
Vegetacion o flora	10	-37,04	0	0	-37,04
Fauna	10	-40,77	0	0	-40,77
Paisaje intrinseco	5	-26,9	0	0	-26,9
Intervisibilidad	2	-37,19	0	0	-37,19
Uso productivo	8	-48,09	0	0	-48,09
Caracteristicas culturales	5	-3,96	0	0	-3,96
Estructura Poblacional	11	-5,74	0	0	-5,74
Renta	5	-3,18	0	0	-3,18
Infraestructuras viaria	6	-3,04	0	0	-3,04
TOTAL ENTORNO					
JUICIO					
Tipo de impacto global	Reducido	Compatible	Moderado	Severo	Critico
Numero	0	40	41	0	0
Porcentaje	0%	49%	51%	0%	0%
VALORACION CUANTITATIVA					
Factor ambiental	Nº de impactos	Vp	Nº de medidas correctoras	Vp CC	Vp con+CC
Aire	2	-3,32	9	1,54	-1,78
Tierra - Suelo	6	-11,42	7	4,86	-6,56
Vegetacion o flora	5	-26,91	3	10,65	-16,26
Fauna	5	-1,92	4	1,16	-0,76
Paisaje intrinseco	4	-0,76	6	0,69	-0,07
Intervisibilidad	2	-40,11	2	25,17	-14,94
Uso productivo	4	-29,51	2	15,07	-14,44
Caracteristicas culturales	1	-23,60	3	12,83	-10,77
Estructura Poblacional	1	-11,38	4	7,56	-3,82
TOTAL ENTORNO					
JUICIO					
Tipo de impacto global	Reducido	Compatible	Moderado	Severo	Critico
Numero (sin M.C.)	0	19	11	0	0
Porcentaje (sin M.C.)	0%	63%	37%	0%	0%
Numero (con M.C.)	0	30	0	0	0
Porcentaje (con M.C.)	0%	100%	0%	0%	0%
CONCLUSIÓN FINAL: VIABILIDAD AMBIENTAL DEL PROYECTO					

Fuente: Elaboración propia

Desde una evaluación cualitativa, se observa que la mayoría de los factores ambientales evaluados, como el aire, el clima, el suelo, las aguas continentales, la vegetación, la fauna, el paisaje intrínseco, la intervisibilidad, el uso productivo, las características culturales, la estructura poblacional y la renta, han experimentado impactos negativos

en diferentes niveles, predominando las calificaciones "Moderado". Esto indica que el proyecto puede tener efectos significativos en el entorno.

Sin embargo, desde una perspectiva cuantitativa, se evidencia que la implementación de medidas correctoras ha tenido un alcance positivo al reducir considerablemente los valores de los impactos, e incluso transformándolos de "Moderado" a "Compatible" en algunos casos. Esto demuestra que se han tomado acciones para mitigar los efectos adversos en el medio ambiente.

En general, el análisis global indica que, gracias a la implementación de medidas correctoras, el proyecto ha logrado mantener un nivel de impacto ambiental en su totalidad "Compatible" lo que sugiere que es viable desde una perspectiva ambiental. No obstante, es importante destacar que algunos factores aún requieren atención y seguimiento continuo, especialmente aquellos que no han experimentado una mejora significativa incluso con medidas correctoras. Esto subraya la importancia de una gestión ambiental efectiva durante todas las fases del proyecto, con el fin de minimizar cualquier impacto negativo residual.

11. Conclusiones

En el contexto actual de creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad imperante de encontrar fuentes de energía sostenibles y limpias, las centrales termosolares se presenta como una iniciativa pionera en la generación de electricidad a partir de la radiación solar. La planta termosolar Gemasolar es un referente en el sector de la energía renovable y se ha ganado su lugar en la transición hacia una matriz energética más sostenible. El entorno donde se encuentra ubicado el proyecto es de gran importancia, ya que está situado en una región con abundante radiación solar con el fin de aprovechar al máximo este recurso natural, contribuyendo así a la disminución de la dependencia de fuentes de energía no renovable y a la reducción de las emisiones de gases contaminantes.

Además, la elección de esta ubicación específica ha minimizado la necesidad de desplazamientos a larga distancia de recursos y materiales, lo que disminuye el impacto ambiental asociado al transporte. Sin embargo, como en cualquier proyecto de esta envergadura, existen vectores de impacto ambiental que deben ser considerados y mitigados adecuadamente.

Es importante destacar que, a lo largo de este proceso de evaluación, se han identificado medidas preventivas y correctoras que se aplicarán de manera efectiva para minimizar cualquier impacto negativo. Estas medidas están diseñadas específicamente para abordar los vectores de impacto identificados y garantizar que el proyecto se desarrolle de manera ambientalmente viable. Finalmente, se ha establecido un Plan de Vigilancia Ambiental que supervisará de cerca la operación de la planta. Este plan garantiza que se cumplan los estándares ambientales durante toda la vida útil del proyecto y que cualquier desviación se aborde de manera inmediata.

En resumen, la viabilidad ambiental del proyecto se ha logrado en gran medida gracias a la implementación de medidas correctoras que han reducido los impactos negativos en el entorno. Sin embargo, es esencial mantener una vigilancia constante y una gestión ambiental sólida para garantizar el cumplimiento de los estándares ambientales y la sostenibilidad o viabilidad a largo plazo del proyecto.

12. Bibliografía

- (REE), R. E. (2022). *Informe Anual de la Generación de Electricidad 2022*.
- Andalucía, J. d. (2021). *Plan hidrológico*. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/418264/appendice_5_1_regimen_caudales_minimos_gb.pdf
- Andalucía, J. d. (2023). *Tipología de suelos en la comunidad andaluza*. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Sevilla.pdf
- Andalucía, J. d. (s.f.). *Tipología de suelos en la comunidad andaluza*. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Sevilla.pdf
- Andalucía, T. F. (2023). *Turismo Fuentes de Andalucía*. Obtenido de <https://turismofuentesdeandalucia.com/parques/>
- Azul, C. d. (2022). *Indicadores Suelo y usos del suelo*. Obtenido de https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F16_INDICADORES_ESTADISTICAS%2F01_IMA%2FIMA_edicion_2022%2FEstadisticas_indicadores%2F03_Suelo_y_usos_del_suelo%2FIndicadores_Suelo_y_usos_del_suelo
- ciudad, F. (2022). *Poblacion estacional*. Obtenido de <https://www.foro-ciudad.com/sevilla/fuentes-de-andalucia/habitantes.html#PoblacionEstacional>
- Fabrisolia. (Noviembre de 2019). *Declaración Ambiental de Productos de paneles solares térmicos de Fabrisolia*. Obtenido de <https://www.asit-solar.com/wp-content/uploads/2021/05/ABALEO-FABRISOLIA-Huella-de-Carbono-ST.pdf>
- fenercom. (2012). *Guia Técnica de la Energía Solar Termoelectrica*. Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2012/03/Guia-Tecnica-de-la-Energia-Solar-Termoelectrica-fenercom-2012.pdf>
- IDAE. (2011). *IDAE, Evaluacion del potencial de energía solar termoeléctrica: Estudio Técnico PER 2011-2020*. Obtenido de https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_11227_e12_termoelectrica_a_fd47d41f.pdf

- IGME. (2023). *Mapa Geológico de España MAGNA*. Obtenido de <https://igme.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=92d3a8e400b44daf911907d3d7c8c7e9>
- meteoblue. (2023). *Historia del Clima de Fuentes de Andalucía*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/fuentes-de-andaluc%C3%ADa_espa%C3%B1a_2517500
- MITECO. (2021). *Informe evaluación de la calidad del aire en España*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadaireespana2021_tcm30-543132.pdf
- Moreno, G. A. (Junio de 2015). *Fotografías del proyecto gemasolar*. Obtenido de <https://www.gettyimages.es/fotos/gemasolar-thermosolar-plant>
- Novotec. (2007). *Informe gemasolar*. Obtenido de https://www.eib.org/attachments/pipeline/20080098_eia2_es.pdf
- NREL. (s.f.). *NREL, centrales en construcción*. Obtenido de <https://solarpaces.nrel.gov/by-status/under-construction>
- Red eléctrica, P. i. (2022). *REE*. Obtenido de <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada>
- solarpaces. (2023). *Proyecto gemasolar*. Obtenido de <https://solarpaces.nrel.gov/project/gemasolar-thermosolar-plant-solar-tres>
- Spain, N. (2023). *Naturaleza, espacios naturales, flora y fauna de Fuentes de Andalucía (Sevilla)*. Obtenido de <http://www.naturaspain.com/naturaleza-flora-y-fauna-en-el-municipio-de-fuentes-de-andalucia.html>
- Statista, p. s. (Marzo de 2023). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1004397/potencia-solar-termica-instalada-por-region-en-espana/>
- trade, w. e. (2019). *world energy trade, Según GlobalData, China liderará el mercado global de energía solar térmica para 2030*. Obtenido de <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/segun-globaldata-china-liderara-el-mercado-global-de-energia-solar-termica-para-2030>
- Aceytuno, B. S. (2018). *Sistemas de almacenamiento termoquímico para energía solar concentrada*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=181269>
- Consuelo, S. N. (2020). *Centrales termoeléctricas*. Editorial UNED.

- Orangzeb, S., Qaisrani, M. A., Shafiq, M. B., Ahmed, N., Sahar, M. S. U., Ullah, S., Farooq, M., & Fang, J. (2023). Potential assessment and economic analysis of concentrated solar power against solar photovoltaic technology. *International Journal of Energy Research*, 2023, 1-26. <https://doi.org/10.1155/2023/3611318>
- Rc. (2011). Energías sostenibles. Gemasolar ya brilla. *Cambio* 16, 2078, 18-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4437237>
- Sabry, F. (2022). Energía solar concentrada: Usar espejos o lentes para concentrar la luz solar en un receptor. *One Billion Knowledgeable*.
- Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar, 2023 “Mapa de proyectos en España”. En: <https://www.protermosolar.com/proyectos-termosolares/mapa-de-proyectos-en-espana/>
- Cebrecos, S., Frechoso, F. 2012. “Estudio técnico-económico de una central termosolar con tecnología fresnel”. Universidad de Valladolid. TFG. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/1798/PFC-P7.pdf;jsessionid=6BE116EA7DEAE9A1094B116B703E4127?sequence=1>
- Energías Renovables, el periódico de las energías limpias. 2019. “Lo que no se conoce (o no se quiere conocer) sobre el almacenamiento eléctrico en nuestro país”. Disponible en: <https://www.energi-as-renovables.com/termosolar/lo-que-no-se-conoce-o-no-20190520#:~:text=En%20Espa%C3%B1a%20hay%20en%20operaci%C3%B3n,un%20almacenamiento%20de%2015%20horas>
- IDEA, 2020. “Evaluación del potencial de energía solar termo eléctrica. Estudio técnico periodo 2010 – 2020”. Disponible en: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_11227_e12_termoelectrica_a_fd47d41f.pdf
- INE. Instituto Nacional de Estadística. 2023. “Índice de Precios Industriales (IPRI)”. Disponible en: https://www.ine.es/prensa/ipri_prensa.htm
- IRENA, 2020. “Costos de generación de energía renovable en 2020” Resumen ejecutivo. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020_Summary_ES.pdf?rev=ac2dc583c470469d88ba64f5b014ff5f

13. Anexos

13.1. Anexo I: Normativa aplicada

El presente punto se mencionará a modo general el marco legislativo que regula las centrales solares térmicas en España. Se destacarán las principales normativas que fundamentan los requisitos y procedimientos necesarios para el desarrollo y operación de estas instalaciones.

A NIVEL EUROPEO

ATMOSFERA

- Directiva 2008/50/CE: Esta directiva, emitida por el Parlamento Europeo y el Consejo en mayo de 2008, aborda la calidad del aire ambiente y busca promover una atmósfera más limpia en Europa. Establece estándares para la calidad del aire y define los niveles máximos permitidos para ciertos contaminantes atmosféricos.
- Directiva 2008/1/CE: Emitida por el Consejo en enero de 2008, esta directiva se centra en la prevención y el control integrados de la contaminación. Su objetivo es reducir la contaminación industrial y promover prácticas más limpias en las instalaciones industriales.
- Directiva 2001/81/CE: Emitida en octubre de 2001 por el Parlamento Europeo y el Consejo, establece techos nacionales de emisión para ciertos contaminantes atmosféricos. Esto tiene como objetivo limitar la contaminación del aire en toda Europa y mejorar la calidad del aire.
- Directiva 2000/69/CE: Emitida en noviembre de 2000, esta directiva establece valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente. Su propósito es reducir la exposición de la población a estos contaminantes nocivos.
- Directiva 2000/14/CE: Esta directiva, emitida en mayo de 2000, se ocupa de las emisiones sonoras en el entorno debido a las máquinas de uso al aire libre. Establece límites de ruido para estas máquinas y tiene como objetivo reducir la contaminación acústica.
- Directiva 1999/30/CE: Emitida en abril de 1999, esta directiva aborda los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente. Busca reducir la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud humana y el medio ambiente.

- Directiva 1999/101/CEM: Esta directiva, emitida por la Comisión en diciembre de 1999, adapta la Directiva 70/157/CEE del Consejo en relación con el nivel sonoro admisible y el dispositivo de escape de los vehículos a motor. Su objetivo es limitar el ruido de los vehículos y su impacto en la calidad del aire.
- Directiva 96/62/CE: Emitida en septiembre de 1996, esta directiva trata sobre la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. Establece un marco para evaluar y mejorar la calidad del aire en toda Europa.
- Directiva 89/369/CE: Esta directiva, emitida en junio de 1989, se relaciona con la reducción de las emisiones de disolventes orgánicos volátiles a la atmósfera. Su objetivo es limitar la contaminación del aire con disolventes peligrosos.

CAMBIO CLIMÁTICO

- Directiva 2018/2001: Emitida en diciembre de 2018, esta directiva promueve el uso de energía procedente de fuentes renovables en Europa. Contribuye a la transición hacia una economía más sostenible y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Comunicación de la Comisión (2005): Emitida en febrero de 2005, esta comunicación se titula "Ganar la batalla contra el cambio climático mundial". Destaca la importancia de abordar el cambio climático a nivel global y propone medidas para combatirlo.
- Decisión n° 280/2004/CE: Esta decisión, emitida en febrero de 2004, establece un mecanismo para el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad Europea y la aplicación del Protocolo de Kioto.

AGUA

- Directiva 2007/60/CE: Emitida en octubre de 2007, esta directiva se centra en la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. Su objetivo es prevenir y mitigar los efectos de las inundaciones en Europa.
- Directiva 2006/118/CE: Emitida en diciembre de 2006, esta directiva trata sobre la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Contribuye a garantizar la calidad de las aguas subterráneas en Europa.
- Directiva 2006/44/CE: Emitida en septiembre de 2006, esta directiva establece estándares de calidad para las aguas continentales que requieren protección o

mejora para ser aptas para la vida de los peces. Su objetivo es proteger los ecosistemas acuáticos.

- Directiva 2006/11/CE: Emitida en febrero de 2006, esta directiva aborda la contaminación causada por ciertas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad. Contribuye a la preservación de la calidad del agua.
- Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua): Emitida en octubre de 2000, esta directiva establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Su objetivo es garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos en Europa.

BIODIVERSIDAD

- Dictamen del Comité Económico y Social Europeo (2014): Este dictamen apoya la integración de la ecología con los beneficios económicos y sociales a través de proyectos de Infraestructura Verde.
- Directiva 2009/147/CE: Emitida en noviembre de 2009, esta directiva se enfoca en la conservación de las aves silvestres en Europa.
- Directiva 92/43/CEE: Emitida en mayo de 1992, esta directiva aborda la conservación de los hábitats naturales y la fauna y flora silvestres. Establece la Red Natura 2000, una red de áreas de conservación en toda Europa.
- Directiva 79/409/CEE: Emitida en abril de 1979, esta directiva se centra en la conservación de las aves silvestres. Establece medidas de protección para especies de aves en peligro.

GESTIÓN DE RESIDUOS

- Directiva 2008/98/CE: Emitida en noviembre de 2008, esta directiva establece un marco para la gestión de residuos en Europa. Promueve la reducción de residuos y fomenta su reciclaje y valorización.
- Directiva 94/62/CE: Emitida en diciembre de 1994, esta directiva aborda los envases y residuos de envases. Tiene como objetivo reducir el impacto ambiental de los envases y promover su reciclaje.
- Directiva 91/689/CEE: Esta directiva, emitida en diciembre de 1991, trata sobre la gestión de los residuos peligrosos. Establece medidas para controlar y reducir los riesgos asociados con estos residuos.

PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA

- Directiva 92/43/CEE: Emitida en mayo de 1992, esta directiva se ocupa de la conservación de los hábitats naturales y la fauna y flora silvestres. Establece la Red Natura 2000, una red de áreas de conservación en toda Europa.
- Directiva 79/409/CEE: Emitida en abril de 1979, esta directiva se centra en la conservación de las aves silvestres. Establece medidas de protección para especies de aves en peligro.

GESTIÓN DE RESIDUOS

- Directiva 2008/98/CE: Emitida en noviembre de 2008, esta directiva establece un marco para la gestión de residuos en Europa. Promueve la reducción de residuos y fomenta su reciclaje y valorización.
- Directiva 94/62/CE: Emitida en diciembre de 1994, esta directiva aborda los envases y residuos de envases. Tiene como objetivo reducir el impacto ambiental de los envases y promover su reciclaje.
- Directiva 91/689/CEE: Esta directiva, emitida en diciembre de 1991, trata sobre la gestión de los residuos peligrosos. Establece medidas para controlar y reducir los riesgos asociados con estos residuos.

AGUAS

- Directiva 2000/60/CE: Emitida en octubre de 2000, esta directiva marco establece un enfoque integrado para la protección y gestión de las aguas en Europa. Busca lograr un buen estado ecológico y químico de las aguas superficiales y subterráneas.
- Directiva 91/271/CEE: Emitida en mayo de 1991, esta directiva trata sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Establece requisitos para la recogida y tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas.
- Directiva 2006/118/CE: Emitida en diciembre de 2006, esta directiva establece normas para la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Contribuye a prevenir la contaminación de las aguas subterráneas.

NIVEL NACIONAL

ATMOSFERA

- Real Decreto 1038/2012: Este decreto modifica el Real Decreto 1367/2007 y se relaciona con la gestión del ruido, zonificación acústica y emisiones acústicas. Establece normativas para abordar y controlar la contaminación acústica.
- Ley 34/2007: Esta ley se enfoca en la calidad del aire y la protección de la atmósfera. Establece medidas para controlar y reducir la contaminación del aire, incluyendo emisiones de gases contaminantes.
- Real Decreto 1371/2007: Este decreto aprueba el documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación, abordando la protección contra el ruido en la construcción.
- Real Decreto 509/2007: Este reglamento regula la prevención y el control integrados de la contaminación, lo que incluye medidas para prevenir y controlar la contaminación del aire.

CAMBIO CLIMÁTICO

- Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética: Este proyecto de ley, aprobado en mayo de 2020, establece medidas para abordar el cambio climático y promover la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y limpias.

AGUA

- Real Decreto 903/2010: Este real decreto se centra en la evaluación y gestión de riesgos de inundación, abordando las amenazas relacionadas con el agua.
- Real Decreto Legislativo 1/2001: Este decreto aprueba el texto refundido de la Ley 29/1985 de Aguas, y establece las bases para la gestión de los recursos hídricos.
- Ley 10/2001: Esta ley se relaciona con el plan hidrológico nacional y establece políticas para la gestión del agua en España.

BIODIVERSIDAD

- Ley 42/2007: Esta ley se enfoca en el patrimonio natural y la biodiversidad, estableciendo medidas para la conservación de espacios naturales y la protección de la fauna y flora silvestres.
- Ley 33/2015: Esta ley modifica la Ley 42/2007 y refuerza las medidas de protección del patrimonio natural y la biodiversidad.
- Real Decreto 556/2001: Este decreto se encarga del desarrollo del inventario español del patrimonio natural y la biodiversidad.
- Real Decreto 435/2004: Regula el Inventario nacional de zonas húmedas, enfocándose en la conservación de estos ecosistemas.
- Resolución de 18 de diciembre de 2002: Autoriza la inclusión de zonas húmedas españolas en la lista del convenio Ramsar.

FLORA Y FAUNA

- Real Decreto 1628/2011: Regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras.
- Real Decreto 139/2011: Desarrolla el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y el Catálogo Español de Especies Amenazadas.

FORESTAL

- Ley 43/2003: Esta ley se enfoca en la gestión de montes y establece políticas para la conservación y gestión sostenible de los recursos forestales.
- Decreto 3769/1972: Aprueba el Reglamento sobre incendios forestales y aborda la prevención y el control de incendios forestales.
- Ley 81/1968: Establece medidas para la prevención y control de incendios forestales.

RESIDUOS

- Ley 22/2011: Esta ley regula la gestión de residuos y suelos contaminados, promoviendo la reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de residuos.
- Real Decreto 1304/2009: Modifica el Real Decreto 1481/2001 y se enfoca en la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.

- Real Decreto 105/2008: Regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

ENERGÍA

- Ley 24/2013: Esta ley regula el sector eléctrico y establece medidas para la transición hacia fuentes de energía renovable y sostenible.
- Real Decreto 413/2014: Regula la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 1432/2008: Establece medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

PATRIMONIO CULTURAL

- Real Decreto 111/1986: Desarrolla parcialmente la Ley 16/1985, del Patrimonio Histórico Español, y establece medidas para la protección del patrimonio cultural.
- Ley 16/1985: Esta ley del Patrimonio Histórico Español aborda la protección y conservación del patrimonio cultural y artístico de España.
- Ley 3/1995: Se relaciona con las vías pecuarias y establece medidas para su protección y gestión.

ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

- Real Decreto Legislativo 2/2008: Aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo, regulando la ordenación territorial y la gestión del suelo.
- Ley 8/2007: Se enfoca en la regulación del suelo y establece políticas para su adecuada gestión y planificación.

13.2. Anexo II : Tabla de centrales solares térmicas en operación del mundo

Tabla 73: Centrales solares térmicas en operación en el mundo

País	Planta	Año de operación	Capacidad (MW)	Tecnología	Almacenamiento(h)
EEUU	Solar Electric Generating Station IX	1990	80	Cilindro parabólico	
España	Planta Solar 10 - PS10	2007	11	Central torre	
Francia	Augustin Fresnel 1	2012	0,3	Fresnel	0,25
Francia	eLLO Solar Thermal Project	2019	9	Fresnel	3
Dinamarca	Aalborg CSP- BrÅ nderslev CSP with ORC project	2016	5,5	Híbrido, cilindros parabólicos	
Egipto	ISCC Kuraymat	2011	20	Híbrido, cilindros parabólicos	
Italia	Rende-CSP Plant	2014	1	Fresnel	
Marruecos	ISCC Ain Beni Mathar	2011	20	Híbrido, cilindros parabólicos	
Alemania	Jülich Solar Tower	2008	1,5	Central torre	1,5
Marruecos	NOOR I	2015	160	Cilindro parabólico	
Marruecos	NOOR II	2018	200	Cilindro parabólico	
Marruecos	NOOR III	2018	150	Central torre	
Arabia Saudita	ISCC Waad Al Shamal	2018	50	Híbrido, cilindros parabólicos	
Italia	Archimede	2010	4,7	Cilindro parabólico	8
Italia	ASE Demo Plant	2013	0,4	Cilindro parabólico	4,27
Italia	Partanna MS-LFR	2022	4,26	Fresnel	15
Marruecos	Airlight Energy Ait-Baha Pilot Plant	2014	3	Cilindro parabólico	5
Sudáfrica	KaXu Solar One	2015	100	Cilindro parabólico	
Sudáfrica	Khi Solar One	2016	50	Central torre	
Sudáfrica	Ilanga I	2018	100	Cilindro parabólico	
Algeria	ISCC Hassi R'mel	2011	20	Híbrido, cilindros parabólicos	
España	Andasol 1	2008	50	Cilindro parabólico	
India	ACME Solar Tower	2011	2,5	Central torre	
España	Andasol 2	2009	50	Cilindro parabólico	
España	Ibersol Ciudad Real (Puertollano)	2009	50	Cilindro parabólico	
Sudáfrica	Bokpoort	2016	50	Cilindro parabólico	9,3
España	La Risca - Alvarado I	2009	50	Cilindro parabólico	
España	Puerto Errado 1 Thermosolar Power Plant	2009	1,4	Fresnel	



Sudáfrica	Xina Solar One	2018	100	Cilindro parabólico	5,5
España	Solnova 1	2009	50	Cilindro parabólico	
España	Solnova 3	2009	50	Cilindro parabólico	
España	Solnova 4	2009	50	Cilindro parabólico	
España	Majadas I	2010	50	Cilindro parabólico	
Sudáfrica	Kathu Solar Park	2019	100	Cilindro parabólico	5
China	Badaling Dahan 1 MW Tower	2012	1	Central torre	1
España	Planta Solar 20 - PS20	2009	20	Central torre	1
India	National Solar Thermal Power Facility	2012	1	Cilindro parabólico	
España	Extresol 1	2010	50	Cilindro parabólico	7,5
España	Extresol 2	2010	50	Cilindro parabólico	7,5
España	La Florida	2010	50	Cilindro parabólico	7,5
España	Palma del Río II	2010	50	Cilindro parabólico	
España	Arcosol 50 (Valle I)	2011	50	Cilindro parabólico	7,5
España	Andasol 3	2011	50	Cilindro parabólico	
España	Gemasolar Thermosolar Plant / Solar TRES	2011	20	Central torre	
España	Helioenergy 1	2011	50	Cilindro parabólico	
España	Lebrija 1	2011	50	Cilindro parabólico	
España	La Dehesa	2011	50	Cilindro parabólico	7,5
España	Manchasol 1	2011	50	Cilindro parabólico	
España	Manchasol 2	2011	50	Cilindro parabólico	
España	Palma del Río I	2011	50	Cilindro parabólico	
España	Termesol 50	2011	50	Cilindro parabólico	7,5
España	Borges Termosolar	2012	22,5	Híbrido, cilindros parabólicos	
España	Guzmán	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Helioenergy 2	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Helios I	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Helios II	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Morón	2012	50	Cilindro parabólico	
China	SUPCON Delingha 10 MW Tower	2013	10	Central torre	2
India	Godawari Solar Project	2013	50	Cilindro parabólico	
España	Aste 1A	2012	50	Cilindro parabólico	8
España	Aste 1B	2012	50	Cilindro parabólico	8
España	Astexol II	2012	50	Cilindro parabólico	8
España	Olivenza 1	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Orellana	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Solaben 2	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Extresol 3	2012	50	Cilindro parabólico	7,5



España	La Africana	2012	50	Cilindro parabólico	7,5
España	Solaben 3	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Solacor 1	2012	50	Cilindro parabólico	
Canada	City of Medicine Hat ISCC Project	2014	1,1	Híbrido, cilindros parabólicos	
India	Dhursar	2014	125	Fresnel	
India	Megha Solar Plant	2014	50	Cilindro parabólico	
España	Solacor 2	2012	50	Cilindro parabólico	
España	Puerto Errado 2 Thermosolar Power Plant	2012	30	Fresnel	0,5
España	Enerstar	2013	50	Cilindro parabólico	
España	Solaben 1	2013	50	Cilindro parabólico	
España	Solaben 6	2013	50	Cilindro parabólico	
Tailandia	Thai Solar Energy 1	2012	5	Cilindro parabólico	
Turquía	Greenway CSP Mersin Tower Plant	2012	1,4	Central torre	
España	Arenales	2013	50	Cilindro parabólico	7
Emiratos Arabes	Shams 1	2013	100	Cilindro parabólico	
Australia	Sundrop CSP Project	2016	1,5	Central torre	
China	Lanzhou Dacheng Dunhuang (DCTC Dunhuang) - 10MW Fresnel	2016	10	Fresnel	16
China	Shouhang Dunhuang Phase I - 10 MW Tower	2016	10	Central torre	15
EEUU	Martin Next Generation Solar Energy Center	2010	75	Híbrido, cilindros parabólicos	
España	Casablanca	2013	50	Cilindro parabólico	7,5
EEUU	Solana Generating Station	2013	250	Cilindro parabólico	
Australia	Jemalong Solar Thermal Station	2017	1,1	Central torre	3
Mexico	Agua Prieta II	2017	12	Híbrido, cilindros parabólicos	
China	CGN Delingha - 50MW Trough	2018	50	Cilindro parabólico	
China	Huaqiang TeraSolar 15MW Fresnel	2018	15	Fresnel	14
China	Shouhang Dunhuang Phase II - 100 MW Tower	2018	100	Central torre	11
China	SUPCON Delingha 50 MW Tower	2018	50	Central torre	7
EEUU	Genesis Solar Energy Project	2014	250	Cilindro parabólico	
EEUU	Ivanpah Solar Electric Generating System	2014	377	Central torre	
EEUU	Mojave Solar Project	2014	280	Cilindro parabólico	



EEUU	Stillwater Geo-Solar Hybrid Plant	2015	2	Cilindro parabólico	
España	Termosol 1	2013	50	Cilindro parabólico	9
China	CEEC Hami - 50MW Tower	2019	50	Central torre	8
China	Lanzhou Dacheng Dunhuang (DCTC Dunhuang) - 50MW Fresnel	2019	50	Fresnel	15
China	LuNeng Haixi - 50MW Tower	2019	50	Central torre	12
China	Power China Qinghai Gonghe - 50MW Tower	2019	50	Central torre	6
España	Termosol 2	2013	50	Cilindro parabólico	9
India	Dadri ISCC Plant	2019	14	Fresnel	
Israel	Ashalim Plot A /Negev Energy	2019	110	Cilindro parabólico	4,5
Israel	Ashalim Plot B / Megalim	2019	121	Central torre	
Kuwait	Shagaya CSP Project	2019	50	Cilindro parabólico	
Emiratos Arabes	Noor Energy 1 / DEWA IV - 100MW tower segment	2023	100	Central torre	15
China	CNNC Royal Tech Urat - 100MW Trough	2020	100	Cilindro parabólico	
China	CSNP Urat - 100MW Trough	2020	100	Cilindro parabólico	10
Chile	Atacama I / Cerro Dominador 110MW CSP + 100 MW PV	2021	110	Central torre	17,5
China	Yumen Xinneng / Xinchen - 50MW Beam-down	2021	50	Torre Beam-Down	9
EEUU	Nevada Solar One	2007	72	Cilindro parabólico	0,5
EEUU	Crescent Dunes Solar Energy Project	2015	110	Central torre	10

Fuente: Base de datos de (*solarpaces, 2023*)

13.3. Anexo III: Pérdidas de suelo en Andalucía, 1992-2020

Tabla 74: Estimación de pérdidas de suelo en Andalucía 1992-2020

Estimación de pérdidas de suelo en Andalucía, 1992-2020 (% sobre superficie provincial o regional)					
Año	Bajas	Moderadas	Altas	Muy altas	Total
1992	74,8	17,2	4,7	3,3	100,0
1993	82,7	13,2	2,6	1,5	100,0
1994	79,6	15,1	3,3	2,0	100,0
1995	75,5	17,1	4,3	3,1	100,0
1996	62,6	20,2	7,6	9,6	100,0
1997	63,0	20,8	7,6	8,6	100,0
1998	83,1	12,7	2,6	1,6	100,0
1999	77,5	15,4	4,1	3,0	100,0
2000	76,9	16,0	4,0	3,1	100,0
2001	73,7	17,4	4,9	4,0	100,0
2002	80,2	14,5	3,2	2,1	100,0
2003	76,7	15,8	4,2	3,3	100,0
2004	80,0	14,2	3,2	2,6	100,0
2005	88,4	9,5	1,5	0,6	100,0
2006	75,0	17,6	4,3	3,1	100,0
2007	78,4	15,8	3,7	2,1	100,0
2008	73,0	17,6	5,1	4,3	100,0
2009	68,5	18,7	6,3	6,5	100,0
2010	67,5	19,0	6,5	7,0	100,0
2011	77,3	15,6	4,1	3,0	100,0
2012	76,5	15,8	4,4	3,3	100,0
2013	78,0	15,0	4,0	3,0	100,0
2014	82,0	13,2	2,9	1,9	100,0
2015	83,0	12,9	2,5	1,6	100,0
2016	78,7	15,4	3,5	2,4	100,0
2017	85,3	11,5	2,1	1,1	100,0
2018	72,1	17,7	5,3	4,9	100,0
2019	78,9	14,6	3,8	2,7	100,0
2020	87,0	10,1	1,8	1,1	100,0

Fuente: (REDIAM, 2022)

13.4. Anexo IV: Evolución de la población desde 1986 hasta 2022

Evolución de la población desde 1986 hasta 2022			
Año	Hombres	Mujeres	Total
2022	3.569	3.604	7.173
2021	3.567	3.593	7.160
2020	3.562	3.590	7.152
2019	3.546	3.565	7.111
2018	3.557	3.582	7.139
2017	3.550	3.599	7.149
2016	3.562	3.604	7.166
2015	3.583	3.607	7.190
2014	3.584	3.604	7.188
2013	3.616	3.641	7.257
2012	3.638	3.677	7.315
2011	3.625	3.649	7.274
2010	3.643	3.666	7.309
2009	3.676	3.682	7.358
2008	3.675	3.685	7.360
2007	3.675	3.690	7.365
2006	3.662	3.691	7.353
2005	3.673	3.705	7.378
2004	3.668	3.701	7.369
2003	3.667	3.731	7.398
2002	3.706	3.735	7.441
2001	3.722	3.769	7.491
2000	3.687	3.774	7.461
1999	3.697	3.770	7.467
1998	3.683	3.764	7.447
1996	3.700	3.767	7.467
1995	3.733	3.781	7.514
1994	3.746	3.809	7.555
1993	3.717	3.776	7.493
1992	3.593	3.648	7.241
1991	3.558	3.613	7.171
1990	3.884	3.855	7.739
1989	3.845	3.861	7.706
1988	3.850	3.852	7.702
1987	3.807	3.823	7.630
1986	3.793	3.812	7.605

Fuente: (REDIAM, Base de datos estadísticos sobre la demografía, 2022)

13.5. Anexo V: Matriz de ponderación para cada factor valoración cualitativa

Tabla 75: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aire

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			Atributos de los impactos NEGATIVOS SIN									Importancia			CC		
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r*	lst*	lp*	IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r	lst	lp					
Aire	28	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	4	4	4	2	8	1	2	4	41,00	32,18	9,01			
	28	Preparación del Terreno (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	4	4	4	2	8	1	2	4	41,00	32,18	9,01			
	28	Gestión de residuos (desmantelamiento)		-											0,00	0,00	0,00	2	2	2	2	8	1	2	1	26,00	14,94	4,18			
	28	Restauración del terreno (desmantelamiento)		-											0,00	0,00	0,00	4	4	4	2	8	1	2	1	38,00	28,74	8,05			
28					Importancias globales: positivos									0,00	0,00	0,00	Importancias globales: negativos									56,29	49,76	13,93	-13,93		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Matriz de valoración cualitativa -Factor Clima

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			Atributos de los impactos NEGATIVOS SIN									Importancia			CC		
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r*	lst*	lp*	IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r	lst	lp					
Clima	25	Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	1	8	1	2	1	20,00	8,05	2,01			
	25	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	4	1	2	1	17,00	4,60	1,15			
	25	Instalación heliostatos (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	4	1	2	1	17,00	4,60	1,15			
	25	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	8	1	2	1	21,00	9,20	2,30			
	25	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	1	1	4	1	2	1	15,00	2,30	0,57			
	25	Gestión de residuos (desmantelamiento)		-											0,00	0,00	0,00	1	2	4	2	8	1	2	1	25,00	13,79	3,45			
	25					Importancias globales: positivos									0,00	0,00	0,00	Importancias globales: negativos									54,51	47,71	11,93	-11,93	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Matriz de valoración cualitativa -Factor Suelo

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			Atributos de los impactos NEGATIVOS SIN									Importancia			CC		
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r*	lst*	lp*	IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r	lst	lp					
Tierra - Suelo	62	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	8	4	4	4	8	1	2	4	55,00	48,28	29,93			
	62	Preparación del Terreno (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	8	4	4	4	8	1	2	4	55,00	48,28	29,93			
	62	Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	8	4	4	4	8	1	2	4	55,00	48,28	29,93			
	62	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	8	4	4	4	8	1	4	4	57,00	50,57	31,36			
	62	Instalación heliostatos (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	8	4	4	4	4	1	2	4	51,00	43,68	27,08			
	62	Pruebas y puestas en marcha (construcción)		-											0,00	0,00	0,00	8	4	4	4	8	1	4	4	57,00	50,57	31,36			
	62	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-											0,00	0,00	0,00	4	4	4	2	4	1	4	2	37,00	27,59	17,10			
	62	Puesta en marcha (funcionamiento)		-											0,00	0,00	0,00	4	2	2	4	1	4	1	30,00	19,54	12,11				
	62	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		-	2	1	2	2	4	1	4	2			23,00	11,49	7,13									0,00	0,00	0,00			
	62	Gestión de residuos (desmantelamiento)		-	2	4	2	2	4	1	2	4			29,00	18,39	11,40									0,00	0,00	0,00			
	62	Restauración del terreno (desmantelamiento)		-	2	4	2	2	4	1	2	4			29,00	18,39	11,40									0,00	0,00	0,00			
	62					Importancias globales: positivos									41,87	33,18	20,57	Importancias globales: negativos									78,65	75,46	46,78	-26,21	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aguas continentales

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			Atributos de los impactos NEGATIVOS SIN									Importancia			CC		
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r*	lst*	lp*	IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	r	lst	lp					
Aguas continentales	35	Preparación del Terreno (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	2	1	2	1	15,00	2,30	0,80			
	35	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	2	1	2	2	16,00	3,45	1,21			
	35	Gestión de residuos (desmantelamiento)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	1	1	4	1	2	2	16,00	3,45	1,21			
	35	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	2	1	2	1	15,00	2,30	0,80			
	35	Instalación heliostatos (Construcción)		-											0,00	0,00	0,00	1	1	2	2	4	1	4	1	19,00	6,90	2,41			
35					Importancias globales: positivos									0,00	0,00	0,00	Importancias globales: negativos									45,70	37,59	13,16	-13,16		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aire

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			CC												
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I*	Ist*	Ip*	IN		EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I	Ist	Ip		
Uso productivo	150	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	4	4	2	4	8	4	4	4	46,00	37,93	56,90		
		Preparación del Terreno (Construcción)		-													4	2	2	2	8	1	4	4	37,00	27,59	41,38		
	150	Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	4	2	2	2	8	1	4	4	37,00	27,59	41,38		
	150	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	4	8	2	2	8	1	2	2	45,00	36,78	55,17		
	150	Instalación heliostatos (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	4	4	4	4	8	4	8	4	52,00	44,83	67,24		
	150	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-										0,00	0,00	0,00	4	4	2	2	4	4	4	4	40,00	31,03	46,55		
	150	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		+	4	4	4	2	4	4	2	1	37,00	27,59	41,38											0,00	0,00	0,00	
	150	Restauración del terreno (desmantelamiento)		+	4	4	2	2	4	4	2	1	35,00	25,29	37,93											0,00	0,00	0,00	
150					Importancias globales: positivos									43,00	34,48	51,72	Importancias globales: negativos									70,89	66,54	99,80	-48,09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84: Matriz de valoración cualitativa -Factor Aire

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			CC												
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I*	Ist*	Ip*	IN		EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I	Ist	Ip		
Características culturales	50	pruebas y puesta en marcha (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	4	4	4	4	2	1	2	4	37,00	27,59	13,79		
	50	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-										0,00	0,00	0,00	4	8	4	4	2	1	4	4	47,00	39,08	19,54		
	50	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		+	2	4	4	4	2	1	2	4	31,00	20,69	10,34											0,00	0,00	0,00	
	50	Restauración del terreno (desmantelamiento)		+	2	4	4	4	2	1	4	4	33,00	22,99	11,49											0,00	0,00	0,00	
	50	Gestión de residuos (Desmantelamiento)		+	2	2	4	2	2	1	4	4	27,00	16,09	8,05											0,00	0,00	0,00	
	50					Importancias globales: positivos									45,15	36,95	18,47	Importancias globales: negativos									52,04	44,88	22,44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Matriz de valoración cualitativa -Estructura poblacional

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			CC													
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I*	Ist*	Ip*	IN		EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I	Ist	Ip			
Estructura Poblacional	56	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	1	8	4	4	2	1	8	4	42,00	33,33	18,67			
	56	Preparación del Terreno (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	4,00	4,00	2,00	4,00	4,00	1,00	1,00	0,00	0,00			
	56	Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	4,00	4,00	2,00	4,00	4,00	2,00	34,00	24,14	13,52			
	56	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	4,00	2,00	2,00	1,00	2,00	4,00	22,00	10,34	5,79			
	56	Instalación heliostatos (Construcción)		-										0,00	0,00	0,00	1,00	8,00	2,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	32,00	21,84	12,23			
	56	Pruebas y puestas en marcha (construcción)		+	2	8	2	1	8	2	8	2	45,00	36,78	20,60											0,00	0,00	0,00		
	56	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		+	2	2	4	2	4	1	2	2	25,00	13,79	7,72											0,00	0,00	0,00		
	56	Puesta en marcha (funcionamiento)		-										0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	1,00	1,00	4,00	1,00	2,00	4,00	27,00	16,09	9,01			
	56	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		-										0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	1,00	4,00	1,00	2,00	4,00	19,00	6,90	3,86			
	56	Gestión de residuos (desmantelamiento)		+	4	4	4	4	2	4	4	4	42,00	33,33	18,67											0,00	0,00	0,00		
	56	Restauración del terreno (desmantelamiento)		+	4	4	4	4	2	4	4	4	42,00	33,33	18,67											0,00	0,00	0,00		
	56					Importancias globales: positivos									59,25	53,17	29,77	Importancias globales: negativos									68,17	63,41	35,51	-5,74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86: Matriz de valoración cualitativa -Renta

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	Atributos de los impactos									Importancia			CC												
					IN	EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I*	Ist*	Ip*	IN		EX	MO	PE	CR	EF	II	PR	I	Ist	Ip		
Renta	169	pruebas y puesta en marcha (Construcción)		+	2	4	4	1	2	4	2	29,00	18,39	31,08											0,00	0,00	0,00		
	169	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		+	2	4	2	1	2	4	2	27,00	16,09	27,20											0,00	0,00	0,00		
	169	Desmantelamiento de las estructuras (Desmantelamiento)		-									0,00	0,00	0,00	2	4	2	1	2	4	4	4	31,00	20,69	34,97			
	169	Restauración del terreno (desmantelamiento)		-									0,00	0,00	0,00	2	4	4	2	2	4	8	4	38,00	28,74	48,56			
	169	Gestión de residuos (Desmantelamiento)		+	4	4	4	2	2	4	2	36,00	26,44	44,68	4	4	4	2	2	4	2	2	36,00	26,44	44,68				
169					2									47,60	39,77	67,21	Importancias globales: negativos									49,24	41,65	70,39	-3,18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor vegetación-Flora

Factor	PF	Acción	Impacto	Sig no	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)									Importancia			Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)						Efecto medidas correctoras				
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	f _{con+CC}	Isf _{con+CC}	V _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{CC}						
						18,00	31,25	31,88	22,00	43,75	44,63	15,00	21,88	22,31	15,00	21,88	22,31	0,00	0,00	0,00								
Vegetación o flora	102	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)	-	-	-	4	4	2	4	4	2	2	18,00	31,25	31,88													
	102	Preparación del Terreno (Construcción)	-	-	-	4	4	4	4	4	2	2	22,00	43,75	44,63													
	102	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)	-	-	-	2	2	4	1	4	2	2	15,00	21,88	22,31			-1,00	0,70	-0,70	-70,97	9,45	-44,06					
	102	Pruebas y puestas en marcha (construcción)	-	-	-	2	2	4	1	4	2	2	15,00	21,88	22,31													
	102	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)	-	-	-								0,00	0,00	0,00													
	102												26,67	58,33	59,50	INCC	-24,43											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Fauna

Factor	PF	Acción	Impacto	Sig no	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)									Importancia			Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)						Efecto medidas correctoras				
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	f _{con+CC}	Isf _{con+CC}	V _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{CC}						
						19,00	34,38	30,59	19,00	34,38	30,59	15,00	21,88	19,47	15,00	21,88	19,47	0,00	0,00	0,00								
Fauna	89	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)	-	-	-	4	4	4	1	2	4	19,00	34,38	30,59														
	89	Preparación del Terreno (Construcción)	-	-	-	4	4	4	1	2	4	19,00	34,38	30,59														
	89	Construcción de sistemas de almacenamiento térmico (Construcción)	-	-	-	2	2	4	1	2	4	15,00	21,88	19,47			-1,00	0,69	-0,69	-61,68	6,18	-61,62						
	89	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)	-	-	-	2	2	4	1	2	4	15,00	21,88	19,47														
	89	Pruebas y puestas en marcha (construcción)	-	-	-							0,00	0,00	0,00														
	89												24,44	51,38	45,73	INCC	-20,70											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Paisaje intrínseco

Factor	PF	Acción	Impacto	Sig no	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)									Importancia			Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)						Efecto medidas correctoras				
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	f _{con+CC}	Isf _{con+CC}	V _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{CC}						
						24,00	50,00	17,00	20,00	37,50	12,75	17,00	28,13	9,56														
Paisaje intrínseco	34	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)	-	-	-	4	4	4	4	4	4	24,00	50,00	17,00														
	34	Instalación heliostatos (Construcción)	-	-	-	2	4	4	4	2	4	20,00	37,50	12,75														
	34	Puesta en marcha (funcionamiento)	-	-	-	2	4	4	1	2	4	17,00	28,13	9,56			-1,00	0,85	-0,85	-28,96	3,15	-28,21						
	34	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)	-	-	-	4	4	4	1	4	4	21,00	40,63	13,81														
	34												28,15	62,96	21,41	INCC	-21,41											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Aire

Factor	PF	Acción	Impacto	Sig no	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)									Importancia			Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)						Efecto medidas correctoras				
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	f _{con+CC}	Isf _{con+CC}	V _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{CC}						
						17,00	28,13	22,78																				
Intervisibilidad	81	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)	-	-	-	2	4	4	1	2	4	17,00	28,13	22,78														
	81	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)	-	-	-	2	4	4	1	2	4	17,00	28,13	22,78			-1,00	0,74	-0,74	-59,93	6,87	-5,90						
	81												19,19	34,96	28,32	INCC	-28,32											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Uso productivo

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)								Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)					Efecto medidas correctoras						
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	F _{con+CC}	Ist _{con+CC}	Ip _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{cc}			
Uso productivo	150	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)		-		2	4	8	4	4	4	26,00	56,25	84,38											
	150	Implementación de sistemas auxiliares (Construcción)		-		2	4	8	4	8	4	30,00	68,75	103,13											
	150	Instalación heliostatos (Construcción)		-		2	2	4	4	4	4	20,00	37,50	56,25											
	150	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-		2	2	4	4	4	4	20,00	37,50	56,25											
	150					Importancias globales: negativos y CC								32,59	76,85	115,27	INCC	-26,21							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 104: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Características culturales

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)								Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)					Efecto medidas correctoras						
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	F _{con+CC}	Ist _{con+CC}	Ip _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{cc}			
Características culturales	50	Operación y mantenimiento (Funcionamiento)		-		4	2	2	1	4	4	17,00	28,13	14,06											
	50					Importancias globales: negativos y CC								17,00	28,13	14,06	INCC	-14,06							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 105: Matriz de valoración cuantitativa corregida- Factor Estructura poblacional

Factor	PF	Acción	Impacto	Signo	CC	Atributos: impactos NEGATIVOS CON medidas correctoras (con+CC)								Valoración cuantitativa CON medidas correctoras (con+CC)					Efecto medidas correctoras						
						MO _{con+CC}	PE _{con+CC}	CR _{con+CC}	EF _{con+CC}	II _{con+CC}	PR _{con+CC}	F _{con+CC}	Ist _{con+CC}	Ip _{con+CC}	Ind _{con+CC}	CA _{con+CC}	M _{con+CC}	Fc _{con+CC}	V _{con+CC}	Vp _{con+CC}	INCC-IN	Vp _{cc}			
Estructura poblacional	56	Construcción y montaje de la torre solar (Construcción)		-		4	4	2	1	8	4	23,00	46,88	26,25											
	56					Importancias globales: negativos y CC								23,00	46,88	26,25	INCC	3,50							

Fuente: Elaboración propia