

**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 nº2** ANEXO 1 – Acciones

*Bilbao, 8 de septiembre de 2022*

## ÍNDICE

1.	ENERGÍA EÓLICA OFFSHORE .....	3
1.1.	FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	3
1.2.	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	11
1.3.	FASE DE DESMANTELAMIENTO .....	12
2.	ENERGÍA EÓLICA ONSHORE .....	13
2.1.	FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	13
	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA .....	14
2.2.	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	17
2.3.	FASE DE DESMANTELAMIENTO .....	18
3.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	20
3.1.	FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	20
3.2.	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	24
3.3.	FASE DE DESMANTELAMIENTO .....	25
4.	ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA .....	26
4.1.	FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	26
4.2.	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	31
4.3.	FASE DE DESMANTELAMIENTO .....	32
5.	ENERGÍA HIDROELÉCTRICA REVERSIBLE .....	33
5.1.	FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	33
5.2.	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	38
5.3.	FASE DE DESMANTELAMIENTO .....	38
6.	ENERGÍA UNDIMOTRIZ .....	40
6.1.	FASE DE CONSTRUCCIÓN .....	40
6.1.1.	Instalaciones offshore .....	40
6.1.2.	Instalaciones onshore .....	44
6.1.3.	Acciones comunes .....	46
6.2.	FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	48
6.3.	FASE DE DESMANTELAMIENTO .....	49
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	51

## 1. ENERGÍA EÓLICA OFFSHORE

Todas las acciones que se definen a continuación se han obtenido de documentos ambientales sobre instalaciones eólicas offshore, obtenidos de la sede electrónica del Gobierno de España, concretamente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [1] [2] [3] [4] [5] [6]:

### 1.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### DISEÑO:

- Realizar campañas geofísicas específicas que determinarán la existencia o no de restos arqueológicos.
  - Si se encontrarán, se respetará una zona de seguridad de 100 m durante la etapa de transporte e instalación.
- Realizar las campañas de medición necesarias para caracterizar el clima el medio físico, biótico y social, y las interfaces entre los diferentes elementos.
- Recopilar toda la documentación normativa de aplicación, desde la ubicación marina hasta la zona terrestre.
- 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.
- Instalar un mástil para realizar una campaña de recopilación de datos meteoceánicas para calibrar o validar los datos obtenidos por los modelos numéricos.
- Realizar los estudios de ingeniería específicos.
- 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.

#### FABRICACIÓN

*En general, se puede afirmar que la cadena de suministro de la energía eólica marina flotante es compleja, ya que suele estar formada por varios subcontratistas principales que se valen de fabricantes externos que completan la cadena de suministro. En principio, las fases de producción detallada de cada elemento no se incluyen, ya que quedan fuera del ámbito de estudio.*

#### OPERACIONES MARINAS Y TERRESTRES

##### 1.- Instalación de los sistemas de fondeo

- Instalar las anclas en el suelo marino.

- Realizar pruebas de pretensión para comprobar que la capacidad de sujeción del ancla es la adecuada.
- Instalar la parte superior de la catenaria
- Señalizar el extremo superior de la catenaria mediante una boya.
- Unir la catenaria con el conjunto flotador-aerogenerador.
- Arrastrar las anclas de arrastre durante una longitud mínima que permita desarrollar la penetración necesaria para lograr la capacidad de sujeción de diseño.

## **2.- Ensamblaje, transporte y conexión del aerogenerador**

- Puesta a flote de la plataforma. Dos opciones:
  - El flotador se ha construido en un dique seco
    - Al finalizar la construcción, llenar el dique de agua para ponerlo a flote.
    - Ensamblar el conjunto en el mismo puerto o bien transportarlo mediante un remolcador hasta el puerto de ensamblaje.
  - El flotador se ha construido en el borde de un muelle
    - Colocarlo en una barcaza semi-sumergible
    - 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.
- Montaje del conjunto aerogenerador-flotador
  - Montar el aerogenerador encima del flotador por partes, empezando por la torre y continuando con la góndola, el buje y las palas.
  - Realizar las pruebas de puesta a punto en el mismo muelle.
  - Comprobar el correcto funcionamiento de las distintas uniones, sistemas y dispositivos.
- Transporte y conexión del conjunto aerogenerador-flotador.
  - Transportar el conjunto hasta la ubicación prevista en el parque eólico marino.
  - Unir el flotador con la línea de fondeo.
  - Realizar la conexión conectando la línea de amarre preinstalada con el flotador.
  - Realizar el tensionado del amarre.

## **3.- Instalación del jacket**

- Cargar el jacket en una barcaza utilizando para ello remolques modulares autopropulsados (SPMT) (proceso de loadout/load-out).

- Transportar el jacket hasta la ubicación de la subestación marina.
- Posicionar el jacket en el suelo.
- Implantar los pilotes en el suelo, que sirven como cimentación del jacket.
  1. Instalación de pilas por medio de hincado
    - Hincar los pilotes por medio de un martillo que es manipulado desde la cubierta de la embarcación por medio de una grúa con tonelaje adecuado.
    - Conectar los pilotes y el jacket a través de una junta húmeda usando lechadas especiales.
  2. Instalación de pilas 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.
    - 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.
- Instalar elementos de protección contra la socavación.

#### **4.- Transporte e instalación de la subestación marina**

- Cargar la estructura y desplazar el conjunto hasta la barcaza.
- Operación de carga del topside o de la subestación marina, desde el muelle del puerto de fabricación designado, en una barcaza que lo transportará hasta su ubicación definitiva.
- Izar el topside con una embarcación adecuada que usa un sistema de posicionamiento dinámico.
- Fijar los puntos de conexión del topside y las unidades de acoplamiento de los jackets en la posición correcta para un ensamblaje correcto.

#### **5.- Tendido de cables submarinos**

Cables de exportación: *Los cables de exportación comprenden el tramo que va desde la subestación marina hasta la arqueta de conexión, donde cambian su tipología de marina a terrestre.*

- Realizar estudios geotécnicos y ensayos de tendido (mock-up).
- Realizar campañas geofísicas y geotécnicas, con la finalidad de evaluar la profundidad exacta del lecho, determinar si serán necesarios trabajos de dragado, y localizar objetos que puedan dificultar el tendido de los cables.
- Limpiar el fondo marino a lo largo del emplazamiento del cable de exportación.
- Testar todo el equipo de tendido de cables necesario.
- Definir una ruta de tendido de cable.

- Instalar un cabrestante, que estará próximo a la arqueta de conexión.
- Construir barreras temporales con el fin de proteger las áreas de trabajo durante la instalación.
- Cargar el cable de exportación en la embarcación de tendido de cables (ETC).
- Trasladar la ETC desde el puerto designado hasta el punto de transición en tierra.
- Conectar el cabrestante al cable de la ETC y empezar la operación de tirado del cable.
- Instalar unos flotadores sobre el cable para facilitar la maniobra.
- Una vez el cable llegue a tierra, los flotadores serán sustituidos temporalmente por unos elementos deslizantes.
- Cuando el cable alcance el punto de transición, se retirarán los flotadores restantes.
  - *Si la transición marítimo terrestre se realiza con una PHD el tirado del cable se realiza a través de la perforación.*
- Completar el aterraje en tierra y asegurar el cable.
- Colocar el cable en la ruta de tendido con la ayuda de vehículos remotos (ROV).
- Instalar un cable mensajero en la cubierta de la subestación, conectado a un cabrestante o grúa
- Recuperar el cable mensajero y llevarlo hasta la ETC.
- Conectar el cable mensajero con el cable dinámico almacenado a bordo.
- Incrementar la tensión del cable para que el cable mensajero tire del cable proporcionado por la ETC al mismo tiempo que esta suelte el cable para mantener su integridad y una tensión adecuada.
- Realizar la conexión entre las secciones estática y dinámica
- Colocar la junta de transición en el lecho marino.
- Llevar a cabo comprobaciones eléctricas para verificar la operatividad del cable y del punto de conexión entre ambas secciones, así como inspecciones visuales mediante un ROV.
- Enterrar el cable submarino a una profundidad previamente determinada con estudios específicos.
  - Crear una zanja de una profundidad determinada con un ROV mediante un chorro de agua a presión que fluidifica el lecho marino, mientras se desplaza a lo largo del cable.
  - Asentar el cable en el fondo de la zanja.
  - *Según los condicionantes de la zona, puede ser inviable el entierro de cable y, por tanto, para mantener su integridad, se puede optar por otros métodos, como mantas de hormigón, tubos metálicos, sacos de hormigón o arena, escollera, etc.*

- Minimizar la alteración del lecho marino y devolver el fondo a su nivel original.

Cables de interconexión: *Los cables de interconexión entre aerogeneradores conectan las turbinas de una misma fila entre sí, con la finalidad de recoger y unificar la energía generada por los aerogeneradores en una sola agrupación.*

- Realizar trabajos de pre-instalación con el objetivo de evaluar la ingeniería y los métodos de instalación propuestos
- Llevar a cabo una limpieza del fondo marino a lo largo del emplazamiento del cable de interconexión.
- Cargar el cable de interconexión con la ETC en el puerto designado, desde el buque de transporte o desde un almacenamiento intermedio.
- Transportar el cable de interconexión hasta el emplazamiento del parque eólico.
- Instalar un cable mensajero en cada aerogenerador, conectado a un cabrestante o grúa.
- Mediante un ROV, recuperar el cable mensajero, y llevar hasta la ETC, donde se conectará con el cable dinámico almacenado a bordo.
- Incrementar la tensión del cabrestante con el equipo ubicado en la plataforma y el cable mensajero tirará del cable proporcionado por la ETC, al mismo tiempo que esta soltará el cable para mantener su integridad y una tensión adecuada.
- Ejecutar el tendido de cable sobre el fondo marino entre los aerogeneradores.
- Instalar el sistema de protección del cable (CPS) y flotadores sobre el cable en el momento de su tendido.
- Con la primera operación de tirado realizada, la ETC se moverá a la siguiente turbina realizando las diferentes operaciones de tendido. Cuando llegue al segundo aerogenerador se iniciará la segunda operación de tirado.
- Cuando el cabrestante de la plataforma haya tirado lo suficiente, el cable tirado y el cable tendido, que estarán posicionados sobre el cuadrante de la embarcación, serán izados con una grúa para finalmente ser posicionados en el lecho marino.
- Enterrar y proteger el cable en algunas secciones.

## **6.- Operaciones terrestres**

### Transición marítima-terrestre:

- Realizar la transición mediante una zanja
- Realizar la transición mediante la utilización de PHD
  - Preparar las zonas de trabajo y los accesos.
  - Perforación piloto: El agujero piloto se perfora a lo largo de la trayectoria prescrita.
  - 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 escariador de mayor diámetro, que sigue una trayectoria inversa

hacia el pozo de ataque mientras va incrementando el diámetro de la perforación.

- 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.
- Empleo de embarcaciones y buceadores de apoyo para suministrar las tuberías desde mar.

#### Operaciones en tierra:

- Realizar una excavación ubicada cerca del punto de aterraje.
- Ejecución de la arqueta de transición marítimo-terrestre. Ejecución de dos arquetas de conexión en la que los circuitos eléctricos de los dos cables de exportación queden separados físicamente.
- Recubrir la arqueta con tierra para su ocultación.
- Ejecución de zanjas temporales para alojar los cables terrestres:
  - Directamente enterrados.
  - Alojados en tubos de polietileno embebidos en un prisma de hormigón en masa, cuando el trazado discorra bajo zonas de rodadura o cruzamientos.
- Rellenar las zanjas con material de la propia excavación, restaurándose la cubierta vegetal o bien los pavimentos o firmes alterados.

#### Realización de zanjas y drenajes

- Realizar el drenaje de toda la superficie por medio de pendientes.
- Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan interceptar la escorrentía superficial de las explanaciones en aquellos puntos que sea necesario para un correcto drenaje.
- Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan encauzar y dirigir los cauces del drenaje local, hacia las zonas de desagüe natural existentes.
- Proteger los pilares metálicos mediante rip-rap o cimentación de hormigón en su defecto, en caso de existir estructuras con riesgo de socavación o erosión alrededor de la cimentación como consecuencia de la escorrentía.
- Instalar obras de drenaje transversal consistente en tubos de hormigón armado para favorecer dicho drenaje, en aquellos puntos en los que los viales dificulten o impidan el correcto drenaje de la planta.
- Verter las aguas a una red de cunetas que desemboca en la red exterior de recogida de aguas procedentes del entorno.

#### Accesos

- Existente: realizar un aporte de material de relleno y pequeñas excavaciones de cajeo y regularización.
- Nuevo: excavación, relleno y acondicionamiento del terreno.

- Conectar el camino de acceso a central con sendas explanadas situadas sobre cada una de las tomas
- Modificación de los accesos actuales en las inmediaciones de la nueva central.

Construcción de la subestación transformadora:

- Excavación y hormigonado de anclajes de aparamenta.
- Realización de las zanjas para la red de tierras.
- Realización de las atarjeas exteriores para el paso de cableado de control y potencia con tapas de hormigón.
- Bancada para el transformador de potencia con el correspondiente foso de recogida de aceite.
- Realización del vallado perimetral con malla de simple torsión y alambre de espinos.
- Extendido de capa de gravilla de remate.
- Realizar el montaje electromecánico de los equipos que transformarán el voltaje recibido del parque eólico
- Llevar a cabo las actividades finales de arquitectura y urbanización.
- Construcción de un edificio de interconexión y control donde se alojarán equipos auxiliares, de control, medida, protección, corriente continua, etc.
- Realizar las conexiones entre la ampliación de la subestación y las posiciones de Iberdrola en la subestación existente mediante cable unipolar aislado de alta tensión.

Línea de evacuación

- Construcción de la red eléctrica terrestre:
  - Opción aérea: Ejecución del tendido aéreo desde la subestación elevadora de nueva construcción hasta la subestación final de Red Eléctrica.
    - Efectuar las cimentaciones de hormigón de los apoyos
    - Instalar los dados de hormigón de las torres
    - Construir la estructura metálica instalando la estructura de la torre de perfiles angulares de acero galvanizado en caliente.
    - Colocar los conductores de fase y comunicación.
    - Construir nuevos caminos de acceso a los apoyos.
    - Realizar la puesta a tierra de los apoyos, mediante un sistema mixto de picas y anillo.
    - Añadir un aislador compuesto en las cadenas de suspensión y en las cadenas de amarre simples.
    - Disponer el cableado mediante instalado con cable guía y helicóptero.
    - Tomar medidas de prevención contra la electrocución.

- Tomar medidas de prevención de las posibles colisiones.
- Instalar pararrayos en apoyo de transición.
- Instalar accesorios en la línea aérea de alta tensión, tales como antivibradores, salvapájaros, separadores, contrapesos de bucle y balizas.
- Evacuar la energía generada por la planta a través de una línea aérea de alta tensión (LAAT) entre la planta fotovoltaica y el nodo de red.
- Opción soterrada: Ejecución del tendido soterrado hasta la subestación elevadora de nueva construcción próxima la subestación final de Red Eléctrica.
  - Realizar zanjas en el terreno para albergar los cables.
  - Realizar el tendido del cable en las zanjas.
  - Colocar tubos donde se instalarán los cables de potencia y el cable de Fibra Óptica.
  - Instalar arquetas de telecomunicaciones.
  - Hormigonar la canalización y rellenar la zanja con material seleccionado de excavación.
  - Enterrar los cables.

Otros:

- Disponer espacios como parques de maquinaria, espacios de acopio de materiales, espacios de instalaciones sociales e industriales, etc.
- Movimiento, uso y mantenimiento de la maquinaria
- Contratación del personal que va a llevar a cabo las obras.
- Tráfico de vehículos
- Generación de empleo y oportunidad de empleo local.
- Realizar monitoreos de la calidad de agua de mar
- Riesgo de accidentes (fallo del dispositivo, colisiones, etc.)
- Compra de terrenos.

**PUESTA EN MARCHA**

- Completar la turbina y prepararla para empezar a producir electricidad.
- Comprobar que la turbina está lista para producir electricidad.
  - Verificar los ajustes de turbina y su conexión al sistema (SCADA).
  - Probar todos los sistemas de seguridad para garantizar que la turbina sea segura de operar.

## 1.2. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Gestión de incidentes y respuesta a emergencias
- Inspección, prueba y mantenimiento de aerogeneradores
- Inspección, prueba y mantenimiento de subestructuras de aerogeneradores
- Monitoreo e informes de operación del aerogenerador
- Inspección, prueba y mantenimiento de la subestación marina
- Inspección, prueba y mantenimiento de cables de interconexión y de exportación
- Inspección y mantenimiento de mástiles meteorológicos en alta mar y en tierra
- Mantenimiento base de operación y mantenimiento de las estructuras en tierra
- Presencia y funcionamiento de los aerogeneradores, subestación y cables de evacuación
- Generación de energía renovable
- Gestión de residuos
- Gestión de riesgos
- Ocupación permanente de superficie marina
- Presencia física de la cimentación y protección contra socavación, que supone pérdida de los hábitats.
- Vertidos accidentales de contaminantes.
- Movimiento y funcionamiento de maquinaria.
- Movimiento y emisiones de vehículos.
- Producción de ruidos y vibraciones procedentes de los aerogeneradores.
- Alarma en arranque de las turbinas.
- Presencia de alumbrado y balizamiento para navegación marítima y aérea.
- Oportunidad de empleo local.
- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de los mismos.
- Reparación de canalizaciones subterráneas.
- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados.
- Almacenamiento de recambios de elementos críticos, y materiales de mantenimiento (como aceites).
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios.
- Uso de los accesos asociados al parque.

### 1.3. FASE DE DESMANTELAMIENTO

- Realizar diferentes campañas de medición e inspección que tienen como objetivo valorar el estado de las estructuras y subestructuras.
- Ejecutar las intervenciones necesarias para el desmantelamiento de cada uno de los elementos del parque.
- Realizar campañas de medición que tendrán el objetivo de analizar el estado final de la zona de implantación.
- Desconexión del parque eólico de la red de generación de energía eléctrica y de la red de transporte nacional de dicha energía eléctrica.
- Extracción del material eléctrico de pequeñas dimensiones y reutilizable, sobre todo en el interior de los aerogeneradores y de la subestación eléctrica y centro de control.
- Retirada de cableado de media tensión y equipos autónomos eléctricos y mecánicos que puedan ser recolocados en el mercado.
- Retirada de palas con grúa y posterior carga en transporte especial para ser llevada fuera del parque eólico
- Retirada de la góndola con grúa y posterior carga en transporte especial para ser llevada fuera del parque eólico a almacén para su posterior desmontaje
- Desmontaje de la torre por tramos y bajada con grúa y depositada en puntos determinados para su desmantelamiento final, desguazando las piezas en dimensiones acorde con las necesidades de las empresas revalorizadoras.
- Desmontaje de la parte de la SET del parque eólico, incluyendo desmontaje eléctrico y mecánico por fases.
- Demolición de los elementos permanentes de la obra civil y gestión de los residuos originados (casetas, edificio de la subestación y del centro de control, urbanización de la subestación eléctrica, etc.).
- Retirada del cableado y apoyos metálicos de la línea de evacuación, si la hubiera.
- Desmontaje final del aparillaje metálico y transformador de la subestación.
- Remodelación topográfica de la zona de actuación
- Disposición de los activos, que comprende el transporte de los elementos al puerto designado para su posterior reciclado.
- Desmontaje de la estación de medición.

## 2. ENERGÍA EÓLICA ONSHORE

Todas las acciones que se definen a continuación se han obtenido de documentos ambientales sobre instalaciones eólicas onshore, obtenidos de la sede electrónica del Gobierno de España, concretamente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [7] [8] [9] [10] [11]:

### 2.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### CONSTRUCCIÓN DE ACCESOS, PLATAFORMAS Y EDIFICACIONES AJENAS Y MONTAJE DE AEROGENERADORES

- Adecuación de los caminos existentes.
- Construcción de nuevos caminos
- Excavación de terrenos
- Balizamiento de las zonas de trabajo, restringiendo la circulación de vehículos externos a la obra.
- Adecuación de superficies de acopio de materiales: en ocasiones con casetas de obra.
- Despeje y desbroce: eliminación de la vegetación de porte arbóreo y arbustivo para limpiar la superficie objeto de convertirse en la calzada y las cunetas del vial.
- Realización del firme: empleo de materiales de construcción no asfálticos, como la zahorra.
- Revegetar los taludes de terraplén, mediante técnicas de hidrosiembra.
- Construir cunetas laterales de tipo "V" para la evacuación de las aguas de escorrentía y la infiltrada del firme de estos caminos.
- Disponer obras de drenaje que faciliten la evacuación de posibles acumulaciones de agua.
- Ejecutar vados hormigonados obre los que las aguas de escorrentía puedan seguir su curso natural, en los puntos en los que los nuevos viales del parque crucen con barrancos existentes, para no afectar a la correcta evacuación de las cuencas de los mismos.
- Explanación de caminos, plataformas y áreas de maniobra.
- Colocar tubos de desagüe para evitar que se formen charcos de agua en el interior de la torre.
- Ejecutar zanjas para alojar la línea subterránea a una tensión determinada y la línea de comunicaciones que interconecta todos los aerogeneradores del parque.
- Reposición de cercas, vallas y muros de mampostería.

- Adecuación de los entronques de los caminos existentes y/o a fincas particulares con la rasante de los viales diseñados.
- Reparación y/o reposición de elementos existentes (arquetas, tuberías de riego, etc.).
- Eliminación de los materiales sobrantes y de las instalaciones provisionales.
- Empleo de maquinaria pesada
- Almacenamiento y trasiego de aceites y combustibles.
- Construcción de plataformas de montaje sobre las que se sustentan las grúas necesarias para el izado de las torres y demás componentes del equipo con gran tamaño.
- Realización de estructuras civiles (edificios y fosas).
- Uso de vehículos y maquinaria específica.
- Transportar los componentes del aerogenerador hasta el punto de anclaje.
- Realizar la cimentación de hormigón.
- Movimiento de tierras y del sustrato rocoso.
- Izado de la torre, la góndola y el rotor mediante una grúa de grandes dimensiones.
- Instalar equipos de medición de datos meteorológicos.

### **INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA**

- Elevar la energía producida de la tensión de generación hasta la tensión de distribución del interior del parque.
- Realizar las conexiones entre las distintas líneas que componen la red de una tensión determinada y dotarla de las protecciones adecuadas.
- Puesta a tierra de todas las masas del aerogenerador.
- Instalar protecciones contra sobreintensidades.
- Extender una capa de arena en el fondo de la zanja
- Colocar los cables pertenecientes a las líneas subterráneas de media tensión.
- Recubrir los cables con una capa de arena
- Colocar una placa para protección mecánica del tipo PPC sobre el recubrimiento de arena.
- Rellenar los huecos de las zanjas con materiales seleccionados procedentes de la excavación
- Señalizar las líneas subterráneas mediante señalizaciones utilizando cintas de polietileno.
- Colocar hitos de señalización.

- Supervisar el funcionamiento de cada máquina mediante Los módulos individuales situados en los armarios de control del aerogenerador.
- Interconectar las líneas de comunicaciones (cables de control y mando) y los cables de energía en tendidos subterráneos con el centro de control.
- Realizar las uniones entre conductores y entre éstos y picas, mediante soldadura aluminotérmica.
- Medir la resistencia de tierra y las tensiones de paso y contacto en la subestación del parque y aerogeneradores.
- Instalar un cable de fibra óptica.
- Efectuar las correspondientes pruebas de atenuación para comprobar el correcto estado del tendido de fibra.
- Instalar bucles independientes, cada uno enlazando los aerogeneradores conectados en cada circuito de media tensión.
- Asentar otras instalaciones auxiliares para la ejecución del proyecto como zonas de acopio, site camp, etc.
- Abastecer la instalación con agua, gas y/o electricidad.

### **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA**

- Excavación y hormigonado de anclajes de aparamenta.
- Realización de las zanjas para la red de tierras.
- Realización de las atarjeas exteriores para el paso de cableado de control y potencia con tapas de hormigón.
- Bancada para el transformador de potencia con el correspondiente foso de recogida de aceite.
- Realización del vallado perimetral con malla de simple torsión y alambre de espinos.
- Extendido de capa de gravilla de remate.
- Realizar el montaje electromecánico de los equipos que transformarán el voltaje recibido del parque eólico
- Llevar a cabo las actividades finales de arquitectura y urbanización.

### **EVACUACIÓN EN ALTA TENSIÓN**

- Construcción de la red eléctrica terrestre:
  - Opción aérea: Ejecución del tendido aéreo desde la subestación elevadora de nueva construcción hasta la subestación final de Red Eléctrica.
    - Efectuar las cimentaciones de hormigón de los apoyos
    - Instalar los dados de hormigón de las torres
    - Construir la estructura metálica instalando la estructura de la torre de perfiles angulares de acero galvanizado en caliente.

- Colocar los conductores de fase y comunicación.
- Construir nuevos caminos de acceso a los apoyos.
- Realizar la puesta a tierra de los apoyos, mediante un sistema mixto de picas y anillo.
- Añadir un aislador compuesto en las cadenas de suspensión y en las cadenas de amarre simples.
- Disponer el cableado mediante instalado con cable guía y helicóptero.
- Tomar medidas de prevención contra la electrocución.
- Tomar medidas de prevención de las posibles colisiones.
- Instalar pararrayos en apoyo de transición.
- Instalar accesorios en la línea aérea de alta tensión, tales como antivibradores, salvapájaros, separadores, contrapesos de bucle y balizas.
- Evacuar la energía generada por la planta a través de una línea aérea de alta tensión (LAAT) entre la planta fotovoltaica y el nodo de red.
- Opción soterrada: Ejecución del tendido soterrado hasta la subestación elevadora de nueva construcción próxima la subestación final de Red Eléctrica.
  - Realizar zanjas en el terreno para albergar los cables.
  - Realizar el tendido del cable en las zanjas.
  - Colocar tubos donde se instalarán los cables de potencia y el cable de Fibra Óptica.
  - Instalar arquetas de telecomunicaciones.
  - Hormigonar la canalización y rellenar la zanja con material seleccionado de excavación.
  - Enterrar los cables.

### **PUESTA EN MARCHA**

- Completar la turbina y prepararla para empezar a producir electricidad.
- Comprobar que la turbina está lista para producir electricidad.
  - Verificar los ajustes de turbina y su conexión al sistema (SCADA)
  - Probar todos los sistemas de seguridad para garantizar que la turbina sea segura de operar.

### **ACCIONES ADICIONALES**

- Disponer espacios como parques de maquinaria, espacios de acopio de materiales, espacios de instalaciones sociales e industriales, etc.
- Contratación del personal que va a llevar a cabo las obras.

- Generación de empleo y oportunidad de empleo local.
- Riesgo de accidentes (fallo del dispositivo, colisiones, etc.)
- Compra de terrenos.

## **2.2. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- Presencia de los aerogeneradores y las infraestructuras eléctricas
- Movimiento de las aspas
- Contaminación acústica
- Gestión de incidentes y respuesta a emergencias
- Inspección, prueba y mantenimiento de aerogeneradores
- Inspección, prueba y mantenimiento de subestructuras de aerogeneradores
- Monitoreo e informes de operación del aerogenerador
- Inspección, prueba y mantenimiento de cables de interconexión y de exportación
- Mantenimiento base de operación y mantenimiento de las estructuras en tierra
- Generación de energía renovable
- Gestión de residuos
- Gestión de riesgos
- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de los mismos.
- Reparación de canalizaciones subterráneas.
- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados.
- Almacenamiento de recambios de elementos críticos, y materiales de mantenimiento (como aceites).
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios.
- Uso de los accesos asociados al parque.
- Presencia física de la cimentación y protección contra socavación, que supone pérdida de los hábitats.
- Vertidos accidentales de contaminantes.
- Movimiento y funcionamiento de maquinaria.
- Movimiento y emisiones de vehículos.
- Producción de ruidos y vibraciones procedentes de los aerogeneradores.
- Alarma en arranque de las turbinas.

- Presencia de alumbrado y balizamiento para navegación marítima y aérea.
- Oportunidad de empleo local.

### **2.3. FASE DE DESMANTELAMIENTO**

- Realizar diferentes campañas de medición e inspección que tienen como objetivo valorar el estado de las estructuras y subestructuras.
- Realizar campañas de medición que tendrán el objetivo el analizar el estado final de la zona de implantación.
- Desconexión del parque eólico de la red de generación de energía eléctrica y de la red de transporte nacional de dicha energía eléctrica.
- Realizar un plan de obra para la llegada y posicionamiento de grúas de grandes dimensiones y transportes especiales de los elementos desmantelados del aerogenerador.
- Extracción del material eléctrico de pequeñas dimensiones y reutilizable, sobre todo en el interior de los aerogeneradores y de la subestación eléctrica y centro de control.
- Retirada de cableado de media tensión y equipos autónomos eléctricos y mecánicos que puedan ser recolocados en el mercado.
- Retirada de palas con grúa y posterior carga en transporte especial para ser llevada fuera del parque eólico
- Retirada de la góndola con grúa y posterior carga en transporte especial para ser llevada fuera del parque eólico a almacén para su posterior desmontaje
- Desmontaje de la torre por tramos y bajada con grúa y depositada en puntos determinados para su desmantelamiento final, desguazando las piezas en dimensiones acorde con las necesidades de las empresas revalorizadoras.
- Desmontaje de la parte de la SET del parque eólico, incluyendo desmontaje eléctrico y mecánico por fases.
- Demolición de los elementos permanentes de la obra civil y gestión de los residuos originados (casetas, edificio de la subestación y del centro de control, urbanización de la subestación eléctrica, etc.).
- Retirada del cableado y apoyos metálicos de la línea de evacuación, si la hubiera.
- Desmontaje final del aparillaje metálico y transformador de la subestación.
- Remodelación topográfica de la zona de actuación
- Disposición de los activos, que comprende el transporte de los elementos para su posterior reciclado.
- Restauración de los terrenos afectados por pistas, plataformas, zanjas, tendidos y otras obras o estructuras del parque.

- Desmontaje de la estación de medición.
- Restitución de nuevos viales internos y sus cunetas.

### 3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Todas las acciones que se definen a continuación se han obtenido de documentos ambientales sobre instalaciones fotovoltaicas, obtenidos de la sede electrónica del Gobierno de España, concretamente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [12] [13] [14] [15]:

#### 3.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

##### ADECUACIÓN DEL TERRENO

- Desbroce del terreno: eliminar cualquier elemento que dificulte la implementación o el acceso.
- Atenuar el terreno mediante la nivelación del mismo, de forma que se consiga una pendiente apta para la instalación de las estructuras.
- Retirar la cubierta vegetal y reservarla para labores posteriores de recuperación y restauración.
- Excavación de zanjas y zapatas, con medios mecánicos y acopio en terreno propio.

##### VALLADO Y CONTROL DE ACCESO

*El cerramiento de las instalaciones de la planta fotovoltaica queda integrado dentro de la Evaluación de Impacto Ambiental elaborada para las mismas, no ocupando terreno cinegético alguno, y contemplando todas las premisas de permeabilidad a la fauna local y ausencia de elementos punzantes que puedan afectar a la avifauna.*

##### CIMENTACIONES

- Cimentaciones de los seguidores:
  - Realizar el replanteo topográfico para marcar en el terreno los puntos en los que se van a tener que hincar los perfiles metálicos
  - Colocar los perfiles en el terreno para mayor facilidad del operario a la hora de hincarlos.
  - Hincar directamente las estructuras portantes elegidas en el terreno.
  - Conectar a tierra la estructura soporte
  - Instalar sobre la estructura los módulos fotovoltaicos utilizando los agujeros correspondientes, mediante la tornillería específica.
- Cimentaciones de los centros de transformación:
  - Poner losas de cimentación sobre las que descansan los transformadores.
  - Realización de una acera perimetral alrededor de los prefabricados que alojarán el transformador y las protecciones de la planta solar.

- Excavación y posterior hormigonado con los pernos de anclaje de las cimentaciones para el anclaje de los pilares de la estructura metálica y soportes de aparellaje exterior.
- Colocar los pernos de anclaje sujetos con unas plantillas con las medidas entre pernos indicadas en los planos de detalle de cada cimiento.

### **CANALIZACIONES O ZANJAS**

- Abrir calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.
- Diseñar la apertura de zanja, el tendido del cable, la protección del cable por medio de arena y el posterior relleno del material procedente de la excavación.
- Construir a lo largo del perímetro de la planta la apertura de zanja, el tendido del cable, la protección del cable por medio de arena y el posterior relleno del material procedente de la excavación.
- Colocar abrazaderas o elementos similares para que el cableado trascurra sobre los elementos de la propia estructura, si no contiene bandejas.
- Efectuar el resto de las canalizaciones del cableado de la planta mediante zanjas adecuadas al número y tipo de tubos que deberán albergar.
- Alojarse los cables directamente enterrados en las zanjas o entubados (bajo tubo de polietileno homologado).
- Señalizar las zanjas de baja tensión y media tensión con su correspondiente cinta señalizadora.
- Colocar arquetas en los cambios de dirección del cableado eléctrico.
- Utilizar cable unipolar debidamente embridado para el cableado de corriente alterna.
- Cargar y transportar a vertedero las tierras sobrantes.

### **DRENAJES**

- Minimizar tanto la influencia de la red de drenaje general sobre la propia instalación fotovoltaica, como al revés, en la superficie afectada por la instalación fotovoltaica.
  - Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan interceptar la escorrentía superficial de las explanaciones en aquellos puntos que sea necesario para un correcto drenaje.
  - Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan encauzar y dirigir los cauces del drenaje local, hacia las zonas de desagüe natural existentes.
  - Proteger los pilares metálicos mediante rip-rap o cimentación de hormigón en su defecto, en caso de existir estructuras con riesgo de socavación o erosión alrededor de la cimentación como consecuencia de la escorrentía.
  - Instalar obras de drenaje transversal consistente en tubos de hormigón armado para favorecer dicho drenaje, en aquellos puntos en los que los viales dificulten o impidan el correcto drenaje de la planta.

### **VIALES INTERIORES**

- Ejecutar viales interiores para comunicar las diferentes zonas de implantación de módulos de la planta fotovoltaica y la SET.
- Disponer de un camino perimetral que dará acceso a los elementos más alejados de los centros de transformación.
- Incluir cunetas laterales, revestidas o no, vados inundables y obras de fábrica con tubos de drenaje, allí donde sea necesario, según las pendientes del terreno y los caudales a evacuar.
- Retirar y acopiar en obra la tierra vegetal retirada de forma previa para la construcción y adecuación de viales, para su posterior utilización en la restauración del terreno, así como en la adopción de medidas compensatorias y correctoras del impacto de la instalación.

### **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA**

- Construir una subestación eléctrica transformadora (SET).
- Desbroce de la capa vegetal y retirada a vertedero de la capa superficial del terreno.
- Explanación, desmonte, relleno, nivelación del terreno y compactación, aproximadamente a la cota definitiva de la instalación.
- Cimentaciones de aparatos y pórtico de línea.
- Colocar la estructura metálica.
- Posicionar una bancada de hormigón armado para que el transformador de potencia se disponga sobre ella.
- Construir un cubeto de recogida de aceite para el trafo.
- Construir una canalización junto al cubeto para la evacuación de posibles vertidos.
- Realizar canalizaciones para los conductores que enlazan elementos del parque con elementos en el interior del edificio.
- Proteger todo el recinto de la subestación por un cierre de malla metálica para evitar el acceso a la misma de personas ajenas al servicio.
- Disponer de tubos drenantes necesarios para evacuar las aguas en un tiempo razonable, de forma que no se produzca acumulación de agua en la instalación y se consiga la máxima difusión posible de las aguas de lluvia.
- Rematar el parque intemperie con una capa de grava superficial.
- Realizar las labores de construcción y albañilería del edificio de explotación y control de la subestación.
- Instalar el sistema de alumbrado, el sistema de telefonía y añadir equipos contra incendios.
- Con el objeto de proteger los equipos de la subestación de descargas atmosféricas directas, se dotará a la subestación con una punta Franklin sobre el pórtico.

- Comprobar que los valores establecidos cumplen el reglamento o el real decreto correspondiente.

### **LÍNEA DE EVACUACIÓN**

- Efectuar las cimentaciones de hormigón de los apoyos
- Instalar los apoyos o las torres.
- Colocar los conductores de fase y comunicación.
- Construir nuevos caminos de acceso a los apoyos.
- Realizar la puesta a tierra de los apoyos, mediante un sistema mixto de picas y anillo.
- Añadir un aislador compuesto en las cadenas de suspensión y en las cadenas de amarre simples.
- Tomar medidas de prevención contra la electrocución.
- Tomar medidas de prevención de las posibles colisiones.
- Instalar pararrayos en apoyo de transición.
- Colocar hitos de hormigón para señalización de la zanja eléctrica, colocados cada 50 m.
- Construir una zanja y colocar tubos donde se instalarán los cables de potencia y el cable de Fibra Óptica.
- Instalar arquetas de telecomunicaciones.
- Hormigonar la canalización y rellenar la zanja con material seleccionado de excavación.
- Instalar cámaras de empalme para conexionar los conductores de varias bobinas.
- Evacuar la energía generada por la planta a través de una línea aérea de alta tensión (LAAT) entre la planta fotovoltaica y el nodo de red.

### **ACCIONES ADICIONALES**

- Montaje de instalaciones auxiliares y centros de inversión y transformación.
- Ocupación de terrenos para almacenamientos temporales de material, casetas de obra o parques de maquinaria.
- Instalación de servicios higiénicos temporales.
- Disposición de un lugar especial identificado de instalaciones provisionales, el cual contará con las medidas de seguridad requeridas para este tipo de maniobras.
- Disposición de una zona de almacenamiento logístico
- Habilitar una zona de residuos
- Tránsito de maquinaria, vehículos y transporte de materiales y equipos
- Generación, almacenamiento, recogida y tratamientos de materiales y residuos

- Presencia de personal
- Restitución de terrenos y servicios
- Compra de terrenos.
- Generación de empleo
- Cerrar perimetralmente la planta.
- Instalar los equipos auxiliares de la planta: telecomunicaciones, estaciones meteorológicas, alumbrado exterior de seguridad, vigilancia, etc.
- Instalar los inversores.

### **3.2. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- Controlar el conjunto de seguidores por una unidad central.
- Desarrollar actividades de control y seguimiento en remoto de módulos e inversores.
- Realizar labores de mantenimiento general y limpieza de instalaciones.
- Presencia y funcionamiento del parque fotovoltaico
- Presencia de la LAAT
- Ocupación de terreno
- Transporte de electricidad mediante conducciones eléctrica
- Tránsito de maquinaria, vehículos y transporte de materiales y equipos
- Generación de empleo
- Gestión de incidentes y respuesta a emergencias
- Inspección, prueba y mantenimiento de cables de interconexión y de exportación
- Mantenimiento base de operación y mantenimiento de las estructuras en tierra
- Generación de energía renovable
- Gestión de riesgos
- Gestión de residuos
- Reparación de canalizaciones subterráneas.
- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados.
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios.
- Uso de los accesos asociados al parque.
- Presencia física de la cimentación y protección contra socavación, que supone pérdida de los hábitats.

- Movimiento y funcionamiento de maquinaria.
- Movimiento y emisiones de vehículos.
- Oportunidad de empleo local.

### **3.3. FASE DE DESMANTELAMIENTO**

- Restitución de accesos
- Tránsito de maquinaria, vehículos y transporte de materiales y equipos
- Desmontaje de paneles fotovoltaicos y estructuras mecánicas
- Desmontaje de instalaciones auxiliares.
- Retirada del cableado eléctrico
- Desmantelamiento de las infraestructuras de evacuación de energía eléctrica asociadas.
- Desmontaje de la parte de la SET del parque fotovoltaico, incluyendo desmontaje eléctrico y mecánico por fases.
- Demolición de los elementos permanentes de la obra civil y gestión de los residuos originados (casetas, edificio de la subestación y del centro de control, urbanización de la subestación eléctrica, etc.).
- Disposición de los activos, que comprende el transporte de los elementos para su posterior reciclado.
- Desmantelamiento final de las infraestructuras auxiliares
- Restitución y restauración del terreno a las condiciones previas a la existencia del parque.
- Retirada del cerramiento y entrega de los restos a la cadena de reciclaje de metales.
- Demolición y retirada de las arquetas de concentración y caseta de transformación y traslado de los restos a vertedero autorizado.
- Desenterramiento de la línea eléctrica subterránea e incorporación de los restos a la cadena de reciclado de metales.

## 4. ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

Todas las acciones que se definen a continuación se han obtenido de documentos ambientales sobre instalaciones solares termoeléctricas [16] [17] [18] [19]:

### 4.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### ACONDICIONAMIENTO/ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE TERRESTRE Y OBRAS DE URBANIZACIÓN

- Desbroce del terreno: eliminar cualquier elemento que dificulte la implementación o el acceso.
- Atenuar el terreno mediante la nivelación del mismo, de forma que se consiga una pendiente apta para la instalación de las estructuras.
- Retirar la cubierta vegetal y reservarla para labores posteriores de recuperación y restauración.
- Excavación de zanjas y zapatas, con medios mecánicos y acopio en terreno propio.

#### CIMENTACIÓN

- Cimentaciones de los colectores:
  - Realizar el replanteo topográfico para marcar en el terreno los puntos en los que se van a tener que colocar los seguidores.
  - Extracción de varios metros cúbicos de tierra
  - Realizar las cimentaciones de los espejos y racks de tuberías de hormigón armado
    - Cimentaciones superficiales para los racks de tuberías
    - Cimentaciones semiprofundas mediante pilotes fabricados in situ para los espejos
- Cimentaciones de los centros de transformación:
  - Poner losas de cimentación sobre las que descansan los transformadores.
  - Realización de una acera perimetral alrededor de los prefabricados que alojarán el transformador y las protecciones de la planta solar.
  - Excavación y posterior hormigonado con los pernos de anclaje de las cimentaciones para el anclaje de los pilares de la estructura metálica y soportes de aparellaje exterior.
  - Colocar los pernos de anclaje sujetos con unas plantillas con las medidas entre pernos indicadas en los planos de detalle de cada cimiento.
  - Realizar una cimentación tipo pedestal para la turbina de vapor

- Realizar la cimentación de diferentes capas para los depósitos de sales:
  - Capa de arena
  - Tela de fibra de vidrio
  - Capa de arlita
  - Tela de fibra de vidrio
  - Capa de arena
  - Red de tubos
- Embeber la red de tubos en una capa de hormigón de masa
- Cimentar con zapata directamente apoyadas en el terreno el resto de equipos.

### **REALIZACIÓN DE ZANJAS Y DRENAJES**

- Realizar el drenaje de toda la superficie por medio de pendientes.
- Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan interceptar la escorrentía superficial de las explanaciones en aquellos puntos que sea necesario para un correcto drenaje.
- Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan encauzar y dirigir los cauces del drenaje local, hacia las zonas de desagüe natural existentes.
- Proteger los pilares metálicos mediante rip-rap o cimentación de hormigón en su defecto, en caso de existir estructuras con riesgo de socavación o erosión alrededor de la cimentación como consecuencia de la escorrentía.
- Instalar obras de drenaje transversal consistente en tubos de hormigón armado para favorecer dicho drenaje, en aquellos puntos en los que los viales dificulten o impidan el correcto drenaje de la planta.
- Verter las aguas a una red de cunetas que desemboca en la red exterior de recogida de aguas procedentes del entorno.

### **VIALES INTERIORES**

- Si es existente: realizar un aporte de material de relleno y pequeñas excavaciones de cajeo y regularización.
- Ejecutar viales interiores para comunicar las diferentes zonas de implantación de módulos de la planta fotovoltaica y la SET.
- Disponer de un camino perimetral que dará acceso a los elementos más alejados de los centros de transformación.
- Incluir cunetas laterales, revestidas o no, vados inundables y obras de fábrica con tubos de drenaje, allí donde sea necesario, según las pendientes del terreno y los caudales a evacuar.
- Retirar y acopiar en obra la tierra vegetal retirada de forma previa para la construcción y adecuación de viales, para su posterior utilización en la restauración

del terreno, así como en la adopción de medidas compensatorias y correctoras del impacto de la instalación.

### **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA**

- Desbroce de la capa vegetal y retirada a vertedero de la capa superficial del terreno.
- Explanación, desmonte, relleno, nivelación del terreno y compactación, aproximadamente a la cota definitiva de la instalación.
- Cimentaciones de aparatos y pórtico de línea.
- Colocar la estructura metálica.
- Posicionar una bancada de hormigón armado para que el transformador de potencia se disponga sobre ella.
- Construir un cubeto de recogida de aceite para el trafo.
- Construir una canalización junto al cubeto para la evacuación de posibles vertidos.
- Realizar canalizaciones para los conductores que enlazan elementos del parque con elementos en el interior del edificio.
- Proteger todo el recinto de la subestación por un cierre de malla metálica para evitar el acceso a la misma de personas ajenas al servicio.
- Disponer de tubos drenantes necesarios para evacuar las aguas en un tiempo razonable, de forma que no se produzca acumulación de agua en la instalación y se consiga la máxima difusión posible de las aguas de lluvia.
- Rematar el parque intemperie con una capa de grava superficial.
- Realizar las labores de construcción y albañilería del edificio de explotación y control de la subestación.
- Instalar el sistema de alumbrado, el sistema de telefonía y añadir equipos contra incendios.
- Con el objeto de proteger los equipos de la subestación de descargas atmosféricas directas, se dotará a la subestación con una punta Franklin sobre el pórtico.
- Comprobar que los valores establecidos cumplen el reglamento o el real decreto correspondiente.

### **EVACUACIÓN EN ALTA TENSIÓN**

- Construcción de la red eléctrica terrestre:
  - Opción aérea: Ejecución del tendido aéreo desde la subestación elevadora de nueva construcción hasta la subestación final de Red Eléctrica.
    - Efectuar las cimentaciones de hormigón de los apoyos
    - Instalar los dados de hormigón de las torres
    - Construir la estructura metálica instalando la estructura de la torre de perfiles angulares de acero galvanizado en caliente.
    - Colocar los conductores de fase y comunicación.

- Construir nuevos caminos de acceso a los apoyos.
  - Realizar la puesta a tierra de los apoyos, mediante un sistema mixto de picas y anillo.
  - Añadir un aislador compuesto en las cadenas de suspensión y en las cadenas de amarre simples.
  - Disponer el cableado mediante instalado con cable guía y helicóptero.
  - Tomar medidas de prevención contra la electrocución.
  - Tomar medidas de prevención de las posibles colisiones.
  - Instalar pararrayos en apoyo de transición.
  - Instalar accesorios en la línea aérea de alta tensión, tales como antivibradores, salvapájaros, separadores, contrapesos de bucle y balizas.
  - Evacuar la energía generada por la planta a través de una línea aérea de alta tensión (LAAT) entre la planta fotovoltaica y el nodo de red.
- Opción soterrada: Ejecución del tendido soterrado hasta la subestación elevadora de nueva construcción próxima la subestación final de Red Eléctrica.
    - Realizar zanjas en el terreno para albergar los cables.
    - Realizar el tendido del cable en las zanjas.
    - Colocar tubos donde se instalarán los cables de potencia y el cable de Fibra Óptica.
    - Instalar arquetas de telecomunicaciones.
    - Hormigonar la canalización y rellenar la zanja con material seleccionado de excavación.
    - Enterrar los cables.

### **INSTALACIONES TEMPORALES DE OBRA**

- Montaje de instalaciones auxiliares y centros de inversión y transformación.
- Ocupación de terrenos para almacenamientos temporales de material, casetas de obra o parques de maquinaria.
- Instalación de servicios higiénicos temporales.
- Disposición de un lugar especial identificado de instalaciones provisionales, el cual contará con las medidas de seguridad requeridas para este tipo de maniobras.
- Disposición de una zona de almacenamiento logístico

### **PRODUCCIÓN DE RESIDUOS**

- Generación de residuos, principalmente los derivados del mantenimiento de la maquinaria utilizada para la realización de la obra.
- Vertidos accidentales de aceites, combustibles o de sustancias peligrosas.
- Utilización de colas, disolventes, etc. para operaciones que generarán envases que han contenido sustancias peligrosas así como trapos impregnados de sustancias peligrosas.
- Generación de residuos de hormigón, de metales y maderas y de plástico.
- Generación de residuos como restos de comidas, envoltorios, latas, etc.

### **SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA Y DE LOS EFLUENTES GENERADOS**

- Evacuar el agua a la red perimetral de cunetas del campo solar.
- Asegurar que el agua susceptible de entrar en contacto con grasa y sólidos se evacua de forma separada hacia una arqueta separadora de grasa y sólidos arrastrados.
- Recoger las aguas fecales en una red independiente de la de aguas aceitosas y conducir a través de una fosa séptica y un filtro biológico antes de ser vertidos al cauce público.
- Verter en balsas de separación el agua procedente de las purgas del circuito de refrigeración que no es posible utilizar en la planta y que es necesario eliminar. Pasar esa agua por un separador de grasa y posteriormente evacuarla.
- Unir las aguas residuales en una arqueta de control.

### **OTROS**

- Construcción y montaje de las instalaciones principales:
  - Caldera de respaldo
  - La turbina
  - El generador
  - Los tanques de almacenamiento
  - El campo de heliostatos y la torre central
  - Los colectores cilindro-parabólicos
- Instalar los equipos e instalaciones auxiliares de la planta: telecomunicaciones, estaciones meteorológicas, alumbrado exterior de seguridad, vigilancia, etc.
- Generación de tierras sobrantes
- Consumo de materias primas, como el agua.
- Realizar la captación de agua de los pozos de la finca o de algún otro recurso hídrico.
- Derrames accidentales de combustibles o aceites

- Tránsito de maquinaria, vehículos y transporte de materiales y equipos
- Compra de los terrenos
- Generación de empleo
- Realizar el vallado perimetral

#### **4.2. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- Controlar el conjunto de seguidores por una unidad central.
- Uso de aceites lubricantes para el funcionamiento de la turbina de vapor.
- Generación de un residuo peligroso constituido por mezcla de aceites y grasas procedente de la separación.
- Generación de fangos y residuos sólidos.
- Generación de energía renovable
- Gestión de riesgos
- Gestión de residuos
- Presencia de los accesos y de las instalaciones
- Presencia física de la cimentación y protección contra socavación, que supone pérdida de los hábitats.
- Movimiento y funcionamiento de maquinaria.
- Movimiento y emisiones de vehículos.
- Oportunidad de empleo local.
- Generación de empleo
- Ocupación del terreno.
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios.
- Uso de los accesos asociados al parque.
- Consumo de agua
- Concentración de radiación en el receptor.
- Generación de energía eléctrica mediante la fuente de respaldo.
- Consumo de combustible fósil en la caldera de combustión de gas natural.
- Emisión de partículas difusas y gases contaminantes.
- Realizar labores de mantenimiento de las instalaciones: colectores solares, sistema generador de vapor y de generación eléctrica, etc.
- Funcionamiento de sistemas de tratamiento de agua bruta, de agua potable y tratamiento del efluente de salida

- Funcionamiento de bombas y grupos compresores
- Evacuación de la energía hasta la línea eléctrica.

### **4.3. FASE DE DESMANTELAMIENTO**

- Desmantelamiento de los equipos e infraestructuras instaladas (colectores, tanques de sales, etc.)
- Desmantelamiento de la instalación eléctrica interior de la planta.
- Desmantelamiento de las infraestructuras de evacuación de energía eléctrica asociadas.
- Desmontaje de la parte de la SET del parque fotovoltaico, incluyendo desmontaje eléctrico y mecánico por fases.
- Desmontaje de instalaciones auxiliares.
- Desmantelamiento y eliminación de materiales tóxicos y peligrosos.
- Demolición de los elementos permanentes de la obra civil y gestión de los residuos originados (casetas, edificio de la subestación y del centro de control, urbanización de la subestación eléctrica, etc.).
- Disposición de los activos, que comprende el transporte de los elementos para su posterior reciclado.
- Acondicionamiento del terreno a su estado anterior.
- Restauración de los terrenos afectados por pistas, plataformas, zanjas, tendidos y otras obras o estructuras del parque.
- Restitución de nuevos viales internos y sus cunetas.
- Remodelación topográfica de la zona de actuación
- Generación de empleo y oportunidad local de empleo.

## 5. ENERGÍA HIDROELÉCTRICA REVERSIBLE

Todas las acciones que se definen a continuación se han obtenido de documentos ambientales sobre instalaciones hidroeléctricas reversibles, obtenidos de la sede electrónica del Gobierno de España, concretamente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [20] [21] [22] [23]:

### 5.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### CONSTRUCCIÓN DE Balsa

- Excavación de tierras
- Machaqueo, clasificado y cribado del material de excavación que será empleado en la construcción del dique.
- Sistema de impermeabilización de la balsa:
  - Introducir una geomembrana de polietileno de alta densidad, en contacto con el agua.
  - Colocar una georred de drenaje y control de fugas, para evacuar el agua que se infiltre debido a una eventual perforación o rotura de la geomembrana superior, sirviendo así como control de fugas.
  - Colocar otra geomembrana, la cual estará protegida, de su contacto con el terreno natural, mediante un geotextil.
  - Colocar una cama de arena debajo del geotextil, para evitar dañar la lámina al ir apoyado el geotextil directamente sobre el terreno que pudiese contener aristas vivas.
- Proyectar un vertedero lateral a la balsa.
- Cerrar todo el recinto de las balsas mediante la colocación de una valla perimetral de acero galvanizado.

#### TOMA SUPERIOR E INFERIOR

- Desbroce y limpieza del terreno de la zona afectada mediante medios mecánicos.
- Retirada de maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente en la zona proyectada.
- Acoplar y mantener la tierra extraída de la cubierta vegetal para su posterior extendido en los taludes.
- Generación de un movimiento de tierra para la ejecución de distintas obras.
- Realizar una excavación en rampa
- Disponer una reja plana desmontable de protección frente a la entrada de cuerpos flotantes

- Colocación de limpiarregas
- Realizar una transición elíptica en la toma hasta la sección que da comienzo al túnel de aducción.
- Realizar la estructura de hormigón armado.
- Instalar el sistema de compuertas de la toma
- Construir la estructura de hormigón perteneciente a las torres de compuertas en el almacenamiento superior.
- Efectuar un pozo de acceso al conducto interior de la tubería forzada.
- Instalar un elemento de protección en la parte delantera de la torre de compuertas.
- Dimensionar e introducir un aliviadero
- Colocación de una doble tubería con dos compuertas en cada una de ellas para los desagües de fondo.
- Construcción de cunetas.
- Efectuar un peralte en la coronación del almacenamiento para evitar la entrada de material por medio de arrastres.
- Colocar las medidas necesarias para evitar la caída de personas o vehículos desde la coronación.
- Construir un camino perimetral a pie de talud que permita la observación de los taludes del almacenamiento para las inspecciones visuales, a partir del cual se accederá a la coronación.
- Pavimentar el camino para permitir la circulación de vehículos en cualquier circunstancia meteorológica.
- Realizar el vallado.
- Diseñar para cada uno de los almacenamientos un sistema de auscultación específico
- Si existe el embalse superior: bajar la cota del embalse al mínimo de explotación concesional en una campaña de estiaje

### **TÚNEL DE ADUCCIÓN**

- Ejecutar el túnel mediante el método con explosivos.
- Revestir el tramo superior de hormigón
- Revestir el tramo inferior de acero y relleno del trasdós con hormigón en masa.
- Ejecutar el pozo de compuertas mediante la técnica del raise-boring.

### **ESTACIÓN DE BOMBEO**

- Retirar la tierra y realizar una explanada
- Ejecutar una losa de hormigón
- Construir el edificio de la estación de bombeo

- Vallar la instalación
- Instalar los equipos eléctricos de las bombas verticales
- Instalar todos los elementos de regulación y control hidráulico y eléctrico de la instalación.

### **SISTEMA DE CONDUCCIONES**

- Instalar los equipos eléctricos de las bombas verticales
- Instalar todos los elementos de regulación y control hidráulico y eléctrico de la instalación.
- Emplear una zanja
  - Realizar la excavación mediante el método con explosivos, y/o
  - Realizar la excavación empleando la técnica del raiseboring, mediante taladro piloto, escarificado y destrozo.
- Alojarse las conducciones en la zanja
- Rellenar los huecos de la zanja con arena.
- Reforzar los conductos de hormigón con fibras y con cordones anulares de pretensado circular.
- Realizar los conductos entre central y chimeneas de equilibrio empleando acero.
  - Realizar bifurcaciones en estos conductos en las cercanías de la central con tubos de acero soldado y rigidizadores de refuerzo.

### **CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

- Realizar la excavación mediante medios mecánicos y voladura controlada.
- Ejecutar el sistema de sostenimiento con bulones y recubrimiento de hormigón.
- Pretensar circularmente el hormigón en varios escalones de carga.

### **CENTRAL SUBTERRÁNEA**

- Adecuar el acceso a la zona subterránea
- Excavación y vaciado del material sobrante
- Construcción de la estructura de la central.
- Construir los túneles inferiores y las galerías de acceso a la central.
- Construir la nave estructural ubicada en la parte superior de la central.
- Trasladar los equipos principales desde la explanada de acceso con la ayuda de un pórtico grúa exterior, a través de un hueco de grandes dimensiones.
- Proteger el hueco con una tapa metálica desmontable.
- Realizar la cubierta del hueco con un lucernario que permitirá el paso de luz natural.

- Disponer escaleras y montacargas que permitan el movimiento en vertical tanto de personas como de pequeños equipos.
- Colocar las barras de generación conducciones eléctricas cables de control y tuberías de drenaje y ventilación.
- Instalar los grupos reversibles de turbinas y bombas
- Implantar el sistema de agua de refrigeración (válvulas y filtros), sistema de aire comprimido y el CCM de drenaje y achique.
- Instalar el grupo oleo hidráulico de turbina, el sistema de lubricación del cojinete inferior y otros equipos auxiliares de las turbinas.
- Introducir el sistema de vaciado de la tubería forzada y tubo de aspiración.
- Introducir las válvulas de guarda, de bypass y de tuberías principales.
- Instalar los alternadores, motores y sistemas auxiliares.
- Instalar el transformador de excitación, la celda de frenado eléctrico y las celdas de medida y protección.
- Instalar diversos equipos asociados al generador, el sistema de lubricación del cojinete superior y la celda de salida del neutro.
- Instalar los cuadros de control y protección.
- Abastecer las salas y oficinas con luz, equipos de comunicación, mobiliario y utensilios.
- Situar, aguas abajo y adosada a cada pozo, el pozo de compuertas de aspiración, que dispondrá de su correspondiente cámara de revisión en su extremo superior.
- Tomar el agua de servicio de la red de abastecimiento existente.
- Evacuar las aguas residuales hacia una fosa séptica estanca de acumulación enterrada en la propia explanada.

### **ACCESOS**

- Existente: realizar un aporte de material de relleno y pequeñas excavaciones de cajeo y regularización.
- Nuevo: excavación, relleno y acondicionamiento del terreno.
- Conectar el camino de acceso a central con sendas explanadas situadas sobre cada una de las tomas
- Modificación de los accesos actuales en las inmediaciones de la nueva central.

### **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

- Modificación de los accesos actuales en las inmediaciones de la nueva central.
- Excavación y hormigonado de anclajes de aparamenta.
- Realización de las zanjas para la red de tierras.

- Realización de las atarjeas exteriores para el paso de cableado de control y potencia con tapas de hormigón.
- Bancada para el transformador de potencia con el correspondiente foso de recogida de aceite.
- Realización del vallado perimetral con malla de simple torsión y alambre de espinos.
- Extendido de capa de gravilla de remate.
- Realizar el montaje electromecánico de los equipos que transformarán el voltaje recibido del parque eólico
- Llevar a cabo las actividades finales de arquitectura y urbanización
- Construcción de un edificio de interconexión y control donde se alojarán equipos auxiliares, de control, medida, protección, corriente continua, etc.
- Realizar las conexiones entre la ampliación de la subestación y las posiciones de Iberdrola en la subestación existente mediante cable unipolar aislado de alta tensión.

### **LÍNEA DE ALTA TENSIÓN**

- Realizar las conexiones entre la ampliación de la subestación y las posiciones de Iberdrola en la subestación existente mediante cable unipolar aislado de alta tensión.
- Construcción de la red eléctrica terrestre:
  - Opción aérea: Ejecución del tendido aéreo desde la subestación elevadora de nueva construcción hasta la subestación final de Red Eléctrica.
    - Instalar los dados de hormigón de las torres
    - Construir la estructura metálica instalando la estructura de la torre de perfiles angulares de acero galvanizado en caliente
    - Disponer el cableado mediante instalado con cable guía y helicóptero
  - Opción soterrada: Ejecución del tendido soterrado hasta la subestación elevadora de nueva construcción próxima la subestación final de Red Eléctrica.
    - Realizar zanjas en el terreno para albergar los cables.
    - Realizar el tendido del cable en las zanjas.
    - Enterrar los cables.

### **ACCIONES ADICIONALES**

- Contratación del personal que va a llevar a cabo las obras.
- Disponer espacios como parques de maquinaria, espacios de acopio de materiales, espacios de instalaciones sociales e industriales, etc.
- Uso de maquinaria.
- Tráfico de vehículos.

- Llenado de los embalses
- Vertido accidental de aceites, combustibles u otros productos empleados en las labores constructivas.
- Ocupación y compactación del suelo.
- Generación de empleo y oportunidad de empleo local.
- Compra de terrenos.

## **5.2. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- Realizar labores de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los elementos que forman la central.
- Disponer un centro de control para la monitorización y control.
- Disponer un centro de control para la videovigilancia y seguridad de la central hidroeléctrica reversible.
- Gestión de incidentes y respuesta a emergencias
- Inspección, prueba y mantenimiento de cables de interconexión y de exportación
- Mantenimiento base de operación y mantenimiento de las estructuras en tierra
- Presencia física de la cimentación y protección contra socavación, que supone pérdida de los hábitats.
- Vertidos accidentales de contaminantes.
- Derivación y turbinado del agua.
- Alteración del caudal natural del río.
- Presencia de los embalses.
- Generación de energía renovable.
- Gestión de residuos.
- Gestión de riesgos.
- Generación de empleo y oportunidad de empleo local.
- Movimiento y emisiones de vehículos y maquinaria.
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios.
- Uso de los accesos asociados al parque.

## **5.3. FASE DE DESMANTELAMIENTO**

- Realizar diferentes campañas de medición e inspección que tienen como objetivo valorar el estado de las estructuras y subestructuras.
- Realizar campañas de medición que tendrán el objetivo el analizar el estado final de la zona de implantación.
- Extracción del material eléctrico de pequeñas dimensiones y reutilizable.
- Restauración de las zonas afectadas
- Desconexión y desenergización de la central.
- Desmontaje de la subestación transformadora.
- Demolición de los elementos permanentes de la obra civil y gestión de los residuos originados (casetas, edificio de la subestación y del centro de control, urbanización de la subestación eléctrica, etc.).
- Demolición de la presa.
- Retirada del cableado y apoyos metálicos de la línea de evacuación, si la hubiera.
- Tránsito de maquinaria, vehículos y transporte de materiales y equipos
- Restitución de nuevos viales internos y sus cunetas.
- Vaciado del embalse
- Inspección técnica de la estructura de las presas que queden en pie.
- Restitución del caudal natural del río.
- Generación de empleo y oportunidad local de empleo.

## 6. ENERGÍA UNDIMOTRIZ

Todas las acciones que se definen a continuación se han obtenido de documentos ambientales sobre instalaciones de energía undimotriz, obtenidos de la sede electrónica del Gobierno de España, concretamente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [24] [25]:

### 6.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### 6.1.1. Instalaciones offshore

##### DISEÑO:

- Realizar campañas geofísicas específicas que determinarán la existencia o no de restos arqueológicos.
  - Si se encontrarán, se respetará una zona de seguridad de 100 m durante la etapa de transporte e instalación.
- Realizar las campañas de medición necesarias para caracterizar el clima el medio físico, biótico y social, y las interfaces entre los diferentes elementos.
- Recopilar toda la documentación normativa de aplicación, desde la ubicación marina hasta la zona terrestre.
- 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.
- Instalar un mástil para realizar una campaña de recopilación de datos meteoceánicas para calibrar o validar los datos obtenidos por los modelos numéricos.
- Realizar los estudios de ingeniería específicos.
- Definir una zona de seguridad de 500 m alrededor del parque y a cada lado de los cables submarinos en donde no se permiten actividades de construcción, navegación o edificación.

##### INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FONDEO

- Instalar las anclas en el suelo marino.
- Realizar pruebas de pretensión para comprobar que la capacidad de sujeción del ancla es la adecuada.
- Instalar la parte superior de la catenaria
- Señalizar el extremo superior de la catenaria mediante una boya.
- Unir la catenaria con el WEC.

- Arrastrar las anclas de arrastre durante una longitud mínima que permita desarrollar la penetración necesaria para lograr la capacidad de sujeción de diseño.

### **ENSAMBLAJE, TRANSPORTE Y CONEXIÓN DEL WEC**

- Puesta a flote de la plataforma. Dos opciones:
  - El WEC se ha construido en un dique seco
    - Al finalizar la construcción, llenar el dique de agua para ponerlo a flote.
    - Ensamblar el conjunto en el mismo puerto o bien transportarlo mediante un remolcador hasta el puerto de ensamblaje.
  - El WEC se ha construido en el borde de un muelle
    - Colocarlo en una barcaza semi-sumergible
    - A continuación, o bien se pondrá la plataforma a flote sumergiendo la barcaza, o bien se transportará en la misma barcaza hasta el puerto de ensamblaje donde será puesto a flote.
- Montaje del WEC
  - Montar el WEC uniendo las diferentes partes que la componen.
  - Realizar las pruebas de puesta a punto en el mismo muelle.
  - Comprobar el correcto funcionamiento de las distintas uniones, sistemas y dispositivos.
- Transporte y conexión del WEC.
  - Transportar el conjunto hasta la ubicación prevista en el parque eólico marino.
  - Unir el WEC con la línea de fondeo.
  - Realizar la conexión conectando la línea de amarre preinstalada con el WEC.
  - Realizar el tensionado del amarre.

### **TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE LA SUBESTACIÓN MARINA**

- Cargar la estructura y desplazar el conjunto hasta la barcaza.
- Operación de carga del topside o de la subestación marina, desde el muelle del puerto de fabricación designado, en una barcaza que lo transportará hasta su ubicación definitiva.
- Izar el topside con una embarcación adecuada que usa un sistema de posicionamiento dinámico.
- Fijar los puntos de conexión del topside y las unidades de acoplamiento de los jackets en la posición correcta para un ensamblaje correcto.

## TENDIDO DE CABLES SUBMARINOS

Cables de exportación: Los cables de exportación comprenden el tramo que va desde la subestación marina hasta la arqueta de conexión, donde cambian su tipología de marina a terrestre.

- Realizar estudios geotécnicos y ensayos de tendido (mock-up).
- Realizar campañas geofísicas y geotécnicas, con la finalidad de evaluar la profundidad exacta del lecho, determinar si serán necesarios trabajos de dragado, y localizar objetos que puedan dificultar el tendido de los cables.
- Limpiar el fondo marino a lo largo del emplazamiento del cable de exportación.
- Testar todo el equipo de tendido de cables necesario.
- Definir una ruta de tendido de cable.
- Instalar un cabrestante, que estará próximo a la arqueta de conexión.
- Construir barreras temporales con el fin de proteger las áreas de trabajo durante la instalación.
- Cargar el cable de exportación en la embarcación de tendido de cables (ETC).
- Trasladar la ETC desde el puerto designado hasta el punto de transición en tierra.
- Conectar el cabrestante al cable de la ETC y empezar la operación de tirado del cable.
- Instalar unos flotadores sobre el cable para facilitar la maniobra.
- Una vez el cable llegue a tierra, los flotadores serán sustituidos temporalmente por unos elementos deslizantes.
- Cuando el cable alcance el punto de transición, se retirarán los flotadores restantes.
- Completar el aterraje en tierra y asegurar el cable.
- Colocar el cable en la ruta de tendido con la ayuda de vehículos remotos (ROV).
- Instalar un cable mensajero en la cubierta de la subestación, conectado a un cabrestante o grúa
- Recuperar el cable mensajero y llevarlo hasta la ETC.
- Conectar el cable mensajero con el cable dinámico almacenado a bordo.
- Incrementar la tensión del cable para que el cable mensajero tire del cable proporcionado por la ETC al mismo tiempo que esta suelte el cable para mantener su integridad y una tensión adecuada.
- Realizar la conexión entre las secciones estática y dinámica
- Colocar la junta de transición en el lecho marino.
- Llevar a cabo comprobaciones eléctricas para verificar la operatividad del cable y del punto de conexión entre ambas secciones, así como inspecciones visuales mediante un ROV.

- Enterrar el cable submarino a una profundidad previamente determinada con estudios específicos.
  - Crear una zanja de una profundidad determinada con un ROV mediante un chorro de agua a presión que fluidifica el lecho marino, mientras se desplaza a lo largo del cable.
  - Asentar el cable en el fondo de la zanja.
  - *Según los condicionantes de la zona, puede ser inviable el entierro de cable y, por tanto, para mantener su integridad, se puede optar por otros métodos, como mantas de hormigón, tubos metálicos, sacos de hormigón o arena, escollera, etc.*
- Minimizar la alteración del lecho marino y devolver el fondo a su nivel original.

Cables de interconexión: *Los cables de interconexión entre convertidores conectan los dispositivos de una misma fila entre sí, con la finalidad de recoger y unificar la energía generada por los convertidores en una sola agrupación.*

- Realizar trabajos de pre-instalación con el objetivo de evaluar la ingeniería y los métodos de instalación propuestos
- Llevar a cabo una limpieza del fondo marino a lo largo del emplazamiento del cable de interconexión.
- Cargar el cable de interconexión con la ETC en el puerto designado, desde el buque de transporte o desde un almacenamiento intermedio.
- Transportar el cable de interconexión hasta el emplazamiento del WEC.
- Instalar un cable mensajero en cada dispositivo/convertidor, conectado a un cabrestante o grúa.
- Mediante un ROV, recuperar el cable mensajero, y llevar hasta la ETC, donde se conectará con el cable dinámico almacenado a bordo.
- Incrementar la tensión del cabrestante con el equipo ubicado en la plataforma y el cable mensajero tirará del cable proporcionado por la ETC, al mismo tiempo que esta soltará el cable para mantener su integridad y una tensión adecuada.
- Ejecutar el tendido de cable sobre el fondo marino entre los WECs.
- Instalar el sistema de protección del cable (CPS) y flotadores sobre el cable en el momento de su tendido.
- Con la primera operación de tirado realizada, la ETC se moverá al siguiente convertidor/dispositivo realizando las diferentes operaciones de tendido. Cuando llegue al segundo convertidor se iniciará la segunda operación de tirado.
- Cuando el cabrestante de la plataforma haya tirado lo suficiente, el cable tirado y el cable tendido, que estarán posicionados sobre el cuadrante de la embarcación, serán izados con una grúa para finalmente ser posicionados en el lecho marino.
- Enterrar y proteger el cable en algunas secciones.

## **OPERACIONES TERRESTRES**

### Transición marítima-terrestre:

- Realizar la transición mediante una zanja
- Realizar la transición mediante la utilización de PHD
  - Preparar las zonas de trabajo y los accesos.
  - Perforación piloto: El agujero piloto se perfora a lo largo de la trayectoria prescrita.
  - 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 escariador de mayor diámetro, que sigue una trayectoria inversa hacia el pozo de ataque mientras va incrementando el diámetro de la perforación.
  - 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.
- Empleo de embarcaciones y buceadores de apoyo para suministrar las tuberías desde mar.

### Operaciones en tierra:

- Realizar una excavación ubicada cerca del punto de aterraje.
- Ejecución de la arqueta de transición marítimo-terrestre. Ejecución de dos arquetas de conexión en la que los circuitos eléctricos de los dos cables de exportación queden separados físicamente.
- Recubrir la arqueta con tierra para su ocultación.
- Ejecución de zanjas temporales para alojar los cables terrestres:
  - Directamente enterrados.
  - Alojados en tubos de polietileno embebidos en un prisma de hormigón en masa, cuando el trazado discorra bajo zonas de rodadura o cruzamientos.
- Rellenar las zanjas con material de la propia excavación, restaurándose la cubierta vegetal o bien los pavimentos o firmes alterados.

## **6.1.2. Instalaciones onshore**

### **ADECUACIÓN DEL TERRENO Y CONSTRUCCIONES**

- Desbroce del terreno: eliminar cualquier elemento que dificulte la implementación o el acceso.
- Retirar la cubierta vegetal y reservarla para labores posteriores de recuperación y restauración.

- Realizar movimientos de tierra y excavaciones para la cimentación de edificios y apoyos.
- Atenuar el terreno mediante la nivelación del mismo, de forma que se consiga una pendiente apta para la instalación de las estructuras.
- Estabilización del suelo y movimientos de tierra necesarios para facilitar los accesos y tareas de construcción.
- Excavación de zanjas y zapatas, con medios mecánicos y acopio en terreno propio.
- Construcción de una escollera o un espigón
- Construcción de la pasarela
- Colocación de pilotes y ubicación del muelle
  - Efectuar las perforaciones en suelo marino a través de una barrena.
  - Realizar el posicionamiento e hincado de los pilotes.
  - Realizar su enterramiento en la posición indicada por medio de un martillo neumático.
  - Enterramiento de los pilotes con un equipo montado sobre una barcaza o embarcación similar y/o utilización de una grúa flotante
- Realizar la cimentación de hormigón.
- Realización de estructuras civiles (edificios y fosas).
- Realizar las labores de construcción y albañilería del edificio de explotación y control de la subestación.
- Disponer escaleras y montacargas que permitan el movimiento en vertical tanto de personas como de pequeños equipos.
- Instalar el sistema de alumbrado, el sistema de telefonía y añadir equipos contra incendios.
- Construcción y montaje de las instalaciones principales: turbina, generador, equipos electromecánicos, etc.
- Instalar el grupo oleo hidráulico de turbina, el sistema de lubricación del cojinete inferior y otros equipos auxiliares de las turbinas.
- Instalar el transformador de excitación, la celda de frenado eléctrico y las celdas de medida y protección.
- Instalar diversos equipos asociados al generador, el sistema de lubricación del cojinete superior y la celda de salida del neutro.
- Instalar los cuadros de control y protección.

### **6.1.3. Acciones comunes**

#### **REALIZACIÓN DE ZANJAS Y DRENAJES**

- Realizar el drenaje de toda la superficie por medio de pendientes.
- Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan interceptar la escorrentía superficial de las explanaciones en aquellos puntos que sea necesario para un correcto drenaje.
- Ejecutar cunetas rebasables hormigonadas que permitan encauzar y dirigir los cauces del drenaje local, hacia las zonas de desagüe natural existentes.
- Proteger los pilares metálicos mediante rip-rap o cimentación de hormigón en su defecto, en caso de existir estructuras con riesgo de socavación o erosión alrededor de la cimentación como consecuencia de la escorrentía.
- Instalar obras de drenaje transversal consistente en tubos de hormigón armado para favorecer dicho drenaje, en aquellos puntos en los que los viales dificulten o impidan el correcto drenaje de la planta.
- Verter las aguas a una red de cunetas que desemboca en la red exterior de recogida de aguas procedentes del entorno.

#### **ACCESOS**

- Existente: realizar un aporte de material de relleno y pequeñas excavaciones de cajeo y regularización.
- Nuevo: excavación, relleno y acondicionamiento del terreno.
- Conectar el camino de acceso a central con sendas explanadas situadas sobre cada una de las tomas
- Modificación de los accesos actuales en las inmediaciones de la nueva central.

#### **CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA**

- Excavación y hormigonado de anclajes de aparamenta.
- Realización de las zanjas para la red de tierras.
- Realización de las atarjeas exteriores para el paso de cableado de control y potencia con tapas de hormigón.
- Bancada para el transformador de potencia con el correspondiente foso de recogida de aceite.
- Realización del vallado perimetral con malla de simple torsión y alambre de espinos.
- Extendido de capa de gravilla de remate.
- Realizar el montaje electromecánico de los equipos que transformarán el voltaje recibido del parque eólico
- Llevar a cabo las actividades finales de arquitectura y urbanización.

- Construcción de un edificio de interconexión y control donde se alojarán equipos auxiliares, de control, medida, protección, corriente continua, etc.
- Realizar las conexiones entre la ampliación de la subestación y las posiciones de Iberdrola en la subestación existente mediante cable unipolar aislado de alta tensión.

### **LÍNEA DE EVACUACIÓN**

- Construcción de la red eléctrica terrestre:
  - Opción aérea: Ejecución del tendido aéreo desde la subestación elevadora de nueva construcción hasta la subestación final de Red Eléctrica.
    - Efectuar las cimentaciones de hormigón de los apoyos
    - Instalar los dados de hormigón de las torres
    - Construir la estructura metálica instalando la estructura de la torre de perfiles angulares de acero galvanizado en caliente.
    - Colocar los conductores de fase y comunicación.
    - Construir nuevos caminos de acceso a los apoyos.
    - Realizar la puesta a tierra de los apoyos, mediante un sistema mixto de picas y anillo.
    - Añadir un aislador compuesto en las cadenas de suspensión y en las cadenas de amarre simples.
    - Disponer el cableado mediante instalado con cable guía y helicóptero.
    - Tomar medidas de prevención contra la electrocución.
    - Tomar medidas de prevención de las posibles colisiones.
    - Instalar pararrayos en apoyo de transición.
    - Instalar accesorios en la línea aérea de alta tensión, tales como antivibradores, salvapájaros, separadores, contrapesos de bucle y balizas.
    - Evacuar la energía generada por la planta a través de una línea aérea de alta tensión (LAAT) entre la planta fotovoltaica y el nodo de red.
  - Opción soterrada: Ejecución del tendido soterrado hasta la subestación elevadora de nueva construcción próxima la subestación final de Red Eléctrica.
    - Realizar zanjas en el terreno para albergar los cables.
    - Realizar el tendido del cable en las zanjas.
    - Colocar tubos donde se instalarán los cables de potencia y el cable de Fibra Óptica.
    - Instalar arquetas de telecomunicaciones.

- Hormigonar la canalización y rellenar la zanja con material seleccionado de excavación.
- Enterrar los cables.

## **OTROS**

- Disponer espacios como parques de maquinaria, espacios de acopio de materiales, espacios de instalaciones sociales e industriales, etc.
- Movimiento, uso y mantenimiento de la maquinaria
- Contratación del personal que va a llevar a cabo las obras.
- Tráfico de vehículos
- Generación de empleo y oportunidad de empleo local.
- Realizar monitoreos de la calidad de agua de mar
- Instalar los equipos e instalaciones auxiliares de la planta: telecomunicaciones, estaciones meteorológicas, alumbrado exterior de seguridad, vigilancia, etc.
- Riesgo de accidentes (fallo del dispositivo, colisiones, etc.)
- Compra de terrenos.

## **6.2. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

- Gestión de incidentes y respuesta a emergencias
- Inspección, prueba y mantenimiento de cables de interconexión y de exportación
- Inspección y mantenimiento de mástiles meteorológicos en alta mar y en tierra
- Presencia de las instalaciones: barcasas, centro de control y conductores.
- Realizar labores de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los elementos que forman la central.
- Generación de energía renovable.
- Gestión de riesgos
- Gestión de residuos.
- Actividad de las turbinas, generadores, transformadores, etc.
- Funcionamiento de cables submarinos (campo electromagnético).
- Oportunidad de empleo local.
- Generación de empleo.
- Movimiento y funcionamiento de maquinaria.
- Movimiento y emisiones de vehículos.
- Presencia de los accesos y de las instalaciones

- Presencia física de la cimentación y protección contra socavación, que supone pérdida de los hábitats.
- Uso de las áreas de mantenimiento y servicios.
- Uso de los accesos asociados al parque.
- Uso de pinturas antifouling (anti-corrosión)
- Derrames de fluidos hidráulicos u otros contaminantes.
- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de los mismos.
- Almacenamiento de recambios de elementos críticos, y materiales de mantenimiento (como aceites).
- Ocupación permanente de superficie marina.
- Presencia de alumbrado y balizamiento para navegación marítima y aérea.

### **6.3. FASE DE DESMANTELAMIENTO**

- Realizar diferentes campañas de medición e inspección que tienen como objetivo valorar el estado de las estructuras y subestructuras.
- Ejecutar las intervenciones necesarias para el desmantelamiento de cada uno de los elementos del parque.
- Realizar campañas de medición que tendrán el objetivo el analizar el estado final de la zona de implantación.
- Desconexión de la central de generación de energía eléctrica y de la red de transporte nacional de dicha energía eléctrica.
- Extracción del material eléctrico de pequeñas dimensiones y reutilizable, sobre todo en el interior de los dispositivos y de la subestación eléctrica y centro de control.
- Retirada de cableado de media tensión y equipos autónomos eléctricos y mecánicos que puedan ser recolocados en el mercado.
- Desmontaje de la parte de la SET (subestación), incluyendo desmontaje eléctrico y mecánico por fases.
- Demolición de los elementos permanentes de la obra civil y gestión de los residuos originados (casetas, edificio de la subestación y del centro de control, urbanización de la subestación eléctrica, dique, etc.).
- Retirada del cableado y apoyos metálicos de la línea de evacuación, si la hubiera.
- Desmontaje final del aparillaje metálico y transformador de la subestación.
- Desmontaje de la estación de medición.
- Transporte de las barcas a su ubicación final

- Disposición de los activos, que comprende el transporte de los elementos para su posterior reciclado.
- Restauración de los terrenos afectados por pistas, plataformas, zanjas, tendidos y otras obras o estructuras del parque.
- Restitución de nuevos viales internos y sus cunetas
- Eliminación de hormigón del fondo marino
- Movimiento, uso y mantenimiento de maquinaria
- Pequeños derrames accidentales de hidrocarburos.
- Generación de empleo y oportunidad local de empleo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Iberdrola S.A., "Documento Inicial de Proyecto - Parque Eólico Marino Flotante San Borondón," 2021.
- [2] Iberdrola S.A., "Documento Inicial de Proyecto - Parque Eólico Marino Flotante San Brandán," 2021.
- [3] SENER, "Documento Inicial de Proyecto - Proyecto "Parque eólico marino mar de Ágata", " 2021.
- [4] Iberdrola S.A., "Documento Inicial de Proyecto - Parque eólico marino flotante San Cibrao," 2021.
- [5] Iberdrola S.A., "Documento Inicial de Proyecto - Parque eólico marino GAVINA (Cataluña)," 2022.
- [6] SENER, "Documento Inicial de Proyecto - Proyecto "Parque eólico marino flotante Nordés", " 2021.
- [7] Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A., "Documento Inicial para determinación del alcance de la EIA - Proyecto Eólico "Andorra 3", " 2022.
- [8] Naturgy, "ANEXO XII: PLAN DE DESMANTELAMIENTO - PROYECTO DEL PARQUE EÓLICO MERENGUE II, DE LA," 2019.
- [9] Servicios Auxiliares de Telecomunicación, S.A., "Documento Inicial para determinación del alcance de la EIA - Parque Eólico "Manchego" y su infraestructura de evacuación de energía eléctrica," 2021.
- [10] Econima, "Documento de Inicio - Parque eólico crecente e infraestructuras de evacuación, A Cañiza y Crecente (Pontevedra)".
- [11] Statkraft, "Documento inicial de solicitud de alcance de Estudio de Impacto Ambiental - Complejo Eólico Segrià 250 MW," 2022.
- [12] GTA ingeniería, "Memoria resumen - PROYECTO DE PLANTA FOTOVOLTAICA "TORRIJOS SOLAR ATLAS" (112,9 MWp / 94,1 MWn), SET Y LÍNEA DE EVACUACIÓN AÉREA, EN LOS TT.MM. DE MAQUEDA, QUISMONDO, NOVÉS, Y TORRIJOS (TOLEDO).," 2022.
- [13] Greening-e, "ESTUDIO DE ALCANCE AMBIENTAL DE LOS SUELOS DE DISTINTAS PROPIEDADES EN EL T.M. DE CAMARILLAS PARA ACOGER LA IMPLANTACIÓN DEL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO CAMARILLAS," 2022.
- [14] TDOT Soluciones Sostenibles, S.L., "Documento Inicial de Proyecto - Planta Solar Fotovoltaica Híjar I," 2021.

- [15] Auzoberri Desarrollo SLU, "Documento de Inicio de Proyecto - Planta solar fotovoltaica Cofin," 2021.
- [16] Novotec, "Documento de síntesis del Estudio de Impacto Ambiental "Planta de Generación Solar Termoeléctrica Vallesol 2" (San José del Valle - Cadiz)," 2009.
- [17] M. Á. Brita-Paja Hoyos, "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA PLANTA SOLAR TERMOELÉCTRICA. (Isla Mayor, Sevilla)".
- [18] F. Molina Venegas y C. Navarro Quesada, "Estudio de Impacto Ambiental de una Central Termosolar," 2010.
- [19] Fotowatio, "Documento de síntesis - Estudio de Impacto Ambiental de la Planta Termosolar Casablanca (Badajoz)," 2008.
- [20] Iberdrola, "Documento inicial del proyecto de "Aprovechamiento Hidroeléctrico de Jose M<sup>a</sup> de Oriol II" T.M. Alcántara (Cáceres)," 2020.
- [21] Esera Solar, S.L.U., "Documento Inicial de Proyecto - Central Hidroeléctrica Reversible Persica (6,98 GWh, 648 MWe)," 2022.
- [22] Iberdrola Generación, S.A.U., "Documento Inicial del Proyecto Aprovechamiento Hidroeléctrico Conso II. Rev. 1," 2019.
- [23] Global Energy Services, "Almacenamiento a gran escala de energía en la cuenca del ebro con toma en embalse de mequinenza (318 MW)".
- [24] Energía del Mar Gijón S.L., "Documento ambiental del anteproyecto del parque de energía undimotriz Gijón," 2014.
- [25] Wave Energy Ferrol, S.L., "Separata del documento ambiental del anteproyecto del parque de energía undimotriz Ferrol," 2013.