

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA
RÁPIDA PARA LA EVALUACIÓN DEL
IMPACTO AMBIENTAL***

Estudiante *Ugalde Muguruza, Imanol*
Director/Directora *Rozas Guinea, Saroa*
Departamento *Ingeniería Energética*
Curso académico *2021-2022*

Documento nº1 Memoria

Bilbao, 8 de septiembre de 2022

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	CONTEXTO	8
2.1.	CRISIS CLIMÁTICA	8
2.2.	RIESGOS PARA LA HUMANIDAD	11
2.2.1.	Impacto en la salud	11
2.2.2.	Impacto en la alimentación	12
2.2.3.	Impacto en el agua	12
2.2.4.	Impacto en las infraestructuras.....	12
2.2.5.	Impacto en la economía	13
2.2.6.	Impacto en la seguridad.....	13
2.3.	MEDIDAS Y COMPROMISOS INTERNACIONALES	14
2.3.1.	Agenda 2030	14
2.3.2.	Acuerdos internacionales.....	15
2.3.3.	Importancia de las energías renovables	18
3.	OBJETIVO Y ALCANCE	23
4.	MARCO LEGAL	24
4.1.	CONVENIOS INTERNACIONALES Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN.....	24
4.2.	DIRECTIVAS EUROPEAS	24
4.3.	LEGISLACIÓN ESTATAL.....	25
4.4.	LEGISLACIÓN COMUNITARIA DEL PAÍS VASCO	25
4.5.	NORMATIVA SECTORIAL	26
5.	DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	27
5.1.	LEY 21/2013 DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	27
5.2.	PARTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	28
5.2.1.	Objeto y descripción del proyecto.....	28
5.2.2.	Examen de alternativas del proyecto	29
5.2.3.	Inventario ambiental	29
5.2.4.	Identificación y valoración de impactos	29
5.2.5.	Medidas preventivas, correctoras y compensatorias.....	31
5.2.6.	Programa de vigilancia y seguimiento ambiental	32
5.2.7.	Vulnerabilidad del proyecto	32
5.2.8.	Evaluación ambiental en espacios de la Red Natura 2000	32
5.2.9.	Resumen no técnico	33
5.2.10.	Lista de referencias bibliográficas.....	33
5.3.	LEY 9/2018.....	33

6.	DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES	34
6.1.	JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ANÁLISIS.....	34
6.2.	ELECCIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA A ANALIZAR	35
6.2.1.	Fuentes de energía seleccionadas.....	37
6.2.2.	Fuentes de energía descartadas	41
6.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	43
6.3.1.	Energía eólica onshore	43
6.3.2.	Energía eólica offshore.....	44
6.3.3.	Energía solar fotovoltaica	46
6.3.4.	Energía solar termoeléctrica	47
6.3.5.	Energía hidroeléctrica reversible.....	48
6.3.6.	Energía undimotriz	49
7.	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO REALIZADO.....	51
7.1.	CRONOGRAMA. DIAGRAMA DE GANTT	51
7.2.	ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA UN PROYECTO DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	52
7.3.	IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ABREVIACIONES	52
7.4.	ELABORACIÓN DEL MÉTODO	54
7.4.1.	Definición de las acciones realizadas.....	54
7.4.2.	Implementación de medidas correctoras	58
7.4.3.	Hoja resumen	62
8.	BENEFICIOS	64
9.	CONCLUSIONES Y FUTURAS OPCIONES DE MEJORA	66
10.	BIBLIOGRAFÍA	68

TABLA DE ILUSTRACIONES

FIGURA 2-1. AUMENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO ₂ EN LA ATMÓSFERA, EN PARTES POR MILLÓN [3].	9
FIGURA 2-2. ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA COMBINADA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE Y OCEÁNICA CON RESPECTO AL PERÍODO 1951-1980, DESDE 1880 HASTA 2018 [3].	9
FIGURA 2-3. REDUCCIÓN DE LA EXTENSIÓN DE HIELO MARINO EN EL ÁRTICO, DESDE 1979 A 2018, EN MILLONES DE KM ² [3].	10
FIGURA 2-4. SUBIDA DEL NIVEL MEDIO DEL MAR, DESDE 1993 HASTA 2018, EN MILÍMETROS [3].	10
FIGURA 2-5. MAPAS GLOBALES DE LA ALTERACIÓN DE FACTORES O FENÓMENOS METEOROLÓGICOS [5].	11
FIGURA 2-6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 [6].	14
FIGURA 2-7. CRONOGRAMA DE LAS PRINCIPALES CUMBRES CLIMÁTICAS [8].	15
FIGURA 2-8. MIX ENERGÉTICO MUNDIAL EN LOS AÑOS 2020 Y 2019.	19
FIGURA 2-9. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A ESCALA GLOBAL POR FUENTES DE ENERGÍA: (A) MUESTRA LA ENERGÍA GENERADA POR LAS PRINCIPALES FUENTES DE ENERGÍA Y (B) MUESTRA ÚNICAMENTE LA ENERGÍA GENERADA POR LAS PRINCIPALES FUENTES RENOVABLES [16].	19
FIGURA 2-10. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTES DE ENERGÍAS EN 2018 Y 2050 [16].	20
FIGURA 2-11. POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ POR TECNOLOGÍA, CON RESPECTO AL CASO DE REFERENCIA DE IRENA [17].	21
FIGURA 6-1. EMISIONES DE CO ₂ POR SECTOR EN 2019 [27].	34
FIGURA 6-2. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD GLOBAL Y CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE FUENTE DE ENERGÍA, EN EL ESCENARIO DEL 1,5°C EN LOS AÑOS, 2018, 2030 Y 2050 [28].	36
FIGURA 6-3. AUMENTO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA POR FUENTES RENOVABLES Y POR PAÍSES Y REGIONES, EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS [29].	36
FIGURA 6-4. MEDICIÓN GLOBAL DE LA EVOLUCIÓN DEL LCOE Y DEL PPA DESDE 2010 HASTA 2023, POR TECNOLOGÍAS [28].	37
FIGURA 6-5. COMPARACIÓN DEL LCOE DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA [30].	38
FIGURA 6-6. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN USOS DIRECTOS Y CALEFACCIÓN URBANA (DISTRICT HEATING) ACTUAL Y EN EL ESCENARIO DE 1,5°C EN 2030 [28].	41
FIGURA 6-7. COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR [32].	43
FIGURA 6-8. REPRESENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ANCLADAS AL LECHO MARINO: MONOPILA, TRÍPODE, JACKET Y ESTRUCTURA DE GRAVEDAD (DE IZQUIERDA A DERECHA) [33].	44
FIGURA 6-9. REPRESENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS FLOTANTES: TLP, MÁSTIL FLOTANTE Y ESTRUCTURA SEMISUMERGIBLE (DE IZQUIERDA A DERECHA) [34].	45
FIGURA 6-10. DISEÑO TÍPICO DE LOS PARQUES EÓLICOS OFFSHORE Y ONSHORE [35].	45
FIGURA 6-11. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADO A LA RED [37].	46
FIGURA 6-12. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA CON POSIBILIDAD DE CONEXIÓN A RED [38].	46
FIGURA 6-13. ESQUEMA DE UN CAMPO SOLAR TERMOELÉCTRICO BASADO EN COLECTORES CILINDRO-PARABÓLICOS [39].	47
FIGURA 6-14. TIPOS DE COLECTORES DE CONCENTRACIÓN SOLAR [40].	47
FIGURA 6-15. ESQUEMA DE UN GRUPO HIDROELÉCTRICO BINARIO [42].	49
FIGURA 6-16. CLASIFICACIÓN DE LOS WEC: (A) COLUMNA DE AGUA OSCILANTE, (B) DISPOSITIVOS DE OVERTOPPING Y (C) CUERPOS OSCILANTES [43].	49
FIGURA 7-1. DIAGRAMA DE GANTT DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO.	51
FIGURA 7-2. INTRODUCCIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO (EN NARANJA) Y DE LA HERRAMIENTA PARA REALIZAR LA VALORACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA (EN MORADO) EN LAS DISTINTAS FASES DE UN ESIA.	53
FIGURA 7-3. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº1.	55
FIGURA 7-4. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº2.	55
FIGURA 7-5. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº3.	57

FIGURA 7-6. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº4.....	57
FIGURA 7-7. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº5.....	58
FIGURA 7-8. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº6.....	59
FIGURA 7-9. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº7.....	59
FIGURA 7-10. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº8.....	60
FIGURA 7-11. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº9.....	61
FIGURA 7-12. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº10.....	62
FIGURA 7-13. VISTA PREVIA DE LA HOJA Nº11.....	63

RESUMEN

El cambio climático avanza a gran velocidad, por lo que la implementación de soluciones sostenibles es clave para que la sociedad prospere y para proteger el medio ambiente. Dentro de esos remedios, las energías renovables cobran una gran fuerza actualmente, ya que frena la agravación de la crisis climática y previene de grandes riesgos a la humanidad. Sin embargo, estas tecnologías no están exentas de causar alteraciones en el entorno, pero estos impactos pueden ser regulados gracias a Estudios y Evaluaciones de Impacto Ambiental. Actualmente, realizar un estudio de este tiempo requiere invertir un intervalo de tiempo muy extenso. Por ello, en este trabajo se va a desarrollar un método que ayude a realizar estos estudios de una manera más rápida.

Palabras clave: cambio climático, medio ambiente, desarrollo sostenible, energías renovables, estudio y evaluación de impacto ambiental, método.

LABURPENA

Klima aldaketa gero eta azkarrago gertatzen ari denez, ingurunearekin jasangarriak diren konponbideak hartzea ezinbestekoa da, gizarteak aurrera jarraitu ahal izateko eta ingurumena babesteko. Soluzio horien artean energia berriztagarriek protagonismo handia dute gaur egun, krisi klimatikoaren okertzea geldiarazten eta gizateria arrisku handiengandik prebenitzen baitute. Dena den, teknologia hauek kalteak eragin ditzakete ingurunean, baina eragin horiek ingurumen-inpaktuaren azterketen eta ebaluazioen bidez kontrolatu daitezke. Gaur egun, denbora-tarte luzea eman behar da gisa honetako azterketa bat egiteko. Horregatik, lan honetan azterketa hauek modu laburragoan egitea ahalbidetuko duen metodologia bat garatuko da.

Hitz gakoak: klima aldaketa, ingurunea, garapen jasangarria, energia berriztagarriak, ingurumen-inpaktuaren azterketa eta ebaluazioa, metodoa.

SUMMARY

Climate change is advancing at a rapid pace, so the implementation of sustainable solutions is crucial for society to prosper and to protect the environment. Among these remedies, renewable energies are currently gaining importance, as they slow down the worsening of the climate crisis and prevent major risks to humanity. However, these technologies are not exempt from causing alterations to the environment, but these impacts can be regulated thanks to Environmental Impact Assessments and Studies. At present, carrying out such a study requires a very long time interval. For this reason, this work will develop a method that will help to perform these studies more quickly.

Keywords: climate change, environment, sustainable development, renewable energies, environmental impact assessments and studies, method.

1. INTRODUCCIÓN

Año 2022. El cambio climático ya es una realidad. El calentamiento global muestra su cara más cruda en varios países del mundo, causando graves inundaciones que se llevan por delante la vida de miles de personas, así como ocasionando la ola de calor y la sequía más grave registrada desde hace muchos años. Todo ello se une a la escasez de recursos energéticos que está sufriendo, sobre todo, desde que el sonido de los disparos y las bombas regresara a territorio europeo. Se antoja un futuro difícil. Se necesitan soluciones inmediatas.

El primer párrafo podría ser sacado de una contraportada de una novela escrita hace muchos años, cuya trama se desarrolla en un entorno hostil para el ser humano. Sin embargo, a día de hoy se puede afirmar que las peores pesadillas que se pueda imaginar la sociedad se están haciendo realidad.

El enfrentamiento armado ha regresado a Europa. La invasión de Rusia a Ucrania ha destrozado las vidas de miles de familias inocentes que han sufrido de primera mano las consecuencias devastadoras de la guerra. Dicho enfrentamiento también ha provocado que Rusia, el país que contiene las mayores reservas de gas natural del mundo, haya reducido el suministro a varios estados, lo que ha provocado (junto a otros factores) una crisis energética sin precedentes.

Por si todo ello fuera poco, el cambio climático avanza a una velocidad endiablada: el hielo de los polos y glaciares se derrite, los ríos cada vez son menos caudalosos durante la época veraniega, las temperaturas alcanzan niveles extremos, miles de hectáreas acaban calcinadas a causa de incendios devastadores, etc. Las alarmas de la emergencia climática suenan más fuertes que nunca.

Las consecuencias de todo lo mencionado anteriormente se reflejan en la vida cotidiana. Varias actividades económicas como el turismo y la agricultura se han visto afectadas al no poder llevar a cabo las actividades laborales con normalidad. Asimismo, el entorno natural ha perdido su valor debido a las condiciones meteorológicas que se están viviendo. Sin embargo, los gobiernos más poderosos del mundo no parecen estar muy preocupados por este problema, puesto que no se aprecia un giro radical en sus planes y compromisos medioambientales. Los intereses económicos de dichos países predominan frente al bienestar medioambiental y, por desgracia, la prosperidad de la humanidad y de la Tierra depende de las decisiones de estos estados, ya que el cambio climático no entiende de fronteras.

El ritmo de vida que lleva la sociedad es claramente insostenible y se deben tomar medidas lo antes posible. Para ello, es imprescindible que las actividades realizadas por el ser humano afecten lo menos posible a la conservación y protección del medio ambiente. Con el objetivo de analizar el impacto ambiental generado por diferentes proyectos, durante los últimos años se están realizando estudios y evaluaciones de impacto ambiental, que son necesarios para que el entorno esté más protegido ante los cambios que supone la ejecución de una obra o un proyecto.

2. CONTEXTO

En este apartado se describirá cómo es la situación medioambiental y energética a día de hoy, con el propósito de hacer ver al lector de la necesidad e importancia de cambiar los modelos energéticos de varios países del mundo, así como de transformar el estilo de vida insostenible que se tiene actualmente. De esta forma, se pretende destacar la importancia que tiene realizar estudios y evaluaciones de impacto ambiental tanto para la sociedad como para el entorno que la rodea.

2.1. CRISIS CLIMÁTICA

Cada vez son más visibles las consecuencias derivadas del cambio climático: la degradación de la tierra, reducción del hielo de los polos y glaciares, desastres naturales extremos, inundaciones, incendios forestales, desertificación a escala, incremento de enfermedades, desplazados ambientales, sobrecalentamiento terrestre y oceánico, etc. Lamentablemente, ocurren con más frecuentemente y el impacto generado es más grave que en tiempos anteriores.

Por si todo lo anterior fuera poco, nuevos fenómenos se han unido a la lista durante estos últimos años. Groenlandia, la gran isla caracterizada por su clima glaciario, registró en 2021 por primera vez en 70 años precipitaciones en forma líquida (lluvia) en sus puntos de mayor altitud, fruto del aumento de temperaturas que se sufre a escala global [1]. Relacionado con la lluvia, un estudio reciente realizado por la Universidad de Estocolmo y la ETH de Zúrich ha declarado las precipitaciones que caen del cielo no pueden ser calificadas como potable, ni siquiera en lugares remotos como la Antártida o en la meseta tibetana [2]. Esto se debe a que el agua de lluvia y la nieve contienen sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS), que son generadas por la actividad humana y pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Algunos de los fenómenos mencionados anteriormente ocurren por naturaleza, pero están siendo alterados e intensificados por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera. Por ello, se debe recalcar que el actual cambio climático no es natural, sino antropogénico, ya que ha sido producido por el ser humano. En solo 200 años, las actividades llevadas a cabo por la humanidad han provocado un cambio que, de producirse por forma natural, tardaría millones de años [3].

En la siguiente figura se puede observar cómo ha aumentado la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera, principal causante del efecto invernadero, desde el año 1980 hasta el 2019. Como se puede apreciar, la concentración de CO₂ se ha ido creciendo sin detenerse.

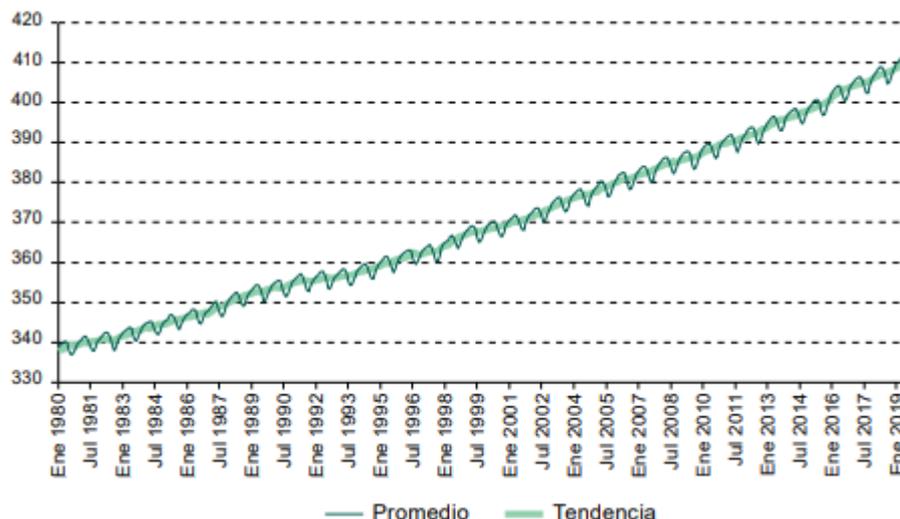


Figura 2-1. Aumento de la concentración de CO2 en la atmósfera, en partes por millón [3].

Esta tendencia al alza se debe, principalmente, a la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural. El empleo de los recursos fósiles empezó a aumentar notablemente en la Primera Revolución Industrial, que tuvo lugar entre 1760 y 1840. Desde entonces, se han ido acumulando gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que ha provocado un aumento de la temperatura a escala global, como se puede observar en la siguiente figura.

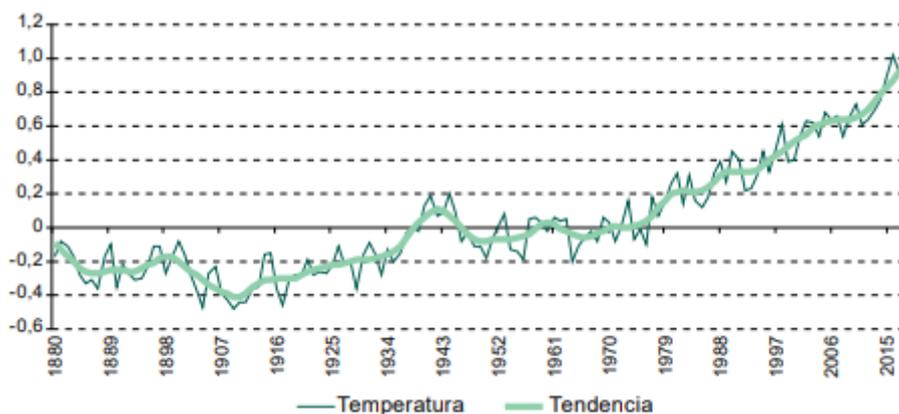


Figura 2-2. Anomalías de la temperatura combinada de la superficie terrestre y oceánica con respecto al período 1951-1980, desde 1880 hasta 2018 [3].

Tal y como indica la línea de tendencia, en los últimos años se está sufriendo un calentamiento significativo. La temperatura media mundial aumentó 0,85°C desde 1880 a 2012. Además, según los datos facilitados por el Servicio de Cambio Climático de Copernicus, las temperaturas han crecido estos últimos años hasta 1,21°C registrados este verano [4]. Si se sigue esta línea, se prevé superar la barrera de 1,5°C en abril de 2034. Debido a ello, el hielo de los polos y de los glaciares se está reduciendo de manera dramática.



Figura 2-3. Reducción de la extensión de hielo marino en el Ártico, desde 1979 a 2018, en millones de km² [3].

Debido al derretimiento de las reservas de hielo, cada vez hay más agua en los océanos y menos en la superficie continental, lo que provoca un aumento del nivel medio del mar. En el periodo que transcurre de 1901 a 2010, al nivel medio del mar subió 0,19 metros. Actualmente, se estima que el nivel asciende 3 milímetros cada año.



Figura 2-4. Subida del nivel medio del mar, desde 1993 hasta 2018, en milímetros [3].

Esas variaciones supondrán una alteración de los fenómenos meteorológicos en muchos puntos del planeta. A continuación se muestra una predicción realizada en un artículo publicado por la revista *Nature* [5]. En él se analizó a escala global como variarían a lo largo del tiempo los riesgos de factores y fenómenos como el calentamiento, las olas de calor, las precipitaciones, las inundaciones, las sequías, los incendios, el nivel del mar, las tormentas, cubierta vegetal natural y la química del océano. Los gráficos están hechos con un valor RCP (Representative Concentration Pathway o, en español, Trayectoria de Concentración Representativa) de 8,5, que es una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero adoptada por el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático).

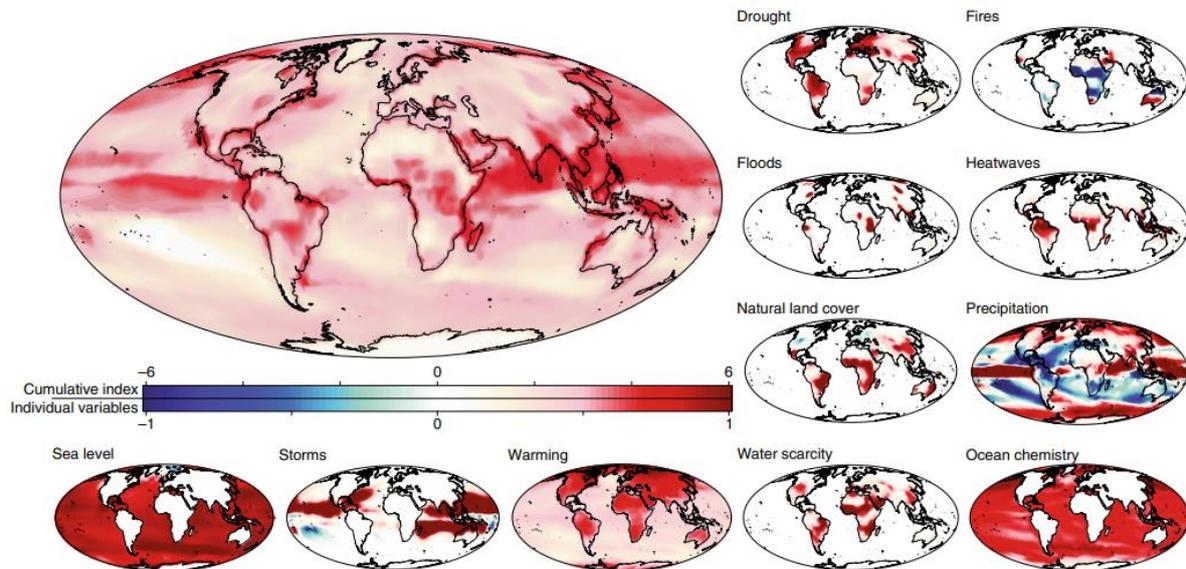


Figura 2-5. Mapas globales de la alteración de factores o fenómenos meteorológicos [5].

El mapa global muestra el índice global de los riesgos climáticos, que es la suma de las escalas de todos los riesgos entre los años 1955 y 2095. Los mapas pequeños indican la diferencia para cada factor o riesgo climático en el mismo periodo de tiempo, dándoles un valor entre -1 y 1. Si el valor es negativo significa que va a haber una reducción del peligro, mientras que los valores positivos indican que el riesgo aumentará con respecto al año 1950. Analizando el mapa global, se puede afirmar que los riesgos climáticos aumentarán en todo el planeta los próximos años, siendo más severo en algunas zonas específicas como los países cercanos al Océano Índico.

2.2. RIESGOS PARA LA HUMANIDAD

Todos los cambios climáticos mostrados anteriormente vulneran seriamente la seguridad y el bienestar de la humanidad. A continuación se analiza cómo afectarían dichas alteraciones a los aspectos prioritarios del ser humano.

2.2.1. Impacto en la salud

El agravamiento de los efectos meteorológicos puede suponer un peligro muy a tener en cuenta para la salud humana. Según el anteriormente mencionado estudio de la revista Nature, los riesgos climáticos pueden afectar hasta a 27 atributos esenciales de la salud humana, siendo la muerte, las enfermedades y la salud mental las más comunes.

Por una parte, el fallecimiento de personas ha sido relacionado con numerosos factores y fenómenos meteorológicos. Entre otros motivos, la muerte puede ser producida por hipertermia durante las olas de calor, por ahogamientos durante inundaciones, por el hambre durante sequías, por heridas de contusiones sufridas durante una tormenta o por asfixia a causa de incendios. La pérdida de la cubierta vegetal natural también puede estar relacionada con el incremento de la mortalidad, al verse alterada la protección costera natural.

Por otra parte, los humanos pueden ser vulnerables a enfermedades y problemas físicos que hasta el presente no representaban una gran amenaza. Por ejemplo, el ascenso de las

temperaturas y las variaciones en la precipitación y en la química de los océanos incrementa la transmisión de enfermedades patógenas que pueden afectar seriamente a la salud. Al ampliar la zona de hábitat de patógenos y portadores, epidemias como la malaria, el dengue o la salmonelosis pueden propagarse a otras áreas geográficas.

Además, se ha visto que las catástrofes naturales pueden dañar la salud mental. Malestares como la depresión y el estrés post-traumático fueron diagnosticados en los Estados Unidos, en el Reino Unido y en Francia después de sufrir las consecuencias de tormentas, inundaciones y sequías, respectivamente. Otros problemas como la angustia aparecen en periodos de sequía en Australia, o simplemente la salud mental se ve más debilitada por el cambio climático, tal y como ha sucedido en Canadá al haber menos hielo en la montaña y en el mar. La gravedad de estas enfermedades psicológicas también puede llegar a conducir al suicidio.

2.2.2. Impacto en la alimentación

Las afecciones más comunes en el ámbito de la alimentación son en la agricultura, en el ganado y en la pesca. Campos dedicados a la actividad agrícola pueden resultar damnificados por impactos directos o indirectos. Los impactos directos se deben a pérdidas físicas causadas por tormentas, variación de la precipitación, inundaciones, aumento del nivel del mar y las sequías. Las indirectas, en cambio, están relacionadas con el exceso del umbral fisiológico de los cultivos y pueden suceder por el calentamiento, la sequía, las olas de calor o los cambios en la química del mar. Dichos detrimentos se traducen en pérdida del contenido nutritivo y aumento del riesgo de contaminación.

Respecto al ganado y a la pesca, sucede algo parecido que con la salud humana. Las sequías, las olas de calor y las inundaciones provocan la muerte de miles de animales terrestres y acuáticos. Los daños indirectos también son significativos. En el caso del ganado, las altas temperaturas reducen el pasto de los animales, la reproducción y la producción de leche. Asimismo, originan el deceso de animales como las gallinas y los pavos, así como la contaminación de la carne animal. En cuanto a la pesca, la alteración de la cantidad y composición química del agua puede comprometer tanto el bienestar como los ciclos reproductivos de las especies acuáticas.

2.2.3. Impacto en el agua

Como se ha mencionado en el punto anterior, la cantidad y calidad del agua puede sufrir grandes cambios debido a las sequías, el calentamiento y las olas de calor, principalmente. El nivel de agua en los pozos, lagos, presas, glaciares o ríos se ve reducida a causa de altos valores en el termómetro, lo cual da lugar a un cambio de superficie vegetal donde las especies invasoras puedan reproducirse fácilmente. Esto a su vez aumenta la evapotranspiración y la desertificación de la zona. Por lo tanto, la cantidad de agua potable disminuye de manera considerable.

La calidad del agua también se ve comprometida por las sequías y los incendios, intensificando el exceso de nutrientes, metales pesados, sales, hidrocarburos, pesticidas e incluso compuestos farmacéuticos. Las lluvias torrenciales y las inundaciones, además de los problemas anteriores, multiplican la turbidez y la cantidad de los patógenos fecales en los suministros de agua.

2.2.4. Impacto en las infraestructuras

Se ha estimado que los riesgos climáticos tendrán un impacto relevante en las infraestructuras, siendo las más afectadas aquellas relacionadas con la electricidad, el transporte y la construcción. Respecto a la primera, los factores que más perjudiciales son las sequías y las olas de calor. En temporadas secas, las líneas eléctricas pueden

sobrecalentarse y caer sobre árboles, provocando un cortocircuito. Asimismo, se puede producir una reducción de la eficiencia de la conducción de la energía y de la producción hidroeléctrica, debido a falta de refrigerante y de recursos hídricos. Estos percances coinciden frecuentemente con los momentos picos de demanda durante las olas de calor, por lo que se pueden suceder apagones. Las lluvias torrenciales, inundaciones y grandes tormentas también originan cortes de energía generalizados, así como daños en los mercados eléctricos debido a incidentes sufridos por las estructuras de petróleo y gas en alta mar, lo que a su vez eleva el precio y disminuye la disponibilidad de los combustibles fósiles.

Los contratiempos generados en la infraestructura de transporte pueden ser bastante comunes. Las inundaciones y tormentas llegan a colapsar carreteras, líneas ferroviarias, puentes, puertos y diques. Las olas de calor, en cambio, hacen ceder a raíles y carreteras, ya que el asfalto puede derretirse (en los países nórdicos la capa de permafrost está empezando a fundirse); las pistas de cemento y juntas de los puentes pueden romperse motivados por la expansión térmica. Los aviones incluso pueden quedarse en tierra al no poder despegar por la baja densidad del aire caliente. Además, los incendios perturban el transporte terrestre, aéreo y marítimo.

Al igual que el transporte, las infraestructuras también resultan lastimadas. Millones de casas han quedado destruidas en todo el mundo por tormentas, riadas e incendios. Algunos glaciares han empezado a colapsar y los aludes de tierra son cada vez más usuales, llevándose por delante viviendas o incluso pueblos enteros. Todo ello daña directamente a hospitales, escuelas, patrimonio cultural y líneas de comunicaciones, entre otras cosas.

Como se ha mencionado anteriormente, el nivel de los océanos está subiendo y algunos de los ecosistemas marítimos naturales están desapareciendo, como es el caso de arrecifes de coral, manglares y humedales, lo que aumenta la vulnerabilidad de las infraestructuras costeras frente a temporales.

2.2.5. Impacto en la economía

Todos los impactos presentados previamente tienen un efecto directo en la economía. Por un lado, actividades económicas del primer sector, tales como la agricultura y la pesca, sufren las consecuencias más devastadoras, al verse reducido la cantidad y calidad de la materia prima que se suele obtener. Esta situación conduce a los países menos desarrollados a la pobreza absoluta. Igualmente, los temporales extremos reducen tanto la productividad como la disponibilidad de trabajo, al no poder llevar a cabo la actividad laboral en condiciones ideales.

Por otro lado, las profesiones enfocadas al ocio y al turismo. Por ejemplo, las altas temperaturas y las fuertes tormentas han causado el descenso de número de turistas en Estados Unidos y Taiwán. Los resorts de esquí también se ven afectados por la falta de nieve de los últimos años, así como el turismo marítimo, al perderse parte de la biodiversidad característica de la zona.

2.2.6. Impacto en la seguridad

Los problemas medioambientales cada vez cada vez serán más frecuentes y visibles, lo cual disminuirá el nivel de seguridad de la ciudadanía. Muchos habitantes tendrán que abandonar sus casas por diferentes motivos y duraciones, desde escenarios de evacuaciones hasta desplazamientos y movimientos migratorios. Esta circulación de personas ya se ha producido en países como China, Pakistán, Estados Unidos y Bangladesh,

donde se han sufrido graves inundaciones, riadas y sequías. El ascenso del nivel del mar y el derretimiento del permafrost también alterará la trama urbana en zonas costeras.

Por si fuera poco, el aumento de los riesgos climáticos puede actuar como un catalizador de la violencia. A modo de ejemplo, las sequías ya han disparado conflictos por el acceso a recursos hídricos y el encarecimiento de los recursos primarios como la comida y los combustibles ha generado escenarios violentos en varios puntos del mundo. Desde 1950, el calentamiento o el cambio del nivel de precipitaciones han incrementado el riesgo de violencia interpersonal en un 4% y el riesgo de violencia intergrupala en un 14% en todo el mundo [5].

2.3. MEDIDAS Y COMPROMISOS INTERNACIONALES

Por todos los problemas e inconvenientes que se han mencionado anteriormente, la sociedad debe dar un giro radical y optar por un estilo de vida que sea sostenible con el medio ambiente. Con la intención de cambiar la tendencia con la que se está viviendo hoy en día, se han tomado numerosas medidas a nivel internacional.

2.3.1. Agenda 2030

La Agenda 2030 es un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene el objetivo de fortalecer la paz universal y el acceso de la justicia. Esta resolución fue aprobada por 193 miembros de las Naciones Unidas en septiembre del 2015. En ella se reconoce que la erradicación de la pobreza, en todas sus formas y dimensiones, es el mayor desafío al que se enfrenta el mundo y constituye un requisito indispensable para el desarrollo sostenible [6].

En la Agenda 2030 se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas, que son de carácter integrado e indivisible y conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental. Estas son los 17 ODS de la Agenda 2030:



Figura 2-6. Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 [6].

Estas metas y objetivos están en vigor desde el 1 de enero de 2016 y seguirá guiando los programas de desarrollo mundiales hasta el 31 de diciembre de 2030. Con ellas se pretende impulsar la acción en las esferas de importancia crítica para la humanidad y el planeta, que son las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas [7].

Este plan ha sido implementado por todos los países y partes interesadas mediante una alianza de colaboración. Aunque la Agenda 2030 implica un compromiso común y universal, cada país se enfrenta a retos específicos en su búsqueda del desarrollo sostenible, por lo que los Estados tienen soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica. De este modo, cada miembro puede fijar sus propias metas nacionales, siempre y cuando se apeguen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

2.3.2. Acuerdos internacionales

Durante las últimas décadas, se han celebrado cumbres climáticas para analizar el estado del clima y medio ambiente, para así poder tomar las medidas pertinentes para protegerlo e intentar frenar el cambio climático. El primer gran acontecimiento tuvo lugar en 1992 en Río de Janeiro, donde se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En ella se creó la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que en la actualidad ha sido ratificada por 197 países. Desde entonces, se han realizado varias cumbres climáticas. En la siguiente imagen se destacan los más importantes:

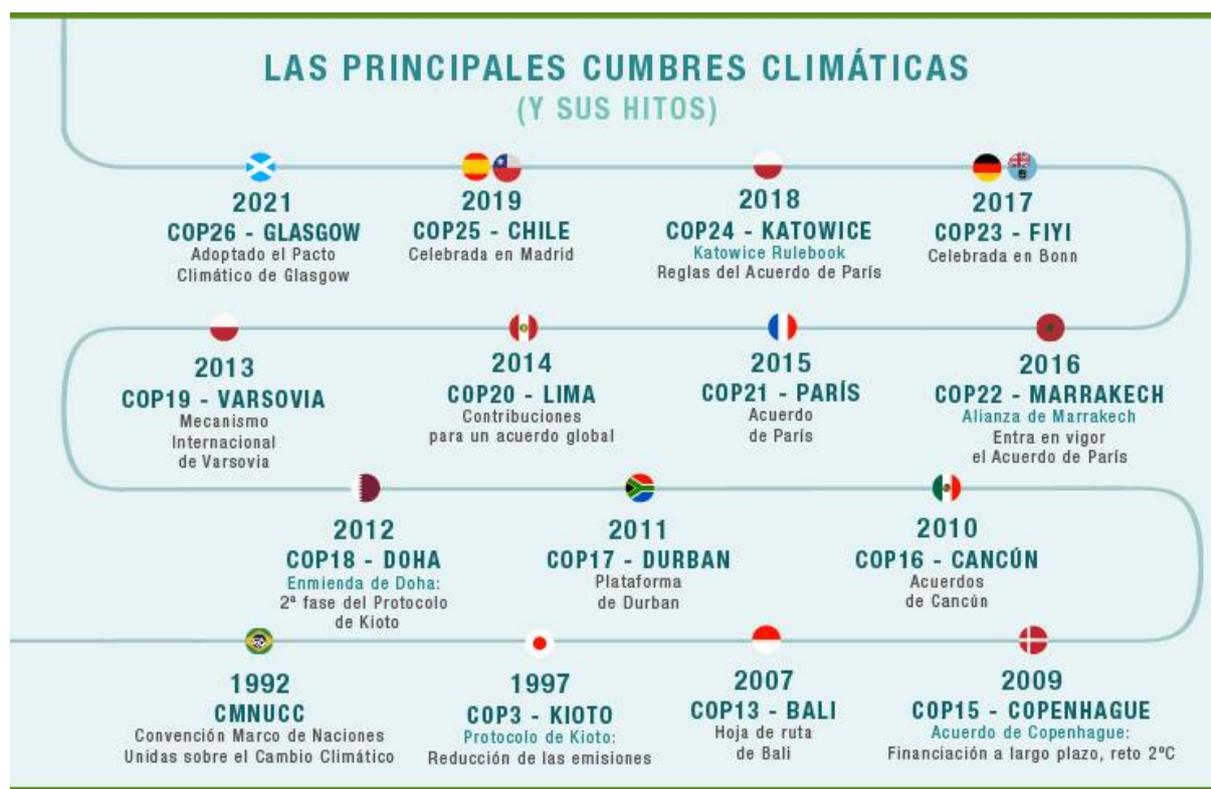


Figura 2-7. Cronograma de las principales cumbres climáticas [8].

De todas las Conferencias de las Partes (COP), a continuación se va a hablar sobre las tres que se consideran más importantes:

2.3.2.1. COP3 – Kioto

La importancia de la COP3 radica en el Protocolo de Kioto que se elaboró en 1997. Este protocolo es el acuerdo por el que los países industrializados se comprometían a reducir las emisiones de GEI. La convención pedía a esos países que adoptaran políticas y medidas de mitigación y que informaran periódicamente [9].

El Protocolo de Kioto fue firmado por 36 países industrializados. En él se establecía un compromiso a nivel mundial de reducción de todos los GEI en periodo 2008-2012 de un 5,2% respecto a los niveles de emisiones de 1990. Para ello, se establecieron diferentes objetivos para cada país, que podía ser reducir las emisiones (por ejemplo, Japón), estabilizarlas (Rusia) o limitar el incremento (Australia) [10]. Entró en vigor en el año 2005.

El acuerdo se vio debilitado cuando en 2001, Estados Unidos (por entonces, el mayor emisor de CO₂) decidió abandonar el protocolo, a pesar de haber firmado en un principio, argumentando que no consideraba justo excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases, por ser países en vías de desarrollo [11].

Finalmente, los resultados que obtuvieron los 36 países fueron muy desiguales. Los compromisos eran vinculantes, pero no se contemplaba ningún mecanismo sancionador en caso de infracción. Por ello, mientras algunos países como Rusia o Canadá realizaron una buena labor, el éxito no fue tan notable en países de Europa Occidental.

2.3.2.2. COP21 – París

Después de realizar el primer acuerdo vinculante sobre la lucha contra el cambio climático con el Protocolo de Kioto, se intensificaron las negociaciones internacionales para avanzar en un nuevo acuerdo global. En 2009, en la COP15 de Copenhague los gobiernos se pusieron de acuerdo en que el calentamiento global no debía superar los 2°C respecto a niveles preindustriales. Sin embargo, la cumbre de la capital danesa no tuvo éxito en su intento de obtener compromisos políticos para lograr el cumplimiento de una hoja de ruta a seguir, aunque supuso una notable mejoría respecto a la tendencia previa. En la COP17 de Durban se constituyó el grupo que se encargaría de desarrollar el texto del acuerdo global, el cual sirvió de base para el Acuerdo de París [12].

El Acuerdo de París supuso un antes y un después en el proceso multilateral del cambio climático: por primera vez existía un acuerdo con estatus de tratado internacional legalmente vinculante, que comprometía a todos los países a emprender medidas y esfuerzos, con el ambicioso propósito de combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos.

El acuerdo finalmente fue firmado por 195 países y entró en vigor 30 días después de que al menos 55 países u organizaciones de países, que sumen el 55% de las emisiones globales, lo firmasen. Estos son sus puntos clave [13]:

- Mitigación y reducción de emisiones. Se acordó:
 - * A largo plazo, mantener el aumento de temperatura por debajo de los 2°C respecto a niveles preindustriales.
 - * Limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C, ya que esto reduciría significativamente los riesgos y los daños del cambio climático.
 - * Empezar a reducir las emisiones globales, reconociendo que ese proceso tardaría más tiempo en los países en desarrollo.
 - * Empezar reducciones rápidas para lograr un equilibrio entre emisiones y absorciones en la segunda parte del siglo XXI.

- Transparencia y realización de un inventario global. Se acordó:
 - * Reunirse cada 5 años para evaluar el progreso colectivo y actualizar e incrementar las acciones de cada miembro.
 - * Publicar periódicamente sus inventarios de emisiones, información sobre la implementación de las contribuciones nacionales y los aportes de financiación.

- Adaptación. Se acordó:
 - * Fortalecer la capacidad de la sociedad de afrontar los impactos del cambio climático.
 - * Proporcionar una continua y mejorada ayuda a los países en desarrollo para adaptarse al cambio climático.

- Pérdida y daños. El acuerdo:
 - * Resalta la importancia de evitar, minimizar y atender las pérdidas y daños relacionados con las consecuencias adversas del cambio climático.
 - * Reconoce la necesidad de cooperar y mejorar las comunicaciones de comprensión, acción y ayuda para poder paliar los daños producidos.

- El papel de ciudades, regiones y autoridades locales. Se les pide:
 - * Agrandar el esfuerzo realizado y tomar medidas para reducir las emisiones.
 - * Aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático.

- Ayudas.
 - * Los países desarrollados deben continuar combatiendo el cambio climático para reducir emisiones e incrementar la resiliencia frente a los impactos que se puedan producir en los países en desarrollo. También se llama a otros países a prestar apoyo de manera voluntaria.
 - * Se urge a los países desarrollados a concretar una hoja de ruta para poder cumplir el objetivo de 100.000 millones de dólares anuales de financiación climática en 2020, cantidad que se aumentará para 2025.

2.3.2.3. COP26 - Glasgow

La última COP se celebró en Glasgow en 2021. Su objetivo principal era analizar la situación actual y dar un impulso al acuerdo alcanzado en París, al mismo tiempo que se establecía el Acuerdo de Glasgow. Este acuerdo proporciona nuevas medidas para afianzar la implementación del pacto de París, de modo que el mundo pueda dirigirse a un escenario más sostenible y con bajas emisiones de carbono.

La COP26 se centró en cuatro focos u objetivos específicos: mitigación, adaptación, financiación y colaboración. Estos son los logros que se obtuvieron en la cumbre de Glasgow [14]:

- Mitigación. Se reafirmó el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global en 2°C y esforzarse para que no superase los 1,5°C. Asimismo, se reconoció la situación límite que se está viviendo y que se necesita un refuerzo urgente de objetivos y acción acelerada en materia de carbón, deforestación, vehículos eléctricos y metano.

- Adaptación, pérdidas y daños. El Acuerdo de Glasgow reclama que se doble la financiación para 2025 los niveles de fondos de adaptación registrados en 2019, para apoyar a los países en desarrollo en la adaptación ante los efectos del cambio climático y el fortalecimiento de la resiliencia. Se prometieron importes económicos sin precedentes de fondos de adaptación y es la primera vez que se ha acordado a nivel global un objetivo de financiación destinado específicamente a la adaptación.
- Financiación. Los países industrializados dieron pasos hacia el logro del objetivo de obtener la financiación climática de 100.000 millones de dólares, meta que se prevé alcanzar para 2023 como muy tarde. Se han movilizado miles de millones del sector público y billones del sector privado, conscientes de que el costo de la acción para prevenir el cambio climático será muy inferior al costo que significa gestionar sus impactos.
- Colaboración. Se dio un impulso al trabajo conjunto para lograr las metas. Está previsto que los Acuerdos de Glasgow aceleren la colaboración entre gobiernos, empresas y la sociedad civil con la finalidad de concretar las metas climáticas con mayor rapidez. En la COP26 se ultimó el "Paris Rulebook", acordando el marco de transparencia reforzado, aquello que dice que los países deben informar de los progresos que realicen en relación con las emisiones y el apoyo. De esta manera, se insta un nuevo mecanismo y nuevos estándares para los mercados internacionales de carbono, así como plazos comunes para los objetivos de reducción de emisiones.

2.3.3. Importancia de las energías renovables

2.3.3.1. Situación actual y vistas al futuro

Los acuerdos presentados anteriormente indican que la sociedad debe transformar su estilo de vida, adaptando medidas que lo hagan más sostenible. Ese escenario es ideal para que las energías renovables se desarrollen y adquieran protagonismo, ya que, entre otras cosas, ayudaría a reducir las emisiones de GEI producidos a escala global.

El Acuerdo de Glasgow recoge que gradualmente se dejen de utilizar combustibles fósiles (sobre todo el carbón), al mismo tiempo que se promociona el uso de las energías limpias como son las renovables. El cambio climático y la contaminación del aire se encuentran entre los factores clave para que se produzca la transición energética en todo el mundo. La contaminación local es un gran problema en países como China e India, pero incluso en Europa la preocupación empieza a aumentar por los efectos dañinos que pueda producir la polución del aire.

Como se va a poder observar en los siguientes gráficos, gran parte de la energía generada en el mundo proviene de los combustibles fósiles, mientras que las renovables únicamente producen una pequeña parte de la energía que se consume [15].

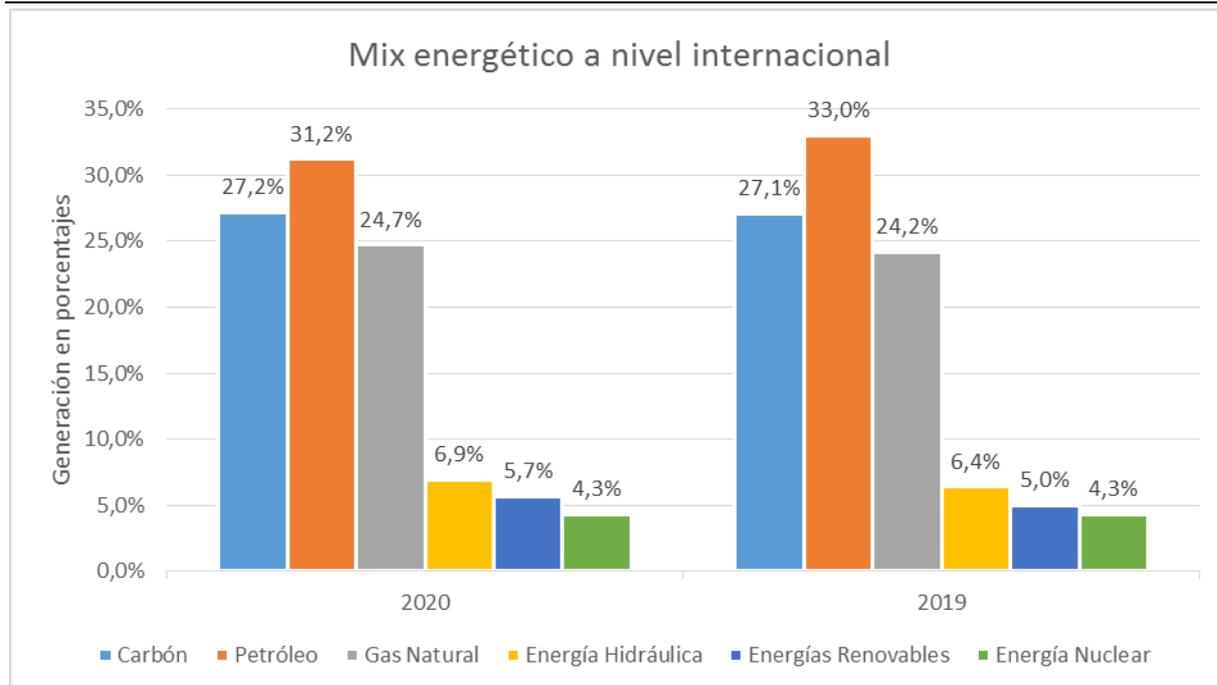


Figura 2-8. Mix energético mundial en los años 2020 y 2019.

Respecto a la generación de electricidad, las renovables tienen un poco más de protagonismo, pero siguen siendo inferiores comparados con las fuentes de energía de origen fósil, tal y como se aprecia en la Figura 2-9.

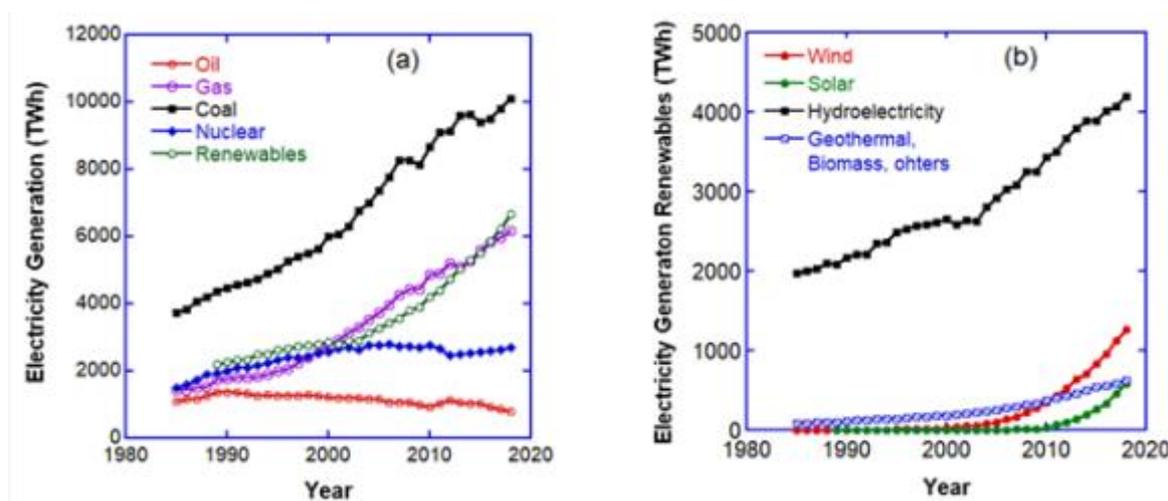


Figura 2-9. Generación de energía eléctrica a escala global por fuentes de energía: (a) muestra la energía generada por las principales fuentes de energía y (b) muestra únicamente la energía generada por las principales fuentes renovables [16].

Las previsiones iniciales de cara al futuro siguen siendo negativas para el medio ambiente, puesto que los combustibles fósiles seguirán siendo los protagonistas del mix energético, a pesar de que la presencia de las renovables sea mayor, tal y como se contempla en la Figura 2-10.

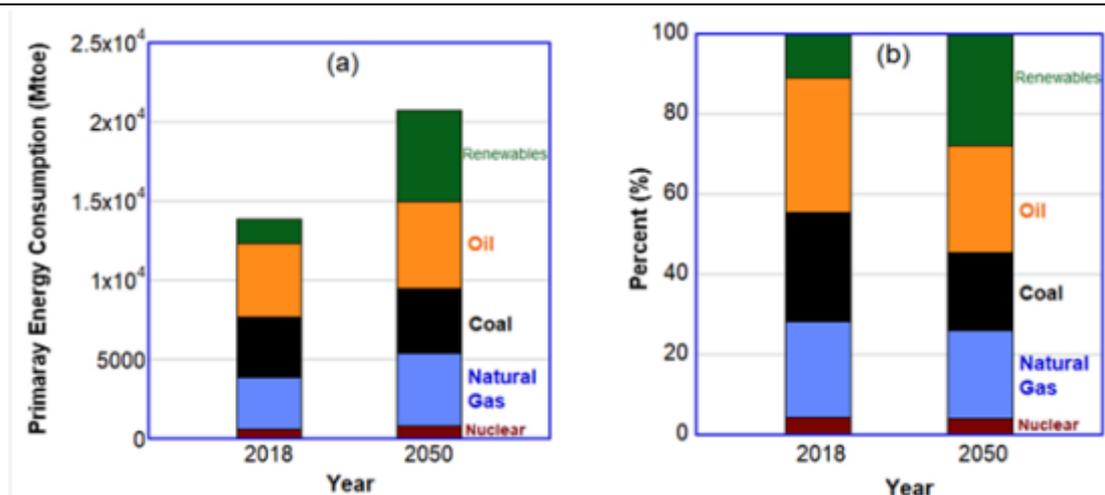


Figura 2-10. Consumo de energía primaria por fuentes de energías en 2018 y 2050 [16].

Por ello, se deben tomar nuevas medidas inmediatamente y dar continuidad a las existentes para promocionar y extender el uso y la presencia de las energías renovables. IRENA (Agencia Internacional de las Energías Renovables) indica un escenario en el que, si el mundo siguiese las políticas que están actualmente en vigor, las emisiones de CO₂ del sector energético aumentarán de 33 Gt/año en 2015 a 35 Gt/año en 2050, lo que supone un crecimiento del 6% [17].

Con el fin de evitar llegar a ese punto, en los últimos años las renovables ya han experimentado un crecimiento considerable. Por ejemplo, de la capacidad de generación eléctrica añadida desde 2012 hasta a día de hoy, más de la mitad corresponde a las energías renovables. Además, según un análisis realizado por REmap, se estima que en el mix eléctrico las renovables deberán ocupar el 60% de la generación total para 2030 y el 85% para 2050 para llevar a cabo el proceso de descarbonización.

Esta transición energética debe reducir considerablemente las emisiones de GEI, al mismo tiempo que se asegura tener la cantidad de energía necesaria para conseguir un crecimiento económico. La intensidad de las emisiones de CO₂ de la actividad económica global debe reducirse en un 85% entre 2015 y 2050, y las emisiones de CO₂ deben disminuir en más de un 70% en 2050 comparando con el caso de referencia de IRENA. El resultado, en el sector energético, es una reducción del 2,6% anual o de 0,6 Gt de CO₂, disminuyendo las emisiones hasta 9,7 Gt/año de CO₂ para 2050. El potencial de reducción por tecnología se representa en la Figura 2-11.

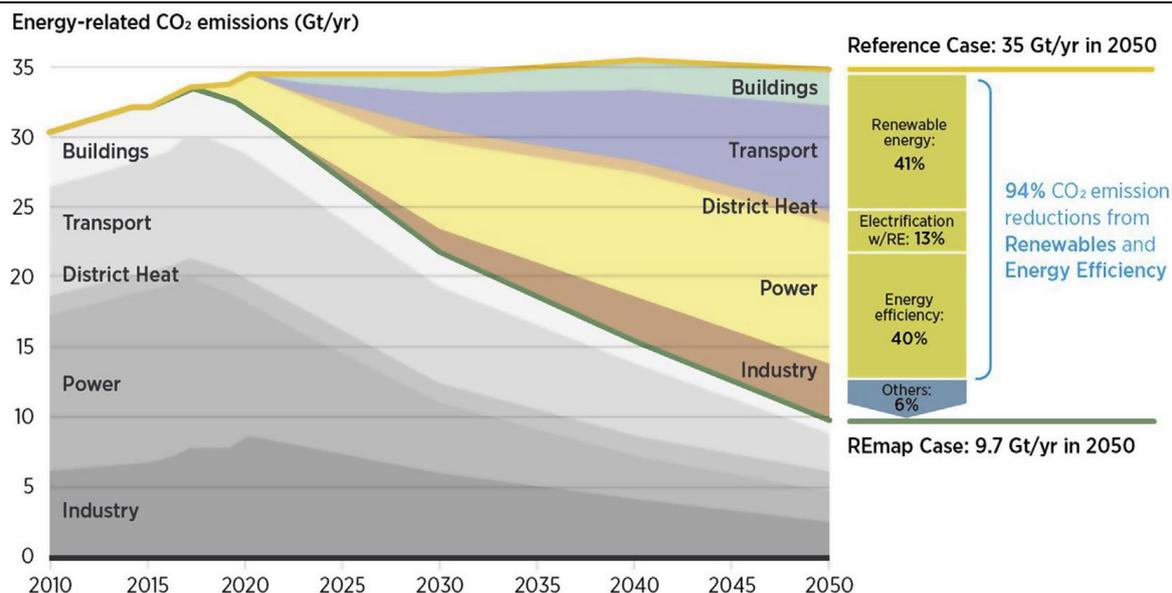


Figura 2-11. Potencial de reducción de emisiones de CO₂ por tecnología, con respecto al caso de referencia de IRENA [17].

La Figura 2-11 muestra que las energías renovables y la mejora de la eficiencia energética podrían conseguir el 94% de la reducción de emisiones de CO₂ para 2050. El 6% restante se podría conseguir, por ejemplo, utilizando la energía nuclear o capturando y almacenando el carbono.

2.3.3.2. Beneficios de la implementación de las energías renovables.

La implementación de tecnologías de energías renovables (TER) ayudaría a las comunidades a adaptarse al cambio climático. Además de disminuir la contaminación atmosférica, podrían reforzar el sector sanitario, social y económico, sobre todo en países que se encuentran en vías de desarrollo [18]. De esta forma, se contribuye a cumplir algunos de los ODS de la Agenda 2030.

- Sector sanitario.

Respecto al aspecto sanitario, por una parte, la implementación de energías limpias en la cocina y el alumbrado reducirían la polución del aire, evitando enfermedades respiratorias, infecciones oculares o disminuyendo la mortalidad infantil, entre otras cosas. El riesgo de producirse incendios en áreas rurales también se vería disminuido.

Por otra parte, las tecnologías renovables permitirían a las familias ahorrar tiempo en tareas domésticas, un lapso que puede ser invertido en cultivar, cocinar y dar de comer a los más jóvenes, combatiendo de esta forma la malnutrición infantil. La existencia de infraestructura eléctrica también mejoraría el acceso a los medios de comunicación, tales como la televisión o internet, que puede ser utilizado como fuente de información para aprender aspectos sobre la salud.

Asimismo, las TER contribuirían al desarrollo de las infraestructuras sanitarias como hospitales, clínicas y puestos de salud. La energía generada ayudaría a conservar como es debido vacunas y temperaturas que deben conservarse a temperaturas determinadas. Esta mejora podría motivar al personal sanitario a afincarse permanentemente en áreas rurales, lo que mejoraría la seguridad sanitaria de las comunidades rurales.

- Sector social.

El acceso a energía mejora la calidad de vida, y en países en desarrollo la implementación de TER daría un vuelco positivo a los hábitos diarios de las personas. Las energías renovables generarían oportunidades de empleo local, lo cual daría una cierta estabilidad a las familias autóctonas. La calidad de educación, como se ha mencionado anteriormente, aumentaría al disponer acceso a la electricidad y equipos como ordenadores.

El tiempo invertido en cubrir las necesidades básicas se abreviaría drásticamente. A modo de ejemplo, un estudio ha estimado que la construcción de una planta de biogás de nivel doméstico en Nepal, facilitaría el ahorro de 1000 horas de trabajo al año a las familias. Además, las mujeres que adoptan las TER en las comunidades rurales suelen participar en organizaciones sociales, lo cual refuerza su red social y promueve campañas de concienciación social sobre el poder de las mujeres.

- Sector económico.

Por un lado, la construcción y el mantenimiento de las instalaciones de energías renovables generarían nuevas oportunidades de trabajo para la ciudadanía local. Encima, la generación de energía eléctrica mejoraría otras actividades económicas como la agricultura, el transporte, etc.

Por otro, generar energía a nivel local daría a las comunidades independencia energética, por lo que su dependencia de terceras empresas suministradoras de energía disminuiría. Esto es muy importante hoy en día, ya que el precio de los carburantes fósiles está alcanzando valores históricos (causado principalmente por la escasez de recursos y por el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania), por lo que la economía del lugar no sufriría tanto las consecuencias provocadas por estos acontecimientos.

A pesar de que, como se ha contemplado, las implementaciones de energías renovables presentan numerosas ventajas respecto a las centrales convencionales, el impacto generado por los mismos en el medio ambiente no es nulo y ha de ser tenido en cuenta. Por ello, es importante analizar a qué factor ambiental podría afectar un proyecto basado en esta fuente de energía limpia y examinar cómo sería la alteración provocada en el medio. Esto es precisamente lo que se realiza en estudios y evaluaciones de impacto ambiental, que son esenciales para garantizar la correcta conservación del medio ambiente.

3. OBJETIVO Y ALCANCE

Los estudios y evaluaciones de impacto ambiental son esenciales para analizar cómo cualquier actividad que se desarrolle en un proyecto puede afectar al medio ambiente. El proceso de elaboración actual de un examen de este tipo requiere una gran cantidad de tiempo, el cual puede suponer un problema para las empresas u otros organismos que estén al cargo de este proyecto, puesto que el estudio debe efectuarse en un periodo de tiempo limitado. Por ello, urge la necesidad de encontrar una forma de que se reduzca la duración de ejecución de estos estudios.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología para que la evaluación de impacto ambiental se realice de una forma más rápida a la actual. Para ello, primero se analizará cómo se debe realizar un estudio de impacto ambiental, examinando cuáles son las leyes que lo regulan y detallando las diferentes partes que se deben realizar para completar el estudio.

La metodología estará diseñada para los estudios de proyectos energéticos basados en energías renovables. La elección de este campo se debe a la necesidad de la sociedad de estas fuentes de energía para conseguir un estilo de vida sostenible con el medio ambiente. Sin embargo, el desarrollo, ejecución, operación y desmantelamiento de los parques e instalaciones de energías renovables puede provocar una alteración en diferentes factores ambientales, por lo que es necesario someter este tipo de proyectos a estudios y evaluaciones de impacto ambiental.

Con esta metodología se pretende diseñar un procedimiento para que el estudio y evaluación de impacto ambiental de proyectos basados en energías renovables se haga en un periodo de tiempo más breve. En un principio, se buscará un método que sirva de la misma manera para un recurso renovable como para otro.

La intención de este trabajo no es la de plantear un modelo definitivo. Es decir, el método puede ser modificado o incluso desarrollado en futuros estudios e investigaciones. Se es consciente de la dificultad y la complejidad que supone efectuar un estudio de impacto ambiental, dadas las características y singularidades de cada emplazamiento en el que se ejecuten los proyectos. Por consiguiente, se pretende poner la primera piedra en el camino para que futuros estudiantes o investigadores optimicen el método que se plantea en este informe. De la misma manera, se ha buscado que este procedimiento sirva de utilidad en el ámbito de la enseñanza, para que futuros estudiantes puedan realizar un estudio y evaluación de impacto ambiental de una forma más cómoda y sencilla.

4. MARCO LEGAL

En el presente apartado se pretenden enumerar las normativas y legislaciones más importantes que han sido puestos en vigor o han sido aceptados por el Estado español y la Comunidad Autónoma del País Vasco. Asimismo, se va a detallar en qué consisten los más significativos de ellos.

4.1. CONVENIOS INTERNACIONALES Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

Entre los Convenios Internacionales y Protocolos de Actuación que fueron firmados y/o ratificados por el Reino de España destacan los siguientes [19]:

- *Convenio sobre evaluación del impacto en el medio ambiente en un contexto transfronterizo, hecho en Espoo (Finlandia), en 1991.* La finalidad del convenio era garantizar que sus Partes evaluaran el impacto ambiental generado por determinadas acciones en la fase inicial de la planificación. Estos impactos debían ser notificadas y consultadas en relación con las actividades que se enumeran en el convenio para informar de importantes efectos negativos transfronterizos que se puedan producir. Entró en vigor el 10 de septiembre de 1997.
- *Protocolo sobre Evaluación Estratégica del Medio Ambiente de la Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo, firmado en Kiev en 2003.* El protocolo buscaba promover el desarrollo sostenible a través de la identificación de los efectos sobre el medio ambiente al inicio del proceso de toma de decisiones de sus Partes. Se pretendía certificar que las consideraciones ambientales se integraran en ese proceso. Entró en vigor el 11 de julio de 2010 [20].
- *Protocolo de Actuación entre el Gobierno del Reino de España y el Gobierno de la República Portuguesa de aplicación en las Evaluaciones Ambientales de Planes, Programas y Proyectos con efectos transfronterizos, de 2008.* Este protocolo se adhiere a los planes, programas y proyectos de cualquiera de los dos Estados que puedan causar efectos ambientales transfronterizos significativos en el territorio del otro Gobierno. En dicho caso, se deberá notificar a otro Estado para que este, en caso de que quiera, participe en el procedimiento de evaluación ambiental.

4.2. DIRECTIVAS EUROPEAS

Estas son las directivas más importantes que se han tomado [19]:

- *Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.* Esta directiva tiene como objetivo conseguir un elevado nivel de protección del medio ambiente y contribuir a la integración de aspectos medioambientales en la preparación y adopción de planes y programas. De esta

forma, se promueve un desarrollo sostenible, garantizando la ejecución de una evaluación medioambiental de determinados planes y programas que puedan tener consecuencias considerables en el medio ambiente.

- *Directiva 2011/92/UE del Parlamento y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.* Esta directiva daba una forma nueva a la regulación relacionada con la evaluación de efectos de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. No introdujo grandes modificaciones, pero contribuyó a clarificar las regulaciones previas.
- *Directiva 2014/52/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.*

4.3. LEGISLACIÓN ESTATAL

A continuación se enumera una lista de legislaciones que fueron adoptadas en el Estado español pero que a día de hoy están derogadas [19]:

- *Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.*
- *Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.*
- *Texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.*

Estos decretos y leyes dieron lugar a la *Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental*, que actualmente establece las bases del procedimiento de evaluación ambiental. Posteriormente esta ley fue modificada por la *Ley 9/2018*. En el apartado 5 se hablará de estas dos leyes con más detalles.

4.4. LEGISLACIÓN COMUNITARIA DEL PAÍS VASCO

En el País Vasco existen dos normativas que se encuentran en vigor [21]:

- *Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco.* Esta ley vasca se elaboró con el fin de establecer el marco normativo de protección del medio ambiente, determinando los derechos y deberes de las personas físicas y jurídicas. Para ello, entre otras cosas, se pretende garantizar un desarrollo sostenible, conservar la biodiversidad, mejorar la calidad de vida de la ciudadanía y minimizar los impactos ambientales [22].

Consta de 118 artículos repartidos en 5 capítulos, 11 disposiciones y 2 Anexos. El primer anexo recoge la lista de obras o actividades sometidas al procedimiento de evaluación individualizada de impacto ambiental, de manera parecida a como se hace en los Anexos I y II de la *Ley 21/2013*. La *Ley 3/1998* no diferencia si la evaluación ambiental debe ser ordinaria o simplificada; en cambio, esto sí se define en la ley estatal.

- *Decreto 211/2012, de 16 de octubre, por el que se regula el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de planes y programas.* Este decreto fue desarrollado con la finalidad de reglamentar el procedimiento de evaluación ambiental estratégica al que deben someterse los planes y programas que se elaboren y/o se aprueben por las Administraciones Públicas de la Comunidad Autónoma del País Vasco, y que puedan tener consecuencias considerables sobre el medio ambiente.
- *Ley 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi.* Esta ley, que se consideró pionera en su momento, pretende establecer el marco normativo para la protección, conservación y mejora del medio ambiente en la Comunidad Autónoma del País Vasco, determinando los derechos y deberes de las personas físicas y jurídicas, con el objetivo de conseguir una serie de objetivos relacionados con el desarrollo sostenible y la conservación del medio ambiente.

4.5. NORMATIVA SECTORIAL

En cuanto a la normativa que regula de manera específica el ámbito material de ejercicio de competencias en la Comunidad Autónoma del País Vasco, estas son las que se encuentran actualmente en vigor [21]:

- *Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.* Esta ley sirve para establecer el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad, como parte de la obligación de conservar y del derecho a disfrutar de un medio ambiente apropiado para el desarrollo de la persona.
- *Ley 9/2021, de 25 de noviembre, de conservación del patrimonio natural de Euskadi.* Esta ley tiene una finalidad similar que la Ley 42/2007 pero se aplica en el territorio de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- *Planes de Ordenación de los Recursos Naturales y de Gestión de Espacios Naturales aprobados en la CAPV.* En este plan se recogen todos los decretos que regulan la ordenación y gestión de espacios, parques y recursos naturales ubicados en puntos singulares de la CAPV: área de Aizkorri-Aratz, Parque Natural de Aralar, Parque Natural de Aiako Harria, etc.

5. DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

Este capítulo tratará de describir en qué consiste una evaluación de impacto ambiental y qué partes hay que desarrollar para completar el proceso como es debido. Además, se darán detalles sobre la ley que lo regula: la *Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental*.

Esta ley fue modificada y actualizada por la *Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero*. A pesar de ello, el procedimiento de evaluación ambiental no sufrió cambios significativos, por lo que a día de hoy es la ley 21/2013 la que se considera como la ley de evaluación ambiental.

5.1. LEY 21/2013 DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

En tiempos previos a que existiera esta ley, los procedimientos excesivamente largos no protegían adecuadamente el medio ambiente y suponían un freno para el desarrollo sostenible. Por ello, se redactó la *Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental* con el objetivo de [23] [24]:

- Reforzar la protección del medio ambiente. La ley, entre otras cosas, incrementa la participación de los proyectos sometidos a evaluación ambiental (por ejemplo, los proyectos relacionados con el fracking), considera el cambio climático y exige un mayor nivel de calidad a los documentos ambientales, con el fin de que las decisiones se adopten siguiendo los mejores criterios técnicos.
- Simplificar los procedimientos administrativos y agilizar la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos. Se establecen en una única norma las leyes de evaluación ambiental estratégica y de evaluación de impacto ambiental. Además, con la ley presente se incrementa la eficacia en la tramitación reduciendo los plazos, conservando actos y estableciendo determinados trámites como voluntarios en vez de obligatorios. El uso de nuevas tecnologías también se ve favorecida y se publican resoluciones en la sede electrónica.
- Establecer una legislación homogénea en todo el territorio. La seguridad jurídica se refuerza con esta ley básica que es aplicable en todo el territorio nacional, aunque las comunidades autónomas dispusieron de un año para que adoptasen su normativa a esta ley. De esta manera, se produce una suma de esfuerzos entre todas las administraciones al intensificar la cooperación y colaboración a través de la Conferencia Sectorial de medio ambiente.

La *Ley 21/2013* está constituido por 64 artículos repartidos en tres títulos y 32 disposiciones, además de seis anexos. Estos son los apartados mencionados [25]:

- TÍTULO I. Principios y disposiciones generales.

- TÍTULO II. Evaluación Ambiental.
- TÍTULO III. Seguimiento y régimen sancionador.
- ANEXO I. Proyectos sometidos a la evaluación ambiental ordinaria regulada en el título II, capítulo II, sección 1ª.
- ANEXO II. Proyectos sometidos a la evaluación ambiental simplificada regulada en el título II, capítulo II, sección 2ª.
- ANEXO III. Criterios mencionados en el artículo 47.2 para determinar si un proyecto del anexo II debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria.
- ANEXO IV. Contenido del estudio ambiental estratégico.
- ANEXO V. Criterios mencionados en el artículo 31 para determinar si un plan o programa debe someterse a evaluación ambiental estratégica ordinaria.
- ANEXO VI. Estudio de impacto ambiental, conceptos técnicos y especificaciones relativas a las obras, instalaciones o actividades comprendidas en los anexos I y II.

5.2. PARTES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La Evaluación del Impacto Ambiental establece un procedimiento jurídico-administrativo para proyectos, actividades y obras. Para ello, se requiere la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), que es un documento que acompaña al proyecto e identifica, describe, cuantifica y analiza los posibles efectos significativos sobre el medio ambiente que puedan producirse por culpa del proyecto, así como la vulnerabilidad del proyecto ante riesgos de accidentes graves o de catástrofes. Asimismo, analiza los posibles efectos adversos que puedan ocurrir en el medio ambiente.

El contenido que debe reunir el Estudio de Impacto Ambiental se define en el Artículo 35, aunque en el Anexo VI se dan más detalles acerca de ello. A continuación se explicará en qué consisten cada uno de los epígrafes que incluye un EsIA.

5.2.1. Objeto y descripción del proyecto

En este primer apartado se deben dar las características principales del proyecto, que son las siguientes:

- Descripción de la ubicación del proyecto.
- Descripción de las acciones que se van a llevar a cabo durante las fases de construcción, explotación y desmantelamiento.
- Descripción de los materiales, las tecnologías y las sustancias que se utilizarán en el proyecto. Asimismo, se deben definir el área de tierra ocupada y los recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.

- Descripción de los tipos, cantidades y composición química de emisiones, vertidos y residuos que se produzcan durante las fases de construcción, explotación y desmantelamiento.

5.2.2. Examen de alternativas del proyecto

Esta sección estará dedicada al análisis de alternativas del proyecto que resulten más adecuadas y que sean técnicamente viables. Se plantearán una serie de alternativas que puedan adoptarse en la ubicación del proyecto; una serie en el que se incluirá la denominada "alternativa 0" o "la alternativa de no actuación".

A las opciones que se planteen se les realizará un examen multicriterio. Para ello, se deberán analizar cómo influyen en aspectos económicos, sociales y ambientales. Se contemplarán los efectos producidos durante la construcción y la vida útil del proyecto y se evaluarán en base a la alteración generada; para el cual se pueden utilizar diferentes métodos: ordenación simple, puntuación ponderada, método Electre, etc. La solución que se escoja deberá estar justificada adecuadamente.

5.2.3. Inventario ambiental

Es la parte más extensa y voluminosa del EsIA. En ella se describen los procesos e interacciones ecológicas o ambientales claves del emplazamiento en el que se va a realizar el proyecto.

En esta sección se llevará a cabo un estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de las obras. Asimismo, se especificarán cuáles son los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes. Una vez hecho, se elaborará un estudio comparativo de la situación actual, con la actuación derivada del proyecto objeto de la evaluación, para cada alternativa examinada.

Para hacer esa comparación, previamente se definirá la descripción, censo inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los factores que puedan verse afectados por el proyecto: la población, la salud humana, la biodiversidad como la fauna y la flora, la tierra, la geodiversidad, la calidad del suelo y el subsuelo, el agua y la planificación hidrológica, el medio marino, el aire, el clima, el cambio climático, los bienes materiales, el patrimonio cultural, el paisaje y la interacción de todos los factores que se han nombrado. Respecto a la cartografía, se elaborará una delimitación y descripción cartografiada del territorio afectado por el proyecto, para cada uno de los aspectos ambientales definidos.

Además, se debe realizar una descripción de las interacciones ecológicas claves y su justificación. Los mencionados estudios se harán de forma breve y de modo que se puedan comprender adecuadamente los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente.

5.2.4. Identificación y valoración de impactos

La identificación, cuantificación y valoración de impactos se efectuará tanto para la solución propuesta como para las alternativas planteadas. Existen varias formas de llevar a cabo este proceso, pero generalmente constan de cuatro partes:

5.2.4.1. Ponderación de factores

Antes de empezar a valorar el impacto generado por las actividades en el medio ambiente, se debe analizar cuál es la importancia de cada factor ambiental analizado. Es decir, se hará una clasificación de los factores en base a su importancia o transcendencia en el emplazamiento. Esto se puede hacer bien por reparto o asignación de puntos (se le

asignarán más puntos a los factores que se consideren de interés) o por ordenación, organizando los factores de más importante a menos.

5.2.4.2. Identificación de efectos

La identificación de impactos ambientales trata de analizar las interacciones que se producen entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto. Las acciones que se definen deben ser suficientes como para describir adecuadamente el proyecto y, entre ellas, deben figurar las actividades relacionados con los siguientes campos:

- La construcción y existencia del proyecto, incluyendo (cuando proceda) las obras de demolición.
- El uso de recursos naturales; en particular de la tierra, el suelo, el agua y la biodiversidad. Se debe tener en cuenta, en medida de lo posible, la disponibilidad sostenible de dichos recursos.
- La emisión de contaminantes, ruido, vibración, luz, calor y radiación, así como molestias y la eliminación y recuperación de residuos.
- Los peligros para la salud humana, el patrimonio cultural o el medio ambiente, que pueden ser causados por accidentes o catástrofes, entre otras cosas.
- La acumulación de los efectos del proyecto con otros proyectos existentes y/o aprobados.
- El impacto del proyecto en el clima: la naturaleza y magnitud de las emisiones de gases de efecto invernadero, la vulnerabilidad del proyecto respecto al cambio climático, etc.

La identificación de efectos originados por esas acciones debe abarcar los efectos directos e indirectos, secundarios, acumulativos, transfronterizos, a corto, medio y largo plazo, permanentes, temporales, positivos y negativos.

5.2.4.3. Valoración cuantitativa

Una vez identificados los efectos entre acciones y factores ambientales, se procederá a valorar los impactos generados. La valoración cuantitativa se realiza efectuando mediciones directas o utilizando índices e indicadores que son cuantificables. Se identificarán y describirán, mediante datos mensurables, las variaciones previstas de los factores ambientales. La valoración se efectuará en base a las variaciones que surjan por la duración, frecuencia, intensidad y reversibilidad de los efectos, así como a las alteraciones provocadas en el medio ambiente del lugar.

5.2.4.4. Valoración cualitativa

La valoración cualitativa se realiza haciéndose valer de factores para los que se dispone de una unidad de medida convencional y se valoran mediante sistemas no convencionales. Algunos factores disponen de criterios objetivos de valoración, como son las escalas proporcionales y las jerárquicas; otros, en cambio, no disponen de criterios objetivos y se debe recurrir a métodos como escalas de preferencias, sensaciones o encuestas a paneles de expertos.

El impacto que generen las acciones puede ser de diferente tipo, dependiendo de la variable que se analice. Entre los variables o tipos de factores de valoración más comunes se encuentran los siguientes [26]:

- Signo. Puede ser positivo o negativo, dependiendo de si el efecto aumenta o disminuye la calidad del factor ambiental.
- Extensión. Se trata del porcentaje del entorno en el que se manifiesta el efecto.
- Intensidad. Indica la cantidad de calidad ambiental que se pierde.
- Momento. Se refiere al tiempo desde que comienza la acción hasta que aparece el efecto.
- Capacidad de recuperación. Sirve para analizar si el factor ambiental se recuperará o no con el paso del tiempo.
- Persistencia. Observa el tiempo transcurrido desde la aparición del efecto hasta el retorno a las condiciones previas a la acción.
- Relación causa-efecto. Muestra si la manifestación del efecto sobre un factor es consecuencia directa de la acción o es a partir de un impacto primario.
- Interrelación de acciones y/o efectos. Sirve para examinar la adición de impactos procedentes de distintas acciones.
- Periodicidad. Señala la regularidad de manifestación del efecto.

Después de analizar los tipos de variables, se clasifican los impactos ambientales como compatibles, moderados, severos o críticos, como consecuencia de la ejecución del proyecto. De esta forma, se jerarquizarán los impactos ambientales, identificados y valorados, para conocer su importancia relativa.

5.2.5. Medidas preventivas, correctoras y compensatorias

La valoración de los efectos se realiza para dos escenarios diferentes: con proyecto y con proyecto al cual se le aplican medidas correctoras. Estas medidas se adoptan para prevenir, corregir y compensar los efectos adversos considerables de las diferentes alternativas del proyecto sobre el medio ambiente, tanto en lo que se refiere a su diseño y ubicación, como en cuanto a la operación, desmantelamiento o demolición.

Las medidas pueden ser de diferentes tipos, dependiendo de su finalidad y de la fase en la que se implemente. Estos son los tipos de medidas [27]:

- Medidas protectoras. Se aplican en la fase de anteproyecto (previsoras) o de proyecto (modificadoras), es decir, antes de la ejecución de las acciones.
- Medidas correctoras. Se introducen en la fase de construcción o en la de funcionamiento. Pueden ser neutralizadoras (de corrección total) o mitigantes (de corrección parcial).
- Medidas curativas y de mantenimiento. Se establecen en la fase de funcionamiento. Su finalidad es conservar o mejorar y fortalecer la calidad ambiental.

- Medidas recuperadoras. Se aplican en la fase de funcionamiento o de abandono. Pueden estar destinadas bien a restaurar o bien a rehabilitar el factor.
- Medidas compensatorias. Se introducen en la fase de funcionamiento. Si con la medida se pretende introducir un efecto positivo de la misma naturaleza que el impacto, será de sustitución; en cambio, si se pretende causar un efecto positivo de distinta naturaleza, la medida será de contraprestación.
- Medidas restablecedoras. Se establecen en la fase de funcionamiento o de abandono. Sirven para permitir volver a usar el factor (reutilizadoras) o para dotar de un valor ambiental a un factor que no lo tenía.

Dichas medidas estarán incluidas en el presupuesto del proyecto con el mismo nivel de detalle que el resto del plan, en su apartado específico, que se incorporará al EsIA.

5.2.6. Programa de vigilancia y seguimiento ambiental

El programa de vigilancia ambiental establece un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y de las medidas presentadas anteriormente, contenidas en el estudio de impacto ambiental, tanto en la fase de construcción como en la de operación, desmantelamiento o demolición. Este programa atiende a la vigilancia y al seguimiento durante la fase de obras y la fase de explotación del proyecto, respectivamente. Al igual que las medidas, se incluye un presupuesto del programa de vigilancia y seguimiento ambiental, el cual se introducirá en el EsIA.

Este programa tiene un objetivo doble. Por una parte, se busca llevar a cabo una vigilancia ambiental durante la fase de obras. Para ello, se detectarán y corregirán desviaciones respecto a lo planificado en el proyecto de construcción, se supervisará la correcta ejecución de las medidas ambientales, se determinará la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas y se realizará un seguimiento de la evolución de los elementos ambientales relevantes.

Por otra parte, este programa reclama un seguimiento ambiental durante la fase de operación y mantenimiento. Con ese fin, se verificará la correcta evolución de las medidas aplicadas en la fase de obras, se hará un seguimiento de la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad y se diseñarán los mecanismos de actuación ante la aparición de efectos inesperados o el funcionamiento incorrecto de las medidas correctoras previstas.

5.2.7. Vulnerabilidad del proyecto

Este apartado está dedicado a la descripción de los efectos desfavorables significativos del proyecto en el medio ambiente, a consecuencia de la vulnerabilidad del proyecto ante el peligro de accidentes graves y/o catástrofes relevantes. Para dicha exposición se puede utilizar la información relevante disponible y obtenida a través de las evaluaciones de riesgo realizadas de conformidad con otras normas. La descripción debe incluir las medidas que se han propuesto para prevenir el efecto adverso relevante de los mencionados acontecimientos en el medio ambiente, además de detalles sobre la preparación y respuesta a tales emergencias.

5.2.8. Evaluación ambiental en espacios de la Red Natura 2000

Esta sección evalúa las repercusiones del proyecto sobre la Red Natura 2000. Para poder llevarlo a cabo, primero se identificarán los espacios, hábitats, especies y demás objetivos de conservación que puedan verse afectados. Junto a ello se efectuará una descripción de sus requerimientos ecológicos más posiblemente afectados y se dispondrá información

disponible cuantitativa, cualitativa y cartográfica descriptiva de su estado de conservación. Después, se procederá a identificar, caracterizar y cuantificar los impactos causados en espacios y componentes de la Red Natura 2000. Igualmente, se considerarán medidas preventivas y correctoras que busquen mitigar los impactos, y medidas compensatorias que estarán destinadas a neutralizar el impacto residual. El seguimiento tanto de los impactos generados como de las medidas contempladas se especificará de forma adecuada.

5.2.9. Resumen no técnico

El resumen no técnico dispondrá de la información facilitada en virtud de los epígrafes precedentes. Este documento de síntesis no debe superar las veinticinco páginas y se narrará en términos que sean asequibles a la comprensión general.

5.2.10. Lista de referencias bibliográficas

La última parte del Estudio de Impacto Ambiental debe reunir las referencias bibliográficas consultadas para la elaboración de los estudios y análisis, al igual que el listado de la normativa ambiental aplicable al proyecto.

5.3. LEY 9/2018

Después de la *Ley 21/2013* se creó la *Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.*

Tal y como dice el título, la *Ley 9/2018* modifica una serie de normas que le precedían. En lo que se refiere a la variación de la *Ley 21/2013*, en total se alteran 28 artículos y 9 disposiciones, además de sustituir los Anexos III y VI. Este cambio tiene como finalidad completar la incorporación al ordenamiento estatal de la Directiva 2014/52/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se modificó la Directiva sobre evaluación de impacto ambiental de proyectos (Directiva 2011/92/UE) [28].

Aunque el objetivo principal sea la mencionada, la verdad es que la *Ley 9/2018* lleva a cabo otras muchas modificaciones en la Ley de Evaluación Ambiental que afectan principalmente al procedimiento de evaluación de impacto ambiental de proyecto y que, en muchos casos, van más allá de aclarar determinados conceptos de la ley. Entre las partes de la *Ley 21/2013* que no son modificadas destacan los Anexos I y II, que definen los proyectos que deben someterse a evaluación ambiental ordinaria y simplificada, respectivamente. Sin embargo, sí se incorporan nuevas especificaciones relacionadas con las obras, instalaciones o actividades comprendidas en dichos Anexos (cambio del Anexo VI) [29].

6. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES

6.1. JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ANÁLISIS

En un Estudio de Impacto Ambiental es considerar y evaluar todas las actividades que se llevan a cabo en un plan, programa o proyecto, con el objetivo principal de proteger el medio ambiente. Como se ha visto en apartados anteriores, tanto la civilización como el medio natural que ha existido hasta la actualidad están bajo una gran amenaza, que es el cambio climático.

El calentamiento global principalmente ha sido causado por la emisión de gases de efecto invernadero que se han emanado descontroladamente a la atmósfera. Entre ellos destaca el dióxido de carbono, ya que es el principal causante de este problema climático, constituyendo el 76% de los GEI emitidos a nivel global en 2019. La fracción restante se distribuye entre el metano (13%), óxido nitroso (3%), dióxido de azufre (7%) y gases fluorados (1%) [30].

Las emisiones de CO₂ se pueden producir por diferentes actividades. La Figura 6-1 recoge las emisiones de dióxido de carbono por sector en el año 2019.

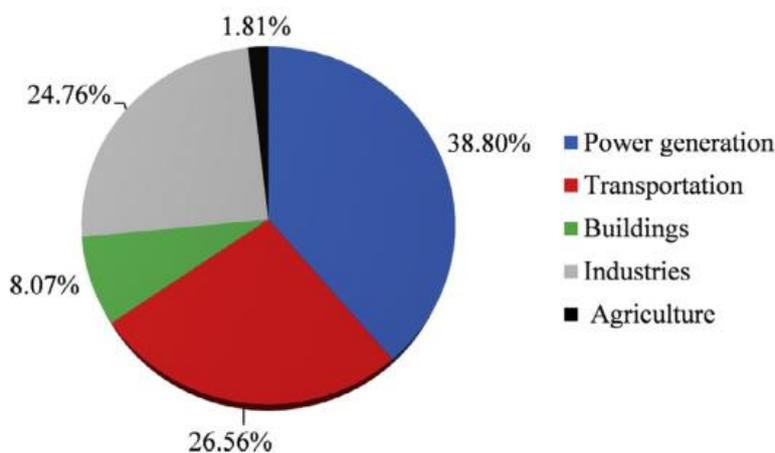


Figura 6-1. Emisiones de CO₂ por sector en 2019 [30].

Como se puede observar, la mayoría de emisiones se producen en el proceso de obtención de energía. Un 38,8% de la cantidad total se debe a la generación de electricidad por medio de la utilización de combustibles fósiles como el carbón o el gas natural. Más de una cuarta parte de las emisiones corresponde a la combustión de recursos fósiles en el transporte terrestre, aéreo y marítimo. Casi otra cuarta parte procede de industrias y de sus correspondientes procesos industriales. Un 8,07% pertenece a la gestión de residuos, la quema de combustibles fósiles y el uso de materiales contaminantes de los edificios e infraestructuras. El restante 1,81% se origina en el sector agrícola.

Por lo tanto, se puede concluir que los combustibles fósiles son los grandes responsables del incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Para solucionar este problema es necesario reducir la dependencia del petróleo, del carbón y

del gas natural. La implementación de procesos de captura y almacenamiento de carbono también se prevé ser importante, pero sin duda una transición energética hacia recursos energéticos limpios será esencial para que la progresión de los riesgos climáticos se frene.

Las fuentes de energías renovables serán esenciales para conseguir ese cambio. La mayoría de las emisiones de CO₂ suceden por abastecer las necesidades energéticas de la sociedad, los cuales se basan en combustibles fósiles, por lo que el uso de fuentes de energía limpias serán claves para mitigar los problemas medioambientales. Es por eso por lo que se ha decidido analizar en este estudio las energías renovables, dejando a un lado las centrales convencionales. Sin embargo, el impacto medioambiental que causan no es despreciable, por lo que se debe analizar en profundidad este impacto mediante Estudios de Impacto Ambiental.

6.2. ELECCIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA A ANALIZAR

Entre las fuentes de energías renovables se clasifican los siguientes: la energía eólica onshore y offshore, energía solar fotovoltaica, energía solar térmica, energía hidroeléctrica, energía del medio marino, bioenergía y energía geotérmica.

De entre todas ellas, se han optado algunas fuentes de energía, por lo que el desarrollo de la metodología rápida de Evaluación de Impacto Ambiental no ha sido analizado para todos los recursos de energías renovables. Para hacer esta selección se han seguido tres criterios: la importancia que tendrá cada tipo de energía renovable en el futuro, el sometimiento de los diferentes tipos de proyectos a Estudio de Impacto Ambiental y la disponibilidad de los informes de EsIA de los distintos proyectos que se basan en cada fuente de energía renovable.

En la siguiente figura se muestra una previsión del mix energético de la generación de electricidad para cumplir el escenario en el que no se superan los 1,5°C de calentamiento global. Las siglas RE y VRE indican, respectivamente, el porcentaje de las energías renovables y de las energías renovables variables (por ejemplo, solar y eólica se clasificarían aquí).

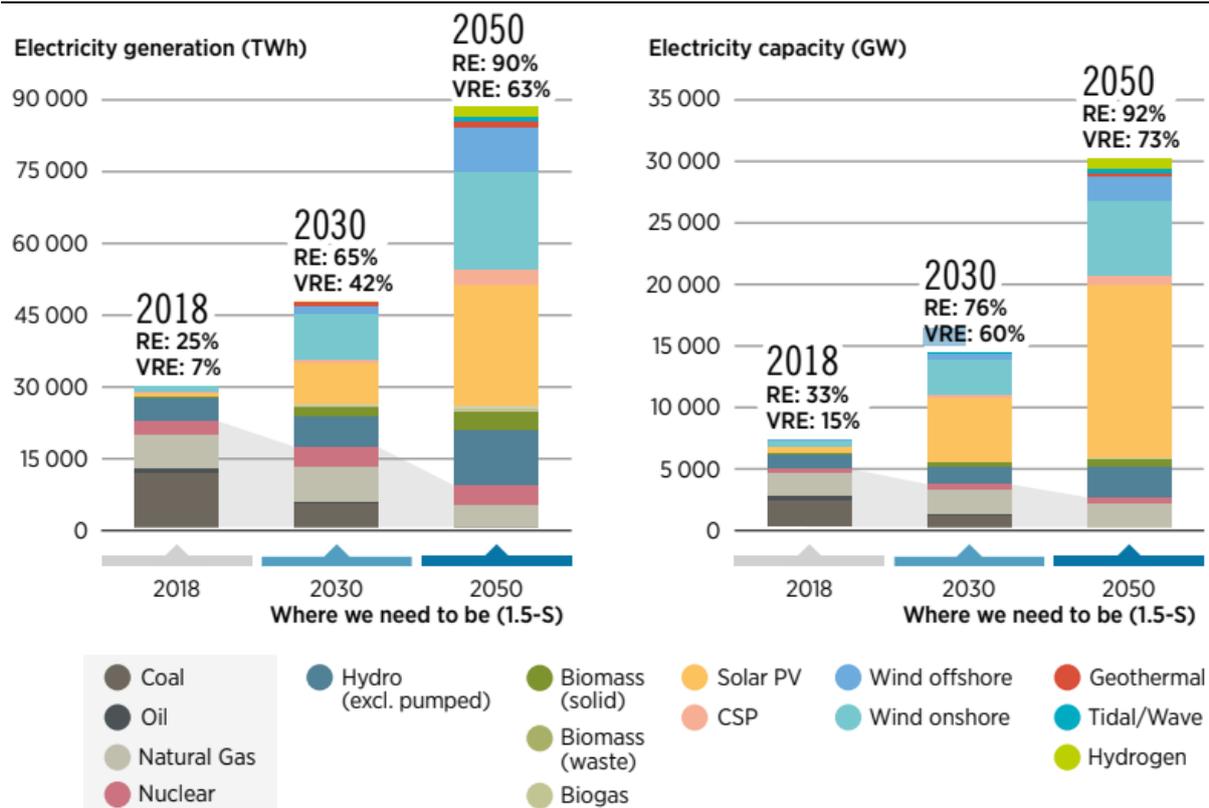


Figura 6-2. Generación de electricidad global y capacidad instalada por tipo de fuente de energía, en el escenario del 1,5°C en los años, 2018, 2030 y 2050 [31].

La Figura 6-3, en cambio, muestra el aumento de la generación de electricidad en los dos últimos años por medio de fuentes renovables, clasificados por tecnologías, países y regiones.

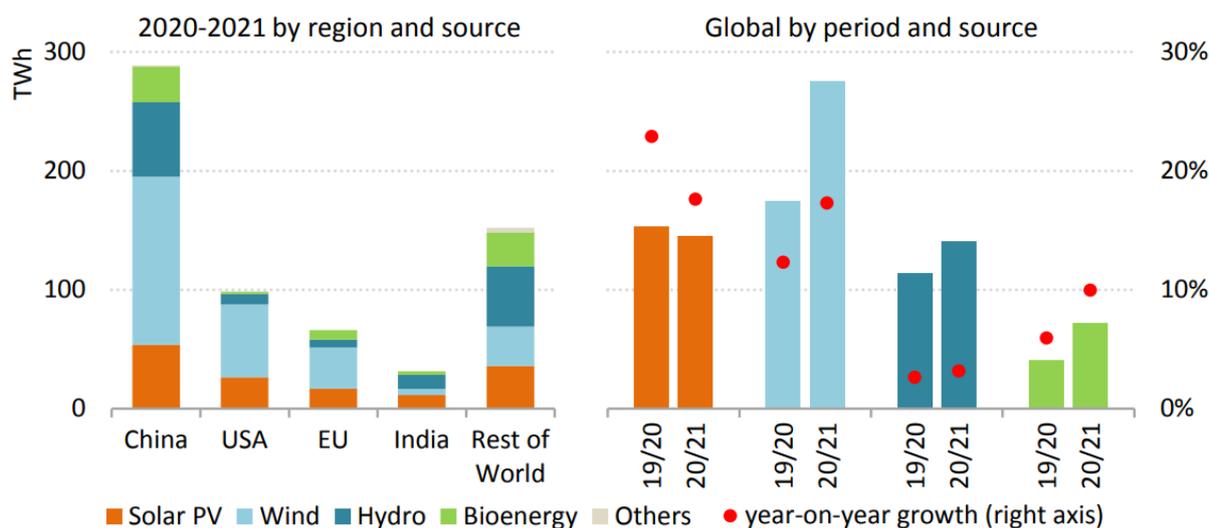


Figura 6-3. Aumento de la generación eléctrica por fuentes renovables y por países y regiones, en los dos últimos años [32].

Los gráficos mostrados en la Figura 6-2 y Figura 6-3 se analizarán en los siguientes apartados, cuyo objetivo será argumentar el porqué de la clasificación.

6.2.1. Fuentes de energía seleccionadas

Las fuentes de energías renovables que han sido escogidas son la energía eólica onshore y offshore, energía solar fotovoltaica y térmica, energía hidroeléctrica reversible y energía undimotriz. A continuación se va a justificar por qué se han elegido estos seis recursos energéticos.

6.2.1.1. Energía eólica onshore y offshore

La energía eólica es uno de los tipos de energías renovables más importantes en la actualidad. En los últimos años la tecnología ha experimentado un gran desarrollo tanto en instalaciones en tierra como en el mar, por lo cual su fiabilidad y su coste económico han descendido de manera notable. En la Figura 6-4 se muestra la variación del LCOE (Levelized Cost of Energy) y del PPA/auction (acción de compraventa de energía) de las fuentes de energía solar y eólica.

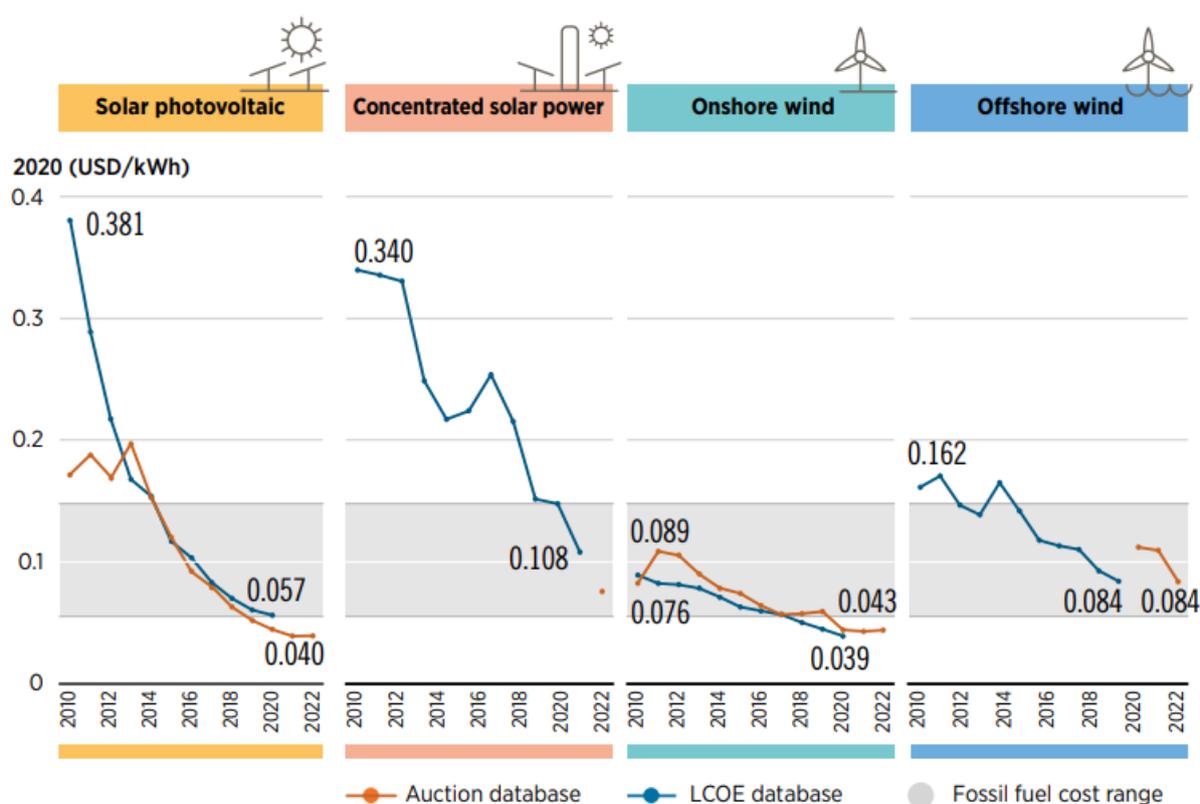


Figura 6-4. Medición global de la evolución del LCOE y del PPA desde 2010 hasta 2023, por tecnologías [31].

Esta reducción del coste de energía de fuentes eólicas provoca que las inversiones realizadas para construir un proyecto basado en este tipo de energía sean más rentables económicamente, lo cual a su vez hace que haya cada vez más parques eólicos. Tal y como se observa en la Figura 6-3, la generación eléctrica por medio del aprovechamiento del viento creció un 17% en el periodo 20-21, una cifra superior a la que se registró en el lapso anterior. Además, su crecimiento es esencial para cumplir el escenario de 1,5°C. Para 2030, se prevé que la energía eólica producirá el 24% de la electricidad demandada.

Por ello, es crucial que la tecnología se adecue al medio ambiente de la mejor manera posible. Las centrales de energía eólica figuran en los Anexos I y II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, por lo que los proyectos estarán sometidos a:

- Evaluación ambiental ordinaria, si se trata de instalaciones para la utilización de la fuerza del viento para la producción de energía (parques eólicos) que tengan 50 o más aerogeneradores, o que tengan más de 30 MW o que se encuentren a menos de 2 km de otro parque eólico en funcionamiento, en construcción, con autorización administrativa o con declaración de impacto ambiental.
- Evaluación ambiental ordinaria, si los proyectos de parques eólicos que tengan más de 10 aerogeneradores o 6 MW de potencia se desarrollan en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales.
- Evaluación ambiental simplificada, si se trata de instalaciones para la utilización de la fuerza del viento para la producción de energía, no incluidos en el anexo I, salvo las destinadas a autoconsumo que no excedan los 100 kW de potencia total.

Actualmente varios EsIA de proyectos eólicos se encuentran disponibles en la red, con lo que ha sido fácil obtener información acerca de los mismos.

6.2.1.2. Energía solar fotovoltaica y termoeléctrica

Hoy en día la energía solar es un gran sustento de las energías renovables. En los últimos años el LCOE de las tecnologías de energía solar fotovoltaica y termoeléctrica ha reducido drásticamente, tal y como se ha podido ver en la Figura 6-4. Esto ha resultado clave para que esta fuente de energía haya acaparado un gran protagonismo en el mix energético mundial, ya que se han despejado muchas dudas e inseguridades acerca de si podía ser una tecnología competitiva con el resto.

La energía solar fotovoltaica ha crecido notablemente y se espera que se siga esta tendencia durante los próximos años. Según IRENA, la capacidad fotovoltaica instalada puede multiplicarse por siete para 2030 y por veinte para 2050. En cuanto a la energía solar térmica, a pesar de que el descenso ha sido muy pronunciado, el coste de generación sigue estando ligeramente por encima de sus competidores (Figura 6-5).

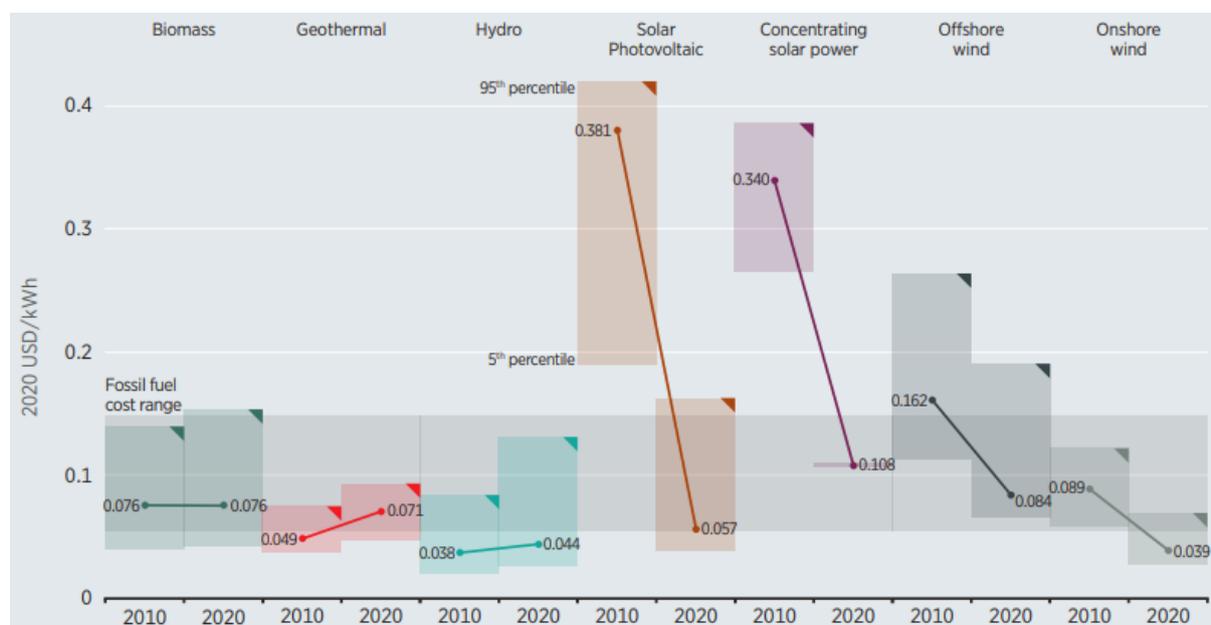


Figura 6-5. Comparación del LCOE de las diferentes fuentes de energía [33].

Debido a ello, su repercusión en el mix energético global es mínima. Aun así, como muestra la Figura 6-2, la generación de concentración solar (CSP, Concentrating Solar Power) debe aumentar si se quiere conseguir el objetivo planteado en la COP21 de París.

En los últimos años se han realizado varios EsIA de proyectos solares (sobre todo de parques fotovoltaicos), con lo que se dispone de información suficiente para poder desarrollar la metodología. Las centrales de energía solar se encuentran en los Anexos I y II de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*; por consiguiente, los proyectos estarán sometidos a:

- Evaluación ambiental ordinaria, si se trata de instalaciones para la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar destinada a su venta a la red, que no se ubiquen en cubiertas o tejados de edificios existentes y que ocupen más de 100 hectáreas de superficie.
- Evaluación ambiental ordinaria, si las instalaciones para la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar destinada a su venta a la red, que no se ubiquen en cubiertas o tejados de edificios existentes y que ocupen una superficie de más de 10 hectáreas, se desarrollen en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales.
- Evaluación ambiental simplificada, si se trata de instalaciones para producción de energía eléctrica a partir de la energía solar, destinada a su venta a la red, no incluidas en el Anexo I ni instaladas sobre cubiertas o tejados de edificios o en suelos urbanos y que, ocupen una superficie mayor de 10 hectáreas.

6.2.1.3. Energía hidroeléctrica reversible

La energía hidroeléctrica es la fuente de energía renovable más importante a nivel global. Los datos de la Figura 2-8 muestran que la energía hidráulica tuvo más protagonismo que el resto de las renovables juntas en 2020 (6,9% frente a 5,7%). Por ejemplo en regiones y países de altas latitudes como Islandia, Noruega y Quebec (Canadá), más de la mitad de la electricidad generada proviene del aprovechamiento de recursos hídricos.

La tecnología hidroeléctrica actualmente está muy desarrollada y es muy fiable. La Figura 6-3 evidencia que la generación de energía hidroeléctrica ha aumentado estos últimos años y se estima que crezca un 30% para 2030 y un 50% para 2050. Este crecimiento se puede dar a través de la implementación de sistemas reversibles, las cuales presentan dos ventajas significativas. La primera es que el almacenamiento hidráulico es uno de los sistemas más eficientes para acumular energía. La segunda es que puede ayudar a mitigar la escasez de agua en temporadas de sequía, lo cual se traduce en mayor estabilidad de suministro de energía.

A causa de dichas virtudes, la energía hidroeléctrica reversible cuenta con numerosos nuevos proyectos en la actualidad, los cuales se deben someter a Estudios de Impacto Ambiental, tal y como recogen los Anexos I y II de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*. Se someterán a evaluación ambiental ordinaria si se trata de:

- Presas y otras instalaciones destinadas a retener el agua o almacenarla permanentemente cuando el volumen nuevo o adicional de agua almacenada sea superior a 10 hectómetros cúbicos.

- Proyectos para la extracción de aguas subterráneas o la recarga artificial de acuíferos, si el volumen anual de agua extraída o aportada es igual o superior a 10 hectómetros cúbicos.
- Proyectos para el trasvase de recursos hídricos entre cuencas fluviales, excluidos los trasvases de agua de consumo humano por tubería, en cualquiera de los siguientes casos:
 - * Que el trasvase tenga por objeto evitar la posible escasez de agua y el volumen de agua trasvasada sea superior a 100 hectómetros cúbicos al año.
 - * Que el flujo medio plurianual de la cuenca de la extracción supere los 2.000 hectómetros cúbicos al año y el volumen de agua trasvasada supere el 5 % de dicho flujo.
- Instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica, cuando se desarrollen en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales.
- Instalaciones de conducción de agua a larga distancia con un diámetro de más de 800 mm y una longitud superior a 10 km, cuando se lleven a cabo en Espacios Naturales Protegidos, Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales.

En cambio, estarán sometidos a evaluación ambiental simplificada si se trata de:

- Instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica.
- Extracción de aguas subterráneas o recarga de acuíferos (no incluidos en el Anexo I) cuando el volumen anual de agua extraída o aportada sea superior 1 hectómetro cúbico e inferior a 10 hectómetros cúbicos anuales.
- Proyectos para el trasvase de recursos hídricos entre cuencas fluviales cuando el volumen de agua trasvasada sea superior a 5 hectómetros cúbicos anuales y que no estén incluidos en el Anexo I.
- Instalaciones de conducción de agua a larga distancia con un diámetro de más de 800 mm y una longitud superior a 40 km (proyectos no incluidos en el Anexo I).
- Presas y otras instalaciones destinadas a retener el agua o almacenarla, siempre que se dé alguno de los siguientes supuestos:
 - * Grandes presas según se definen en el Reglamento técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses, aprobado por Orden de 12 de marzo de 1996, cuando no se encuentren incluidas en el Anexo I.
 - * Otras instalaciones destinadas a retener el agua, no incluidas en el apartado anterior, con capacidad de almacenamiento, nuevo o adicional, superior a 200.000 metros cúbicos.

6.2.1.4. Energía undimotriz

A pesar de que se cuenta con numerosas formas de aprovechar la energía de las olas, en el presente las tecnologías de energía undimotriz se encuentran en fase de investigación y desarrollo. No existen instalaciones que generen una gran cantidad de energía; sin embargo, cada vez se destinan más recursos a indagar sobre cómo se puede aprovechar al máximo la fuerza de las olas. Gracias al trabajo que se realice hoy y en los próximos

años, puede que la energía undimotriz tenga una considerable presencia en el mix energético.

Las instalaciones para la producción de energía en medio marino, en los cuales se pueden clasificar los proyectos de energía undimotriz, figuran en el Anexo II de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*, por lo que estarán sujetos a evaluación ambiental ordinaria.

6.2.2. Fuentes de energía descartadas

Las fuentes de energías renovables que no han sido analizadas en este estudio son la energía geotérmica, la bioenergía y las energías del medio marino, salvo la undimotriz.

6.2.2.1. Energía geotérmica

Por una parte, se ha optado por descartar el recurso geotérmico, por la falta de Estudios de Impacto Ambiental que se han realizado a cerca de proyectos de este tipo, con lo cual no se ha podido encontrar una fuente de información que pudiese servir para poder llevar a cabo la metodología que se describirá en el apartado número 7. Aun así, las instalaciones geotérmicas están figuradas en los Anexos I y II de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*, por lo que estarán sometidos a:

- Evaluación ambiental ordinaria, si la instalación se clasifica como una central térmica de, al menos, 300 MW.
- Evaluación ambiental simplificada, si se realizan perforaciones geotérmicas de más de 500 metros.

En lo que a la tecnología se refiere, sin lugar a dudas, la energía geotérmica tiene un gran potencial para producir energía tanto a gran escala como a nivel local. En países con gran actividad volcánica como Islandia, Salvador, Kenia, Nueva Zelanda y Filipinas el aprovechamiento de la energía geotérmica es muy popular. Entre sus ventajas destacan la independencia de condiciones meteorológicas y el gran factor de capacidad que dispone [34].

La energía geotérmica, al igual que la bioenergía y la energía solar térmica, puede transformar el sector "end-use" o uso final, en la que la energía obtenida se utiliza directamente. Este uso directo puede ayudar a descarbonizar el transporte, la industria y el consumo de los edificios. En el escenario de 1,5°C, el uso directo de las renovables debe crecer desde 46 EJ (10^{18} J) en 2019 hasta 61 EJ en 2030 [31].

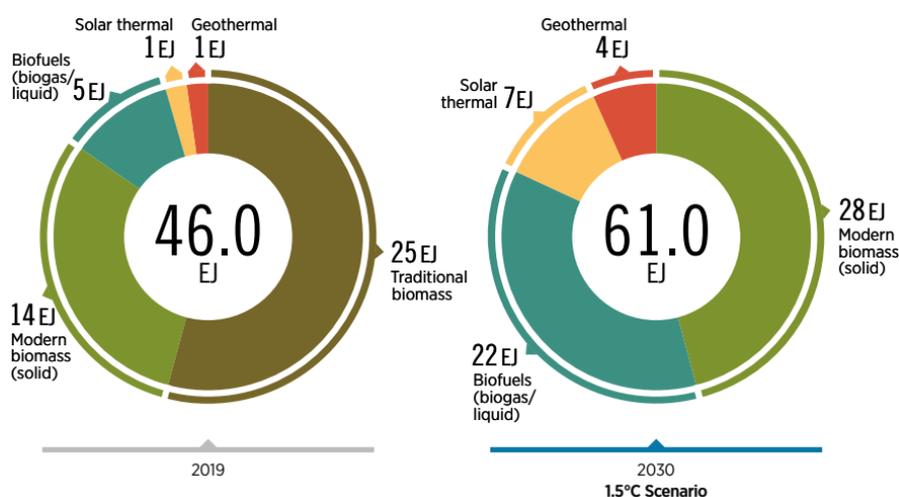


Figura 6-6. Consumo final de energía en usos directos y calefacción urbana (district heating) actual y en el escenario de 1,5°C en 2030 [31].

6.2.2.2. Bioenergía

Por otra parte, la bioenergía también ha sido apartada del área de este estudio por motivos similares que en el caso de la energía geotérmica: la falta de información. Los proyectos de bioenergía no figuran en un punto específico en los Anexos I y II de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*, aunque podrían estar sometidos a:

- Evaluación ambiental ordinaria, si se clasifica como central térmica u otra instalación de combustión de una potencia térmica de, al menos, 300 MW.
- Evaluación ambiental simplificada, si se trata de instalaciones industriales para la producción de electricidad, vapor y agua caliente (proyectos no incluidos en el anexo I) con potencia instalada igual o superior a 100 MW.

A pesar de que no va a ser analizado, la trascendencia de la bioenergía en la generación total no es para nada despreciable. La Figura 6-3 exhibe que durante los últimos años el uso de bioenergía ha experimentado un aumento de hasta un 10% en el periodo 20-21. La biomasa sólida, el biogás, el biometano y los biocombustibles líquidos componen el 9% de la generación de energía renovable. Además, se considera que estos combustibles pueden ser los sustitutos de los recursos fósiles tradicionales, con lo que su presencia en sectores como la industria y transporte puede aumentar durante los próximos años. Para que se cumpla el escenario de 1,5°C, se estima que la porción generada por la bioenergía debe ascender hasta el 17% en 2030, es decir, elevar los 55 EJ de hoy en día hasta los 100 EJ.

En el caso del abastecimiento de la demanda en los sectores de uso directo, como se ha indicado en la figura Figura 6-6, los recursos bioenergéticos serán sustanciales para conseguir los objetivos medioambientales propuestos.

6.2.2.3. Energías marinas restantes

Se ha decidido descartar estos tipos de energías (maremotriz, gradiente salino, corrientes marinas, etc.) porque, a diferencia de la undimotriz, las proyecciones que se realizan acerca de estas tecnologías no son favorables. El impacto medioambiental provocado por las centrales maremotrices o de corrientes marinas es mucho mayor comparando con la undimotriz; en consecuencia, los proyectos de energía undimotriz cobran más fuerza a la hora de elegir entre uno u otro tipo de aprovechamiento marino. Asimismo, la tecnología no está muy desarrollada, por lo que no resulta atractivo invertir grandes cantidades de dinero en este campo.

6.2.2.4. Energía solar térmica

Las instalaciones solares térmicas también se han dejado a un lado. Este tipo de proyectos, que nada tienen que ver con los parques solares termoelectrónicos, se diseñan para aprovechar la energía térmica del Sol y destinar el calor obtenido a la producción de agua caliente sanitaria, a la climatización de las piscinas o a la calefacción. Estas instalaciones no están figuradas en los Anexos I y II de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*, por lo que no están sometidos a Estudios de Impacto Ambiental.

6.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

6.3.1. Energía eólica onshore

Los aerogeneradores eólicos se basan en el principio de conversión de energía cinética del viento en energía mecánica de las aspas, lo que puede ser utilizado, por ejemplo, para bombear agua a puntos de mayor altitud o simplemente para producir electricidad a través de un generador. Hoy en día, la mayoría de los molinos de viento son para producir electricidad.

En la actualidad existen generadores eólicos de diferentes formas y diseños, pero las más comunes que se emplean para obtener electricidad son de eje horizontal, tanto en instalaciones onshore como en offshore. Los aerogeneradores modernos están compuestos, principalmente, por una torre de acero y/o hormigón, un sistema de "yaw" o giro entre la torre y la góndola que sirve para orientar el aerogenerador hacia el viento, un mecanismo de transmisión, un convertidor y el rotor con sus palas correspondientes. La estructura detallada de la parte superior del molino se muestra en la siguiente figura.

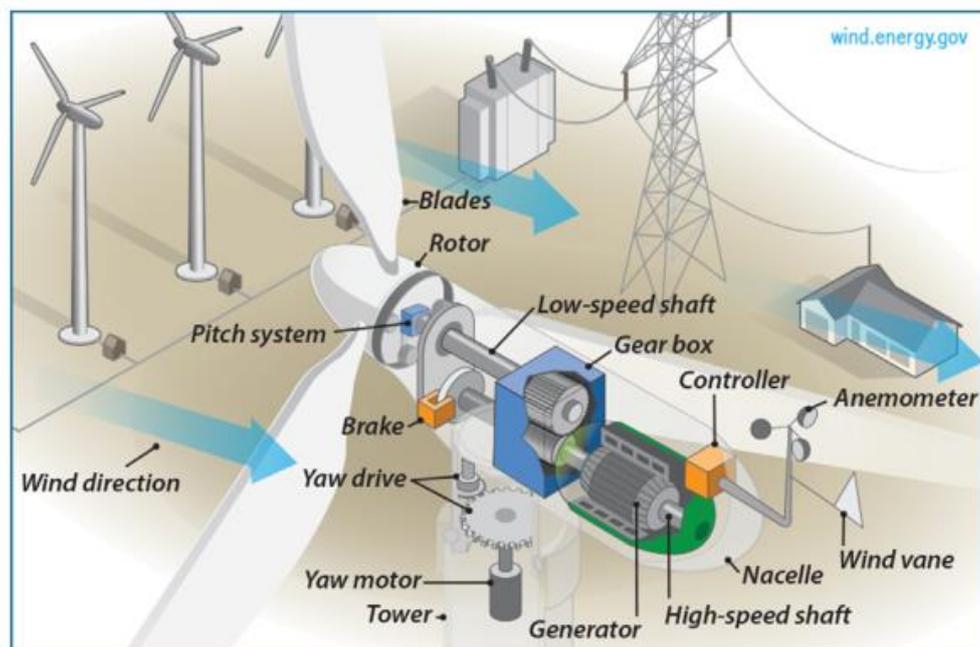


Figura 6-7. Componentes de un aerogenerador [35].

La potencia y energía generada de una turbina eólica son dependientes de la calidad y velocidad del viento, así como del diámetro del rotor, la altura de la torre y la gestión de operación y mantenimiento. En general, los aerogeneradores son capaces de producir energía con velocidades del viento de entre 3 m/s y 25 m/s. Normalmente con velocidades superiores a los 11-12 m/s los generadores son capaces de trabajar a potencia nominal. Cuando se registran valores superiores a los 25 m/s las palas dejan de rotar por seguridad. Además, las turbinas eólicas modernas incluyen sistemas de control avanzados que facilitan una segura y autónoma operación para poder obtener la máxima energía posible en cada instante, respetando en todo momento las restricciones establecidas por el sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) [35].

La electricidad que se genera se acondiciona gracias a procesos eléctricos que se realizan tanto en la góndola como en la subestación eléctrica, para después ser exportado por las

líneas de evacuación de alta tensión. En cambio, si la finalidad de la energía obtenida es otra, como producir hidrógeno verde o bombear agua, el proceso de acondicionamiento será diferente.

El coste económico de la instalación de las turbinas representa entre el 64% y 84% de los costes totales de un parque eólico. Además de las turbinas, entre los componentes de mayor gasto se incluyen los trabajos de construcción y cimentación, la conexión a red, el uso de tierra y otros costes relacionados con la ejecución del proyecto.

6.3.2. Energía eólica offshore

Los elementos más importantes de un parque eólico offshore son los aerogeneradores, su cimentación y subestructura, red de colección interna, la subestación marina y la red de transmisión a costa. Por lo general, las turbinas suelen ser bastante similares a las terrestres, pero disponen de mayor potencia y están adaptadas al entorno marino.

La ventaja de colocar los aerogeneradores en el mar es la posibilidad de obtener regímenes de viento de mayor calidad. Las masas de aire tienden a moverse de manera más laminar que en tierra, donde el flujo del viento suele ser más turbulento. Gracias a ello el rendimiento del aerogenerador aumenta y se puede obtener más energía.

El mayor desafío de estos parques offshore está en la cimentación o soporte de los aerogeneradores. En aguas poco profundas (normalmente, a menos de 40-60 metros de la superficie) se colocan estructuras fijadas al fondo marino. En cambio, cuando la profundidad es mayor, se escogen estructuras flotantes.

Las estructuras fijadas en el lecho marino son caracterizadas por ofrecer un alto grado de fijación. La estabilidad estática del sistema se consigue mediante la interacción entre la tierra y la cimentación. Los principales métodos para conseguirlo incluyen el hincado de pilotes a través del lecho marino (por ejemplo, la monopila, el trípode o el jacket), establecimiento y mantenimiento de una presión significativa diferencial (fuerza de succión), o aprovechamiento la fuerza gravitacional (basado en la gravedad estructural). En la Figura 6-8 se ilustran los tipos de fijación.

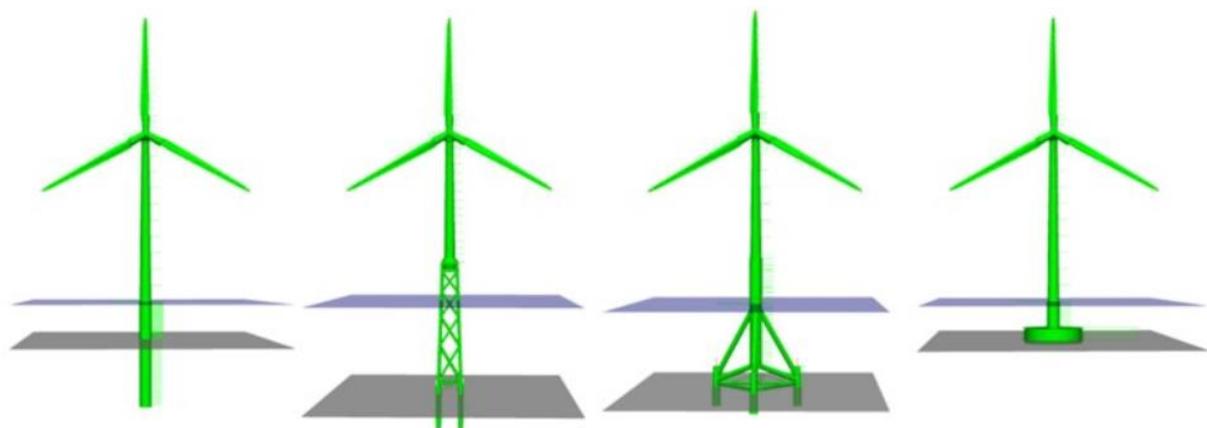


Figura 6-8. Representación de las estructuras ancladas al lecho marino: monopila, trípode, jacket y estructura de gravedad (de izquierda a derecha) [36].

Las estructuras flotantes, en cambio, se caracterizan por una mayor complejidad y son diseñados para que se sitúen en grandes profundidades. Se estima que el 80% del potencial eólico en el mar se encuentra en aguas con más de 60 metros de profundidad, por lo que se antoja necesario encontrar una estructura flotante que sea segura y fiable.

Por esta razón, el método desarrollado en este trabajo se ha enfocado principalmente en los aerogeneradores con plataformas flotantes. Aunque existen varios diseños, actualmente son tres las estructuras más básicas: el mástil flotante (Spar), la estructura semisumergible y la plataforma con patas en tensión (TLP, Tension-leg Platform). La siguiente figura representa las estructuras flotantes mencionadas:

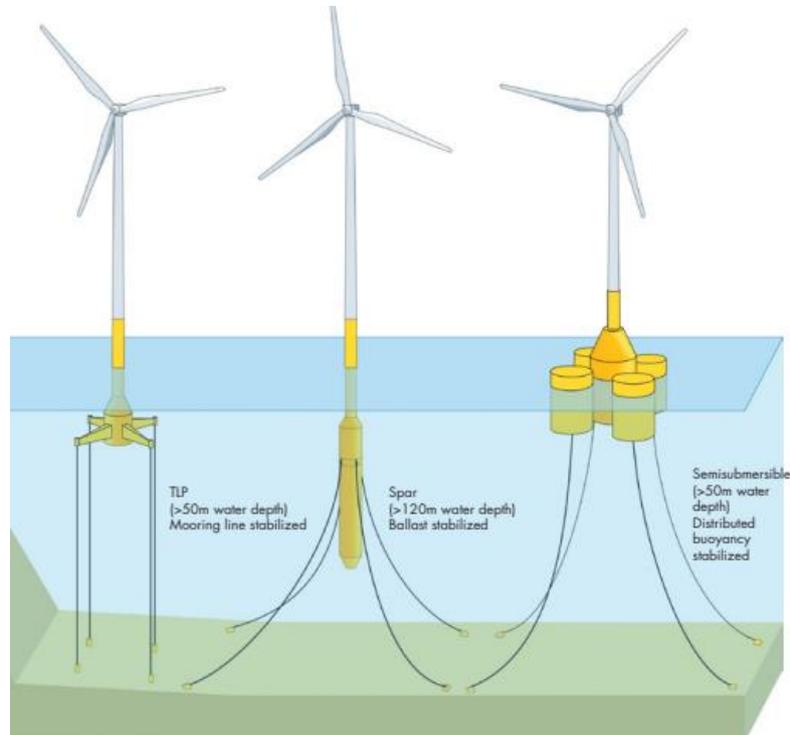


Figura 6-9. Representación de las estructuras flotantes: TLP, mástil flotante y estructura semisumergible (de izquierda a derecha) [37].

La energía obtenida por los aerogeneradores se dirige a la subestación marina, donde se realizarán los procesos de acondicionamiento de la electricidad, para luego transportarlo a tierra mediante los cables submarinos, tal y como se indica en la Figura 6-10.

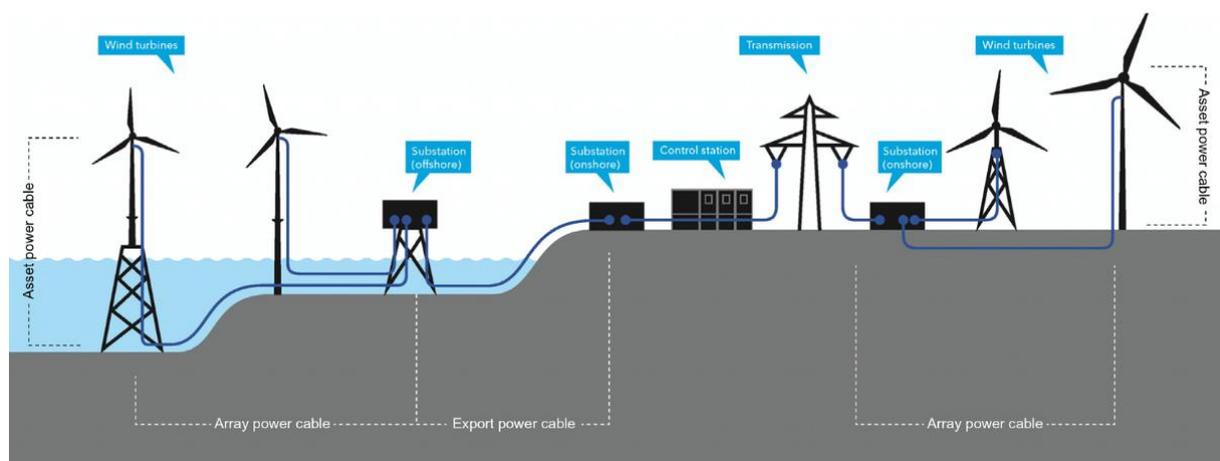


Figura 6-10. Diseño típico de los parques eólicos offshore y onshore [38].

6.3.3. Energía solar fotovoltaica

Esta fuente de energía transforma la energía lumínica del Sol directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, en el cual se genera una corriente y un voltaje gracias a un material semiconductor que se expone a los rayos de luz. En la actualidad, el 95% de las células fotovoltaicas se hacen con silicio policristalino (60%) o monocristalino (35%). La fracción restante corresponde a las tecnologías de capas finas, como son las basadas en cadmio y telurio (CdTe) o en cobre, indio, galio y selenio (CIGS) [39].

Además de los paneles fotovoltaicos, los principales componentes de estos tipos de parques solares son los centros de transformación, las salas de potencia y control, las estructuras de montaje, el sistema de seguimiento del Sol, los inversores, el equipo de seguridad y el cableado eléctrico. La corriente continua producida por las placas solares se convierte a corriente alterna a través de los inversores, a la cual posteriormente se le eleva la tensión en los transformadores para que pueda ser exportado a la red eléctrica.

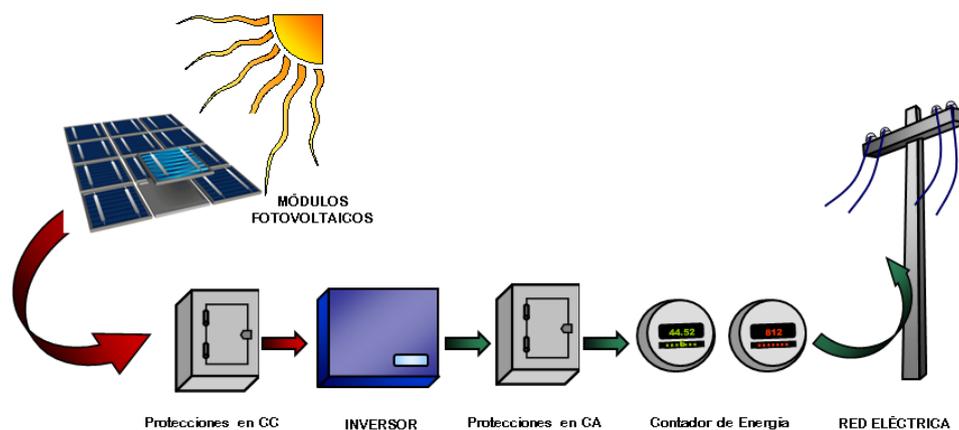


Figura 6-11. Esquema simplificado de una instalación fotovoltaica conectada a la red [40].

En algunos casos, las instalaciones no están conectadas a la red, ya que sirven para abastecer las demandas de energías domésticas o para bombear los sistemas de riego, entre otras funciones. En estas plantas se deben añadir dos elementos: la batería, que se encarga de almacenar la energía producida por los paneles para que luego pueda ser utilizada cuando el nivel de iluminación descienda, y los reguladores, que protegen la batería contra sobrecargas. Si los paneles generan más energía que la demandada, el excedente se puede exportar a la red.

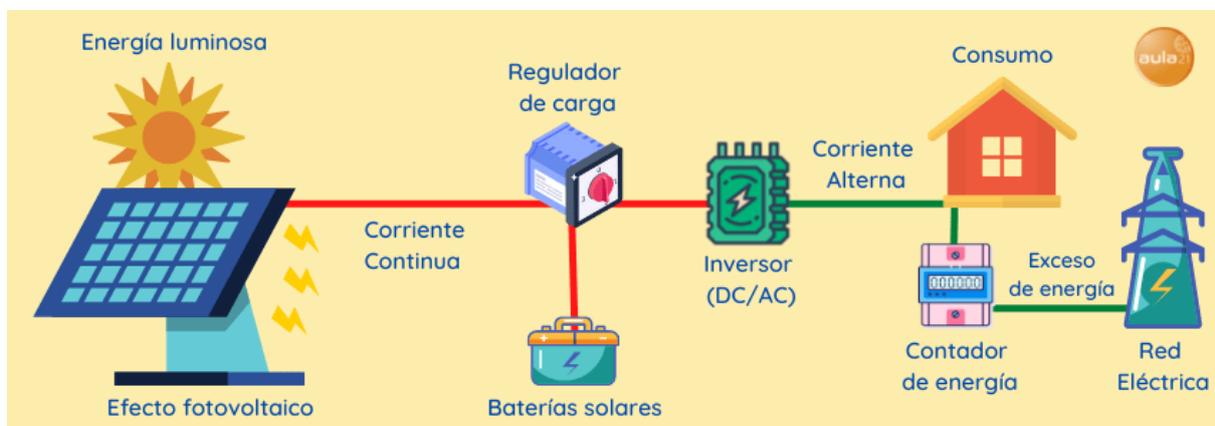


Figura 6-12. Esquema simplificado de una instalación fotovoltaica aislada con posibilidad de conexión a red [41].

6.3.4. Energía solar termoelectrica

Las tecnologías de concentración solar se basan en el principio de concentración de fotones que vienen directamente del Sol sin que sean dispersados en la atmósfera. Esta tecnología tiene como recurso energético la irradiación normal directa, el cual es mayor en regiones subtropicales y en altas latitudes.

La concentración de los rayos de Sol se realiza con el uso de superficies reflectoras como espejos y son capaces de focalizar los rayos en una línea (seguidores de dos dimensiones) o en un punto (seguidores de tres dimensiones). Los fotones redirigidos calientan un fluido, normalmente aceites o sales, hasta alcanzar temperaturas de entre 400°C y 1200°C, dependiendo del tipo de tecnología. El fluido caloportador se conduce a un intercambiador de calor, que es el evaporador de un ciclo Rankine. Por lo tanto, el fluido de ese ciclo (normalmente, agua) se calienta a la temperatura deseada para que luego se pueda producir electricidad. Posteriormente, la electricidad se acondiciona para que pueda ser transportada.

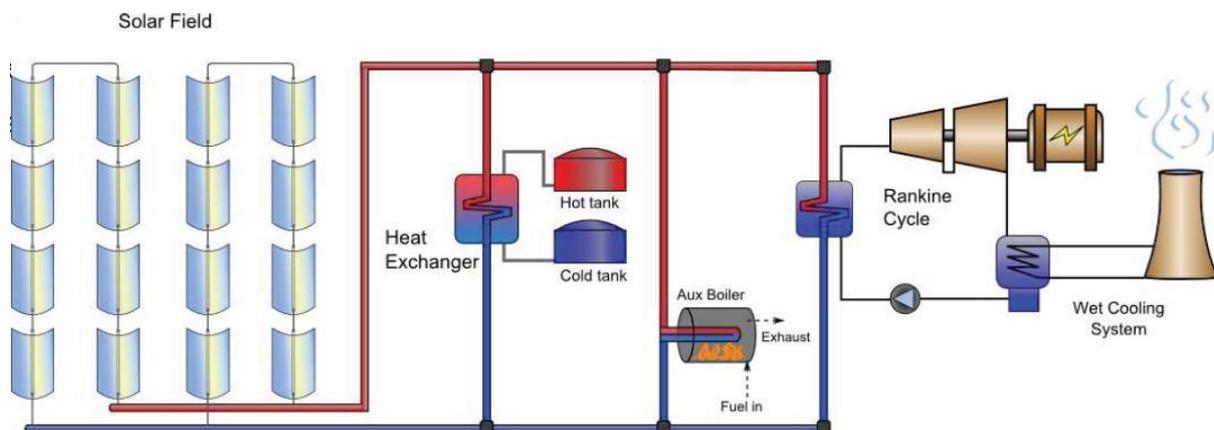


Figura 6-13. Esquema de un campo solar termoelectrico basado en colectores cilindro-parabolicos [42].

Hay cuatro tipos de tecnologías de concentración solar: colector Fresnel lineal, colector cilindro-parabólico, colector de torre central y disco parabólico. Las primeras dos son seguidores de dos dimensiones, mientras que las dos últimas son de tres dimensiones. En este trabajo únicamente se han analizado los colectores cilindro-parabólicos y el colector de torre central, quedando descartados las otras dos tecnologías restantes.

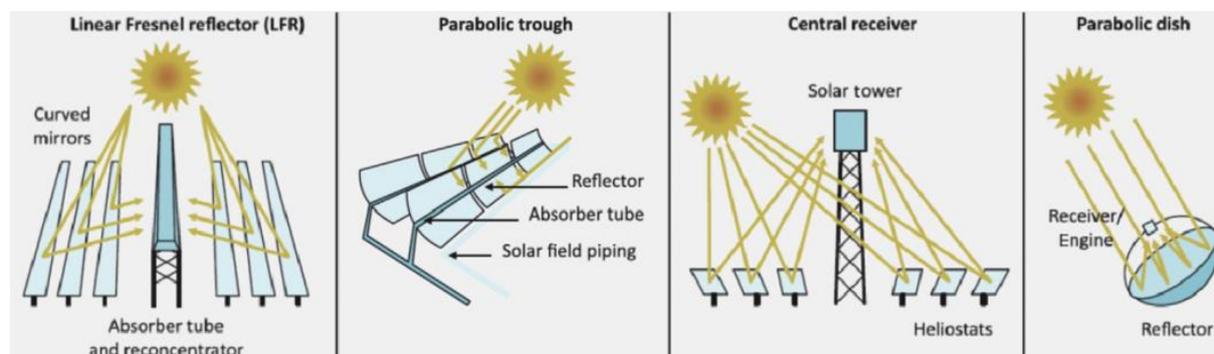


Figura 6-14. Tipos de colectores de concentración solar [43].

Estas instalaciones, cuya potencia suele estar entre 30 MW y 200 MW, ofrecen la posibilidad de almacenar la energía térmica en depósitos que contienen aceites o sales, por lo que la

energía obtenida durante las horas diarias con una gran irradiancia puede ser utilizado durante la noche o en días nublados.

Además de la radiación solar, la disponibilidad del agua es esencial para poder llevar a cabo estos proyectos, ya que los recursos hídricos son utilizados para limpiar los espejos y para refrigerar las torres de concentración. Esto puede ser un problema sobre todo en zonas desérticas donde la cantidad de agua es limitada, hasta tal punto en que un proyecto entero puede quedar cancelado únicamente por la falta de agua.

6.3.5. Energía hidroeléctrica reversible

La energía hidráulica es una de las fuentes de energía más antiguas y su uso ya es muy popular en varios países del mundo. No obstante, en este estudio no se va a analizar la energía hidroeléctrica convencional, sino que se van a examinar las centrales hidroeléctricas reversibles.

Gracias a este sistema, en las horas valle, cuando la demanda de energía es baja y el precio de la electricidad es menor, el agua contenida en el embalse situado en la cota más baja puede ser elevada mediante bombas o turbinas reversibles al depósito situado en la cota más alta. Asimismo, en los momentos cuando la demanda sea alta, se deja caer agua desde el embalse superior al inferior para que sea turbinada y así se genere electricidad, tal y como lo hace una central hidroeléctrica convencional.

Como se ha mencionado anteriormente, el almacenamiento de agua por bombeo es uno de los sistemas más eficientes a la hora de almacenar energía a gran escala. Este sistema aporta estabilidad y seguridad al sistema eléctrico, produciendo el efecto de nivelación de la curva de carga diaria. Asimismo, permite gestionar mejor los recursos hídricos de la zona; por ejemplo, en temporadas de sequía donde las reservas de agua son escasas y, por tanto, la energía que se pueda generar se limita, el hecho de haber bombeado agua en tiempos anteriores cuando se disponía de grandes cantidades de agua evita que haya apagones eléctricos.

Las centrales hidroeléctricas reversibles pueden tener varias configuraciones, dependiendo de los equipos que se instalen [44]:

- Grupos cuaternarios. Están compuestos por un alternador, una turbina, un motor y una bomba.
- Grupos ternarios. Están constituidos por un alternador-motor, una turbina y una bomba.
- Grupos binarios. Están formados por un alternador-motor y una turbina reversible.

En cuanto al depósito superior, es de tipo mixto si el embalse no sólo recibe el agua que se bombea, sino que también recibe agua por medios naturales. En cambio, si no recibe agua por medios naturales, se considera que la central es de bombeo puro.

A continuación se muestra un esquema simplificado de un sistema binario. En la imagen, la letra *A* corresponde a la turbina reversible, la *B* al alternador-motor, la *C* al convertidor, la *D* a la electricidad de la red, la *E* al embalse superior y la *F* al embalse inferior.

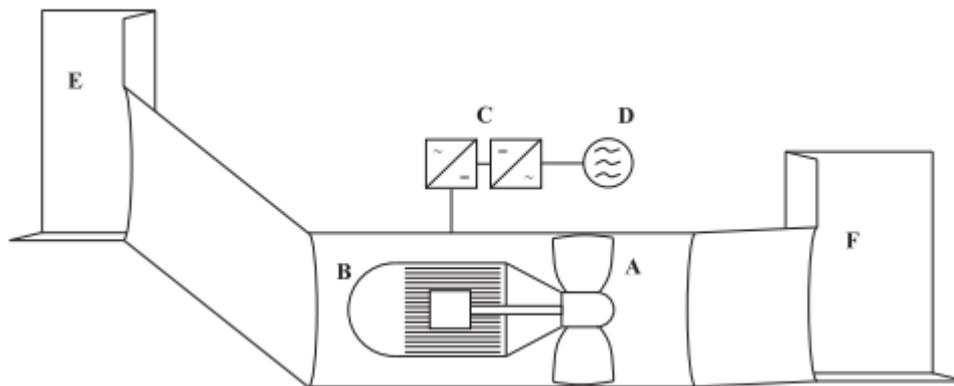


Figura 6-15. Esquema de un grupo hidroeléctrico binario [45].

6.3.6. Energía undimotriz

Las tecnologías de energía undimotriz son de diseño muy variados y actualmente es difícil argumentar cuál de ellas es la más adecuada, puesto que todavía están en fase de investigación y desarrollo. Los WEC (Wave Energy Converters) o los convertidores de la energía de las olas se pueden clasificar de distintas maneras: según su principio de funcionamiento, la profundidad a la que se encuentran, etc. En la siguiente clasificación los WEC se han distribuido en tres categorías:

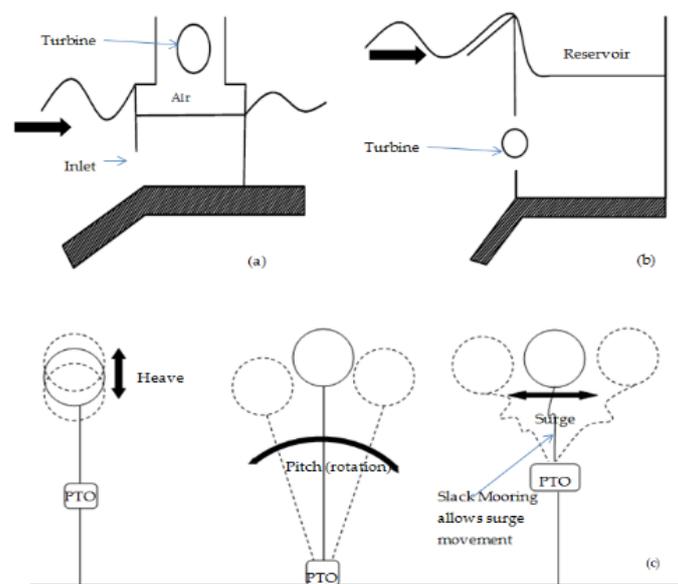


Figura 6-16. Clasificación de los WEC: (a) columna de agua oscilante, (b) dispositivos de overtopping y (c) cuerpos oscilantes [46].

6.3.6.1. Columna de agua oscilante (Oscillating Water Column)

Los dispositivos de columna de agua oscilante pueden situarse tanto en la línea costera como en el mar. Se trata de una estructura parcialmente sumergida con una apertura en la sección metida en el agua, que está diseñada para mover el aire atrapado en ella. El aire interno se desplaza junto al movimiento oscilante de las olas. Por consiguiente, cuando el nivel de la columna de agua crece, la masa de aire se desplaza hacia arriba accionando la turbina (normalmente de tipo Wells). En cambio, cuando en nivel de la columna de agua baja, la masa de aire desciende y la turbina también empieza a girar. En ambos

movimientos la turbina genera electricidad. Un ejemplo de esta tecnología está ubicada en Mutriku.

6.3.6.2. Dispositivos overtopping

Los dispositivos overtopping tienen el mismo funcionamiento que las centrales hidroeléctricas con embalse. El agua marina se almacena en una plataforma (puede estar en tierra o en el mar) ubicada ligeramente por encima del nivel del mar gracias a la altura que cogen las olas. Posteriormente, esta diferencia de altura es utilizada para generar electricidad al turbinar la masa de agua que contiene la plataforma. Actualmente, no hay ningún proyecto nuevo acerca de esta tecnología.

6.3.6.3. Cuerpos oscilantes (Oscillating Body Systems)

Los sistemas de cuerpos oscilantes se mueven con la actividad de las olas, los cuales pueden ser transitorios (*heave* y *surge*) o rotacionales (*pitch*), tal y como se muestran en la Figura 6-16. Estos dispositivos están compuestos de una parte fija y otra móvil, con lo que el movimiento relativo entre ambos sirve para activar una turbina o un sistema de obtención de energía. Este método de captura es más apropiado para emplazamientos con grandes profundidades porque en estas zonas el oleaje es más fuerte y las bases de los dispositivos no alteran el lecho marino. De esta manera, se consigue la máxima potencia posible cuando el cuerpo entra en resonancia con la frecuencia de las olas.

7. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO REALIZADO

El método que se ha desarrollado y que se va a detallar a continuación tiene como objetivo principal agilizar el proceso de Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental para proyectos de energías renovables. El camino seguido para poder llevar a cabo de esta metodología ha tenido varias etapas. En las primeras fases se ha tratado de entender cómo se debe realizar un estudio de este tipo para proyectos de energías renovables; posteriormente, se ha elaborado la metodología. En los siguientes apartados se va a describir cómo se ha realizado el método rápido de evaluación ambiental.

7.1. CRONOGRAMA. DIAGRAMA DE GANTT

La elaboración de la metodología se ha realizado por fases. Todas las etapas que se han completado, así como la duración que ha tenido cada uno de ellos, se muestran en el diagrama de Gantt de la Figura 7-1.

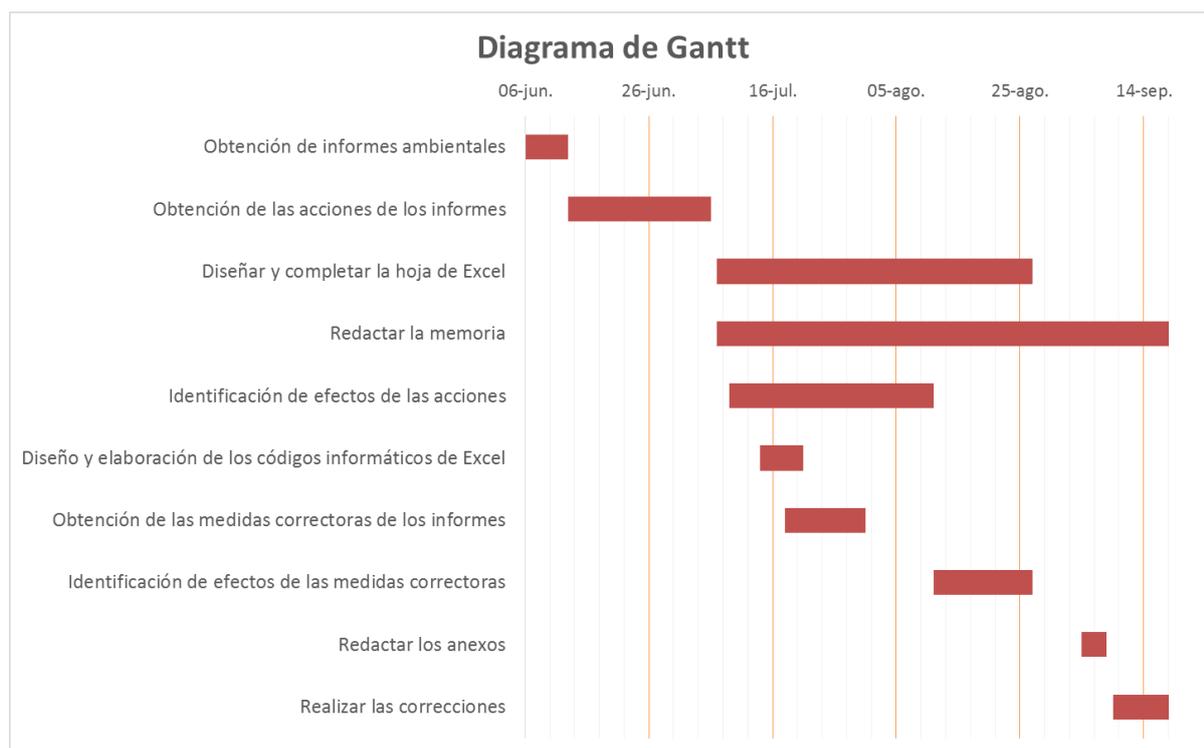


Figura 7-1. Diagrama de Gantt de la metodología seguida en el desarrollo del trabajo.

Tal y como presenta el cronograma, el trabajo se inició el 6 de junio con la obtención de informes ambientales desde la sede electrónica del Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Después de esta tarea inicial se han llevado a cabo varias labores, las cuales están visibles en la Figura 7-1, hasta que el día 18 de septiembre el trabajo se da por concluido al realizar las últimas correcciones en la redacción de la memoria.

Es importante comentar que ese diagrama de Gantt no muestra un periodo de obtener información o documentarse sobre el tema, lo cual es necesario para realizar cualquier tipo

de proyecto. La adquisición de dicha base teórica se consiguió en la asignatura "Estudio y Evaluación del Impacto Ambiental: Aplicación en Instalaciones de Producción de Energía", la cual es impartida en el segundo cuatrimestre del máster por la directora de este trabajo.

7.2. ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA UN PROYECTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Antes de comenzar a elaborar este procedimiento se ha tomado un tiempo para analizar cómo funcionan las tecnologías de las que se ha hablado en el apartado 6.3. Se han visto los principios de funcionamiento de las tecnologías seleccionadas, así como los tipos de instalaciones y las metodologías de implantación que se pueden llevar a cabo para cada fuente de energía renovable.

Además, tal y como se ha hecho en el apartado 5.2, se han examinado las diferentes partes que debe contener un Estudio de Impacto Ambiental. El proceso de elaboración de este estudio puede resultar un poco tedioso y extenso, por lo que el uso de una metodología rápida ayudaría a realizarlo de una manera más breve y fácil.

Una vez que se ha comprendido cómo funciona la tecnología y se han visto cuáles son los capítulos que debe contener un EsIA, se ha hecho una búsqueda de los proyectos de energías renovables que se han hecho durante los últimos años en territorio español, los cuales se han sometido a evaluaciones ambientales. Estos proyectos, obtenidos de la sede electrónica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, han servido como fuente de información. Gracias a esos estudios, se ha podido entender con mayor detalle cómo se debe realizar un EsIA de los proyectos de energías renovables.

7.3. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ABREVIACIONES

Después de leer varios EsIA, se ha tratado de buscar una manera en la que se pueda hacer un estudio de este tipo en un periodo de tiempo más reducido. Analizando el Anexo VI de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental*, en el que se detalla el contenido que debe reunir un EsIA, se ha buscado una forma de obtener un método que pudiera servir por igual a cualquier proyecto que se base en un tipo de energía renovable. Por lo tanto, esta metodología sería apta, por ejemplo, para abreviar un EsIA de un proyecto de energía eólica offshore u onshore.

A la hora de dar con este método, el mayor obstáculo ha sido encontrar una forma de reunir o de unificar las características singulares del emplazamiento en el que se realiza el proyecto. Las condiciones y características medioambientales varían significativamente de un lugar a otro, el cual dificulta que el método propuesto sea aplicable igualmente para cada sitio. Por ello, se ha decidido clasificar los epígrafes que contiene el Anexo VI de la *Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental* en dos grupos.

El primer grupo estaría constituido por los apartados que son totalmente dependientes de las características del área en el que se ejecutará la instalación renovable. En este conjunto se reúnen, por ejemplo, el examen de alternativas del proyecto, el inventario ambiental o la evaluación ambiental en espacios de la Red Natura 2000. No se ha encontrado la forma de reunir en un único método todas las características singulares de los diferentes

emplazamientos por las dificultades mencionadas en el anterior párrafo. Por lo tanto, no se propondrá ningún cambio en la realización de este tipo de apartados.

El segundo grupo corresponde a los capítulos que no son totalmente dependientes de un punto geográfico específico, con lo cual se puede conseguir un método que sea aplicable en diferentes regiones. Las tareas que se pueden clasificar aquí son las siguientes:

- Descripción de las acciones que se van a llevar a cabo durante las fases de construcción, explotación y desmantelamiento.
- Propuesta de medidas preventivas, correctoras y compensatorias.
- Identificación de efectos y/o interacciones producidos entre las acciones derivadas del proyecto y de las medidas aplicadas, y las características específicas de los aspectos ambientales afectados.

La elaboración de esos tres puntos requiere un estudio profundo y varias horas de trabajo, con lo que sería interesante dar con una manera de no invertir tanto tiempo en esas labores y de hacerlas más fácil. Por consiguiente, el método rápido de evaluación ambiental que se propone en este trabajo se centrará en encontrar un modo de realizar esas tres tareas de forma más corta y confortable.

Por lo tanto, las etapas del Estudio de Impacto Ambiental en las que se podría introducir la metodología se muestran en la Figura 7-2, que muestra también todas las fases que componen el estudio. Las etapas en las que se podría utilizar el método propuesto se han representado con un círculo naranja. En cambio, los círculos morados significan que en esas fases se podría incluir una herramienta para realizar las valoraciones cualitativas y cuantitativas.

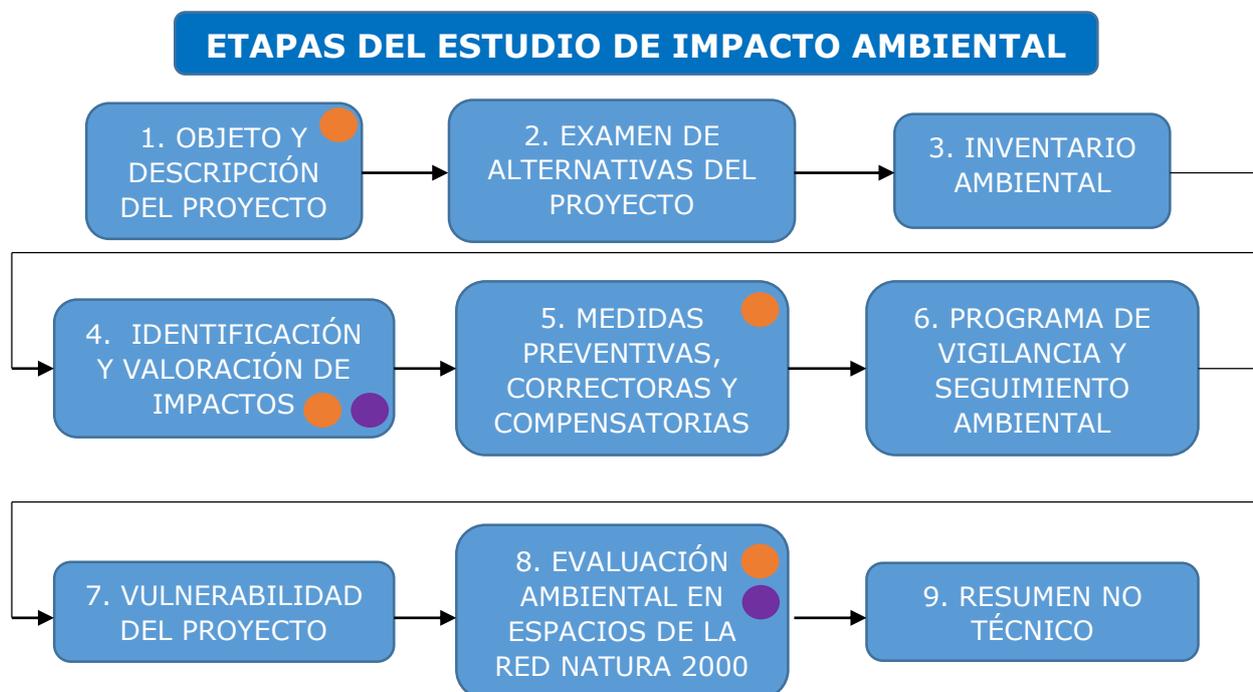


Figura 7-2. Introducción del método propuesto (en naranja) y de la herramienta para realizar la valoración cuantitativa y cualitativa (en morado) en las distintas fases de un EsIA.

7.4. ELABORACIÓN DEL MÉTODO

El método que se describe a continuación se ha realizado en un documento Excel para cada fuente de energía. Cada documento está compuesto por 11 hojas, las cuales se dividen en tres fases: definición de acciones, implementación de medidas correctoras y hoja resumen. Además, cada documento Excel dispone de una hoja adicional en la que se dan las instrucciones necesarias para utilizar el archivo correctamente.

7.4.1. Definición de las acciones realizadas

En esta primera fase se han definido cuáles van a ser las acciones que se desarrollarán en el proyecto y qué factores ambientales van a ser alterados por las mismas. Esta fase está constituida por cinco hojas. El contenido y la función de cada hoja se detallarán seguidamente.

7.4.1.1. Hoja nº1: selección de acciones

Esta hoja dispone de una lista de acciones que se deben realizar para llevar a cabo un proyecto de energías renovables. Las acciones se muestran clasificadas según la fase del proyecto (construcción, operación & mantenimiento y desmantelamiento) y cada acción dispone un código para que pueda ser representado y a la vez identificado con mayor facilidad en las hojas posteriores. Esta hoja está diseñada para que, la persona u organización que quiera realizar un proyecto de este tipo, seleccione las acciones que considere que son necesarias realizar.

Las acciones que se muestran en la hoja se han obtenido de los EsIA de diferentes proyectos. De esta manera, se han comparado las actividades que se llevan a cabo en cada uno de esos proyectos y se ha podido obtener una lista de acciones que reúne las diferentes formas de implementación de las tecnologías, para que luego se pueda escoger aquellas que se estimen necesarias. Tanto la lista de acciones como las fuentes que se han utilizado se muestran en los documentos anexos.

En cuanto a las acciones de la fase de construcción, se han agrupado en diferentes tareas principales. A modo de ejemplo, en instalaciones de energía eólica marina, para efectuar el tendido de cables submarinos se deben llevar a cabo una serie de diferentes actividades: definir una ruta de tendido de cable, testar todo el equipo que se empleará, limpiar el fondo marino, etc. De esta manera se pretende detallar al máximo cuáles son los pasos a seguir para realizar una instalación de este tipo.

Se ha intentado darle un diseño visual a la hoja que haga fácil identificar cuáles son las acciones seleccionadas y las que se ha decidido descartar. La elección de la acción se hace poniendo un número en la celda vacía que está junto a ella: 1 si se ejecutará la acción o un 0 si no se efectuará. La celda que muestre el valor 1 se coloreará de verde de forma automática, mientras que las celdas que contengan el valor 0 se iluminarán en rojo.

Además, esta primera hoja dispone de cuatro botones con los que se puede administrar de una forma visual la selección de acciones. Dichos botones son para mostrar todas las acciones, mostrar únicamente las acciones seleccionadas, mostrar las acciones descartadas o mostrar las acciones a las que no se ha asignado ningún valor. Para que tanto los botones de esta hoja como de las posteriores realicen esta tarea, se han diseñado unos códigos informáticos, los cuales se pueden ver en los documentos anexos.

De esta forma, se establecen las operaciones que se llevan a cabo en este tipo de instalaciones de una forma sencilla y breve. La empresa u otra organización que diseñe un

estudio de este estilo puede ir seleccionando las acciones que crea que deben ser cumplidas durante las distintas fases del proyecto.

FASE 1		FASES DEL PROYECTO	CÓDIGO	ACCIONES	¿Se realizará la acción?	1 = Se realizará la acción 0 = No se realizará la acción	
FASE DE IMPLEMENTACIÓN	OPERACIONES DE DISEÑO	FC1	Realizar campañas geofísicas específicas que determinarán la existencia o no de restos arqueológicos.			Mostrar todas las acciones	
		FC2	Si se encontraran restos arqueológicos, se respetará una zona de seguridad de 100m durante la etapa de transporte e instalación.				
		FC3	Realizar las campañas de medición necesarias para caracterizar el clima el medio físico, biótico y social, y las interfaces entre los diferentes				Mostrar únicamente las acciones seleccionadas
		FC4	Recopilar toda la documentación normativa de aplicación, desde la ubicación marina hasta la zona terrestre.				
		FC5	Llevar a cabo una campaña geofísica (estudio visual y de escáner) y geotécnica (extracción y estudio en laboratorio del perfil del suelo) tanto en el ámbito terrestre como el marino.				Mostrar las acciones descartadas
		FC6	Instalar un mástil para realizar una campaña de recopilación de datos meteorológicas para calibrar o validar los datos obtenidos por los modelos numéricos.				
		FC7	Realizar los estudios de ingeniería específicos.				Mostrar las acciones a las que no se ha asignado ningún valor
		FC8	Definir una zona de seguridad de 500 m alrededor del parque eólico y a cada lado de los cables submarinos en donde no se permiten actividades de construcción, navegación o edificación.				
	FC9	Instalar las anclas en el suelo marino.					
	LACIÓN DE LOS MAS DE FONDEO	FC10	Realizar pruebas de pretensión para comprobar que la capacidad de sujeción del ancla es la adecuada.				
		FC11	Instalar la parte superior de la catenaria.				
		FC12	Señalar el extremo superior de la catenaria mediante una boya.				
		FC13	Unir la catenaria con el conjunto flotador-aerogenerador.				

Figura 7-3. Vista previa de la hoja n°1.

7.4.1.2. Hoja n°2: acciones seleccionadas

En esta hoja simplemente se muestran las acciones que se van a realizar en el proyecto, junto con su código correspondiente. De esta forma, el autor del proyecto recibe de forma enumerada la selección de acciones que ha considerado necesaria para que la instalación se ejecute adecuadamente. Para que aparezca la lista de acciones seleccionadas, se debe pulsar el botón "Mostrar únicamente las acciones seleccionadas" de la hoja n°1.

FASE 1	ACCIONES SELECCIONADAS	
	CÓDIGO	ACCIONES
	FC18	Puesta a flote: El flotador se ha construido en el borde de un muelle.
	FC19	Colocarlo en una barcaza semi-sumergible.
	FC20	A continuación, o bien se pondrá la plataforma a flote sumergiendo la barcaza para proceder con el montaje del aerogenerador, o bien se transportará en la misma barcaza hasta el puerto de ensamblaje donde será puesto a flote.
	FC32	Posicionar el jacket en el suelo. A través de perforaciones: Realizar la perforación a través de una plataforma perforadora que contiene tres elementos: un molde estabilizador con sistemas de nivelado, la tubería conductora, y la unidad perforadora con la maquinaria correspondiente.
	FC33	Instalar el pilote sobre el hueco de perforación usando lechada de alta resistencia que se encargará de transmitir las fuerzas de anclaje al suelo marino.
	FC78	Realizar la transición mediante la utilización de PHD
	FC79	Preparar las zonas de trabajo y los accesos.
	FC80	Perforación piloto: El agujero piloto se perfora a lo largo de la trayectoria prescrita.

Figura 7-4. Vista previa de la hoja n°2.

7.4.1.3. Hoja n°3: identificación de efectos

En esta hoja se muestra la relación entre todas las acciones disponibles en la hoja n°1 y los factores ambientales que se ven afectados al ejecutar las acciones. Por una parte, a la izquierda, en la columna vertical, se enumeran los factores y subfactores analizados, clasificados en diferentes subsistemas. Por otra parte, en la parte superior, se muestran las acciones representados por sus códigos. En total se han observado 125 subfactores ambientales, agrupados en 5 subsistemas (se pueden ver en los documentos anexos). Estos son los subsistemas analizados:

- Subsistema físico natural.
- Subsistema perceptual.
- Subsistema población y poblamiento.
- Subsistema socio económico.
- Subsistema núcleos e infraestructuras.

Se ha decidido analizar todos esos subfactores para poder realizar un Estudio de Impacto Ambiental lo más precisa y detallada posible. Se es consciente de que los cinco subsistemas no tienen la misma importancia, tal y como refleja la ponderación de factores explicada en el apartado 5.2.4.1., con lo cual se podría haber hecho un análisis mucho menos exacto, pero se ha querido ver en qué aspectos del medio ambiente incide cada una de las acciones que se escoja. Al fin y al cabo, la ponderación de factores varía de un medio a otro y de un tipo de proyecto a uno distinto, por lo que se han querido detallar en profundidad todos los factores ambientales.

Si una acción afecta a un subfactor determinado, se debe escribir una X en la celda que los une y automáticamente se ilumina de color fucsia, para mostrar de un modo llamativo las relaciones definidas. En cambio, si la acción no afecta al subfactor, la celda que los une se dejará en blanco. La identificación de efectos se ha realizado tanto para alteraciones negativas como positivas. Para ello, se han utilizado como medio de información los EsIA de diferentes proyectos, ya que las relaciones han sido establecidas basándose en los vínculos que aparecen en estos trabajos entre los factores ambientales y las acciones.

En un principio, la tabla ya está completada, pero se puede editar si se considera que algunas relaciones definidas en la hoja no se ajustan al proyecto que se desarrollará. Se es consciente de que una acción determinada no afectará de manera idéntica a dos emplazamientos de diferentes características, por lo que algunas de las relaciones definidas pueden que no se ajusten a todos los proyectos. Aun así, se ha intentado plantear la identificación de efectos desde una perspectiva global; esto es, no se ha pensado únicamente en un tipo de emplazamiento. Por ejemplo, en la identificación de efectos para las instalaciones fotovoltaicas, se han considerado diferentes terrenos: llanadas, con pendientes, con o sin vegetación, etc. Para el resto de las renovables también se ha procurado de no enfocarse en un único tipo de ubicación.

El proceso de identificación de efectos de las acciones puede resultar ser repetitivo y, en ocasiones, un poco desquiciante. Con esta especie de base de datos, las relaciones ya están definidas, con lo que sólo con elegir las acciones se puede saber qué factores ambientales se verán afectados. Teniendo en cuenta que en estos proyectos se pueden llevar a cabo más de 100 acciones (para la energía undimotriz se han definido 195 acciones) y que en este estudio se han analizado 125 subfactores ambientales, el hecho de no ir identificando las relaciones entre ellos uno por uno supone una gran ayuda y un importante ahorro de tiempo.

FASE 1												
SUBSISTEMAS	MEDIOS	FACTORES	SUBFACTORES	NÚMERO	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	
		1.1.1. AIRE	Nivel de CO.	1.1.1.1								
			Nivel de NOx.	1.1.1.2								
			Nivel de SOx.	1.1.1.3								
			Nivel de HC.	1.1.1.4								
			Confort sonoro diurno.	1.1.1.5								
			Confort sonoro nocturno.	1.1.1.6								
			Spray marino.	1.1.1.7								
			Calidad perceptible del aire.	1.1.1.8								
			Polvo, humos y partículas en suspensión.	1.1.1.9								
			Olores.	1.1.1.10								
			Otros.	1.1.1.11								
		1.1.2. CLIMA - CONDICIONES CLIMÁTICAS	Régimen térmico.	1.1.2.1								
			Régimen pluviométrico.	1.1.2.2								
			Régimen de vientos.	1.1.2.3								
			Régimen de radiación solar.	1.1.2.4								
			Índices de aptitud climática.	1.1.2.5								
		1.3. TIERRA - SUELO	Relieve y carácter topográfico.	1.1.3.1								
			Recursos minerales.	1.1.3.2						X		
			Recursos culturales.	1.1.3.3							X	
			Contaminación del suelo y subsuelo.	1.1.3.4								

Figura 7-5. Vista previa de la hoja nº3.

7.4.1.4. Hoja nº4: factores ambientales afectados por las acciones

Esta hoja es muy parecida a la anterior. La diferencia entre ambas es que esta hoja no tiene en cuenta los impactos de las acciones que no se van a realizar. Por ello, las columnas que pertenecen a dichas acciones descartadas se mostrarán en color gris y con un guión escrito en las celdas. Si se modifican los valores de la hoja nº1, se debe pulsar el botón "Actualizar" que se muestra en la parte superior de la hoja para que la tabla identifique cuáles son las acciones que se van a llevar a cabo.

FASE 1											
Actualizar tabla											
SUBSISTEMAS	MEDIOS	FACTORES	SUBFACTORES	NÚMERO	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7
		1.1.1. AIRE	Nivel de CO.	1.1.1.1	-	-	-	-	-	-	-
			Nivel de NOx.	1.1.1.2	-	-	-	-	-	-	-
			Nivel de SOx.	1.1.1.3	-	-	-	-	-	-	-
			Nivel de HC.	1.1.1.4	-	-	-	-	-	-	-
			Confort sonoro diurno.	1.1.1.5	-	-	-	-	-	-	-
			Confort sonoro nocturno.	1.1.1.6	-	-	-	-	-	-	-
			Spray marino.	1.1.1.7	-	-	-	-	-	-	-
			Calidad perceptible del aire.	1.1.1.8	-	-	-	-	-	-	-
			Polvo, humos y partículas en suspensión.	1.1.1.9	-	-	-	-	-	-	-
			Olores.	1.1.1.10	-	-	-	-	-	-	-
			Otros.	1.1.1.11	-	-	-	-	-	-	-
		1.1.2. CLIMA - CONDICIONES CLIMÁTICAS	Régimen térmico.	1.1.2.1	-	-	-	-	-	-	-
			Régimen pluviométrico.	1.1.2.2	-	-	-	-	-	-	-
			Régimen de vientos.	1.1.2.3	-	-	-	-	-	-	-
			Régimen de radiación solar.	1.1.2.4	-	-	-	-	-	-	-
			Índices de aptitud climática.	1.1.2.5	-	-	-	-	-	-	-
		1.1.3. TIERRA - SUELO	Relieve y carácter topográfico.	1.1.3.1	-	-	-	-	-	-	-
			Recursos minerales.	1.1.3.2	-	-	-	-	-	-	-
			Recursos culturales.	1.1.3.3	-	-	-	-	-	-	-
			Contaminación del suelo y subsuelo.	1.1.3.4	-	-	-	-	-	-	-
			Capacidad agrológica del suelo.	1.1.3.5	-	-	-	-	-	-	-
Cantidad del agua disponible.	1.1.4.1		-	-	-	-	-	-	-		

Figura 7-6. Vista previa de la hoja nº4.

7.4.1.5. Hoja nº5: definir las relaciones entre las acciones y los subfactores ambientales

Esta hoja está diseñada para mostrar en una tabla las relaciones establecidas en la hoja anterior. Para ello, se debe pulsar el botón "Muéstrame los subfactores afectados por sus acciones correspondientes" situado a la derecha de la tabla. Por lo tanto, al pulsar el botón, la tabla enseña automáticamente cuáles son las acciones que afectan a cada subfactor ambiental.

Además, se ha dispuesto el botón "Unir las celdas que contengan el mismo valor" para mostrar la tabla de forma ordenada, es decir, para no mostrar el mismo texto en celdas

adyacentes. Por lo tanto, esta tabla sirve hacerse una idea sobre los subfactores ambientales que se verán afectados al ejecutarse las acciones que se estimen oportunas.

La valoración tanto cualitativa como cuantitativa de estos impactos no se ha podido realizar, puesto que esta evaluación depende en gran medida de las características medioambientales del lugar y no se ha encontrado un método o procedimiento único con el que se pudiera valorar el impacto generado en cualquier emplazamiento.

SUBFACTORES AMBIENTALES		ACCIONES QUE AFECTAN A LOS SUBFACTORES AMBIENTALES	
NÚMERO	SUBFACTORES	CÓDIGO	ACCIONES
1.1.1.2	Nivel de NOx.	FC20	A continuación, o bien se pondrá la plataforma a flote sumergiendo la barcaza para proceder con el montaje del aerogenerador, o bien se transportará en la misma barcaza hasta el puerto de ensamblaje donde será puesto a flote.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC18	Puesta a flote: El flotador se ha construido en el borde de un muelle.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC19	Colocarlo en una barcaza semi-sumergible.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC20	A continuación, o bien se pondrá la plataforma a flote sumergiendo la barcaza para proceder con el montaje del aerogenerador, o bien se transportará en la misma barcaza hasta el puerto de ensamblaje donde será puesto a flote.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC78	Realizar la transición mediante la utilización de PHD
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC80	Perforación piloto: El agujero piloto se perfora a lo largo de la trayectoria prescrita.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC81	Ensanchado del túnel. Una vez finalizada la perforación piloto, se recupera el cabezal en el punto de extracción (en este caso submarino) y se sustituye por un cono escarador de mayor diámetro, que sigue una trayectoria inversa hacia el pozo de ataque mientras va incrementando el diámetro de la perforación.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC82	Instalación de la tubería. Introducir por tracción en el microtúnel una tubería de polietileno de alta densidad (PEHD), previamente soldada por termofusión en toda su longitud.
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	FC88	Ejecución de zanjas temporales para alojar los cables terrestres: Alojados en tubos de polietileno embebidos en un prisma de hormigón en masa, cuando el trazado discurre bajo zonas de rodadura o cruzamientos.
1.1.1.9	Polvo, humos y partículas en suspensión.	FC20	A continuación, o bien se pondrá la plataforma a flote sumergiendo la barcaza para proceder con el montaje del aerogenerador, o bien se transportará en la misma

Muéstrame los subfactores afectados por sus acciones correspondientes

Unir las celdas que contengan el mismo valor

Figura 7-7. Vista previa de la hoja n°5.

7.4.2. Implementación de medidas correctoras

En la segunda etapa se han seleccionado las medidas preventivas, correctoras y compensatorias que se tienen que implementar para reducir el impacto generado por las acciones. Una vez que se ha determinado cuáles son los subfactores ambientales que se verán afectados, se procederá a la elección de medidas que ayuden a reducir el impacto producido, definiendo cuáles son los subfactores afectados por las medidas que se decidan implementar. Esta fase está constituida por otras cinco hojas (de diseño muy parecido a las cinco anteriores), cuyos contenidos y propósitos se detallarán a continuación.

7.4.2.1. Hoja n°6: elección de medidas correctoras

Esta hoja dispone de una lista de medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias que se pueden implementar para reducir la severidad del impacto generado por un proyecto de energías renovables. Las medidas se muestran clasificadas según el medio que afecte (vegetación, fauna, calidad del aire, niveles sonoros, etc.) y cada acción dispone de un código, para que pueda ser representado y a la vez identificado con mayor facilidad en las hojas posteriores. Esta hoja está diseñada para que, la persona u organización que quiera realizar un proyecto de este tipo, seleccione las medidas que considere que son necesarias implementar de manera sencilla.

Las medidas se han ordenado según el medio que se encargan de corregir, salvo en la hoja de la energía eólica offshore, en el cual se han ordenado según la fase de la obra (esto se debe a que los proyectos de eólica offshore documentados clasificaban de esta manera las medidas). Se ha intentado hacer una lista lo más variada posible, de modo que el autor del proyecto disponga de la mayor cantidad de soluciones posibles para reducir la severidad del impacto generado por las acciones.

El funcionamiento de esta hoja es prácticamente idéntica a la hoja n°1. La elección de las medidas se realiza escribiendo un 1 o un 0 (dependiendo del valor la celda se pondrá en

verde o en rojo) y se disponen cuatro botones que permiten gestionar la selección que se esté haciendo.

Al igual que las acciones, las medidas que se muestran en esta hoja se muestran se han adquirido de Estudios y Evaluaciones de Impacto Ambiental. Las listas de medidas correctoras quedan recogidas en los documentos anexos.

FASE 2		CÓDIGO	MEDIDAS	¿Se implementará la medida?
Fase de diseño	M1	Aumentar la potencia de los aerogeneradores para reducir su número, con lo cual se reduce la superficie afectada y la afección de la superficie del lecho marino.		
	M2	Considerar las rutas migratorias de aves, así como los espacios ZEPA.		
	M3	En caso de especies protegidas, se tendrán en consideración las zonas de presencia, nidificación y cría.		
	M4	Determinación de unas rutas marinas por donde circularán las embarcaciones y las maquinarias, así de evitar incidencias sobre áreas sensibles en el caso que se produzca algún tipo de accidente.		
	M5	Realizar trabajos de campo para confirmar el tipo de fondo y la presencia o no de hábitats de interés comunitario y especies bentónicas de potencial interés para minimizar su afección.		
	M6	En cuanto al trazado del cableado submarino, se recomienda evitar hábitats de interés comunitario o especies bentónicas de potencial interés, y tratar de reducir su longitud para minimizar su afección. En fase de Estudio de Impacto Ambiental se recomienda realizar una campaña geofísica y biológica para la confirmar la cartografía de fondos marinos utilizada en fase de diseño.		
	M7	En fase de Estudio de Impacto Ambiental, realizar campañas de campo para verificar y confirmar la presencia de los yacimientos arqueológicos catalogados en la zona por Patrimonio Cultural.		
	M8	Campaña geofísica y biológica para la cartografía de fondos marinos, para prevenir la afección a especies bentónicas someras y profundas de potencial interés (coralígeno, precoralígeno, etc.) y asistir al diseño de rutas.		
	M9	Prospección arqueológica, previa a la ejecución del proyecto, por parte de un arqueólogo para descartar la presencia de restos arqueológicos y diseño de medidas cautelares.		

1 = Se implementará la medida
0 = No se implementará la medida

Mostrar todas las medidas

Mostrar únicamente las medidas seleccionadas

Mostrar las medidas descartadas

Mostrar las medidas a las que no se ha asignado ningún valor

Figura 7-8. Vista previa de la hoja nº6.

7.4.2.2. Hoja nº7: medidas seleccionadas

Esta hoja simplemente sirve para mostrar las medidas que se van a implementar en el proyecto. De esta forma, el autor del proyecto recibe de forma enumerada la selección de medidas que ha considerado necesaria para que la instalación no suponga un drama para el medio ambiente. Para que aparezca la lista de medidas seleccionadas, se debe pulsar el botón "Mostrar únicamente las medidas seleccionadas" de la hoja nº6.

FASE 2	MEDIDAS SELECCIONADAS	
	CÓDIGO	MEDIDAS
	M19	Cumplir con las recomendaciones de posibles convenios relativos a cetáceos en las embarcaciones implicadas. Presencia de observadores en la embarcación, formación a la tripulación para el avistamiento y medidas a tomar. Paralizar las obras en caso de avistamiento de cetáceos en la zona de
	M20	Cumplir con lo establecido en diferentes convenios, relativos a la prevención por la contaminación por hidrocarburos, por las aguas sucias de los buques, por las basuras de los buques basuras marinas y por la contaminación ocasionada por los buques, respectivamente.
	M21	Para reducir el grado de contaminación en caso de vertidos, utilizar combustible bio-diésel 100, biodegradable, en lugar de diésel convencional para el accionamiento de los grupos electrógenos en cubierta.
	M22	El nivel de ruido emitido por las embarcaciones y los equipos auxiliares necesarios, deberá cumplir con la Directiva 2000/14/CE, de 8 de mayo de 2000, relativa a emisiones sonoras debidas a las máquinas de uso al aire libre.
		La hinca de pilotes por percusión está considerada como

Figura 7-9. Vista previa de la hoja nº7.

7.4.2.3. Hoja nº8: relación entre los factores ambientales y las medidas

En esta hoja se muestra la relación entre las medidas y los factores ambientales que se ven afectados al implementar las medidas. Por una parte, a la izquierda, en la columna vertical, se enumeran los factores y subfactores analizados, clasificados en diferentes subsistemas. Por otra parte, en la parte superior, se muestran las medidas representados por sus códigos.

De la misma manera que en la hoja nº3, si una medida afecta a un subfactor determinado, se debe escribir una X en la celda que los une (al hacerlo la celda se iluminará de color fucsia). Si la medida no afecta al subfactor, la celda que los une se dejará en blanco. Para hacer esta relación no se han tomado en cuenta las repercusiones de poco valor. Es decir, si se ha previsto que una medida puede mejorar un factor ambiental pero de forma mínima o casi insignificante, se ha decidido no definir la relación entre ambos. De esta manera, se ha pretendido mostrar cuáles son las medidas correctoras que realmente sirven para mitigar, reducir o compensar de forma significativa el impacto generado.

La identificación de efectos de las medidas correctoras se ha realizado únicamente para alteraciones positivas. A veces la implementación de una medida correctora puede afectar negativamente a un factor, pero esta relación no se ha tenido en cuenta. Al igual que pasa con las acciones, habría sido interesante valorar cualitativamente y cuantitativamente cómo afectan las medidas correctoras a los factores ambientales, pero el hecho de no conocer las particularidades del emplazamiento ha imposibilitado realizar esta valoración.

En un principio, la tabla ya está completada, pero se puede editar si se considera que algunas relaciones definidas en la hoja no se ajustan a la realidad. Se es consciente de que una medida determinada no ayudará a reducir la magnitud del impacto generado en dos emplazamientos de diferentes características, por lo que algunas de las relaciones definidas pueden que no se ajusten a todos los proyectos. No obstante, al igual que se ha mencionado en el apartado 7.4.1.3 no se ha enfocado solamente en un entorno medioambiental y se ha intentado analizar cuál sería la repercusión de las medidas en diferentes ubicaciones y proyectos.

Al igual que en el caso de la hoja nº3, la fase de identificación de efectos de las medidas correctoras puede resultar muy pesado. Al utilizar esta tabla se puede ahorrar el tiempo que se gasta en esta fase. Igualmente, el hecho de que la tabla ya esté rellena y que las medidas se hayan dado ordenadas según el medio que están destinados a corregir, permite identificar claramente las correcciones que se tendrán que adoptar para reducir el impacto en los sistemas más afectados.

FASE 2												
SUBSISTEMAS	MEDIOS	FACTORES	SUBFACTORES	NÚMERO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
		1.1.1. AIRE	Nivel de CO.	1.1.1.1								
			Nivel de NOx.	1.1.1.2								
			Nivel de SOx.	1.1.1.3								
			Nivel de HC.	1.1.1.4								
			Confort sonoro diurno.	1.1.1.5								
			Confort sonoro nocturno.	1.1.1.6								
			Spray marino.	1.1.1.7								
			Calidad perceptible del aire.	1.1.1.8								
			Poivo, humos y partículas en suspensión.	1.1.1.9								
			Olores.	1.1.1.10								
			Otros.	1.1.1.11								
		1.1.2. CLIMA - CONDICIONES CLIMÁTICAS	Régimen térmico.	1.1.2.1								
			Régimen pluviométrico.	1.1.2.2								
			Régimen de vientos.	1.1.2.3								
			Régimen de radiación solar.	1.1.2.4								
			Índices de aptitud climática.	1.1.2.5								
		1.1.3. TIERRA - SUELO	Relieve y carácter topográfico.	1.1.3.1	X					X		
			Recursos minerales.	1.1.3.2	X					X		
			Recursos culturales.	1.1.3.3	X					X		
			Contaminación del suelo y subsuelo.	1.1.3.4	X					X		
			Capacidad agrológica del suelo.	1.1.3.5	X					X		
					Cantidad del agua disponible.	1.1.4.1						

Figura 7-10. Vista previa de la hoja nº8.

7.4.2.4. Hoja nº9: factores ambientales afectados por las medidas

Esta hoja es muy parecida a la hoja nº8. La diferencia entre ambas es que esta hoja no tiene en cuenta los impactos de las medidas que no se van a implementar. Por ello, la columna que pertenece a dichas medidas se mostrará en color gris y con un guión escrito en las celdas. Si se modifican los valores de la hoja nº6, se debe hacer click en el botón "Actualizar" que se muestra en la parte superior de la hoja para que la tabla identifique cuáles son las medidas que se van a llevar a cabo.

FASE 2												
				Actualizar tabla								
SUBSISTEMAS	MEDIOS	FACTORES	SUBFACTORES	NÚMERO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
TE		1.1.1. AIRE	Nivel de CO.	1.1.1.1	-	-	-	-	-	-	-	
			Nivel de NOx.	1.1.1.2	-	-	-	-	-	-	-	
			Nivel de SOx.	1.1.1.3	-	-	-	-	-	-	-	
			Nivel de HC.	1.1.1.4	-	-	-	-	-	-	-	
			Confort sonoro diurno.	1.1.1.5	-	-	-	-	-	-	-	
			Confort sonoro nocturno.	1.1.1.6	-	-	-	-	-	-	-	
			Spray marino.	1.1.1.7	-	-	-	-	-	-	-	
			Calidad perceptible del aire.	1.1.1.8	-	-	-	-	-	-	-	
			Polvo, humos y partículas en suspensión.	1.1.1.9	-	-	-	-	-	-	-	
			Olores.	1.1.1.10	-	-	-	-	-	-	-	
		Otros.	1.1.1.11	-	-	-	-	-	-	-		
		1.1.2. CLIMA, CONDICIONES CLIMÁTICAS	Régimen térmico.	1.1.2.1	-	-	-	-	-	-	-	
			Régimen pluviométrico.	1.1.2.2	-	-	-	-	-	-	-	
			Régimen de vientos.	1.1.2.3	-	-	-	-	-	-	-	
			Régimen de radiación solar.	1.1.2.4	-	-	-	-	-	-	-	
			Índices de aptitud climática.	1.1.2.5	-	-	-	-	-	-	-	
		1.1.3. TIERRA - SUELO	Relieve y carácter topográfico.	1.1.3.1	-	-	-	-	-	-	-	
			Recursos minerales.	1.1.3.2	-	-	-	-	-	-	-	
			Recursos culturales.	1.1.3.3	-	-	-	-	-	-	-	
			Contaminación del suelo y subsuelo.	1.1.3.4	-	-	-	-	-	-	-	
			Capacidad agrológica del suelo.	1.1.3.5	-	-	-	-	-	-	-	

Figura 7-11. Vista previa de la hoja nº9.

7.4.2.5. Hoja nº10: definir las relaciones entre las medidas y los subfactores ambientales

Esta hoja funciona de la misma manera que la hoja nº5, pero para definir las relaciones entre los subfactores ambientales y las medidas. Con ese fin, se ha colocado el botón "Muéstrame los subfactores afectados por sus acciones correspondientes" situado a la derecha de la tabla. Por lo tanto, al pulsar el botón, la tabla enseña automáticamente cuáles son las medidas que están destinadas a mejorar a cada subfactor ambiental.

Igualmente, se ha habilitado el botón "Unir las celdas que contengan el mismo valor" para mostrar la tabla de forma más estructurada, uniendo las celdas adyacentes que contengan el mismo contenido. Por consiguiente, esta tabla refleja cuáles serán los subfactores ambientales que se ven afectados positivamente al implementarse las medidas oportunas.

Al igual que con las acciones, no se ha evaluado cómo afectan las medidas a los subfactores ambientales, debido a las dificultades ya mencionadas.

FASE 2		SUBFACTORES AMBIENTALES		MEDIDAS QUE AFECTAN A LOS SUBFACTORES AMBIENTALES	
NÚMERO	SUBFACTORES	CÓDIGO	MEDIDAS		
1.1.1.1	Nivel de CO.	M20	Cumplir con lo establecido en diferentes convenios, relativos a la prevención por la contaminación por hidrocarburos, por las aguas sucias de los buques, por las basuras de los buques basuras marinas y por la contaminación ocasionada por los buques, respectivamente.	Muestrame los subfactores afectados por las medidas implementadas	
		M24	Las embarcaciones empleadas estarán en perfecto estado de funcionamiento, con documentación e inspecciones técnicas en regla, garantía de emisión de gases y ruidos permitidos. Se debe garantizar el correcto mantenimiento y funcionamiento de los motores, certificando el cumplimiento de las revisiones periódicas y procediendo a su paralización al detectarse cualquier anomalía.		
1.1.1.2	Nivel de NOx.	M20	Cumplir con lo establecido en diferentes convenios, relativos a la prevención por la contaminación por hidrocarburos, por las aguas sucias de los buques, por las basuras	Unir las celdas que contengan el mismo valor	
		M24	Las embarcaciones empleadas estarán en perfecto estado de funcionamiento, con documentación e inspecciones técnicas en regla, garantía de emisión de gases y		
1.1.1.3	Nivel de SOx.	M20	Cumplir con lo establecido en diferentes convenios, relativos a la prevención por la contaminación por hidrocarburos, por las aguas sucias de los buques, por las basuras		
		M24	Las embarcaciones empleadas estarán en perfecto estado de funcionamiento, con documentación e inspecciones técnicas en regla, garantía de emisión de gases y		
1.1.1.4	Nivel de HC.	M20	Cumplir con lo establecido en diferentes convenios, relativos a la prevención por la contaminación por hidrocarburos, por las aguas sucias de los buques, por las basuras		
		M24	Las embarcaciones empleadas estarán en perfecto estado de funcionamiento, con documentación e inspecciones técnicas en regla, garantía de emisión de gases y		
1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	M22	El nivel de ruido emitido por las embarcaciones y los equipos auxiliares necesarios, deberá cumplir con la Directiva 2000/14/CE, de 8 de mayo de 2000, relativa a		
		M23	La hinca de pilotes por percusión está considerada como actividad ruidosa y peligrosa para los mamíferos marinos, por lo que la estricta adopción de medidas preventivas es imprescindible. Las medidas estarán alineadas con las normas internacionales de prevención de la afeción por ruido a los cetáceos y consistirán en la monitorización previa al inicio de las actividades de la presencia de cetáceos		

Figura 7-12. Vista previa de la hoja nº10.

7.4.3. Hoja resumen

En la única hoja que compone esta fase, la *hoja nº11: HOJA RESUMEN*, se define el número de acciones seleccionadas y el número de medidas tomadas que afectan a cada subfactor ambiental. Gracias a ello, se pueden identificar cuáles son los subfactores afectados por una gran cantidad de acciones, así como el número de medidas que se han seleccionado para reducir la severidad de dichas acciones.

Los subfactores que se vean alterados por numerosas acciones, por probabilidad, en general resultarán muy afectados, por lo que se antoja necesario tomar una o varias medidas correctoras que ayuden a disminuir la severidad del impacto generado. Por ejemplo, si un subfactor determinado se ve afectado por 30 acciones, es probable que el subfactor se vea seriamente afectada y que incluso al menos una de estas acciones cause un impacto severo en él. Por esta razón, se deberá tomar una serie de medidas pertinentes para que el impacto generado no sea tan dañino.

Para hacerlo más visual, si el número de acciones que afectan a un subfactor se incrementa, el color de la celda tenderá a coger un color rojo, mientras que tenderá a coger un color verde si el número de acciones es reducida. Por el contrario, si el número de medidas que afectan a un subfactor se incrementa, la celda tenderá a coger un color verde más intenso. Esta escala de color facilita identificar los factores que posiblemente se verán más afectados, así como ayuda a estimar si el número de las medidas implementadas será suficiente o no para que los factores no se vean tan afectados.

Si se realiza algún cambio en las hojas anteriores, se deberá pulsar el botón "*Actualizar la tabla*" para que la tabla vuelva a contar el número de acciones y medidas.

FASE 3				
SUBFACTORES AMBIENTALES			NÚMERO DE ACCIONES QUE AFECTAN AL SUBFACTOR	NÚMERO DE MEDIDAS QUE AFECTAN AL SUBFACTOR
FACTORES	NÚMERO	SUBFACTORES		
1.1.1. AIRE	1.1.1.1	Nivel de CO.	0	2
	1.1.1.2	Nivel de NOx.	1	2
	1.1.1.3	Nivel de SOx.	0	2
	1.1.1.4	Nivel de HC.	0	2
	1.1.1.5	Confort sonoro diurno.	8	3
	1.1.1.6	Confort sonoro nocturno.	0	3
	1.1.1.7	Spray marino.	0	0
	1.1.1.8	Calidad perceptible del aire.	0	2
	1.1.1.9	Polvo, humos y partículas en suspensión.	2	2
	1.1.1.10	Olores.	0	1
	1.1.1.11	Otros.	0	0
1.1.2. CLIMA. CONDICIONES CLIMÁTICAS	1.1.2.1	Régimen térmico.	0	0
	1.1.2.2	Régimen pluviométrico.	0	0
	1.1.2.3	Régimen de vientos.	0	0
	1.1.2.4	Régimen de radiación solar.	0	0
	1.1.2.5	Índices de aptitud climática.	0	0
TIERRA - UELO	1.1.3.1	Relieve y carácter topográfico.	6	0
	1.1.3.2	Recursos minerales.	2	0
	1.1.3.3	Recursos culturales.	0	0

Actualizar la tabla

Figura 7-13. Vista previa de la hoja nº11.

8. BENEFICIOS

El principal beneficio de esta metodología es que ayuda a dinamizar el proceso de desarrollo de un Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental. Para ello, se han descrito cómo son cada una de las partes que lo componen, para después poder determinar en qué apartados se puede introducir una mejora o un método que ayude a agilizar la elaboración de los mismos.

La metodología mostrada a lo largo del apartado 7 sirve para reducir el tiempo invertido en la descripción y selección de acciones, en la propuesta de medidas preventivas, correctoras y compensatorias y en la identificación de efectos producidos entre ellos y las características específicas de los aspectos ambientales que se ven afectados.

Por una parte, el hecho de tener a mano una lista de las acciones que se llevan a cabo en un proyecto de energía renovable facilita mucho las cosas, tanto a la hora de definir el modo en el que se efectuará el proyecto como a la hora de empezar a ver cómo pueden alterar esas acciones los diferentes componentes medioambientales del lugar. Con este método, no sólo se consigue ahorrar el tiempo dedicado a pensar en las actividades que se tienen que llevar a cabo, sino que también se establece una especie de plataforma en la que se puede administrar cómodamente la elección de las acciones. La clasificación de las operaciones en diferentes fases (construcción, operación & mantenimiento y desmantelamiento) también favorecen a la gestión.

Al igual que sucede con las acciones, la elaboración de una lista de medidas correctoras que se puedan implementar el proyecto también minimiza el tiempo gastado. La clasificación de las medidas en base al medio que está destinado a mejorar ayuda a identificar cuáles serán las oportunas para cada proyecto.

Por otra parte, el disponer de una tabla en la que ya quedan definidos las relaciones entre los factores ambientales y las acciones y medidas correctoras, favorece significativamente a agilizar el proceso de ejecución de un EsIA. Al fin y al cabo, tal y como se ha mencionado anteriormente, se tienen más de 100 acciones en un proyecto de este tipo, con lo cual se debe invertir mucho tiempo en identificar uno por uno las relaciones entre dichas operaciones y los factores ambientales (en este método, se han examinado 125 subfactores).

Para hacerse una idea, en el Excel de la energía undimotriz se han analizado individualmente 24375 relaciones entre acciones y subfactores ambientales (195 por 125). En cuanto a los efectos entre las medidas y los subfactores, se han considerado 13375 correspondencias (107 por 125). En total, las relaciones estudiadas han sido 37750 (sólo para el caso de la energía undimotriz). Es evidente que un análisis detallado de las mismas tiene una duración larga.

Se ha hablado que este método reduciría considerablemente el tiempo invertido en estas tareas. Sin embargo, es difícil estimar cuál sería exactamente la duración de ese periodo de tiempo, puesto que depende del modo en el que se realice la identificación de efectos y de la cantidad de factores ambientales analizados. Aun así, para definir las relaciones de la manera en la que se ha hecho se estima que son necesarios unos cuantos días o incluso más de una semana. Esta rebaja temporal podría solventar el problema de cumplimiento de plazos para las empresas u otros organismos que estén al cargo de este proyecto.

Aunque no parezca demasiado, esta reducción es un primer paso para reducir el tiempo invertido para realizar un EsIA. Iniciativas y metodologías como el que se ha propuesto podrían ayudar a recortar el tiempo de tramitación que se necesita en este tipo de proyectos. Muchas veces, en la actualidad se requiere más tiempo para completar los procesos administrativos que para ejecutar la instalación. Por consiguiente, si se encontrara la manera de, en este caso, abreviar la elaboración de un EsIA, los proyectos podrían ser implementados con más rapidez. Esta metodología puede aportar a conseguir ese objetivo. Por ejemplo, esta rebaja temporal podría solventar el problema de cumplimiento de plazos para las empresas u otros organismos que estén al cargo de este proyecto.

Por último, desde un punto de vista humilde, se cree que trabajos como el que se ha detallado en este informe pueden ayudar a impulsar a las energías renovables, aunque sea de una manera no muy considerable. Al fin y al cabo, en una situación como la actual en la que se necesita una transición energética limpia y justa, se estima que todas las iniciativas que ayuden de un modo u otro a la implementación de las energías renovables son bienvenidas. Este trabajo hace una aportación para alcanzar ese fin, aunque se es consciente de que debe ser desarrollado y perfeccionado para que pueda llegar a tener una cierta repercusión en los procesos actuales.

9. CONCLUSIONES Y FUTURAS OPCIONES DE MEJORA

En este trabajo se ha desarrollado un método rápido de estudio ambiental. Para ello, primero se ha analizado el contexto actual, donde el cambio climático se presenta como una amenaza mayúscula. Se han mostrado los principales acuerdos y compromisos internacionales que existen para intentar que el estilo de vida que se lleva hoy en día dé un giro hacia la sostenibilidad.

En ese contexto, se ha entendido la importancia de las energías renovables. Se ha visto que el uso de estas tecnologías limpias ayudaría a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, así como a minimizar otros riesgos relacionados con varios aspectos de la sociedad. Asimismo, se ha comprendido que los estudios de impacto ambiental son trascendentales para controlar los efectos causados por los proyectos de energías renovables. Después de analizar en detalle las diferentes partes que componen estos estudios, se ha vislumbrado que hay una necesidad de dar con un método que agilice el proceso.

Una vez que se ha ubicado en el contexto actual, se ha procedido a desarrollar la metodología. La hoja Excel que se ha diseñado permite reducir el tiempo invertido en la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental. Se han identificado aquellos puntos que puedan realizarse de manera más dinámica y se ha propuesto un método para ello. Sin embargo, tal y como se ha comentado al principio, el objetivo principal de este trabajo no es plantear un modelo definitivo, sino que pretende ser el primer paso para dar con una fórmula que permita realizar estos estudios ambientales de forma más rápida y sencilla.

Este procedimiento, sin duda, tiene muchas posibilidades de mejora. Por una parte, se han encontrado varias dificultades a la hora de recopilar las acciones que se llevan a cabo en los proyectos de cada tipo de energía renovable. Sobre todo, los escollos han sido mayores en la energía eólica offshore y en la energía undimotriz. Esto se debe a que en el presente existen distintas tecnologías dentro de cada fuente y, por ello, las acciones de implementación pueden variar significativamente de un proyecto a otro. En ese aspecto, se ha decantado por escoger las tecnologías que están siendo utilizados en los nuevos proyectos. Por lo tanto, en estudios futuros se pueden completar las acciones, de modo que sean válidas para cualquier tecnología.

En cuanto a la selección de los tipos de energías renovables, se ha intentado analizar la cantidad máxima posible de tecnologías. Se han elegido aquellas que por ley se deben someter a EsIA y se han dejado a un lado las fuentes cuyos impactos no suelen ser analizados en estos estudios. Pese a que hubiera sido más fácil escoger únicamente un tipo de energía renovable y analizarlo en profundidad, se ha optado por tocar varias fuentes, intentando entrar en los máximos detalles posibles. Se es consciente de que en futuros trabajos se debería perfeccionar la metodología que se ha propuesto. También sería interesante introducir las fuentes de energía descartadas como la geotermia o la bioenergía, con el fin de ofrecer un método para todos los proyectos de energías renovables.

Además, la identificación de efectos tanto de las acciones como de las medidas correctoras ha sido una tarea ardua. En los EsIA, la identificación de impactos se realiza después de examinar en profundidad cómo es el entorno en el que se ubicará el proyecto. En este caso, se ha intentado relacionar los efectos y las acciones y/o medidas en base a la

información obtenida en los EsIA que se encuentran disponibles de la sede electrónica del Gobierno de España. Por esta razón, puede que algunos de los vínculos establecidos no se ajusten a la realidad.

En este método se han agilizado únicamente unos puntos del EsIA. En futuros desarrollos de este trabajo sería interesante que se intentara encontrar la manera de aligerar las tareas. Una fase del estudio que requiere invertir mucho tiempo es la evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos. A pesar de que en este trabajo no se ha encontrado la manera de realizar la valoración al no conocer las características del emplazamiento, este método rápido podría considerarse ser mucho más completo si se encuentra un sistema de evaluación que sirva para cualquier ubicación y que agudice el estudio.

Aunque la metodología propuesta puede ser mejorada, se puede afirmar rotundamente que se han cumplido los objetivos propuestos al inicio del trabajo. La finalidad principal era encontrar una manera de hacer un Estudio de Impacto Ambiental de una forma más rápida y sencilla, y se puede afirmar que la labor realizada sirve para cumplir esa meta. Se espera que el trabajo hecho en los documentos Excel se pueda utilizar en el ámbito de la enseñanza, de modo que los estudiantes no inviertan tanto tiempo en la elaboración de las partes que se han agilizado.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Cambio climático: la "alarmante" lluvia registrada por primera vez en uno de los puntos más altos de Groenlandia." BBC.com. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58288894>. (último acceso: 27 de agosto 2022).
- [2] J. Bergenholtz-Foglander. "It's raining PFAS: even in Antarctica and on the Tibetan plateau rainwater is unsafe to drink." SU.se. <https://www.su.se/english/news/it-s-raining-pfas-even-in-antarctica-and-on-the-tibetan-plateau-rainwater-is-unsafe-to-drink-1.620735>. (último acceso: 27 de agosto 2022).
- [3] A. Bárcena Ibarra, J. Samaniego, W. Peres y J. E. Alatorre, "Capítulo I: El cambio climático a nivel mundial" en *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?*, Santiago, Chile: CEPAL, Publicación de las Naciones Unidas, 2020, pp. 43-62.
- [4] "Global temperature trend monitor". cds.climate.copernicus.eu. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/software/app-c3s-global-temperature-trend-monitor?tab=app>. (último acceso: 29 de agosto 2022).
- [5] C. Mora *et al.* "Broad threat to humanity from cumulative climate," *Nature Clim. Change*, nº8, pp. 1062-1071, noviembre 2018, doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0315-6>
- [6] "La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" UN.com. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>. (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [7] Asamblea General de las Naciones Unidas. Septuagésimo período de sesiones (25 de septiembre de 2015). Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. [En línea]. Disponible: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf. (Último acceso: 30 Agosto 2022).
- [8] "Acuerdos Internacionales sobre el Cambio Climático." Iberdrola.com. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/acuerdos-internacionales-sobre-el-cambio-climatico>. (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [9] "¿Qué es el Protocolo de Kyoto?" UNFCCC.int. https://unfccc.int/es/kyoto_protocol. (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [10] "3.1. El cambio climático y los acuerdos internacionales" energiaysociedad.es. <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>. (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [11] I. González del Hoyo, *Tema 3: sostenibilidad en entorno energético*, Bilbao, 2021.

- [12] Naciones Unidas. Acuerdo de París. COP21, París, 2015. [En línea]. Disponible: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [13] "Acuerdo de París" ec.europa.eu. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_es. (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [14] Naciones Unidas. EL PACTO CLIMÁTICO DE GLASGOW EN LA COP26. Glasgow, 2021. [En línea]. Disponible: <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2022/03/ES-COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf> (último acceso: 30 de agosto 2022).
- [15] I. González del Hoyo, *Tema 2: entorno energético*, Bilbao, 2021.
- [16] S. K. Ghosh y B. K. Ghosh, "Fossil Fuel Consumption Trend and Global Warming Scenario: Energy Overview," *Global J. of Eng. Sci.*, vol. 5, nº 2, abril 2020, doi: 10.33552/GJES.2020.05.000606.
- [17] D. Gielen *et al.*, "The role of renewable energy in the global energy transformation," *Energy Strategy Rev.*, vol. 24, pp. 38-50, abril 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>.
- [18] A. Suman, "Role of renewable energy technologies in climate change adaptation and mitigation: A brief review from Nepal," *Renewable and Suitable Energy Rev.*, vol. 151, noviembre 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111524>.
- [19] "Legislación de Evaluación Ambiental." miteco.gob.es <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/legislacion/>. (último acceso: 31 de agosto 2020).
- [20] "Convenio sobre la evaluación del impacto ambiental en un contexto transfronterizo (Convenio de Espoo) y Protocolo sobre evaluación estratégica del medio ambiente (Protocolo SEA)." eur-lex.europa.eu. <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/convention-on-environmental-impact-assessment-in-a-transboundary-context-espoo-convention-and-the-protocol-on-strategic-environmental-assessment-sea-protocol.html> (último acceso: 31 de agosto 2022).
- [21] "Normativa sobre evaluación ambiental." euskadi.eus. <https://www.euskadi.eus/informacion/normativa-sobre-evaluacion-de-impacto-ambiental/web01-a2inginp/es/>. (último acceso: 31 de agosto 2022).
- [22] Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco. 1998. BOE-A-2011-20036 [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-20036-consolidado.pdf> (último acceso: 8 de septiembre 2022).
- [23] Gobierno de España - Ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente. Ley de Evaluación Ambiental. [En línea]. Disponible: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/Presentacion_%20LEA_tcm30-190788.pdf (último acceso: 31 de agosto 2022).

- [24] Ley de Evaluación Ambiental” miteco.gob.es. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/Objetivos_de_la_ley.aspx. (último acceso: 31 de agosto 2022).
- [25] Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. 2013. BOE-A-2013-12913. [En línea]. Disponible: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/ley212013textoconsolidado_tcm30-190698.pdf (último acceso: 31 de agosto 2022).
- [26] J.J.C. Ramirez y W. Graefling Alva, “Evaluación y manejo ambiental de una planta recicladora de plomo,” Tesis de Fin de Grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2002.
- [27] S. Rozas, *Estudio y Evaluación del Impacto Ambiental: 4.- Metodologías de decisión para evaluación de alternativas. Tipología de medidas correctoras. Programa de Vigilancia Ambiental*, 2022.
- [28] Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. 2018. Disposición 16674 del BOE núm. 294 de 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/boe/dias/2018/12/06/pdfs/BOE-A-2018-16674.pdf> (último acceso: 8 de septiembre 2022).
- [29] B. Lozano Cutanda, “Ley 9/2018: análisis de las modificaciones de la ley de evaluación ambiental,” *Actualidad Jurídica Ambiental*, nº 86, 2019. [En línea]. Disponible: https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2019/01/2019_01_09_Lozano_Ley-modificaciones-LEA.pdf (último acceso: 8 de septiembre 2022).
- [30] K. O. Yoro y M. O. Darambola, “Chapter 1 - CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect,” *Advances in Carbon Capture*, pp. 3-28, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>.
- [31] IRENA, “World Energy Transitions Outlook 2022: 1,5°C Pathway,” International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, 2022. [En línea]. Disponible: <https://irena.org/publications/2022/mar/world-energy-transitions-outlook-2022>.
- [32] IEA, “Global Energy Review 2021,” International Energy Agency, París, Francia, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>.
- [33] IRENA, “Renewable power generation costs in 2020,” International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>.
- [34] “Geothermal energy.” irena.org <https://www.irena.org/geothermal>. (último acceso: 4 de septiembre 2022).

- [35] M. Junginger, E. Hittinger, E. Williams y R. Wisser, "Chapter 6 - Onshore wind energy," *Technol. Learn. in the Transition to a Low-Carbon Energy Syst.*, pp. 87-102, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818762-3.00006-6>.
- [36] A.-L. Olimpo, J. O. Tande, K. Uhlen y K. Merz, "Fixed and Floating Offshore Wind Turbine Support Structure" en *Offshore Wind Energy Technology*, Padstow, Reino Unido: John Wiley & Sons, 2018, pp. 103-136
- [37] J. Lee y F. Zhao, *Global Offshore Wind Report 2020*, GWEC, 2020.
- [38] M. L. A. Junginger, N. Gomez Tuya, D. de Jager, E. van Zuijlen y M. Taylor, "Chapter 7 - Offshore wind energy," *Technol. Learn. in the Transition to a Low-Carbon Energy Syst.*, pp. 103-117, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818762-3.00007-8>.
- [39] A. Louwen y W. van Sark, "Chapter 5 - Photovoltaic solar energy," *Technol. Learn. in the Transition to a Low-Carbon Energy Syst.*, pp. 65-86, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818762-3.00005-4>.
- [40] "Fotovoltaica" ingenova.tv. <https://www.ingenova.tv/index.php?o=2>. (último acceso: 5 Septiembre 2022).
- [41] "Energía Solar Fotovoltaica: Qué es y cómo funciona" cursosaula21.com. <https://www.cursosaula21.com/que-es-energia-solar-fotovoltaica/>. (último acceso: 5 Septiembre 2022).
- [42] Á. Campos, *Tema 3: plantas CSP con tecnología cilindro-parabólica*, 2021.
- [43] W. van Sark y B. Corona, "Chapter 12 - Concentrating solar power," *Technol. Learn. in the Transition to a Low-Carbon Energy Syst.*, pp. 221-231, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818762-3.00012-1>.
- [44] I. Fernández Diego y A. R. Robles Díaz, "Unidad didáctica 3: centrales hidráulicas," en *Centrales de Generación de Energía Eléctrica*. [En línea]. Available: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1160/course/section/1407/bloque-energia-III.pdf>. (último acceso: 5 Septiembre 2022).
- [45] J. Hoffstaedt *et al.*, "Low-head pumped hydro storage: A review of applicable technologies for design, grid integration, control and modelling," *Renewable and Sustain. Energy Rev.*, vol. 158, abril 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112119>.
- [46] T. Aderinto y H. Li, "Ocean Wave Energy Converters: Status and Challenges," *Energies*, vol. 11, mayo 2018, doi: 10.3390/en11051250.