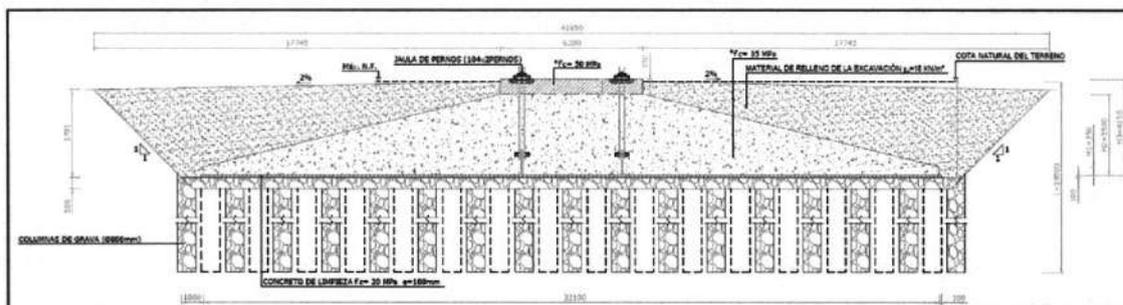


Ilustración 2.5.4
Cimentación típica para aerogenerador



Fuente: EGEPISAC, 2020.

Plataformas de montaje de aerogeneradores

La instalación de los diferentes elementos que componen los aerogeneradores necesita la realización de plataformas de maniobra, montaje y acopio para cada aerogenerador (**Ilustración 2.5.5**). Si bien esta obra es para la construcción, es permanente pues servirá en la fase de operación del proyecto para maniobras de mantenimiento o para eventuales reemplazos de componentes de los aerogeneradores, de ser requerido. Sobre ellas operarán la grúa principal, la grúa auxiliar, los vehículos que transportan las piezas de los aerogeneradores y se acopiarán las estructuras que forman parte de las torres y el aerogenerador.

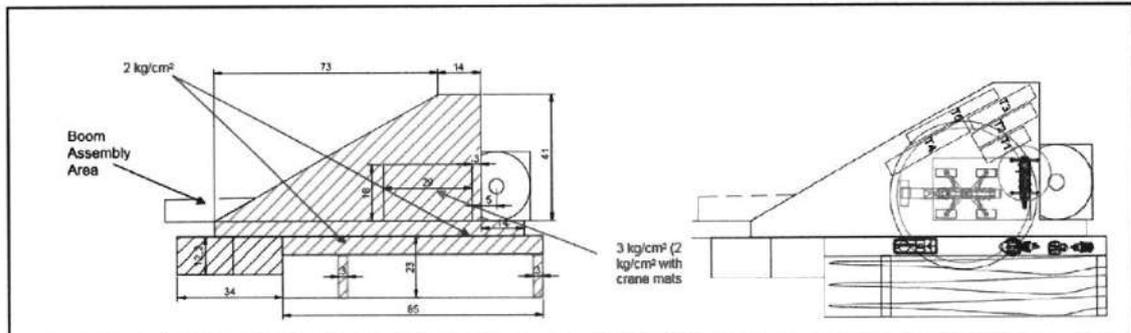
Para esto se requerirán las siguientes plataformas:

- Área de maniobra de la grúa principal y auxiliar: Corresponde a un área de 3 kg/cm² de carga portante y unas dimensiones de 29 x 18 m. En esta área el firme estará compuesto por tres capas. Una primera capa de 60cm de espesor de suelo seleccionado, sobre esta, una sub-base de firme natural de 25 cm de espesor y finalmente una base de firme artificial de 15 cm de espesor. Todas ellas compactados al 98% del Próctor modificado.
- Plataforma Principal: Junto al área de maniobra de la grúa se proyectará una zona donde se dispondrá una zona para acopio de la gondola, el buje y los tramos de la torre. La zona será de forma triangular, con de 2 kg/cm² de carga portante y unas con unas dimensiones de uno 87 m de base y 41 m de altura. En esta área se aplicará un firme de una capa de 45cm de suelo seleccionado compactado al 98% del Próctor modificado.
- Plataforma para acopio de palas: Frente al área de maniobra de la grúa, al otro lado del vial, adyacente al mismo, se proyectará una zona para acopio de palas, con una carga portante de 2 kg/cm² y de dimensiones aproximadas de 23x85 m. En esta área se aplicará un firme de una capa de 45cm de suelo seleccionado compactado al 98% del Próctor modificado.
- Plataformas de montaje para la grúa de celosía: Corresponde a un área de 2 kg/cm² de dimensiones mínimas de 9 m de anchura por una longitud 134 m En esta área se aplicará un firme de una capa de 45cm de suelo seleccionado compactado al

98% del Próctor modificado. La explanación del camino y las plataformas, constituyen las únicas zonas del terreno que pueden ser ocupadas, debiendo permanecer el resto del terreno en su estado natural.

Las dimensiones serán confirmadas en forma previa al inicio de la construcción.

Ilustración 2.5.5
Plataforma de montaje típica para aerogenerador



Fuente: Siemens Gamesa.

Centros de transformación

Los Centros de Transformación de Media Tensión corresponden a estructuras prefabricadas de concreto o metal rectificado en los que se ubicarán los equipos eléctricos. Se ubicarán en la base de la torre del aerogenerador y en lo alto de la góndola. Servirán para elevar la energía producida de la tensión de generación hasta la tensión de distribución del interior de la central eólica (33 kV), así como para realizar las conexiones entre las distintas líneas que componen la red de 33 kV y dotarla de las protecciones adecuadas.

Acceso principal y secundario a la Panamericana Norte

Se adecuará y mejorará un acceso existente que servirá como acceso principal para la Central Eólica Mórrope. Este acceso principal contará con dos entradas desde la Panamericana Norte, que permitirán acceder en una primera instancia a la nueva subestación de interconexión, SE La Arena. Luego mediante el mismo camino de acceso principal se accede a la Línea de Transmisión, ubicándose a lo largo de la servidumbre, por lo que servirá además para darle mantenimiento a la línea; y, por último, para acceder a la central eólica. El ancho del acceso principal será de 06 m promedio y la entrada este contará con un empalme para la entrada y salida de la Panamericana Norte. El acceso principal a la Panamericana Norte tendrá una longitud de aproximadamente 9 274 m y será afirmado.

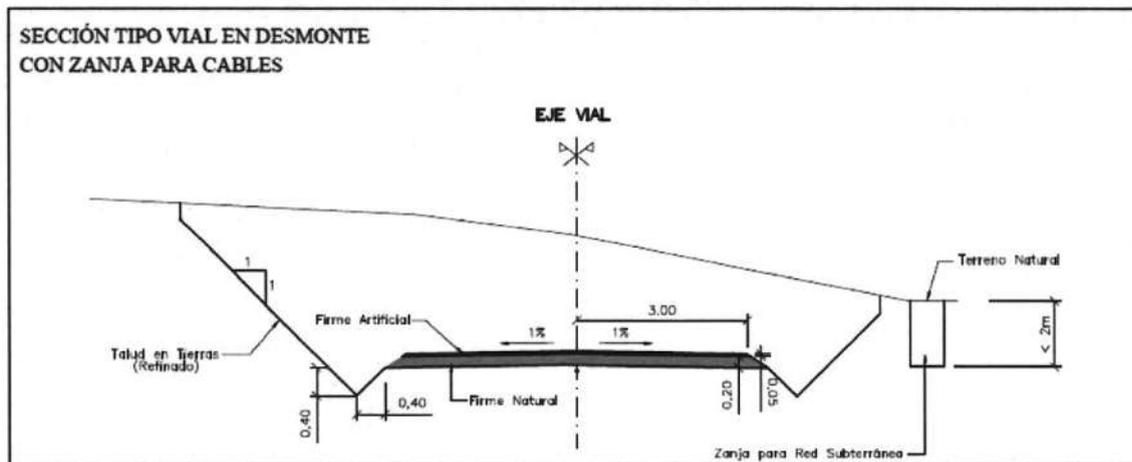
Además, se adecuará y mejorará un acceso existente que servirá como acceso secundario desde un camino vecinal al este de la CE Mórrope hasta la ubicación de la SE Mórrope. El ancho del acceso secundario será de 06 m promedio. El acceso secundario a mejorar tendrá una longitud de aproximadamente 7 134 m.

Caminos internos

Se construirán caminos internos para el desplazamiento entre los aerogeneradores, los que servirán para las obras de construcción, el transporte de componentes de aerogeneradores para su posterior montaje y para el mantenimiento durante la operación. Estos caminos internos serán de al menos 06 m de ancho y tendrán una extensión total aproximada de 26,11 km. Estos caminos internos se dispondrán de manera tal que se conecten entre ellos y con los caminos de acceso.

En la **Ilustración 2.5.6** se muestra un ejemplo de perfil tipo para caminos interiores de la central eólica. Para la evacuación de las aguas de derramamiento y la infiltrada del afirmado de estos caminos, se han previsto cunetas laterales a ambos márgenes de los mismos.

Ilustración 2.5.6
Perfil tipo de los caminos internos



Fuente: EGEPIASAC, 2020.

Canalizaciones subterráneas de baja y media tensión

Las canalizaciones subterráneas tendrán por objeto alojar la línea subterránea a 33 kV, la línea de comunicaciones y la red de tierras que interconecta todos los aerogeneradores de la central eólica.

Las canalizaciones de las líneas subterráneas de baja y media tensión se dispondrán junto a los caminos de la central eólica, siempre que sea posible, y bordeando las plataformas de montaje por el lado del desmonte (**Ilustración 2.5.7**). El conductor tendrá alta resistencia a la humedad por la eventual presencia de la napa freática.

En el fondo de la zanja se extenderá una capa de hasta 10 cm de arena tamizada; sobre esta se tenderán los cables de potencia para ser recubiertos posteriormente con una capa de arena tamizada hasta alcanzar una altura de aproximadamente 40 cm sobre el fondo de la zanja. Sobre esta capa se colocará la placa de protección. La zanja se rellenará con materiales seleccionados procedentes de la excavación, debidamente compactados. A

aproximadamente 30 cm de profundidad, se colocará una cinta de polietileno para señalización con la indicación “Canalización Eléctrica de Alta Tensión”. El cable de tierras se colocará por encima de los cables de media tensión, mientras que el de comunicaciones irá en un lateral, dejando una separación mínima entre los cables de media tensión y los de comunicaciones de 20 cm. Todos ellos irán enterrados en la arena.

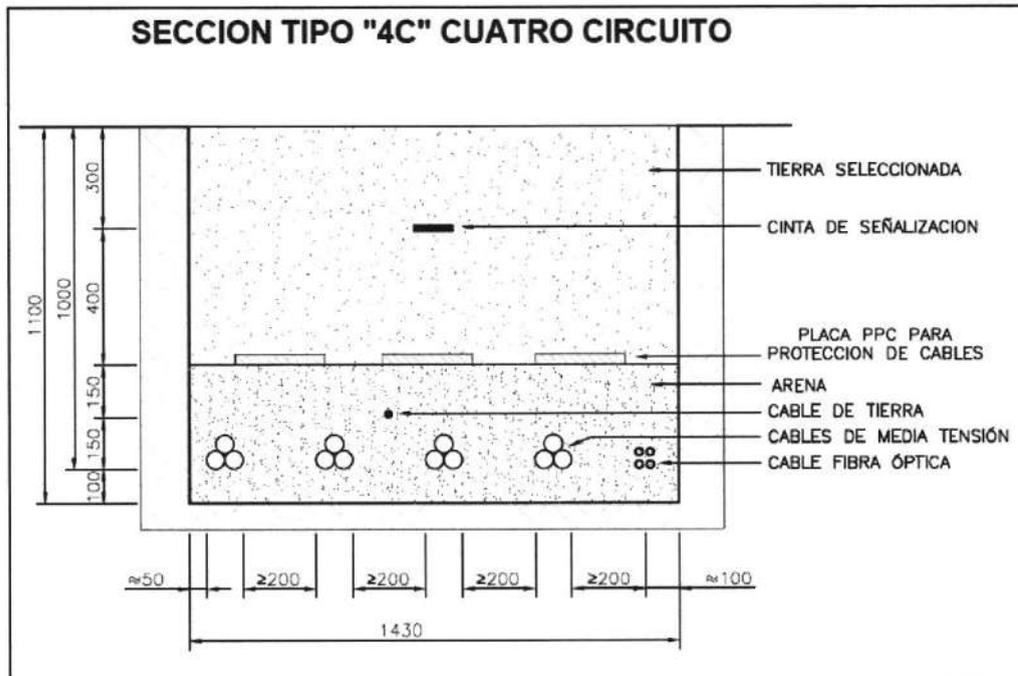
En los cruces con los caminos, y en general en todas aquellas zonas de la canalización sobre las que se prevea tráfico rodado, los cables de media tensión y los de comunicaciones y tierras se tenderán en el interior de tubos corrugados fabricados en polietileno, recubiertos de hormigón HM-20 hasta un espesor de entre 60 y 90 cm desde el fondo de la zanja, colocándose una cinta de polietileno para señalización con la indicación “Canalización Eléctrica de Alta Tensión” a una profundidad de entre 20 y 30 cm. Estas medidas dependen del número de ternas que discurren por la canalización.

El relleno de las zanjas se efectuará con compactación mecánica, por niveles de un espesor máximo de 0,30 m, debiéndose alcanzar una densidad de relleno mínima del 95% de la densidad correspondiente, para los materiales de relleno, en el ensayo Próctor modificado. La primera capa de tierra encima de los elementos de protección será de unos 0,20 m de profundidad utilizándose tierra cernida, de manera que no contenga piedras ni escombros.

En las zanjas se ubicarán hasta 5 circuitos. La longitud total aproximada de las zanjas a construir es de 28,88 km.

Ilustración 2.5.7

Sección tipo de zanjas para cable de media tensión, fibra óptica y puesta a tierra



Fuente: EGEPISAC, 2020.

Instalaciones de Operación y Mantenimiento

Edificio de Control

El Edificio de Control es el edificio en el que se albergan las distintas salas que son necesarias para la operación de la central eólica. El Edificio de Control se ubicará junto con la Subestación Eléctrica Mórrope. El Edificio de Control se divide en las siguientes zonas:

- Sala de Celdas: En esta sala se ubican las celdas de línea y protección de cada uno de los circuitos subterráneos de la central eólica.
- Sala de Control: En otra sala se situarán los armarios de control de las posiciones de 220 kV y 33 kV. En esta sala también se encuentran los armarios de servicios auxiliares.
- Sala SCADA: En la sala de control se situarán los nuevos equipos informáticos de gestión de la instalación, así como los de las comunicaciones internas y externas.
- Oficinas: Las actividades de gestión se realizarán desde unas oficinas para el personal empleado en las tareas de operación y mantenimiento.
- Dependencias complementarias: Dependencias para atender las necesidades higiénicas y de atención primaria del personal empleado en la central eólica. Se dispondrá de aseos-vestuarios tanto masculinos como femeninos.

Edificio de Operación y Mantenimiento

Se considera la construcción de un edificio Operación y Mantenimiento (O&M) de aproximadamente 440 m², en el cual se ubicarán las siguientes instalaciones:

- Oficinas
- Almacén
- Salas de reuniones
- Comedor/Cocina
- Baños

Adicionalmente se instalará los siguientes componentes auxiliares de O&M:

- Almacén general de materiales y repuestos
- Almacén de insumos químicos
- Bodega de residuos peligrosos y no peligrosos
- Tanque de almacenamiento de agua
- Sistema de tratamiento de aguas servidas
- Estacionamiento
- Caseta de seguridad

Almacén de materiales y repuestos

Se construirá un almacén de aproximadamente 200 m² para el almacenamiento de materiales y repuestos necesarios para la operación y mantenimiento de los aerogeneradores y de la central eólica en general. El almacén incluirá un puente grúa que facilitará el movimiento de los equipos y repuestos.

Almacén de insumos químicos

El almacén de insumos químicos permitirá el almacenamiento adecuado y seguro de sustancias químicas, tales como aceites y lubricantes, para los procesos de limpieza y mantenimiento de equipos. Tendrá aproximadamente 40 m² y contará con todas las medidas de seguridad de acuerdo a la normativa vigente. Contará con espacios independientes para el almacenamiento de productos químicos en general, para aceites y lubricantes, un compartimiento para el almacenamiento de gases como nitrógeno, SF₆ y otros, y un espacio para un tanque de aceite dieléctrico.

Bodega de residuos peligrosos y no peligrosos

Se implementará una bodega de residuos de aproximadamente 20 m² en la cual se tendrá como mínimo cuatro espacios independientes:

- Residuos no peligrosos industriales
- Residuos no peligrosos domésticos
- Residuos peligrosos (p. ej. lubricantes, aceites, grasas)
- Residuos peligrosos ácidos (p. ej. baterías)

Los espacios de residuos peligrosos contarán con las siguientes medidas de seguridad de acuerdo a la normativa nacional:

- Los residuos serán segregados, de acuerdo al tipo de residuos, en contenedores.
- Se mantendrán todos los contenedores en buenas condiciones. Cuando alguno se encuentre averiado, se reemplazará por otro en buen estado.
- Todos los contenedores estarán rotulados en forma claramente visible, señalando sus características de peligrosidad. Además, se señalará el nombre del residuo, la fecha de generación, el código de identificación y su ubicación en el sitio de almacenamiento.
- Todos los contenedores se moverán manualmente cuando su peso total, incluido el contenido, no supere los 30 kilogramos. Si se supera el peso, se deberán mover con equipamiento mecánico.
- Sólo se podrán reutilizar contenedores cuando no se trate de residuos incompatibles, o cuando el contenedor haya sido previamente descontaminado.
- El almacén será de acceso restringido y tendrá una superficie de tipo continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos almacenados en ella. Esta mantendrá los residuos protegidos de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar.



El almacén contará con sistemas de contención de derrames con una capacidad de retención igual o superior al del volumen almacenado. También, dispondrá de elementos que permitan la contención de derrames, tales como baldes con arena y palas, los cuales estarán identificados y serán de uso exclusivo para contención de derrames.

Tanque de almacenamiento de agua

Se instalarán hasta tres (03) tanques de almacenamiento de agua enterrados tipo Rotoplast con capacidad de almacenamiento de aproximadamente 10 m³ cada uno y un volumen útil total de 10 m³. El agua almacenada será usada para atender las necesidades de agua del nuevo edificio de operación y mantenimiento y del edificio de control.

Los tanques dotarán de agua potable durante las actividades y estarán construidos con materiales prefabricados. El agua será comprada de terceros autorizados y llevada hacia el proyecto mediante camiones cisterna.

Sistema de tratamiento de aguas servidas

Se instalará un biodigestor, el cual se encontrará enterrado y no permitirá la infiltración de sus aguas o lodos. Será un biodigestor autolimpiable, fabricado con polietileno de alta tecnología, que asegura una vida útil de más de 35 años, según las características del fabricante, por lo que no requiere de realizar actividades de mantenimiento adicionales al retiro de agua pre-tratada y lodos.

De manera referencial y conservadora, se estima la instalación de un (01) biodigestor de 7 m³ para atender las aguas servidas provenientes del edificio de mantenimiento y operación y del edificio de control. El biodigestor será de características similares al biodigestor descrito para la etapa de construcción.

Estacionamiento

Se designará un área de aproximadamente 1000 m² para el estacionamiento de vehículos, el cual contará con la señalización correspondiente. Esta área será habilitada para el estacionamiento mediante una nivelación y afirmado del terreno. Será delimitada con las tierras sobrantes de dicha nivelación.

Caseta de seguridad

Se instalará una caseta de seguridad en el área de la Central Eólica para resguardar la seguridad de los trabajadores vinculados al Proyecto. También se instalará señalética para la delimitación de los límites de la central eólica, como hitos o letreros.

Torres de medición permanentes y secundarios

Con la finalidad de obtener detalles del recurso eólico en el emplazamiento de la central eólica y validar la operación de los aerogeneradores, es preciso contar con información suficiente sobre las características de los vientos en la zona, y para ello se instalarán dos torres de medición anemométrica, que se conectarán al equipo de servicios auxiliares del

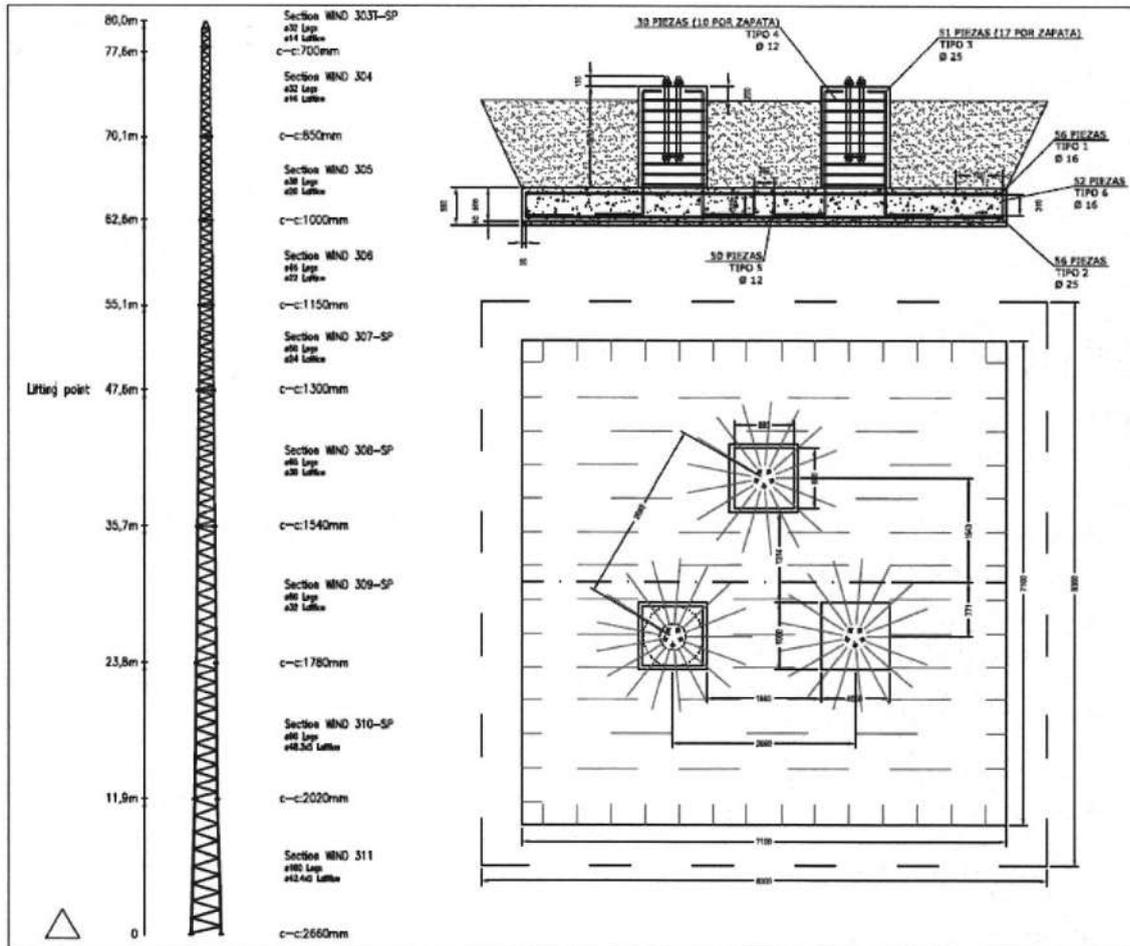
aerogenerador más cercano a través de una zanja y enviará la información al sistema de control de la central eólica por medio de la red de fibra óptica directamente hasta la Subestación.

Asimismo, se instalarán torres de medición secundarias de acuerdo a la necesidad para obtener información adicional sobre el recurso eólico disponible. Estas torres de medición secundarias se instalarán y desinstalarán de acuerdo a los requerimientos durante las etapas de construcción y operación de la CE Morrope.

Gracias a estas torres se obtendrá información sobre la velocidad y la dirección del viento a diferentes alturas sobre el terreno y de la densidad del aire en el emplazamiento mediante el registro de la presión atmosférica y la temperatura.

Las torres permanentes serán autosoportadas y tendrán una altura aproximada de 135 m. La **Ilustración 2.5.8** muestra el perfil típico de una torre meteorológica autosoportada y la cimentación de la misma.

Ilustración 2.5.8
Ejemplo de estructura y cimentación de una torre meteorológica
autosoportada



Fuente: EGEPISAC, 2020.

Se instalarán torres de medición secundarias tipo celosía de sección triangular, arriostrada con tensores de acero anclados en seis puntos, de 120 metros de altura con equipos de medición de la velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad. Adicionalmente contará con un sistema de medición, almacenamiento y envío de datos vía satelital.

Subestación Eléctrica Mórrope

La subestación eléctrica de potencia elevadora, denominada Subestación Eléctrica Mórrope, se construirá con el objetivo de recolectar la energía generada en los aerogeneradores; y es donde se transformará del nivel de 33 kV de las redes subterráneas a 220 kV, mediante transformadores de potencia.

Contará con canaletas para cables, bancos de ductos, caminos interiores, sistemas de drenajes, pozos colectores de aceite, entre otros. Por otro lado, será alimentada desde las celdas de media tensión ubicadas en su Sala de Control. Esta sala contendrá los equipos de control, protecciones y comunicaciones asociados a la subestación.

En el área que ocupará la subestación se instalará una malla de puesta a tierra subterránea y se dispondrá de un cerco perimetral de seguridad que permita aislar el área energizada.

Para el equipamiento en el nivel de 220 kV se ha previsto que las bahías se encuentren equipadas preliminarmente con el siguiente equipamiento:

- Seccionadores de barras
- Sistema de comunicación OPLAT
- 06 Pararrayos autoválvula ($U_m=245$ kV ; $U_r=192$ kV ; 10 kA ; Clase 3)
- 03 Transformadores de potencial (245 kV)
- 06 Transformadores de corriente (1000-2000/5-5-5-5 A)
- 01 Seccionador tripolar con P.A.T. (245 kV ; 2.000 A ; 40 kA)
- 03 Interruptores unipolar (245 kV ; 2.000 A ; 40 kA)
- 01 Transformador de poder (250/125/125 MVA ONAN/ONAF)
- 02 Seccionadores tripolar sin P.A.T (36 kV ; 25 kA)
- 06 Pararrayos autoválvula ($U_m=36$ kV ; $U_r=33$ kV ; 10 kA)
- 02 Reactancia
- 06 Transformadores de corriente reactancia
- 02 Transformadores de corriente neutro reactancia
- 12 Cabinas de línea (36 kV ; 2.500 A ; 25 kA)
- 02 Cabinas de trafo (36 kV ; 2.500 A ; 25 kA)
- 02 Cabinas de BB.CC. (36 kV ; 2.500 A ; 25 kA)
- 02 Cabinas de SS.AA (36 kV ; 2.500 A ; 25 kA)
- 02 Transformadores de SS.AA.100kVA
- 02 Baterías de condensadores
- Sala de control

Componentes de transmisión

Línea de Transmisión Eléctrica

Para evacuar la energía generada en la central eólica, se tendrá una línea de transmisión en 220 kV que conectará la Subestación Eléctrica Mórrope con la Subestación Eléctrica La Arena.

Esta línea de transmisión de 220 kV tendrá una longitud aproximada de 9 km entre la Subestación Eléctrica Mórrope y la Subestación Eléctrica La Arena. En el **Cuadro 2.5.2** a continuación, se indican las características principales de esta línea.

Cuadro 2.5.2
Características técnicas de la LTE 220 kV

Característica	Valor	Unidad
Tensión nominal	220	kV
Tensión máxima del sistema	245	kV
Frecuencia Nominal	60	Hz
Longitud aproximada	9	km
Configuración de conductores	Tipo triangular	-
Tipo de conductor	ACAR 800 MCM / 405 mm ²	-
Número de ternas	1	-
Número de conductores por fase	1	-
Número de cables de guarda	1	-
Tipo de cable de guarda	OPGW	-
Grado de construcción	B	-
ICC inicial (kASYM)	2,68	-
Subestaciones que enlaza	SE Mórrope 220 kV (del proyecto) - SE La Arena 220 kV (del proyecto)	-
Altitudes	45	m
Capacidad de transmisión por límite térmico	344	MVA

Fuente: EGEPIASAC, 2020.

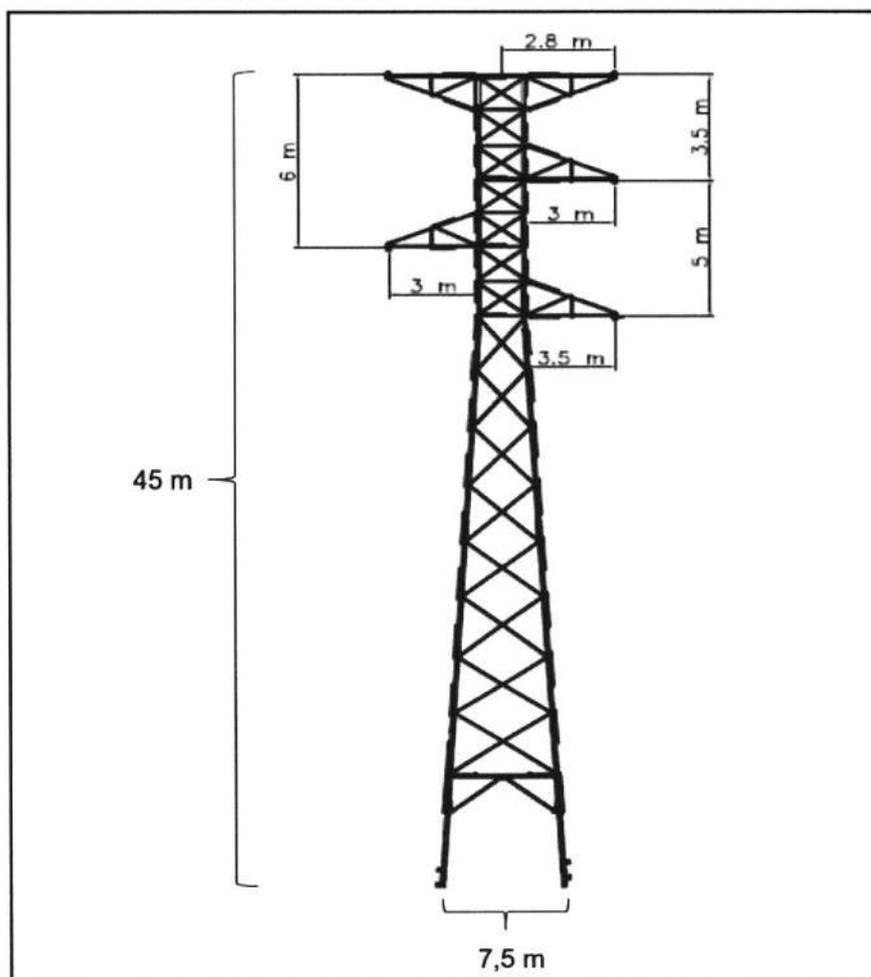
Elaborado por: INSIDEO.

De acuerdo al nivel de tensión del Proyecto, 220 kV, la faja de servidumbre establecido por el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011, Ley de Concesiones Eléctricas Capítulo IX (Decreto Ley 25844) y su Reglamento Título IX (Decreto Supremo N° 009-93-EM), es de 25,0 m de ancho (12.5 m a cada lado del eje de la línea de transmisión).

Torres de alta tensión

Las torres de la línea de transmisión serán construidas en acero de alta resistencia de tipo celosía metálica. Las torres de celosía metálica de la línea de transmisión 220 kV tendrán una altura variable de aproximadamente 45 m y un área basal estimada de 56,3 m² (considerando una base cuadrada de 7,5 m de lado). Por otro lado, las distancias horizontal y vertical entre conductor y tierra son de 3,5 m y entre fases es de 5 m. En la **Ilustración 2.5.9** se muestran las dimensiones típicas de las torres de transmisión de 220 kV.

Ilustración 2.5.9
Dimensiones típicas de las torres de transmisión de 220 kV



Fuente: EGEPISAC, 2020.

Cimentaciones de las torres de alta tensión

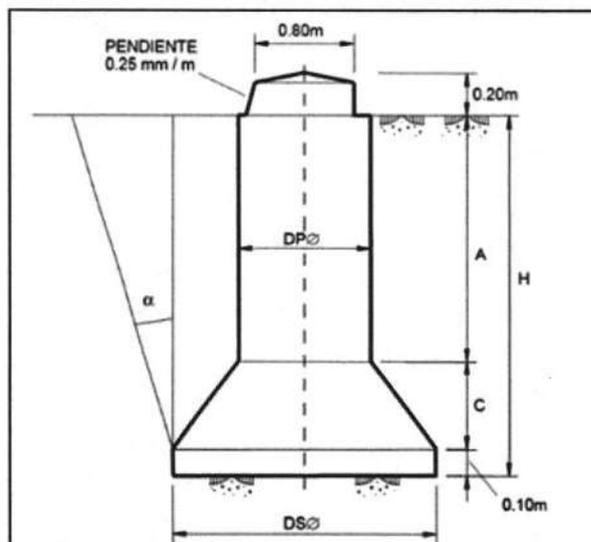
Las torres de celosía estarán montadas sobre cimientos de concreto, de tal forma que se asegure su estabilidad mediante la fijación de los mismos a cada pata de la torre. Se han diseñado dos tipos de cimentaciones: pata de elefante y mixta.

Las cimentaciones tipo pata de elefante se han calculado para dos tipos de terreno, normal y flojo en función de las características del suelo.

Los anclajes (stubs) irán provistos de zapatas para dificultar el deslizamiento del anclaje en el macizo de concreto. La profundidad será variable, en función de las características mecánicas del suelo. En la **Ilustración 2.5.10** se presentan las características generales de las cimentaciones de este tipo.

Ilustración 2.5.10

Diseño de cimentación de las torres de celosía tipo concreto en masa

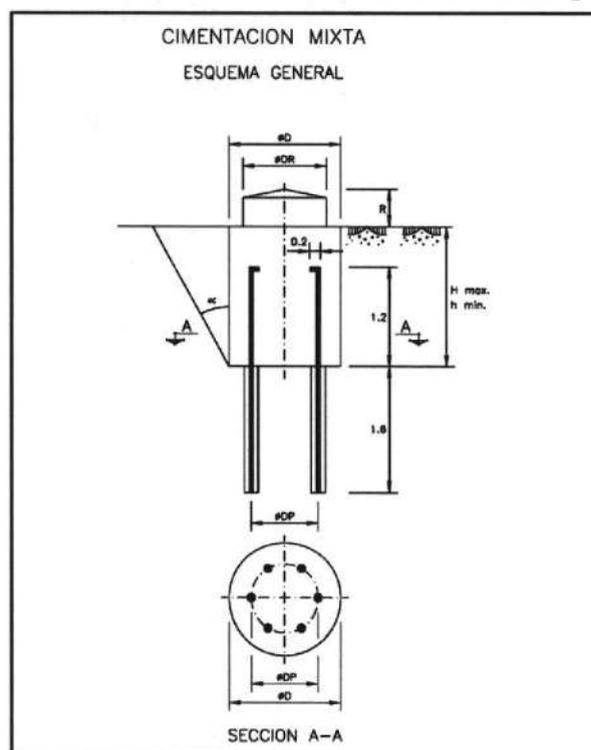


Fuente: EGEPISAC, 2020.

Las cimentaciones mixtas se usarán cuando aparezca roca. Estas están formadas por un cilindro de hormigón en masa unido mediante pernos a la roca. En la **Ilustración 2.5.11** se presentan las características generales de las cimentaciones de este tipo.

Ilustración 2.5.11

Diseño de cimentación de las torres de celosía tipo mixta



Fuente: EGEPISAC, 2020.

Cableado de transmisión eléctrica

Conductores

Se utilizará el conductor tipo ACAR con un área transversal de 405 mm^2 . Se establecerán las condiciones de tendido adecuadas para facilitar la construcción y la operación garantizando una vida útil no menor a 30 años.

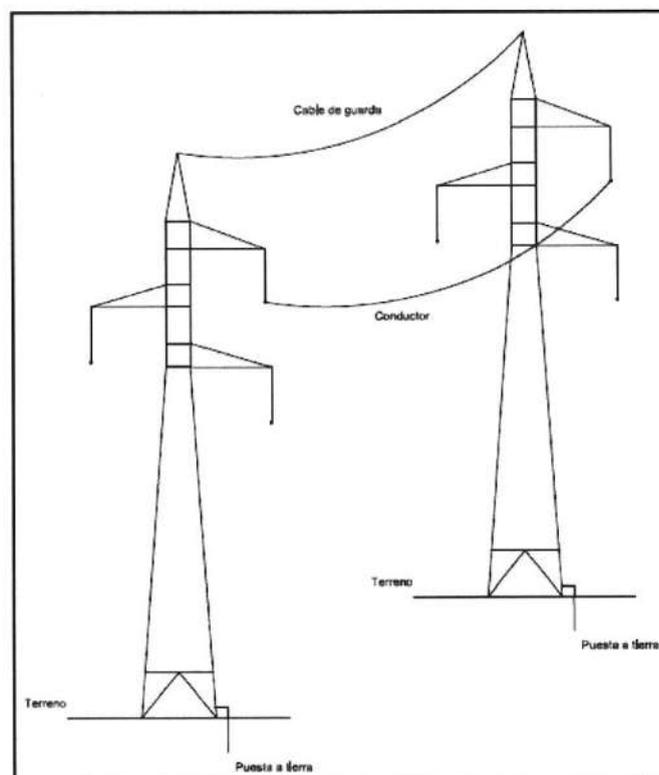
Cables de guarda

Se empleará un cable de guarda de tipo OPGW de 118.7 mm^2 de sección. Esto permitirá que la línea de transmisión tenga óptima protección contra descargas atmosféricas y un enlace de comunicación confiable entre las subestaciones.

Sistema de puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra es un conjunto de elementos, conductores, pararrayos, electrodos, etc., que interconectados eficazmente entre sí tienen por objeto conectar a tierra las partes metálicas de la línea de transmisión que se encuentren altamente expuestas a descargas (p.ej. de rayos) y sobretensiones peligrosas. La finalidad del sistema de puesta a tierra es derivar a tierra de forma inocua para personas y animales la intensidad eléctrica producida por esta descarga o sobretensión (**Ilustración 2.5.12**).

Ilustración 2.5.12
Posición del sistema de puesta a tierra con respecto a las torres de la línea de transmisión



Fuente: EGEPIASAC, 2020.

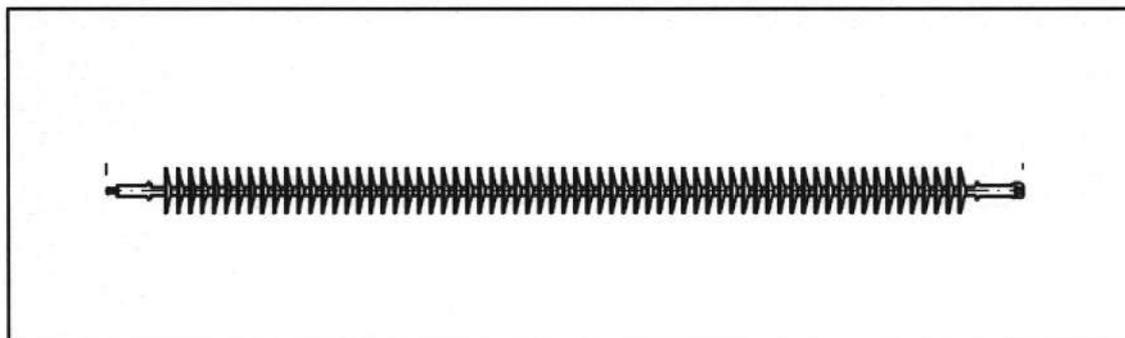
El Proyecto contempla un sistema de puesta a tierra para las líneas de transmisión del tipo “contrapesos y electrodos”. A continuación se presentan los componentes y materiales que constituyen el sistema de puesta a tierra:

- Cable de puesta a tierra: será un cable con alma de acero y recubrimiento de cobre, de 70 mm² de sección mínima y una conductividad aproximada del 40% IACS (Estándar Internacional del Cobre Recocido, por sus siglas en inglés).
- Electrodo o varillas: serán con núcleo de acero recubierto de cobre con una conductividad aproximada del 40% IACS.
- Conector electrodo-cable: será de bronce y unirá el cable con el electrodo.
- Conector doble vía: será de cobre estañado para el empalme de los cables de puesta a tierra.
- Cemento conductivo: se usará como alternativa para mejorar la resistencia de puesta a tierra de las estructuras.
- En aquellos casos donde la resistividad del terreno sea muy alta se podrán utilizar otros medios para lograr un valor aceptable de resistencia de puesta a tierra, como el uso de puestas a tierra capacitivas.

Aisladores

Los aisladores cumplen la función de proporcionar el aislamiento eléctrico adecuado entre los conductores y la estructura. La función de los aisladores es sujetar el cable conductor a la torre mediante los herrajes, asegurando de esta manera el aislamiento eléctrico entre las partes energizadas y no energizadas. De esta manera, la parte estructural de la torre (celosía metálica) no se encuentra energizada, motivo por el cual no representa una amenaza para la seguridad del ser humano ante cualquier contacto casual con las patas de las torres. Los aisladores serán de porcelana. Sobre los extremos del aislador, se comprimen los terminales de acero galvanizado que sirven para unir el aislador a la torre y a los conductores mediante los herrajes correspondientes (**Ilustración 2.5.13**).

Ilustración 2.5.13
Aisladores utilizados en líneas de transmisión



Fuente: EGEPIASAC, 2020.

Accesorios

A continuación, se especifican los accesorios o dispositivos complementarios de seguridad o facilidades de mantenimiento que estarán ubicados en cada una de las torres:

- Peldaños: Cada torre estará provista de pernos para peldaños en un montante de la torre.
- Placas de identificación: Cada torre estará provista de placas de identificación con el número de apoyos, de alta tensión y peligro, nombre de la línea, disposición de fases y código de la línea. Todas las placas serán de aluminio anodizado.

Subestación Eléctrica La Arena

La subestación eléctrica seccionadora, denominada Subestación Eléctrica La Arena, se construirá con el objetivo de interconectar la central eólica e inyectar la energía generada en los aerogeneradores al SEIN.

Contará con canaletas para cables, bancos de ductos, caminos interiores, sistemas de drenajes, pozos colectores de aceite, entre otros. La sala contendrá los equipos de control, protecciones y comunicaciones asociados a la subestación.

En el área que ocupará la subestación se instalará una malla de puesta a tierra subterránea y se dispondrá de un cerco perimetral de seguridad que permita aislar el área energizada.

Para el equipamiento en el nivel de 220 kV se ha previsto que las bahías se encuentren equipadas preliminarmente con el siguiente equipamiento:

- 08 Seccionadores trifásicos de barras (U = 245 kV; 3.150 A; 40 kA)
- 03 Seccionadores trifásicos con puesta a tierra.
- 09 Interruptores unipolar (U = 245 kV; 3.150 A; 40 kA)
- 03 Interruptores unipolar (U = 245 kV; 2.000 A; 40 kA)
- 12 Transformadores de corriente (U = 245 kV - 1000-2000/5-5-5-5 A)
- 09 Transformadores de potencial (U = 245 kV)
- 04 Transformadores de potencial de barras (U = 245 kV) 09 Pararrayos auto-válvula (Um=245 kV ; Ur=192 kV ; 10 kA ; Clase 3)
- 07 Pararrayos punta Franklin (sobre pórtico)
- Sistema de comunicación OPLAT
- Transformador de servicios Auxiliares
- Sistema de barras.
- Pórticos de línea y de barra.
- Caseta de control o sala eléctrica.

Instalaciones de Operación y Mantenimiento

Edificio de Control

El Edificio de Control es el edificio en el que se albergan las distintas salas que son necesarias para la operación de la Subestación Eléctrica La Arena. El Edificio de Control se ubicará junto con la subestación seccionadora. El Edificio de Control se divide en las siguientes zonas:

- Sala de Cabinas
- Sala de Control
- Sala de Baterías
- Oficinas
- Bodegas
- Dependencias complementarias

2.6 Descripción de las actividades del proyecto

2.6.1 Etapa de construcción

Esta etapa considera la construcción de las obras físicas temporales y permanentes, dentro de las cuales se puede mencionar la instalación de los componentes temporales, movimientos de tierra y de preparación del terreno, limpieza del terreno, la construcción de la plataforma y las cimentaciones, el montaje de estructuras, aerogeneradores y equipos, tendido de cableado de media tensión, construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento, construcción de la SE Mórrope y de la SE La Arena y de la línea de transmisión.

En términos generales las actividades a realizar para implementar el Proyecto consisten en lo siguiente:

- Componentes de generación
 - Contratación de mano de obra temporal (calificada y no calificada)
 - Compra de bienes y contratación de servicios
 - Habilitación y operación de las instalaciones auxiliares y frentes de trabajo
 - Transporte de aerogeneradores, materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal
 - Obras civiles
 - Movimiento de tierras y compactación
 - Adecuación de caminos de acceso y habilitación de caminos internos
 - Cimentaciones de los aerogeneradores
 - Plataformas para el montaje de los aerogeneradores
 - Montaje de aerogeneradores y estructuras
 - Canalización subterránea en media tensión
 - Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento
 - Construcción de la SE Mórrope
 - Mantenimiento de equipos de construcción

- Conexión y pruebas de energización
- Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización
- Componentes de transmisión
 - Contratación de mano de obra temporal (calificada y no calificada)
 - Compra de bienes y contratación de servicios
 - Habilitación y operación de las instalaciones auxiliares y frentes de trabajo
 - Transporte de materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal
 - Obras civiles
 - Movimiento de tierras y compactación
 - Construcción de la línea de transmisión
 - Construcción de la SE La Arena
 - Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento
 - Mantenimiento de equipos de construcción
 - Conexión y pruebas de energización
 - Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización

De acuerdo al cronograma de ejecución del proyecto, los trabajos correspondientes a la construcción del proyecto CE Mórrope durarán aproximadamente 18 meses para el componente de generación y 12 meses para el componente de transmisión.

2.6.1.1 Componentes de Generación

Contratación de mano de obra temporal (calificada y no calificada)

La ejecución de las obras de generación será contratada a empresas especializadas en el montaje y construcción de este tipo de proyectos, las que contarán con mano de obra con distintos grados de calificación, según las labores necesarias para ejecutar la construcción.

La mano de obra para la construcción de la central eólica requerirá aproximadamente un promedio de 480 trabajadores al mes (290 calificados y 190 no calificados), estimándose una cantidad máxima de 800 trabajadores durante los 18 meses de construcción de la central eólica. Se priorizará la mano de obra local, dando primera prioridad a los cinco AAHH y al sector Yéncala León, identificados como parte del AID del proyecto, seguidos por la Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope en general.

Compra de bienes y contratación de servicios

Esta actividad contempla la compra de los bienes (materiales) y la contratación de los servicios necesarios para ejecutar la construcción de la central eólica. Se requerirá comprar equipamiento, tal como aerogeneradores, cables, equipos eléctricos.

Por otro lado, los servicios asociados a la construcción de la central eólica, por ejemplo, el servicio de suministro y mantenimiento de baños químicos, el soporte informático, suministro energético, la seguridad (guardias), el transporte de personal y de equipos, las telecomunicaciones y el retiro y disposición de residuos industriales y domésticos serán

subcontratados directamente por la(s) empresa(s) que EGEPISAC contrate para la construcción.

EGEPISAC resguardará que todas las empresas que se contraten cumplan con la normativa legal aplicable a su rubro; en el caso del servicio de suministro y mantenimiento de baños químicos, EGEPISAC, a través de su Contratista, exigirá que la empresa respectiva cuente con la debida autorización.

Habilitación y operación de instalaciones auxiliares y frentes de trabajo

Corresponde a la instalación y operación transitoria de infraestructura de apoyo a la labor constructiva, la cual contempla instalaciones auxiliares y frentes de trabajo.

Instalación de Componentes Temporales

Para la instalación de los componentes temporales se realizará la limpieza y despeje del terreno, para lo cual se procederá con la eliminación del terreno de la escasa vegetación que se pueda registrar en el área a intervenir; para luego proceder con la nivelación del terreno.

Posteriormente se instalarán los componentes temporales indicados en la **Sección 2.5.1**. Para la habilitación de algunos de los componentes temporales se necesitará movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se tenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. El excedente del movimiento de tierras será manejado tal como se indica en el ítem 2.5.1.3. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales.

A continuación, se detalla el proceso constructivo para cada instalación temporal.

Instalaciones auxiliares

Oficinas

Para la instalación de las oficinas se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se obtenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa, zapatas o fundaciones de apoyo, según se requiera.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de estructuras (estructuras metálicas, mediante el anclado de los soportes metálicos; techos de calamina; puertas y señalética). También podrán instalarse sobre apoyos oficinas modulares/prefabricadas. Finalmente, se instalará el mobiliario al interior de la presente instalación.

Comedores

Para la instalación de los comedores se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se obtenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa, zapatas o fundaciones puntuales, según se requiera.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de estructuras (estructuras metálicas, mediante el anclado de los soportes metálicos; techos de calamina; puertas y señalética). También podrán instalarse sobre apoyos edificaciones modulares/prefabricadas. Finalmente, se instalará el mobiliario al interior de la presente instalación.

Baños

Para la instalación de los baños se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se tenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa, zapatas o fundaciones puntuales, según se requiera.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de las tuberías de agua y desagüe, los cuales conectarán al sistema de provisión de agua potable y sistema de disposición de aguas servidas, y de las estructuras (estructuras prefabricadas, mediante el anclado de los soportes metálicos; techos de calamina; puertas y señalética), que podrán ser prefabricadas.

Estacionamientos

Para la habilitación de los estacionamientos se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno. Luego de este paso, se procederá con la implementación de demás estructuras como la señalización de seguridad.

Sistema de provisión de agua potable

Para la instalación de los tanques de agua potable se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno. Posteriormente, se considera las respectivas instalaciones de tanques tipo Rotoplast. Luego de este paso, se procederá con la implementación de la señalética.

Sistema de disposición de aguas servidas

Para la instalación de los biodigestores de aguas residuales se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno. Los biodigestores se encontrarán enterrados en el terreno, y no se permitirá la infiltración de sus aguas o lodos dado que contarán con tanques adicionales para almacenar el agua pretratada.

Sistema de generación de energía eléctrica

Para la habilitación del área de generadores se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se tenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa, según se requiera.

Dado que el tipo de generador que será utilizado tendrá integrado su propio depósito de combustible y un sistema de contención de derrames al interior del mismo, además de ser debidamente insonorizado, en esta etapa se implementarán dichos componentes.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de demás estructuras (estructuras metálicas, mediante el anclado de los soportes metálicos; techos de calamina; y señalética).

Área de acopio central temporal de residuos

Para la instalación del almacén temporal de residuos se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se tenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa y muretes de contención de concreto que soportarán paredes tipo malla.

A continuación, se procederá con la implementación de módulos tipo container o prefabricados.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de demás estructuras (estructuras metálicas, mediante el anclado de los soportes metálicos; techos de calamina; puerta peatonal con señalética).

Área de Almacenamiento de Aerogeneradores y Componentes

Para la instalación de las áreas de almacenamiento de aerogeneradores y otros componentes se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se tenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa y muretes de contención.

A continuación, se procederá a la implementación de módulos tipo container con material prefabricado. Adicionalmente, se contempla un área específica para el almacenamiento de materiales peligrosos como lubricantes, aceites, solventes y otros, la cual contará con piso impermeabilizado.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de demás estructuras (estructuras metálicas, mediante el anclado de los soportes metálicos; puerta peatonal con señalética; techo de calamina y/o fibra; equipos anti incendios y equipo anti derrames; y señalización de seguridad).

Áreas de disposición de material excedente de excavaciones

Para la instalación de los depósitos de material excedente se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras. Luego de este paso, se procederá con la implementación de demás estructuras como delimitación del área y la señalización de seguridad.

Planta de Concreto

Para la instalación de la planta de concreto se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se tenga una superficie para la instalación de los módulos de la planta de concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales.

A continuación, se procederá a la implementación de los módulos de la planta de concreto, los cuales son móviles y no requieren la ejecución de obras adicionales para su instalación. Luego se procederá con la implementación de demás estructuras (señalización de seguridad).

Área de lavado de camiones mixer

Para la instalación del área de lavado de camiones mixer se realizará primero la nivelación y excavación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno, se conforme el área de lavado y se tenga una superficie de anclaje para el vaciado del concreto. La habilitación será realizada con maquinarias y

labores manuales, para luego proceder con el encofrado y vaciado de concreto para la losa, según se requiera. A continuación, se procederá a la implementación de geomembranas.

En el caso del vaciado de concreto, se realizará mediante camiones mixer provenientes de proveedores locales autorizados o de la planta de concreto. Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de demás estructuras (estructuras metálicas, mediante el anclado de los soportes metálicos; y señalética).

Piscina de Agua Industrial

Para la instalación de la piscina de agua industrial se realizará primero la nivelación y excavación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno y se conforme la piscina.

A continuación, se procederá a la implementación de geomembranas. Luego se procederá con la implementación de demás estructuras (señalización de seguridad).

Frentes de trabajo

Para la habilitación de los frentes de trabajo se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales.

Luego de la nivelación del terreno, se procederá con la implementación de demás estructuras como la señalización de seguridad y contenedores para el acopio temporal de materiales y de residuos.

Operación de Componentes Temporales

A continuación, se describe la operación de los componentes temporales:

Instalaciones auxiliares

Las instalaciones auxiliares se operarán de la siguiente manera:

Oficinas: En su interior se desarrollarán actividades administrativas y de coordinaciones, relacionadas a la etapa de construcción de la central eólica.

Comedores: En su interior, el personal de obra podrá realizar pausas de descanso y de alimentación. La comida será preparada por un servicio de terceros contratado en sus propias instalaciones y solo se entrega en el comedor, por lo cual no se generarán efluentes por la manipulación de los alimentos.

Baños: Los baños tipo contenedor serán para el uso de personal presente en las instalaciones auxiliares. El agua necesaria para la operación de las mismas proviene del Sistema de provisión de agua potable y el desagüe será entregado al Sistema de disposición de aguas servidas mediante tuberías.

Estacionamientos: En los estacionamientos se albergará a los vehículos a ser utilizados en la etapa de construcción del proyecto.

Sistema de provisión de agua potable: Los tanques de agua potable serán abastecidos a través de camiones cisterna en forma periódica y alimentarán las diferentes instalaciones auxiliares mediante tuberías. Adicionalmente se dispondrá bidones plásticos transparentes, de 20 litros cada uno, etiquetados y con sistema de llave para su uso manual.

Sistema de disposición de aguas servidas: El biodigestor almacenará las aguas residuales domésticas y permitirá la purga de efluentes y lodos a los tanques de agua pretratada y caja de lodos. El buen funcionamiento del biodigestor depende de aspectos como el uso adecuado de los baños, el mantenimiento del nivel de agua, las indicaciones de instalación y mantenimiento de acuerdo al fabricante.

Sistema de generación de energía eléctrica: Albergará a los grupos electrógenos destinados para la generación de energía eléctrica en las instalaciones auxiliares. Será abastecido de combustible de forma periódica mediante camiones cisterna de empresas autorizadas. Adicionalmente se almacenará los equipos móviles necesarios para los frentes de trabajo.

Área de acopio central temporal de residuos: En su interior, se realizará la disposición segregada de los residuos de la etapa de construcción según su naturaleza, los cuales serán recogidos por empresas autorizadas.

Área de Almacenamiento de Aerogeneradores y Componentes

En las áreas de almacenamiento se recibirá y almacenará los diferentes componentes y materiales necesarios para la etapa de construcción.

Áreas de disposición de material excedente de excavaciones

El material excavado será transportado a los depósitos de material excedente mediante camiones, los cuales descargarán el material en las áreas delimitadas, respetando los siguientes lineamientos:

- Disposición del suelo excedente en el centro de las áreas de disposición de material excedente de excavación.
- Conformación del material excedente a medida que se deposite.
- Una vez colocado el material de excavación en el depósito de material excedente este será compactado para estabilizarlo y evitar deslizamientos.
- La altura máxima de llenado es de 1m.
- Considerando que la altura máxima de los depósitos de material excedente es de 1m, no será necesario implementar medidas adicionales de conformación de taludes, ni medidas de control de erosión.

- No se prevé instalar sistemas de drenaje considerando la aridez en la zona y la escasez de lluvia en la zona. Aun así, se considerarán taludes de relleno seguros para una condición de suelo húmeda.

Planta de Concreto

En las líneas de preparación de concreto, los áridos se llevan por una faja transportadora al mezclador donde se mezcla con cemento, agua y otros aditivos de acuerdo al tipo de concreto requerido. Los aditivos se almacenan en diferentes contenedores y silos y todos los componentes se pesan de manera independiente antes de añadirlos al mezclador. Finalmente, el concreto se llena a los camiones mixer para su traslado a los frentes de trabajo.

Área de lavado de camiones mixer: En esta área, se realizará el lavado de camiones mixer a ser utilizados durante la etapa de construcción en unas piscinas de decantación. El agua utilizada se decantará para su posterior recirculación en el proceso de lavado.

Piscina de Agua Industrial

La piscina de agua industrial será abastecida mediante camiones cisterna de empresas autorizadas. El agua será utilizada principalmente en la preparación de concreto.

Transporte de aerogeneradores, materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal

El transporte de materiales corresponde al suministro, descarga, almacenaje de los diferentes materiales ocupados durante la construcción, sean estos fungibles o que queden incorporados a la obra.

EGEPISAC a través de contratistas adoptará las medidas adecuadas de seguridad para el transporte de los equipos eléctricos y materiales desde la fuente de abastecimiento hasta el lugar de la obra.

Los aerogeneradores y otros componentes de grandes dimensiones o peso entrarán a Perú en barco, a través de los puertos de Paita y Salaverry, ubicados en los departamentos de Piura y La Libertad respectivamente. El transporte desde el puerto de desembarque al lugar de emplazamiento de las obras se realizará utilizando la red vial nacional existente, tal como la Panamericana Norte, abarcando unos 241 km, aproximadamente, desde el puerto de Paita hasta el área del proyecto, y unos 254 km aproximadamente, desde el puerto Salaverry, utilizando el sistema de caminos existente.

Para el transporte de los materiales e insumos desde el área de acopio de aerogeneradores y componentes o instalaciones auxiliares hasta los frentes de trabajo, se utilizará los caminos internos, usándose principalmente camiones y camionetas.

Obras civiles

En el diseño de los caminos, plataformas de montaje y zanjas de cableado de la Central Eólica, se han tenido en cuenta los siguientes criterios y condicionantes:

- Se emplearán, siempre que sea posible, los caminos existentes, con las mejoras necesarias para su adaptación a las especificaciones de proyecto.
- Se procurará minimizar el movimiento de tierras y la ocupación derivada de las labores de obra civil.
- Las plataformas de montaje de los aerogeneradores se adaptarán en lo posible a las condiciones topográficas de cada emplazamiento y a las particularidades asociadas a la eventual presencia de la napa freática, minimizando así los desmontes y terraplenes necesarios, evitándose asimismo el sobredimensionamiento de dichas plataformas.
- Se diseñarán y ejecutarán adecuadamente las obras de drenaje necesarias para preservar las condiciones de drenaje actual.

Movimiento de tierras y compactación

Esta actividad comprende el despeje y la limpieza del terreno previo a la construcción de las obras de la central eólica, considerando además la ejecución de excavaciones y rellenos con el fin de adecuar la topografía del área a las especificaciones técnicas y constructivas de las obras proyectadas. Esto contempla el área de localización de obras temporales y permanentes.

Para las excavaciones de tierra, incluida la remoción de terreno superficial, se utilizarán buldóceros, retroexcavadoras y compactadoras. Los rellenos serán necesarios para las obras de caminos y todas las obras enterradas. Los materiales excavados han sido considerados cualitativamente adecuados desde el aspecto geotécnico para la realización del cuerpo del terraplén principal.

El volumen total aproximado de movimiento de tierra producto de excavaciones en la fase de construcción se resume en el siguiente cuadro y es de aproximadamente 386 000 m³.

Cuadro 2.6.1
Resumen de estimación de volúmenes de excavaciones

Componente	Estimación de material excavado (m ³)
Aerogeneradores con plataformas	230 000
Caminos de acceso y caminos internos	83 000
Canalización de media tensión	36 000
Componentes temporales	20 000
Subestación Eléctrica Mórrope y componentes O&M	17 000

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Si la calidad del material lo permite, aproximadamente el 70% del material extraído será reutilizado o acumulado alrededor de las turbinas eólicas y empleado para relleno (caminos

y plataformas) y elaboración de concreto. Los excedentes que no puedan ser utilizados para estos propósitos, serán tratados de acuerdo a lo indicado en la **Sección 2.6.1.**

Adecuación de caminos de acceso y habilitación de caminos internos

Los requisitos de los caminos pueden variar en función a su ubicación y necesidad. El camino de acceso principal será mejorado y adecuado considerando el tránsito de transportes especiales donde se trasladan los equipos. El camino de acceso secundario se prevé principalmente para el uso de vehículos. Los accesos internos se proyectan considerando que es necesario trasladar la grúa principal para montaje de tipo oruga o similar, como también las aspas de cada aerogenerador.

Los caminos de acceso y caminos internos serán afirmados, motivo por el cual no se contempla la aplicación de una capa asfáltica.

Las características de los caminos internos y su método constructivo será el siguiente:

- Los caminos internos serán de al menos 6 metros de ancho y tendrán una extensión total aproximada de 45 km. El diseño de dichas vías se realiza según especificaciones del fabricante de los aerogeneradores.
- El primer paso para la habilitación de los caminos consiste en la excavación de arenas eólicas o materiales sueltos que se encuentran en la superficie.
- La profundidad de excavación será de aproximadamente 50 cm. Este trabajo se realizará mediante el uso de retroexcavadoras, cargadores frontales, bulldozers y camiones volquete. Ver Cuadro 2.6.1 donde se indica el volumen de material excavado por los caminos internos.
- Posteriormente se compactará la explanada del camino mediante el uso de rodillos o aplanadoras hasta lograr el grado de compactación adecuado > 98% P.M.
- Posteriormente se colocan los firmes que tendrán como mínimo 25 cm de espesor, compuestos por 20 cm de firme natural (subbase), sobre los cuales se extenderán 5 cm de firme artificial (base), las cuales también serán compactadas al 98% P.M. mediante rodillos o aplanadoras. En donde sea necesario se colocarán elementos de drenaje tales como: cunetas reducidas en tierras.

Para el diseño de los caminos se contempló un layout que evita los movimientos innecesarios de suelo y busca la optimización de las conexiones de las obras, a fin de reducir su longitud y de esta manera, mitigar los impactos que se puedan generar. Se aprovecharán, en la medida de lo posible, los caminos y huellas existentes, previas al proyecto.

Para los trabajos de construcción se contempla la utilización de estos caminos, que finalmente constituirán caminos permanentes que se utilizarán durante la fase de operación de la central. Todos los caminos serán debidamente señalizados y sus límites quedarán claramente establecidos, con el objeto de evitar circulación de vehículos o personas fuera de ellos.

Cimentaciones de los aerogeneradores

Los aerogeneradores estarán cimentados por una zapata circular de 30 m de diámetro y 05 m de canto. En promedio se removerán aproximadamente 6 500 m³ de material por cada cimentación, lo que significa un total de aproximadamente 230 000 m³. El material que se extraerá será reutilizado en el mismo lugar para relleno estructural de la cimentación, la habilitación de los caminos internos y la nivelación de plataformas. Las cimentaciones incluyen una jaula de pernos para la sujeción de los tramos de la torre.

Como primera etapa de construcción de la cimentación de cada aerogenerador se efectuará la excavación. Durante la excavación de cada cimentación, se realizará el sostenimiento de los taludes, a fin de garantizar la seguridad del personal y las instalaciones.

Una vez concluidas las excavaciones de cada cimentación, se iniciará la colocación del concreto previa instalación de la armadura y jaula de pernos correspondiente a cada una de las cimentaciones.

En caso de que se presente napa en el momento de la construcción, se agotará mediante sistema de bombeo con el fin de efectuar las labores de colocación y fraguado del concreto sin influencia de la napa.

El concreto se colocará en diferentes etapas, depositándose por medio de bombas, canoas y mangas, en las cuales el camión mezclador vaciará el concreto fresco. La compactación se hará por medio de vibradores de inmersión.

Las armaduras y los moldes necesarios que le darán la forma al concreto se instalarán en coordinación con el avance de su vaciado y su fraguado. El acero y materiales para el encofrado llegarán al terreno en camiones y se almacenarán en obra. Posteriormente se prepararán las respectivas armaduras y moldes colocándose en el lugar de las obras según las definiciones y los requerimientos del Proyecto.

Por su parte, una vez que el concreto adquiera la resistencia establecida, se procederá a retirar el encofrado y, como última etapa de construcción de la cimentación, se colocará el relleno compactado de material de excavación.

Concluida la etapa de compactación se procederá al esparcimiento o retiro del material de relleno sobrante, a la remoción de escombros y retiro de las señalizaciones de protección de las excavaciones. Todo el material retirado será dispuesto en las zonas habilitadas.

Plataforma para el montaje de los aerogeneradores

Para izar los aerogeneradores se utilizan dos grúas, para lo cual se necesita un espacio aproximado de 6 500 m² para cada plataforma, donde el suelo necesariamente debe ser nivelado y compactado para resistir el peso de las grúas. A este espacio se le denomina "plataformas de montaje" y son habilitadas al lado de cada aerogenerador. La construcción incluye excavación y relleno, asegurando al mismo tiempo una adecuada capacidad de

carga del suelo en relación con la topografía natural del lugar. Considerando las condiciones y necesidades para el montaje de los aerogeneradores las plataformas serán planas, sin pendiente.

Las plataformas se mantendrán durante la fase de operación de la central eólica, servirán para maniobras de mantenimiento o para eventuales remplazos de componentes de los aerogeneradores. El material sobrante de las excavaciones será reutilizado y/o redistribuido sobre la superficie circundante sin alterar la topografía original. Este material, también será utilizado para nivelar terrenos de las mismas plataformas o caminos internos.

Para el diseño de las plataformas de montaje de los aerogeneradores se han seguido las prescripciones del fabricante de los mismos, que vienen determinadas por las dimensiones de los vehículos, la maniobrabilidad de los mismos y la necesidad de superficie libre para el acopio de los materiales.

Montaje de aerogeneradores y estructuras

Como primera etapa se coordinará el trabajo de montaje de los aerogeneradores de tal forma que, a medida que arriben al área de proyecto todos los componentes principales (secciones de la torre, góndola, rotor y palas) puedan almacenarse sobre las plataformas habilitadas para ello o bien en el área de acopio de aerogeneradores y componentes.

Para el izaje y montaje de los componentes de cada aerogenerador se utilizarán hasta 03 grúas autopropulsadas: una principal y dos secundarias.

Previo al izaje y montaje de elementos componentes de cada aerogenerador, se utilizará la grúa secundaria para montar los elementos de la grúa principal que, por su tamaño y peso, debe llegar desarmado a terreno y a cada plataforma de montaje.

Una vez dispuestos los equipos en la plataforma de montaje al pie de un aerogenerador y puesta a disposición de la grúa principal, se izarán y montarán los componentes de cada aerogenerador, los sectores de la torre, la góndola y el rotor, de la siguiente manera:

- Izaje y montaje uno a uno de los tramos de torre hasta completar la altura total de la torre.
- Se iza la góndola, y cuando esté situada sobre el collarín superior de la torre, se aprietan los tornillos de sujeción.
- Se eleva el rotor completo, en posición vertical. Se fija el buje del rotor al plato de conexión situado en el extremo delantero del eje principal de la góndola.
- Se conecta el mecanismo de regulación del paso de los álabes.
- Se procede al tendido de los cables de la góndola por el interior de la torre, para su posterior conexión a la unidad de control.

- Se coloca la unidad de control sobre los apoyos dispuestos en la cimentación y se conectan los cables de potencia y de control de la góndola, quedando el aerogenerador dispuesto para su conexión a la red.

Paralelamente, y en la medida que se avance y concluya la instalación de cada aerogenerador, se irá efectuando el montaje y la conexión de los cables eléctricos y equipos eléctricos de tensión, control y telecomunicación.

Una vez terminado el montaje de los aerogeneradores, se procederá al desarme de los componentes de la grúa principal, para proceder a trasladarla y retirarla del terreno junto con la grúa secundaria.

Canalización subterránea en media tensión

Para la construcción de la canalización de cables eléctricos de media tensión se considera una profundidad constante de aproximadamente 1,1 m y un ancho variable según el número de ternas presentes en el interior, el que fluctuará entre 0,5 y 1,8 m. En el interior de la excavación se instalará también el alambre de cobre desnudo para el sistema de puesta a tierra y el cable de fibra óptica para el sistema de control.

Realizada la excavación se procederá al tendido de los respectivos conductores y la colocación de los rellenos compactados de arena y rellenos compactados con material de excavación. El tendido de los cables se efectuará manualmente y con equipos porta carretes; los rellenos, con excavadoras, placas vibratorias y rodillos compactadores.

En las zonas de cruce de caminos de servicio con canalizaciones en que se especifique colocación de concreto y una vez que este adquiriera la resistencia establecida, se colocarán los rellenos compactados estructurales. La colocación y compactación de estos rellenos se efectuará manualmente con cuadrillas de personas y placas vibratorias.

Las zanjas se mantendrán abiertas el mínimo tiempo posible, y en caso de que se detecte napa al momento de la ejecución de la misma, se utilizarán sistemas de agotamiento de modo de permitir la colocación de los elementos dentro de la zanja.

Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento

Se habilitarán las instalaciones de Operación y Mantenimiento para la operación de la central eólica, que servirá para las funciones de centro de control y monitoreo. Los métodos constructivos en general son los mismos que los métodos descritos para las instalaciones temporales.

Construcción de la SE Mórrope

Cimentación de la subestación eléctrica

La cimentación de la subestación inicia con las actividades de adecuación del perfil natural del terreno, de tal manera que se obtenga un nivel deseado de plataforma. Esta adecuación

se realizará mediante las excavaciones del terreno utilizando equipos especializados como excavadoras, rodillos y cargadores frontales. Mediante los cargadores frontales se dispondrá el material obtenido en camiones volquete que se dirigirán a las áreas de almacenamiento temporal de excedentes.

Una vez concluido el movimiento de tierras, se instalará una malla de puesta en tierra subterránea y se procederá con la instalación de acero, instalación de encofrado, vaciado de las bases y compactación del terreno. El vaciado de concreto (vertimiento) se realizará mediante camiones *mixer* o concretas, de tal manera que el procedimiento sea rápido y uniforme. Se construirán las cimentaciones de marcos de línea, equipos y estructuras.

Luego del vaciado y el fraguado se retirará el encofrado y se procederá con la implementación de los equipos eléctricos correspondientes a la subestación eléctrica.

Montaje de infraestructura eléctrica

Luego del fraguado del concreto y respetando las especificaciones técnicas, se procederá con la instalación de las estructuras que servirán de soporte de los equipos eléctricos. Estas estructuras comprenden a las vigas, planchas, postes, etc. que se encuentran ancladas a la base de concreto u otras obras civiles. La instalación de estas estructuras metálicas será realizada mediante el ensamble con pernos y tuercas, y el uso de soldadura.

Luego de la colocación de los soportes, se instalarán los siguientes equipos eléctricos:

- Seccionadores de barras
- Sistema de comunicación OPLAT
- 06 Pararrayos autoválvula ($U_m=245$ kV; $U_r=192$ kV; 10 kA; Clase 3)
- 03 Transformadores de potencial (245 kV)
- 06 Transformadores de corriente (1000-2000/5-5-5-5 A)
- 01 Seccionador tripolar con P.A.T. (245 kV; 2.000 A; 40 kA)
- 03 Interruptores unipolar (245 kV; 2.000 A; 40 kA)
- 01 Transformador de poder (250/125/125 MVA ONAN/ONAF)
- 02 Seccionadores tripolar sin P.A.T (36 kV; 25 kA)
- 06 Pararrayos auto-válvula ($U_m=36$ kV; $U_r=33$ kV; 10 kA)
- 02 Reactancia
- 06 Transformadores de corriente reactancia
- 02 Transformadores de corriente neutro reactancia
- 12 Cabinas de línea (36 kV; 2.500 A; 25 kA)
- 02 Cabinas de trafo (36 kV; 2.500 A; 25 kA)
- 02 Cabinas de BB.CC. (36 kV; 2.500 A; 25 kA)
- 02 Cabinas de SS.AA (36 kV; 2.500 A; 25 kA)
- 02 Transformadores de SS.AA. 100kVA
- 02 Baterías de condensadores
- Sala de control

Obras menores de la subestación

Se construirán canaletas de cables, drenajes y otras obras menores. Se instalará la capa de gravilla en toda el área de la subestación. Se canalizarán los cables de control y fuerza en las canaletas y ductos hacia las salas eléctricas. La subestación contará, además, con un cerco perimetral y otro interior que aisle el área energizada.

Mantenimiento de equipos de construcción

El mantenimiento de los equipos de construcción se efectuará preferentemente en localidades cercanas, en talleres que dispongan de los servicios requeridos. Se habilitará también un patio de maquinaria, para el cual se considerarán las siguientes precauciones:

- Estará acondicionado con una protección del suelo (p.ej. planchas metálicas, arena, lona impermeable), la que actuará como aislante en el caso que durante el mantenimiento de maquinaria se derramen pequeñas cantidades de lubricantes, aceites o cualquier residuo contaminado, tomando las precauciones necesarias para no provocar ningún tipo de contaminación del suelo.
- Terminada la reparación, el área será limpiada y los residuos serán recolectados y dispuestos finalmente en un sitio autorizado cercano. Los residuos peligrosos serán transportados por empresas autorizadas hasta sitios de disposición final que cuenten con las autorizaciones sanitarias correspondientes. Se exigirá que el contratista le dé especial atención a la metodología de mantenimiento y reparación de equipos en general.

Conexión y pruebas de energización

Una vez que se haya concluido con la instalación, pruebas, energización y puesta en servicio de los equipos electromecánicos de media y alta tensión ubicados en la SE Mórrope, esta se encontrará lista para la conexión de los aerogeneradores.

Para cada aerogenerador debe concluirse con las etapas el montaje, instalación y pruebas en frío antes de proceder a su energización. Culminadas dichas etapas, estos se energizan secuencialmente y se da inicio a sus pruebas en caliente, durante las cuales se verifica la correcta operación de sus sistemas de control, protección y potencia.

Concluidas estas pruebas para cada aerogenerador se procede a dejarlo conectado y en servicio. Finalmente, al concluirse con las pruebas en caliente de todos los aerogeneradores se realizan las pruebas finales de operación de la central eólica en conjunto, al final de las cuales la central está listo para iniciar su Operación Comercial.

Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización

En esta etapa se realizará el desmantelamiento y desmovilización de los componentes temporales empleados para la construcción de la Central Eólica.

Se retirarán los materiales, insumos y residuos, de tal forma que en la superficie resultante no queden restos remanentes como materiales de construcción, equipos, maquinarias, entre otros. Se separarán los residuos comunes de los peligrosos, para luego transportarlos de manera independiente y disponerlos a través de una EO-RS de acuerdo con el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos, y el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

Después de retirar las maquinarias y equipos utilizados para la construcción de los componentes permanentes de la Central Eólica, las superficies alteradas serán reconformadas mediante la descompactación y restablecimiento del terreno, tratando de llevarlas a su condición original, en la medida de lo posible.

El proceso de recuperación de áreas intervenidas requiere, de ser posible, que se restablezcan los perfiles topográficos iniciales. El restablecimiento de las condiciones basales no representa grandes retos ingenieriles puesto que la zona es plana y árida.

Durante las actividades de cierre constructivo de los componentes temporales, se procederá con la remoción de suelos compactados de las áreas intervenidas por los componentes temporales de la construcción, correspondientemente; a fin de generar una capa superficial adecuada para la proliferación natural de flora, entre otras.

A fin de mimetizar los Depósitos de Material Excedente (DME), además de la remoción del suelo de la superficie del DME, a fin de fomentar la proliferación natural de flora, se establecerán taludes similares a dunas adyacentes naturales.

En síntesis, el abandono al culminar las actividades constructivas incluye:

- Desmantelamiento, demolición y retiro de residuos
- Restitución del terreno
- Inducción de la vegetación en donde sea pertinente (áreas con cubierta vegetal previa)

2.6.1.2 Componentes de Transmisión

Contratación de mano de obra temporal (calificada y no calificada)

La ejecución de las obras de transmisión será contratada a empresas especializadas en el montaje y construcción de este tipo de proyectos, las que contarán con mano de obra con distintos grados de calificación, según las labores necesarias para ejecutar la construcción.

La mano de obra para la construcción de los componentes de transmisión requerirá aproximadamente un promedio de 60 trabajadores al mes (40 calificados y 20 no calificados), estimándose una cantidad máxima de 100 trabajadores durante los 12 meses de construcción de los componentes de transmisión.

Compra de bienes y contratación de servicios

Esta actividad contempla la compra de los bienes (materiales) y la contratación de los servicios necesarios para ejecutar la construcción de los componentes de transmisión. Se requerirá comprar equipamiento, tal como conductores, aisladores, cables, equipos eléctricos.

Por otro lado, los servicios asociados a la construcción de los componentes de transmisión, por ejemplo, el servicio de suministro y mantenimiento de baños químicos, el soporte informático, suministro energético, la seguridad (guardias), el transporte de personal y de equipos, las telecomunicaciones y el retiro y disposición de residuos industriales y domésticos serán subcontratados directamente por la(s) empresa(s) que EGEPISAC contrate para la construcción.

EGEPISAC por medio de su Inspección Técnica de Obras (ITO), resguardará que todas las empresas que se contraten cumplan con la normativa legal aplicable a su rubro; en el caso del servicio de suministro y mantenimiento de baños químicos, EGEPISAC, a través de su Contratista, exigirá que la empresa respectiva cuente con la debida autorización.

Habilitación y operación de instalaciones auxiliares y frentes de trabajo

Corresponde a la instalación y operación transitoria de infraestructura de apoyo a la labor constructiva, la cual contempla instalaciones auxiliares y frentes de trabajo.

Instalaciones auxiliares

Para la construcción de los Componentes de Transmisión se emplearán las instalaciones auxiliares que se ubicarán en el emplazamiento del Parque Eólico (ver **Sección 2.5.1** Características de los Componentes Temporales).

Frentes de trabajo

Para la habilitación de los frentes de trabajo se realizará primero la nivelación del terreno, para lo cual se necesitarán movimientos puntuales de tierras, de tal manera que se nivele el terreno. La habilitación será realizada con maquinarias y labores manuales.

Luego de la nivelación del terreno, se procederá con la implementación de demás estructuras como la señalización de seguridad y contenedores para el acopio temporal de materiales y de residuos.

Transporte de materiales, maquinaria, insumos, equipos y personal

El transporte de materiales corresponde al suministro, descarga, almacenaje de los diferentes materiales ocupados durante la construcción, sean estos fungibles o que queden incorporados a la obra.



EGEPISAC a través de contratistas adoptará las medidas adecuadas de seguridad para el transporte de los equipos eléctricos y materiales desde la fuente de abastecimiento hasta el lugar de la obra.

Los componentes de grandes dimensiones o peso, como los transformadores, entrarán a Perú en barco, a través de los puertos de Paita y Salaverry, ubicados en los departamentos de Piura y La Libertad respectivamente. El transporte desde el puerto de desembarque al lugar de emplazamiento de las obras se realizará utilizando la red vial nacional existente, tal como la Panamericana Norte, abarcando unos 241 km, aproximadamente, desde el puerto de Paita hasta el área del proyecto, y unos 254 km aproximadamente, desde el puerto Salaverry, utilizando el sistema de caminos existente.

Para el transporte de los materiales e insumos desde la zona de acopios o instalaciones auxiliares hasta los frentes de trabajo, se utilizará los caminos de la central eólica, usándose principalmente camiones y camionetas.

Obras civiles

En el diseño de los componentes de transmisión, se han tenido en cuenta los siguientes criterios y condicionantes:

- Se procurará minimizar el movimiento de tierras y la ocupación derivada de las labores de obra civil.
- Se diseñarán y ejecutarán adecuadamente las obras de drenaje necesarias para preservar las condiciones de drenaje actual.

Movimiento de tierras y compactación

Esta actividad comprende el despeje y la limpieza del terreno previo a la construcción de las obras de los componentes de transmisión, considerando además la ejecución de excavaciones y rellenos con el fin de adecuar la topografía del área a las especificaciones técnicas y constructivas de las obras proyectadas. Esto contempla el área de localización de obras temporales y permanentes.

Para las excavaciones de tierra, incluida la remoción de terreno superficial, se utilizarán buldóceros, retroexcavadoras y compactadoras. Los rellenos serán necesarios para todas las obras enterradas. Los materiales excavados han sido considerados cualitativamente adecuados desde el aspecto geotécnico para la realización del cuerpo del terraplén principal.

El volumen total aproximado de movimiento de tierra producto de excavaciones en la fase de construcción se resume en el **Cuadro 2.6.2** y es de aproximadamente 9 000 m³.

Cuadro 2.6.2
Resumen de estimación de volúmenes de excavaciones

Componente	Estimación de material excavado (m ³)
Subestación Eléctrica La Arena	6 000
Torres de transmisión	3 000

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Si la calidad del material lo permite, aproximadamente el 70% del material extraído será reutilizado o acumulado alrededor de los componentes de transmisión y empleado para relleno y elaboración de concreto. Los excedentes que no puedan ser utilizados para estos propósitos, serán tratados de acuerdo a lo indicado en la **Sección 2.6.1.**

Construcción de la línea de transmisión

Se construirá una línea de transmisión de 220 kV para evacuar la energía generada por la Central Eólica hacia la SE Seccionadora.

Las principales actividades que se desarrollarán en esta etapa corresponderán a:

- Cimentación de las torres
- Montaje de torres
- Montaje de aisladores
- Tendido de conductores y cable de guarda
- Instalación de la puesta a tierra

A continuación, se describen las actividades de construcción para la línea de transmisión:

Cimentación de las torres

Se realizarán excavaciones para preparar el terreno para la cimentación de las torres, luego se vaciará concreto armado en los encofrados habilitados. Se usarán encofrados prefabricados, de tipo metálico o de madera, de forma tal que permitan obtener superficies expuestas de concreto totalmente lisas. Estas estructuras ofrecerán resistencia, rigidez y durabilidad frente a los esfuerzos que se le impongan durante el vaciado y compactación del concreto.

La mezcla de concreto será preparada *in situ*, con mezcladoras tipo tambor (trompitos), empleándose cemento tipo I y V, este último en caso el suelo presente una elevada concentración de sulfatos. Cuando las condiciones del suelo y accesibilidad lo permitan, se empleará concreto premezclado de camiones mixer. Durante el vaciado, se expulsará el aire del concreto por medio de vibradores de inmersión portátiles impulsados por motor.

En el fondo de la excavación se colocará una soldadura, con el fin de trazar los ejes sobre una superficie lisa y horizontal y tener apoyo firme y uniforme para los efectos de la

colocación del acero de refuerzo, así como para la instalación y nivelación de los ángulos de espera, incluyendo los ángulos de transferencia de esfuerzos “cleats”.

En los sitios en los que por alguna razón se presenten dificultades para la colocación del acero de refuerzo y nivelación de los perfiles, se colocará una capa de concreto pobre, perfectamente nivelado de 50 mm de espesor como mínimo; en todos los casos se definirá el sistema a emplear en la colocación y nivelación de los perfiles.

Montaje de torres

De acuerdo con el diseño de la línea de transmisión eléctrica, se emplearán como estructuras de soporte, celosías metálicas. Las actividades de montaje de estructuras se efectuarán en forma manual por personal técnico especializado para tales tareas, con el apoyo, en algunos casos, de equipos como tecles manuales y poleas. El armado de la estructura será manual y consistirá básicamente en la unión de las piezas que forman la estructura de celosía mediante el ensamble con pernos y tuercas.

El montaje de torres incluye el montaje de los *stubs* o ángulos de anclaje, que estarán apoyados sobre bloques prefabricados o solados y se fijarán con la mezcla de concreto, para evitar su desplazamiento o el asentamiento de los montantes de la cimentación.

Una vez concluido el montaje de las caras paralelas inferiores de la torre, se procederá con su izado y, cuando las montantes de estas caras paralelas se hayan empernado a los ángulos de espera de los cuatro *stubs*, se procederá con el montaje e izado de las otras dos caras de las torres, las cuales corresponderán con las caras paralelas ya izadas. Este procedimiento se repetirá hasta completar el cuerpo de la torre.

Debido a que las torres están formadas por partes metálicas, se procederá con su ensamblaje mediante el empleo de pernos y tuercas que las fijarán en su lugar. El personal que labore durante el montaje estará capacitado, poseerá experiencia en trabajos de altura y los respectivos implementos de seguridad para este tipo de trabajos (i.e. arneses de seguridad, líneas de vida correctamente ancladas, etc.).

El montaje de la torre incluye la colocación de accesorios según los planos de montaje de las estructuras, entre los cuales se encuentran:

- Escalines
- Dispositivos de antiescalamiento de personas ajenas por motivos de seguridad
- Señalética (placas de señalización):
 - Señal de peligro
 - Numeración de estructura
 - Identificación de línea

Montaje de aisladores

Previamente al tendido, se instalarán los aisladores de acuerdo con lo indicado en el plan de tendido específico al tramo a intervenir. Las actividades de instalación de aisladores se efectuarán básicamente en forma manual por personal técnico.

Tendido de conductores y cables de guarda

El tendido de la línea comprenderá:

- Tendido del cable de guarda del tipo OPWG
- Tendido del cable de guarda EHS
- Tendido de los conductores

El tendido se iniciará cuando los apoyos estén adecuadamente colocados. Las plataformas para el tendido se ubicarán a una distancia de la torre tal que permita ubicar los equipos de tendido de manera que el conductor no ejerza esfuerzos peligrosos sobre la estructura.

El tendido del cableado se realizará por el método de tensión controlada, utilizando equipos de tensionado (Winche y Freno neumáticos) con tambor revestido de neopreno. El freno será accionado por un sistema que minimizará el riesgo de daño a los conductores. Cada una de las poleas para el tendido será de giro libre, con un diseño que no permitirá daños en el conductor y deberá inspeccionarse y engrasarse antes y durante el tendido.

Además, como parte de esta actividad se enterrarán las varillas o cables de puesta a tierra de manera que se obtengan los valores de resistividad requeridos. Asimismo, se realizará la medición de la resistencia para asegurar que se cumplan con las especificaciones técnicas.

Instalación de la puesta a tierra

Como parte de esta actividad se enterrarán las varillas o cables de puesta a tierra de manera que se obtengan los valores de resistividad requeridos. Asimismo, se realizará la medición de la resistencia para asegurar que se cumplan con las especificaciones técnicas.

La resistencia de las puestas a tierra individuales en las estructuras de la línea no deberá superar los 25 Ohms. Este valor debe ser verificado para condiciones normales del terreno y en ningún caso luego de una lluvia o cuando el terreno se encuentre húmedo.

Construcción de la SE La Arena

Cimentación de la subestación

La cimentación de la subestación inicia con las actividades de adecuación del perfil natural del terreno, de tal manera que se obtenga un nivel deseado de plataforma. Esta adecuación se realizará mediante las excavaciones del terreno utilizando equipos especializados como excavadoras, rodillos y cargadores frontales. Mediante los cargadores frontales se

dispondrá el material obtenido en camiones volquete que se dirigirán a las áreas de almacenamiento temporal de excedentes.

Una vez concluido el movimiento de tierras, se instalará una malla de puesta en tierra subterránea y se procederá con la instalación de acero, instalación de encofrado, vaciado de las bases y compactación del terreno. El vaciado de concreto (vertimiento) se realizará mediante camiones *mixer* o concretas, de tal manera que el procedimiento sea rápido y uniforme. Se construirán las cimentaciones de marcos de línea, equipos y estructuras.

Montaje de infraestructura eléctrica

Luego del fraguado del concreto y respetando las especificaciones técnicas, se procederá con la instalación de las estructuras que servirán de soporte de los equipos eléctricos. Estas estructuras comprenden a las vigas, planchas, postes, etc. que se encuentran ancladas a la base de concreto u otras obras civiles. La instalación de estas estructuras metálicas será realizada mediante el ensamble con pernos y tuercas, y el uso de soldadura.

Luego de la colocación de los soportes, se instalarán los siguientes equipos eléctricos:

- 08 Seccionadores trifásicos de barras (U = 245 kV; 3.150 A; 40 kA)
- 03 Seccionadores trifásicos con puesta a tierra
- Interruptores unipolar (U = 245 kV; 3.150 A; 40 kA)
- 03 Interruptores unipolar (U = 245 kV; 2.000 A; 40 kA)
- 12 Transformadores de corriente (U = 245 kV - 1000-2000/5-5-5-5 A).
- 09 Transformadores de potencial (U = 245 kV)
- 04 Transformadores de potencial de barras (U = 245 kV)
- 09 Pararrayos auto válvula (Um=245 kV; Ur=192 kV; 10 kA; Clase 3).
- 07 Pararrayos punta Franklin (sobre pórtico)
- Sistema de comunicación OPLAT
- Transformador de servicios Auxiliares
- Sistema de barras
- Pórticos de línea y de barra
- Caseta de control o sala eléctrica

Obras menores de la subestación

Se construirán canaletas de cables, drenajes y otras obras menores. Se instalará la capa de gravilla en toda el área de la subestación. Se canalizarán los cables de control y fuerza en las canaletas y ductos hacia las salas eléctricas. La subestación contará, además, con un cerco perimetral y otro interior que aisle el área energizada.

Construcción de las instalaciones de Operación y Mantenimiento

Se habilitarán las instalaciones de Operación y Mantenimiento para la operación de los componentes de transmisión, que servirá para las funciones de centro de control y

monitoreo. Los métodos constructivos en general son los mismos que los métodos descritos para las instalaciones temporales.

Mantenimiento de equipos de construcción

El mantenimiento de los equipos de construcción se efectuará preferentemente en localidades cercanas, en talleres que dispongan de los servicios requeridos o en el patio de maquinaria de las instalaciones auxiliares de la central eólica.

Conexión y pruebas de energización

Antes de la energización de la Línea de Transmisión, se revisará el correcto funcionamiento del sistema de telecomunicaciones entre ellos: sistema de microondas, fibra óptica u OPLAT según corresponda, posteriormente se procede a realizar las pruebas End to End con los casos de simulaciones solicitados por COES SINAC. Una vez verificado el correcto funcionamiento de los casos de protecciones se prepara el procedimiento de maniobra de todos los equipos de alta tensión de la SE Seccionadora, la línea de transmisión queda energizada una vez el interruptor de potencia queda en posición cerrada.

Cierre constructivo de componentes temporales y desmovilización

En esta etapa se realizará el desmantelamiento y desmovilización de los componentes temporales empleados para la construcción de los componentes de transmisión.

Se retirarán los materiales, insumos y residuos, de tal forma que en la superficie resultante no queden restos remanentes como materiales de construcción, equipos, maquinarias, entre otros. Se separarán los residuos comunes de los peligrosos, para luego transportarlos de manera independiente y disponerlos a través de una EO-RS de acuerdo con el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos, y el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

Después de retirar las maquinarias y equipos utilizados para la construcción de los componentes permanentes de transmisión, las superficies alteradas serán reconvertidas mediante la descompactación y restablecimiento del terreno, tratando de llevarlas a su condición original, en la medida de lo posible.

El proceso de recuperación de áreas intervenidas requiere, de ser posible, que se restablezcan los perfiles topográficos iniciales. El restablecimiento de las condiciones basales no representa grandes retos ingenieriles puesto que la zona es plana y árida.

Durante las actividades de cierre constructivo de los componentes temporales, se procederá con la remoción de suelos compactados de las áreas intervenidas por los componentes temporales de la construcción, correspondientemente; a fin de generar una capa superficial adecuada para la proliferación natural de flora, entre otras.

2.6.2 Etapa de operación y mantenimiento

Comprende todas las actividades relacionadas con la generación y transmisión de la energía eléctrica, y el mantenimiento de la Central Eólica y su Línea de Transmisión.

Se considera una vida útil de 30 años y se definen las siguientes actividades:

- Componentes de generación
 - Operación y mantenimiento de aerogeneradores
 - Operación y mantenimiento de los caminos internos y camino de acceso principal
 - Operación y mantenimiento de equipos de media tensión
 - Operación y mantenimiento de la SE Mórrope
- Componentes de transmisión
 - Operación y mantenimiento de la línea de transmisión eléctrica
 - Operación y mantenimiento de la SE La Arena

2.6.2.1 Componentes de generación

Operación y mantenimiento de aerogeneradores

Generación eléctrica a partir de la energía eólica y despacho de energía eólica

Cada aerogenerador recibirá la energía cinética del viento captándola mediante el movimiento de las aspas, las cuales alimentarán a un generador alojado en la góndola, produciendo energía eléctrica. La energía generada pasa a un convertidor que se encarga de cambiar la frecuencia de la corriente y el voltaje, para luego pasar a un transformador que elevará el voltaje a media tensión. Luego esta energía será transportada mediante un sistema colector, el cual consta de líneas eléctricas subterráneas que se dirigen a la subestación elevadora. Desde ahí será conducida a la subestación seccionadora, a través de la línea de transmisión eléctrica, la cual controlará el envío de energía eléctrica hacia el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

El funcionamiento de cada aerogenerador será supervisado y controlado a través de un sistema centralizado suministrado por el fabricante, el cual estará situado en la Sala de Control de la subestación elevadora.

Durante la operación de la central eólica se realizarán periódicamente actividades de mantenimiento preventivo, entre las cuales se incluirán actividades de inspección, pruebas y medidas que se efectuarán para predecir el estado de los componentes de los aerogeneradores. De ser necesario, se incluirán acciones correctivas menores, periódicas y programables, tales como el ajuste de conexiones, retoques de pintura, ajustes de protecciones, lubricación, reemplazo programado de piezas gastadas, entre otras.

En la bodega del edificio de operación y mantenimiento se dispondrá de repuestos y herramientas, para contar de forma inmediata con los insumos necesarios para atender cualquier falla u operación de mantenimiento de emergencia que se requiera.

El mantenimiento programado de los aerogeneradores usualmente se realiza dos veces al año, lo que resulta en unos 12 a 18 horas de inactividad para el mantenimiento en cada evento. En general, sólo una parte de los aerogeneradores del parque eólico se paralizarán a la vez para el mantenimiento.

En el **Cuadro 2.6.3** presentan los tipos de mantenimiento de los aerogeneradores y las actividades de relacionadas de acuerdo a su periodicidad.

Cuadro 2.6.3
Tipos de mantenimiento de los aerogeneradores y actividades relacionadas

Tipo de Mantenimiento	Mantenimiento preventivo mecánico de aerogeneradores	Mantenimiento preventivo periódico de aerogeneradores			
		Periodicidad	Semestral	Anual	Trienal
	Solo el tercer mes desde la puesta en marcha				
Principales actividades	Inspección pos muestreo y pares de apriete	Inspecciones visuales Ajustes/ Lubricación Test varios Inspección tornillos	Inspecciones visuales Ajustes/ Lubricación Test varios Inspección tornillos	Inspecciones visuales Ajustes/ Lubricación Test varios Inspección tornillos Megado rodamiento	Inspecciones visuales Ajustes/ Lubricación Test varios Inspección tornillos Muestras de aceite reductoras Ensayo de carga

Fuente: INSIDEO, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Condiciones de operación

Los aerogeneradores están diseñados para trabajar dentro de cierto rango de velocidades del viento, de acuerdo con el siguiente esquema:

- Velocidad de conexión: por debajo de esta velocidad no hay suficiente energía como para generar electricidad. Por encima de esta velocidad el aerogenerador empieza a girar y producir electricidad. Las palas se ponen en movimiento cuando la velocidad del viento es superior a 3,0 m/s.
- Velocidad de corte: es determinada por la capacidad del aerogenerador de soportar fuertes vientos. Por encima de esta velocidad el aerogenerador se desconecta para evitar daños a la estructura. La velocidad de corte es de 25 m/s.



Operación y mantenimiento de los caminos internos y camino de acceso principal

Corresponde a la revisión de los caminos existentes para identificar algún desgaste. En caso de identificarse un desgaste mayor en los caminos se procede con la remoción de la capa de base dañada existente y la corrección de la base acordonada. En caso de desgastes menores no se remueve toda la capa de base sino solo la zona dañada y se procede con la colocación de la nueva base solo en los sitios dañados para que se incorpore al resto de pavimento. Adicionalmente se podría aplicar un sistema de retención de polvo.

Operación y mantenimiento de equipos de media tensión

El mantenimiento de la Central Eólica también incluye la revisión e inspección visual periódico de los equipos de media tensión. Se realizarán actividades de mantenimiento preventiva y correctiva. El mantenimiento preventivo incluirá el conjunto de inspecciones, pruebas y medidas que se efectuarán para predecir el estado de los equipos de media tensión y también incluirá acciones correctivas menores, periódicas y programables, tales como el reapriete de conexiones, retoques de pintura, ajustes de protecciones, lubricación, reemplazo programado de piezas gastadas, etc.

El mantenimiento correctivo comprende todos los trabajos para restituir las condiciones óptimas de las instalaciones para su operación.

Operación y mantenimiento de la SE Mórrope

Se realizarán actividades de mantenimiento preventiva y correctiva. El mantenimiento preventivo incluirá el conjunto de inspecciones, pruebas y medidas que se efectuarán para predecir el estado de los equipos de la subestación y también incluirá acciones correctivas menores, periódicas y programables, tales como el reapriete de conexiones, retoques de pintura, ajustes de protecciones, lubricación, reemplazo programado de piezas gastadas, etc.

El mantenimiento correctivo comprende todos los trabajos para restituir las condiciones óptimas de las instalaciones para su operación. Dependiendo de las características de la anomalía y del elemento dañado, ésta podrá ser causa de falla en forma inmediata o, al evolucionar esta alteración, exponer a la instalación a una interrupción de su servicio normal.

El plan de mantenimiento preventivo se realizará en base a las instrucciones de los fabricantes, la experiencia de los especialistas en la materia y la realimentación obtenida de los resultados de su aplicación en los años precedentes. En este plan, a cada equipo se le asignará una determinada periodicidad de mantenimiento.

2.6.2.2 Componentes de transmisión

Operación y mantenimiento de la línea de transmisión eléctrica

En la fase de operación del Proyecto, se realizarán visitas de inspección de la línea de transmisión mediante recorridos anuales para la inspección visual de sus componentes,

con el objetivo de detectar posibles fallas en los materiales, así como problemas de erosión de suelo en las bases de las estructuras y huellas de acceso, que pudiesen afectar la estabilidad de las estructuras y la continuidad del servicio del componente.

Por otro lado, se realizará mantenimiento preventivo básico o menor de la línea de transmisión, que considera el lavado de aisladores con línea energizada, la inspección visual de estructuras y cadenas de aisladores, la realización de mediciones de termografía, verificación y mantenimiento de pinturas. La inspección de aisladores y estructuras a lo largo de toda la línea de transmisión se realizará en forma pedestre y vehicular.

El mantenimiento correctivo corresponde a las reparaciones que se ejecutarán a las instalaciones por fallas detectadas en el sistema. Su envergadura dependerá de la magnitud de la falla o de la anomalía que exista. En algunos casos es posible que se requiera emplear una mayor cantidad de personal y de maquinaria pesada, como grúas y camiones.

En relación a las actividades de reparación de emergencia, éstas pueden requerir el uso de maquinaria pesada y de personal calificado. Debe tenerse en cuenta que la ocurrencia de una emergencia o de un mantenimiento mayor es de baja probabilidad.

Una vez terminadas estas reparaciones, se recolectarán los desechos de las reparaciones y los residuos domiciliarios y serán llevados inmediatamente a un lugar de disposición final autorizado más cercano.

Se contempla corte de vegetación y mantenimiento de una franja de seguridad, debido a que existe vegetación arbustiva y arbórea en los últimos 3 km de la línea de transmisión, aproximadamente.

Operación y mantenimiento de la SE La Arena

Se realizarán actividades de mantenimiento preventiva y correctiva. El mantenimiento preventivo incluirá el conjunto de inspecciones, pruebas y medidas que se efectuarán para predecir el estado de los equipos de la subestación y también incluirá acciones correctivas menores, periódicas y programables, tales como el reapriete de conexiones, retoques de pintura, ajustes de protecciones, lubricación, reemplazo programado de piezas gastadas, etc.

El mantenimiento correctivo comprende todos los trabajos para restituir las condiciones óptimas de las instalaciones para su operación. Dependiendo de las características de la anomalía y del elemento dañado, ésta podrá ser causa de falla en forma inmediata o, al evolucionar esta alteración, exponer a la instalación a una interrupción de su servicio normal.

El plan de mantenimiento preventivo se realizará en base a las instrucciones de los fabricantes, la experiencia de los especialistas en la materia y la realimentación obtenida

de los resultados de su aplicación en los años precedentes. En este plan, a cada equipo se le asignará una determinada periodicidad de mantenimiento.

2.6.3 Etapa de abandono

La vida útil de los componentes asociados a la Central Eólica es de 30 años, ampliable. Esto se logrará mediante la renovación de los equipos de acuerdo a los programas de inspección y mantenimiento y a la incorporación de innovaciones tecnológicas.

Analizando la condición general de la infraestructura, el estado del arte de la generación eléctrica en el momento y las condiciones del medio ambiente que rodea la central, se podrán tomar las siguientes decisiones:

- Modernización de los componentes de la central: en el caso que la condición general de los componentes sea aceptable, se podrá someter a la infraestructura a un mantenimiento general, el cual permitiría alargar su vida útil, o incluso se podría adaptar a una nueva tecnología más eficiente.
- Cierre de las instalaciones: si el costo de mantener o actualizar los componentes de la modificación fuese excesivo, se tomará la decisión de cerrar y desmantelar la instalación. Para esto se analizarán las características de la construcción y los equipos, determinándose aquellos susceptibles de ser reutilizados en otras tareas o procesos de la empresa, vendibles como excedentes industriales, reciclables por parte de empresas especializadas y aquellos desechos destinados al relleno de seguridad. En este escenario, se realizaría el desarme y retiro de instalaciones, así como la limpieza y rehabilitación general del terreno.

Es importante indicar que las actividades del presente plan se realizarán dependiendo de la fase en la que se encuentren. En ese sentido, el plan de abandono incluye las actividades de abandono total al finalizar la vida útil del proyecto.

Secuencialmente, como parte de este cronograma de abandono, se implementarán las siguientes actividades:

- Componentes de generación
 - Contratación de personal temporal
 - Actividades previas
 - Corte de energía
 - Desmantelamiento de equipos e instalaciones
 - Desmantelamiento y demolición de obras civiles
 - Desmontaje de componentes electromecánicos
 - Restitución del área
- Componentes de transmisión
 - Contratación de personal temporal
 - Actividades previas
 - Corte de energía

- Desmantelamiento de equipos e instalaciones
- Desmantelamiento y demolición de obras civiles
- Restitución del área

A continuación, se describen brevemente las actividades asociadas al cierre y desmantelamiento de las instalaciones:

2.6.3.1 Componentes de generación

Contratación de personal temporal

En caso de que se determine un desmontaje, la mano de obra para el desmontaje de la central eólica, requerirá un promedio de 240 trabajadores al mes, estimándose una cantidad máxima de 400 trabajadores durante los seis (06) meses estimados de abandono de la central eólica.

El contratista encargado del cierre de las instalaciones utilizará los terrenos e instalaciones de la central eólica.

Actividades previas

En estas actividades se incluye básicamente al planeamiento de las actividades de abandono o diseño de la estrategia para lograr que la infraestructura sea adecuadamente retirada desde el punto de vista ambiental y de seguridad del personal. Esta fase se desarrollará principalmente en gabinete, con el apoyo de inspecciones de campo a la infraestructura próxima a abandonar.

Corte de energía

Esta actividad consiste en el corte del flujo eléctrico proporcionado desde los aerogeneradores. Inicia con el cese del movimiento de los aerogeneradores y verificación de la desenergización de los equipos. Ningún procedimiento de abandono posterior será realizado, si es que el protocolo de desenergización no se cumple adecuadamente.

Desmantelamiento de equipos e instalaciones

Instalaciones auxiliares y otras instalaciones temporales

El contratista encargado del cierre de las instalaciones utilizará los terrenos de la central eólica y se apoyará en las instalaciones existentes (ejemplo: agua potable, electricidad). Esta instalación será retirada una vez que se finalice el cierre y clausura de las instalaciones.

Cierre y clausura de las instalaciones

De forma general para el cierre y clausura de las instalaciones se procederá de la siguiente manera:

- Se retirará todo el mobiliario y equipos de oficinas, talleres y comedores existentes. Todas las construcciones que sea factibles de desmontar serán desmanteladas, especialmente las que sean prefabricadas.
- El procedimiento para el desarme y traslado de las estructuras consistirá en retirar las partes que componen cada estructura, con la ayuda de una pluma y una grúa, para luego vender las partes metálicas o disponerlas según la legislación ambiental aplicable en la época del desmontaje.
- Todos los tanques que contengan aceites, lubricantes, combustibles, etc., serán vaciados y sus contenidos vendidos para su utilización por terceros. Los materiales para los cuales no se encuentre interesados, serán dispuestos por una EO-RS debidamente autorizada.
- Los desechos destinados a relleno serán tratados según los procedimientos de manejo y destino final aplicables según las normativas y leyes vigentes al momento del cierre del proyecto.
- Los terrenos donde sean desmanteladas las estructuras, serán cubiertos con capas de suelos provenientes de terrenos cercanos donde existan relieves sobresalientes, a fin de restituir las geoformas.
- Se clausurarán todos los accesos a los edificios y se cercarán todos los recintos a fin de impedir el acceso a ellos hasta que se decida otro destino para los terrenos.
- Las obras de concreto se demolerán o se cubrirán, de manera que no produzcan impacto visual.

Desmantelamiento y demolición de obras civiles

Cimentaciones

El retiro de las cimentaciones de las estructuras desmanteladas como las de los aerogeneradores se realizará en los 30 centímetros superiores del pedestal en el que va embutido el carrete de anclaje del aerogenerador, ya que extraer la zapata implicaría un movimiento de tierras similar o superior al de la construcción, sin que se obtengan beneficios ambientales de esta actuación. Dado que la parte superior de la zapata se encuentra a una profundidad mayor a 1 metro, su extracción, implicaría un impacto innecesario.

Este desmantelamiento incluye las operaciones de excavación, picado del concreto del pedestal, corte de la armadura, relleno de la zona excavada y carga y transporte de los elementos resultantes.

Zanjas para cableado eléctrico

Dado la profundidad de las zanjas, y para evitar un movimiento de tierras que genere un impacto innecesario, no se procederá a la apertura de la zanja para la extracción del cableado, ya que, tras la vida útil del parque, este se transforma en un elemento inerte.

Desmontaje de componentes electromecánicos

Los aerogeneradores están formados por palas fabricadas a base de fibra de vidrio reforzada con epoxi y fibras de carbono. La torre es de acero y está compuesta por tramos troncocónicos.

Tras la etapa de operación y mantenimiento de la central eólica se procederá al retiro de los aerogeneradores, así como cualquier tipo de aparato susceptible de provocar contaminación por derrame de su contenido.

Hoy en día, la mayoría de los componentes de un aerogenerador son reciclables. A continuación, se indica el posible destino de los mismos:

- Palas: Actualmente se siguen dos líneas: valorización para combustible y materia prima, y reciclado para la fabricación de otros componentes.
- Buje (reciclado como chatarra), eje lento (reciclado como chatarra), multiplicadora (si está en buen estado se puede usar como recambio para otros aerogeneradores, aceites y filtros para EO-RS autorizado), eje de alta velocidad (reciclado como chatarra), generador (reciclado como chatarra), etc.
- Torre: Reciclado como chatarra.
- Aceites y líquidos refrigerantes (hidráulicos y mecánicos): Se pueden recuperar de forma adecuada y usados como combustibles en otras plantas.

Los residuos que se generen, que no sean aptos para su reciclado, serán transportados por un gestor autorizado a un centro autorizado para su tratamiento. Se seguirá la legislación en vigor en el momento del desmantelamiento.

Restitución del área

Caminos de acceso y caminos internos

En el caso de que estos accesos no tengan un uso posterior, una vez finalizada la vida útil de la central eólica, se procederá a la restauración del sitio. Para ello se procederá a la reconstrucción morfológica y descompactación del suelo. En los sectores en donde existía vegetación previo a la construcción de la central eólica, se inducirá esta vegetación luego de completar el desmantelamiento de la infraestructura y la compactación de suelos, con el objetivo de recuperar la cobertura vegetal original del área. Esto se hará específicamente para el sector de los aerogeneradores A-1 a A-5 y A-11, los cuales estarán ubicados en dunas con vegetación arbustiva y xerofítica.

Drenajes

En aquellos caminos que no tengan un uso posterior y se desee revertir su uso al original, se procederá a demoler las obras de drenaje tanto longitudinales como transversales. El concreto o PVC resultante se retirará según la legislación vigente en residuos.



Plataformas de montaje

Una vez finalizada la operación de la central eólica, las plataformas de montaje carecerán de utilidad, por lo que se procederá a la reconstrucción morfológica y descompactación del suelo.

2.6.3.2 Componentes de transmisión

Contratación de personal temporal

La mano de obra para el desmontaje y el equipamiento de los componentes de transmisión, requerirá un promedio de 30 trabajadores al mes, estimándose una cantidad máxima de 50 trabajadores durante los cuatro (04) meses estimados de cierre de los componentes de transmisión.

El contratista encargado del cierre de las instalaciones utilizará los terrenos e instalaciones de los componentes de transmisión.

Actividades previas

En estas actividades se incluye básicamente al planeamiento de las actividades de abandono o diseño de la estrategia para lograr que la infraestructura sea adecuadamente retirada desde el punto de vista ambiental y de seguridad del personal. Esta fase se desarrollará principalmente en gabinete, con el apoyo de inspecciones de campo a la infraestructura próxima a abandonar.

Corte de energía

Esta actividad consiste en el corte del flujo eléctrico proporcionado desde la central eólica. Inicia con el cese del flujo eléctrico y verificación de la desenergización de los equipos. Ningún procedimiento de abandono posterior será realizado, si es que el protocolo de desenergización no se cumple adecuadamente.

Desmantelamiento de equipos e instalaciones

Instalaciones auxiliares y otras instalaciones temporales

El contratista encargado del cierre de las instalaciones utilizará los terrenos de los componentes de transmisión y se apoyará en las instalaciones existentes (ejemplo: agua potable, electricidad). Esta instalación será retirada una vez que se finalice el cierre y clausura de las instalaciones.

Cierre y clausura de las instalaciones

De forma general para el cierre y clausura de las instalaciones se procederá de la siguiente manera:

- Se retirará todo el mobiliario y equipos de oficinas, talleres y comedores existentes. Todas las construcciones que sea factibles de desmontar serán desmanteladas, especialmente las que sean prefabricadas.

- El procedimiento para el desarme y traslado de las estructuras consistirá en retirar las partes que componen cada estructura, con la ayuda de una pluma y una grúa, para luego vender las partes metálicas o disponerlas según la legislación ambiental aplicable en la época del desmontaje.
- Todos los tanques que contengan aceites, lubricantes, combustibles, etc., serán vaciados y sus contenidos vendidos para su utilización por terceros. Los materiales para los cuales no se encuentre interesados, serán dispuestos por una EO-RS debidamente autorizada.
- Los desechos destinados a relleno serán tratados según los procedimientos de manejo y destino final aplicables según las normativas y leyes vigentes al momento del cierre del proyecto.
- Los terrenos donde sean desmanteladas las estructuras, serán cubiertos con capas de suelos provenientes de terrenos cercanos donde existan relieves sobresalientes, a fin de restituir las geoformas.
- Se clausurarán todos los accesos a los edificios y se cercarán todos los recintos a fin de impedir el acceso a ellos hasta que se decida otro destino para los terrenos.
- Las obras de concreto se demolerán o se cubrirán, de manera que no produzcan impacto visual.

Desmantelamiento y demolición de obras civiles

Cimentaciones

El retiro de las cimentaciones de las estructuras desmanteladas se realizará en los 30 centímetros superiores de las mismas, ya que extraer toda la cimentación de la SE La Arena implicaría un movimiento de tierras similar o superior al de la construcción, sin que se obtengan beneficios ambientales de esta actuación.

Este desmantelamiento incluye las operaciones de excavación, picado del concreto del pedestal, corte de la armadura, relleno de la zona excavada y carga y transporte de los elementos resultantes.

Restitución del área

Caminos de acceso

Una vez finalizada la operación de los componentes de transmisión, se procederá a la reconstrucción morfológica y descompactación del suelo de las áreas intervenidas. Asimismo, se procederá con la inducción de la vegetación en las porciones de los caminos emplazados sobre vegetación en la construcción. En estas porciones también se ejecutará revegetación, ya que existen actualmente especies arbóreas y arbustivas, tales como *Prosopis pallida* y *Acacia macracantha*.

2.7 Insumos y equipos

2.7.1 Etapa de construcción

2.7.1.1 Insumos y materiales de construcción

En general, para los trabajos de relleno se utilizará el material obtenido de las excavaciones a realizarse en el área del proyecto. Adicionalmente, se podría requerir de parte de un tercero autorizado, la provisión de arena a fin de utilizarla en el relleno de zanjas para el cableado subterráneo del proyecto.

El material excedente de las excavaciones también se podrá utilizar para la fabricación del concreto, o en su defecto, el material de préstamo requerido podrá ser abastecido por un tercero autorizado.

El **Cuadro 2.7.1** Estimación de Materiales para la etapa de construcción presenta una estimación de los materiales e insumos a requerir durante la etapa de construcción de la central eólica, identificando los requeridos para el parque eólico y la línea de transmisión. Se resalta que los equipos y materiales en su mayoría serán importados.

Cuadro 2.7.1
Estimación de Materiales para la etapa de construcción

Materiales e insumos	Unidad	Cantidad
Parque eólico		
Hub	und	38
Pala	und	114
Góndola	und	38
Torre (sección inferior)	und	38
Torre (sección media)	und	38
Torre (sección superior)	und	38
Cables de media tensión	km	222
Tubos y tuberías	km	10
Conductor de cobre	km	31
Cinta señalizadora	km	31
Placa PPC	km	55
Combustible	m ³	25 100
Acero	ton	6 435
Concreto	m ³	58 500
Cemento	ton	26 325
Material de préstamo	ton	278 000
Línea de transmisión		
Torres de alta tensión	und	35
Conductor	km	30
Cable de guarda	km	10
Aisladores	und	105
Combustible	m ³	445
Concreto	m ³	2 800

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

De acuerdo a la norma NFPA 704 de la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego o NFPA por sus siglas en inglés y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) algunos de estos insumos son de carácter peligroso. Por ello en el **Anexo 2.7.1** se adjuntan las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales o en inglés *Material Safety Data Sheet* (MSDS) respectivas de los insumos listados. Las marcas mostradas no son necesariamente las que serán utilizadas en el proyecto, pero el producto a utilizarse es el mismo.

Es importante mencionar que el transporte de los insumos o materiales peligrosos se realizará por una empresa autorizada, según la normativa vigente.

2.7.1.2 Equipos

El uso de equipos, como el desplazamiento de la maquinaria y vehículos en el lugar de trabajo, estará ligado a la programación de trabajo de la construcción de las obras del proyecto. Ellos serán manejados por personal especializado debidamente autorizado y se cumplirán todas las normas de seguridad establecidas en el reglamento aplicable y las recomendadas por los fabricantes de los equipos.

En el **Cuadro 2.7.2** Estimación de Maquinaria para la etapa de construcción se señala el estimado de maquinaria que se utilizará para la construcción de la Central Eólica Mórrope. Las cantidades finales de cada maquinaria serán definidas con el contratista que realizará la construcción.

Cuadro 2.7.2
Estimación de Maquinaria para la etapa de construcción

Componentes	Maquinaria	Cantidad
Componentes de generación	Excavadora	6
	Retroexcavadora	6
	Minicargador	3
	Motoniveladora	7
	Rodillo	7
	Cargador frontal	10
	Bomba hormigón	3
	Manitou	1
Componentes de transmisión	Cargador frontal	2
	Motoniveladora	2
	Rodillo	2
	Frenadora	2
	Winche	2
	Máquina de tendido	2
	Retroexcavadora	2

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Asimismo, en el **Cuadro 2.7.3** a continuación, se señalan los vehículos que se utilizarán durante la etapa de construcción.

Cuadro 2.7.3
Estimación de Vehículos para la etapa de construcción

Componentes	Vehículos	Cantidad
Componentes de generación	Camión cisterna	6
	Camión grúa	5
	Camión rampa	13
	Camión tolva	16
	Camión mixer	10
	Grúa principal	3
	Grúa secundaria	3
	Buses	25
	Camionetas	75
Componentes de transmisión	Camión cisterna	3
	Camión grúa	2
	Camión tolva	1
	Camión rampa	1
	Camión mixer	1
	Buses	2
	Camionetas	5

Fuente: EGEPIASAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

2.7.1.3 Requerimiento de agua, energía y combustible

Agua de uso industrial

Se estima la habilitación de una piscina de agua industrial, cuyo fin es la provisión del insumo para las actividades de curado de concreto, además de reducción de emisiones de polvo, y humectación de accesos y plataformas.

Cabe señalar que, por tratarse de agua de uso industrial, no se consideran medidas de desinfección y clorado. Se estima que en la central eólica se utilizarán aproximadamente 56 050 m³ de agua industrial para, mientras que, en la línea de transmisión, se utilizarán aproximadamente 6 250 m³ de agua industrial (**Cuadro 2.7.4**).

Cuadro 2.7.4
Consumo de agua industrial estimado durante la etapa de construcción

Actividad	Cantidad (m ³)
Parque eólico	
Elaboración y curado de concreto	11 700
Lavado de camiones mixer	2 000
Riego con bischofita u otro agente de reducción de polvo	750
Habilitación y humectación de accesos	31 200
Habilitación y humectación de plataformas	10 400
Total	56 050
Línea de transmisión	
Elaboración y curado de concreto	1 000
Habilitación y humectación de accesos	5 250
Total	6 250

Fuente: EGEPIASAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Agua de uso doméstico

El agua de uso doméstico necesaria para las instalaciones auxiliares será proporcionada por una empresa contratista a la cual se le exigirá que tenga todos los permisos y cumpla con las exigencias dispuestas en la legislación sanitaria vigente.

En el caso de la central eólica, el volumen de agua para consumo directo en oficinas, áreas administrativas y frentes de trabajo, se estima en 5 184 m³ para toda la etapa de construcción (18 meses), teniendo en cuenta una demanda promedio de 480 trabajadores. Asimismo, considerando una demanda pico de 800 trabajadores, el requerimiento máximo se estima en 24 m³/día, no siendo posible estimar el volumen total de agua, dado que esa cantidad de trabajadores solo se mantendría temporalmente en la etapa constructiva.

En el caso de la línea de transmisión, el volumen de agua para consumo directo en frentes de trabajo se estima en 468 m³ para toda la etapa de construcción (12 meses), teniendo en cuenta una demanda promedio de 60 trabajadores. Asimismo, considerando una demanda pico de 100 trabajadores, el requerimiento máximo se estima en 3 m³/día.

Se estima una dotación de 30 litros/día por cada trabajador, de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud¹³. Se estima que se utilizará un consumo de agua de acuerdo al **Cuadro 2.7.5** a continuación.

Cuadro 2.7.5
Consumo de agua de uso doméstico durante la etapa de construcción

Propósito	Parque eólico		Línea de transmisión		Número de trabajadores
	Demanda por día (m ³ /día)	Cantidad (m ³ total)	Demanda por día (m ³ /día)	Cantidad (m ³ total)	
Agua de uso doméstico (consumo directo)	14,4	5 184	1,8	468	(promedio)
	24,0	-	3,0	-	(pico)

Fuente: EGEPIASAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Se habilitarán hasta seis (06) tanques de almacenamiento de agua potable con una capacidad de 10 m³ cada uno, los cuales totalizan 60 m³. Estos tanques dotarán de agua potable a las oficinas, baños y al sector de comedor.

Adicionalmente, en los frentes de trabajo e instalaciones auxiliares el abastecimiento de agua para consumo directo se realizará mediante bidones plásticos transparentes, de 20 litros cada uno, etiquetados y con sistema de llave para su uso manual.

¹³ De acuerdo a Gleick (1996, citado por la OMS, 2003), la comunidad internacional ha adoptado la figura de 50 litros por persona por día como requerimiento básico para suministro doméstico de agua; sin embargo, el cálculo se basa en el supuesto de que el lavado personal y de la ropa tiene lugar en el hogar; cuando no es este el caso, pueden ser aceptables cifras más bajas (OMS, 1998).

Abastecimiento de energía

Durante el periodo que dura la construcción de la central eólica, la energía eléctrica prevista para el funcionamiento de las instalaciones auxiliares será dotada por medio de un grupo electrógeno de 150 kVA con su respectivo equipo de respaldo y tres de 500 kVA en la planta de concreto con sus respectivos equipos de respaldo. También se usará equipos de pequeña escala en los frentes de trabajo, según sea requerido. El tipo de generador que será utilizado para la producción de electricidad tendrá integrado su propio depósito de combustible y un sistema de contención de derrames al interior del mismo, además de ser debidamente insonorizado.

Abastecimiento de combustible

Camiones especialmente habilitados para el transporte de combustible se encargarán de abastecer la maquinaria y vehículos. Dichos camiones serán contratados a una empresa del rubro que cuente con los permisos y las medidas de seguridad indicadas en la legislación vigente. Asimismo, la maquinaria y equipos móviles se abastecerán de combustible en los grifos y estaciones de servicio de las localidades cercanas.

Se estima que se utilizará la cantidad de hasta 350 m³ de combustible por semana durante la construcción de la central eólica.

2.7.2 Etapa de operación y mantenimiento

2.7.2.1 Insumos y materiales

En el **Cuadro 2.7.6** se resumen los principales insumos y materiales a ser empleados por sector de la central eólica, indicando su uso, en la etapa de operación y mantenimiento.

Cuadro 2.7.6
Insumos para la etapa de operación y mantenimiento

Insumo	Uso	Unidad
Combustible	0,6	m ³ /mes
Grasa lubricantes y aceites	3 000	kg/año
Aceite hidráulico	2 000	L/año
Anticongelante	30	GL/año
Refrigerante	350	L/año
Gas Hexafluoruro SF ₆	2	Balones/año
Nitrógeno	6	Balones/año
Pintura	10	GL/año
Material pétreo	2 000	m ³ /año
Bischofita o material con características similares	200	Ton/año

(*): Uso cada dos años.

Fuente: EGEPISAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Durante la operación y mantenimiento de la Línea de Transmisión se usará puntualmente insumos como pinturas y aceites al momento de realizar los mantenimientos. Las cantidades variarán de acuerdo al estado de los componentes de la línea de transmisión.

2.7.2.2 Equipos

Para la operación y mantenimiento de la Central Eólica Mórrope así como de la línea de transmisión, el uso de equipos y maquinaria es menor a la proyectada para la etapa de construcción. Se utilizarán vehículos menores para el traslado de los trabajadores.

El mantenimiento de los caminos de acceso e internos se realiza de acuerdo al desgaste identificado en la capa superficial. Al momento de realizar el mantenimiento se requieren los siguientes equipos:

- Una (01) motoniveladora
- Una (02) camión tolva
- Una (01) camión cisterna
- Una (01) rodillo compactador

2.7.2.3 Requerimiento de agua, energía y combustible

Agua de uso industrial

Para la etapa de operación y mantenimiento de la Central Eólica Mórrope y también de la línea de transmisión se requerirá, de manera puntual, agua para el mantenimiento de los caminos de acceso e internos. El volumen de agua requerido dependerá del estado de los caminos al realizar el mantenimiento y del tipo de agente de reducción de polvo que se aplica. El agua necesaria será proporcionada por terceros autorizados.

Agua de uso doméstico

El agua para consumo directo de los trabajadores provendrá de dispensadores de agua purificada, los cuales estarán ubicados dentro de los componentes auxiliares de O&M. El agua para el uso doméstico e instalaciones sanitarias (duchas, lavatorios y baños) será suministrada mediante camión cisterna por una empresa autorizada por la autoridad competente, la misma que deberá presentar certificación de la calidad del agua entregada. Se estima una dotación de 30 litros/día por cada trabajador, de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud¹⁴, y considerando que el proyecto no contempla la permanencia de un campamento en sus instalaciones.

En el caso de la central eólica, se estima que durante la operación y el mantenimiento el número de trabajadores promedio por año sea de 15 personas, por lo que la demanda de agua por año (considerando 5 días laborables por semana), asciende a 117,0 m³. Asimismo, considerando una demanda pico de 35 trabajadores, el requerimiento máximo se estima

¹⁴ De acuerdo a Gleick (1996, citado por la OMS, 2003), la comunidad internacional ha adoptado la figura de 50 litros por persona por día como requerimiento básico para suministro doméstico de agua; sin embargo, el cálculo se basa en el supuesto de que el lavado personal y de la ropa tiene lugar en el hogar; cuando no es este el caso, pueden ser aceptables cifras más bajas (OMS, 1998).

en 1,05 m³/día, no siendo posible estimar el volumen total de agua, dado que esa cantidad de trabajadores solo se mantendría por algunos meses al año en la etapa operativa.

En el caso de la línea de transmisión, se estima que durante la etapa de operación y mantenimiento el número de trabajadores promedio por año sea de cero personas. Considerando una demanda pico de 25 trabajadores, el requerimiento máximo se estima en 0,75 m³/día, no siendo posible estimar el volumen total de agua, dado que esa cantidad de trabajadores solo se mantendría por algunos meses al año en la etapa operativa.

El consumo de agua de uso doméstico por año es el que se detalla en el **Cuadro 2.7.7**:

Cuadro 2.7.7

Consumo de agua de uso doméstico durante la etapa de operación y mantenimiento

Propósito	Parque eólico		Línea de transmisión		Número de trabajadores
	Demanda por día (m ³ /día)	Cantidad (m ³ /año)	Demanda por día (m ³ /día)	Cantidad (m ³ /año)	
Consumo de agua de uso doméstico	0,45	117,0	0,00	0,00	(promedio)
	1,05	-	0,75	-	(pico)

Fuente: EGEPIASAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

Abastecimiento de energía

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la energía será abastecida por la misma central eólica. Adicionalmente, se contempla un respaldo ininterrumpido del tipo UPS (*Uninterruptible Power Supply*) o SAI por sus siglas en español (Sistema de Alimentación Ininterrumpida). El UPS se basa en un sistema de baterías alimentado por la misma central eólica y está destinado a proveer continuidad en el servicio eléctrico en caso de interrupciones, manteniendo constante el voltaje, frecuencia de salida y una autonomía estimada en 8 horas. Además, se contará con un (01) grupo electrógeno de respaldo en caso de una falla en el funcionamiento de la UPS.

Abastecimiento de combustible

Durante la operación y mantenimiento de la Central Eólica Mórrope y de la línea de transmisión, los requerimientos de combustible serán poco significativos, ya que sólo se necesitarán para los vehículos empleados por el personal encargado de mantenimiento y supervisión. Este suministro será realizado en los grifos y estaciones de servicio de las localidades cercanas.

2.8 Residuos, efluentes y emisiones

2.8.1 Etapa de construcción

2.8.1.1 Residuos líquidos industriales

Los residuos líquidos industriales se generarán del producto del lavado de camiones mixer en un área especialmente habilitada para ello (piscina impermeabilizada de sedimentación). La generación de este efluente se estima en 35 m³ por semana para los

componentes de generación y 2,45 m³ por semana para los componentes de transmisión, volumen que será recirculado para nuevas operaciones de lavado y se repondrán cuando se hayan agotado por efecto de la evaporación, teniendo en cuenta una pérdida por evaporación de entre 8 a 10%.

Cuadro 2.8.1
Residuos líquidos industriales durante la etapa de construcción

Tipo	Parque eólico		Línea de transmisión	
	Cantidad (m ³ /semana)	Cantidad (m ³ total)	Cantidad (m ³ /semana)	Cantidad (m ³ total)
Efluentes industriales	35	2 730	2,45	127,4

Fuente: EGEPIASAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

2.8.1.2 Residuos líquidos domésticos

Durante esta etapa se generarán efluentes domésticos (aguas servidas) proveniente de los servicios higiénicos y duchas. En los frentes de trabajo se utilizarán baños químicos portátiles, los cuales serán gestionados por una empresa, que contará con todas las autorizaciones legales vigentes para su actividad. De acuerdo a la Norma Técnica G-050 “Seguridad durante la construcción”, se deben instalar los servicios higiénicos detallados en el **Cuadro 2.8.2**.

Cabe señalar que, dado que la norma referida diferencia el número de inodoros, lavatorios y urinarios, se tomará en cuenta el más estricto para definir el número de baños químicos portátiles, los cuales incluyen los servicios mencionados. Asimismo, es preciso indicar que en las instalaciones auxiliares se contempla un número independiente de servicios higiénicos de acuerdo a la demanda y tránsito de personal.

Cuadro 2.8.2
Cantidad de servicios higiénicos portátiles para la etapa de construcción

Fase de la construcción	Cantidad de trabajadores	Inodoro	Lavatorio	Urinario	Servicios portátiles
Pico	900	31	30	25	31
Promedio	540	19	20	20	19
Norma G-050	50 a 100 trabajadores	5 ⁽¹⁾	10	4	-

Nota: (1) En obras de más de 100 trabajadores, se instalará un inodoro adicional por cada 30 personas.
Fuente: Norma G-050 “Seguridad durante la construcción” | EGEPIASAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

En el área de instalaciones auxiliares se habilitarán servicios higiénicos, cuyas aguas se tratarán con biodigestores sin infiltración tal como se indica en la **Sección 2.5.1** y **Sección 2.5.2**. Para ello, se realizarán conexiones enterradas mediante tuberías entre los baños con los biodigestores.

Los residuos líquidos domésticos guardan relación con el consumo de agua per cápita, y sabiendo que el consumo promedio será de 30 litros/persona/día, el 97% se convierte en desechos líquidos domésticos. Sabiendo que durante la construcción de la obra el número

promedio de trabajadores es de 480 en el parque eólico y 60 en la línea de transmisión, y que el pico de trabajadores es de 800 y 100, respectivamente, en el **Cuadro 2.8.3** se presentan los desechos líquidos domésticos generados por día.

Cabe señalar que no es posible estimar el volumen total de residuos líquidos para el periodo con mayor cantidad de personas, dado que esa cantidad de trabajadores solo se mantendría temporalmente en la etapa constructiva. Además, sabiendo que la obra de construcción del parque eólico tiene una duración de 18 meses, entonces se generarán aproximadamente 7 541,72 m³ de residuos líquidos domésticos. Finalmente, para la línea de transmisión, se generaría un total de 628,56 m³ en sus doce meses de construcción.

Cuadro 2.8.3
Residuos líquidos domésticos durante la etapa de construcción

Tipo	Cantidad (m ³ /día)	Cantidad (m ³ total)	Número de trabajadores
Componentes de generación			
Residuos líquidos domésticos	13,97	7 542,72	480 (promedio)
	23,28	-	800 (pico)
Componentes de transmisión			
Residuos líquidos domésticos	1,75	628,56	60 (promedio)
	2,91	.	100 (pico)

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

2.8.1.3 Residuos sólidos industriales

Residuos no peligrosos

Los principales residuos industriales sólidos no peligrosos se generarán periódicamente producto del montaje de los equipos, como restos de cables, cartones de embalaje, fierros, restos de madera y de materiales de construcción, escombros (desmantelamiento de obras temporales) y residuos metálicos inertes. Esto se estima en 250 toneladas por los 18 meses de construcción de la central eólica y 20 toneladas por los 12 meses de construcción de la línea de transmisión.

Estos residuos serán trasladados a los lugares de disposición temporal ubicados dentro del área de almacenamiento. Los residuos serán cercados y señalados con letreros que indiquen que el sector corresponde a un área de acopio temporal. Las partes y piezas desechadas serán clasificadas y almacenadas en las zonas de acopio temporal, desde las cuales serán trasladados periódicamente a través de EO-RS para su disposición final en los rellenos de seguridad debidamente autorizada, comercializados o donados a terceros.

Residuos peligrosos

Los principales residuos industriales peligrosos corresponderán a envases con restos de lubricantes, aceites y grasas. Esto se estima en 2,60 toneladas por los 18 meses de construcción de la central eólica y 0,50 toneladas por los 12 meses de construcción de la línea de transmisión.

Los residuos industriales peligrosos se generarán de forma periódica y serán almacenados en una bodega de residuos peligrosos, que será habilitada dentro del área de almacenamiento. Los residuos serán debidamente identificados y clasificados, conforme a lo establecido en la Ley de Residuos Peligrosos (aprobado por D.S. N° 014-2017-MINAM). Esta área de almacenamiento estará correctamente identificada, alejada en lo posible del resto de los almacenes y contará con señalización de seguridad. Se colocarán paneles con hojas de seguridad de los residuos a almacenarse. Habrá un operador responsable del registro de los ingresos y salidas.

Los residuos peligrosos que se generan durante la construcción se acumularán en estas áreas y su retiro y disposición final se hará a través de una EO-RS debidamente autorizada. En todo momento se aplicará lo indicado en la Ley de Gestión Integral Residuos Sólidos (D.L. N° 1278) y su Reglamento (aprobado por D.S. N° 014-2017-MINAM).

2.8.1.4 Residuos sólidos domésticos

Durante la construcción, se generarán residuos sólidos domésticos, tales como restos de alimentos, botellas de plástico, envases de cartón, papel usado, entre otros. Asimismo, se generarán también residuos sólidos en las actividades de construcción, los cuales son asimilables a residuos domésticos, tales como restos de oficina. Se encuentran dentro de esta calificación los restos de alimentos, papel, servilletas, latas de alimentos, envases tetra pack, botellas de vidrio, no contaminado con sustancias químicas y/o hidrocarburos.

El dimensionamiento de los recipientes para la captación de estos desechos se realiza de acuerdo a la producción per cápita de residuos sólidos, al número de personas y al tiempo de permanencia de éstas en el sitio (duración de la construcción del proyecto).

De acuerdo a la OMS, la generación de residuos domésticos varía entre 0,1 a 0,4 kg/persona/día. Los residuos sólidos generados durante la etapa de construcción serán manejados conforme a la legislación vigente, según estos sean peligrosos o no peligrosos, y serán transportados y dispuestos de manera segura a través de una EO-RS debidamente autorizada.

Considerando el escenario más conservador, y sabiendo que, durante la construcción del parque eólico, el número de trabajadores promedio será 480 personas, se tiene que los desechos sólidos domésticos por toda la construcción corresponden a 69,12 toneladas, aproximadamente. Por su parte, conociendo que, durante la construcción de la línea de transmisión, el número de trabajadores promedio es 60 personas, se tiene que los desechos sólidos domésticos por dicha etapa corresponden a 6,24 toneladas aproximadamente, según se muestra en el **Cuadro 2.8.4** a continuación.

Cuadro 2.8.4

Generación de residuos sólidos domésticos durante la etapa de construcción

Tipo	Parque eólico		Línea de transmisión	
	kg/día	Toneladas, total etapa de construcción	kg/día	Toneladas, total etapa de construcción
Residuos sólidos domésticos	192	69,12	24	6,24

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

2.8.1.5 Emisión de ruido

La principal fuente generadora de ruido provendrá del uso de la maquinaria y el equipo pesado que se empleará durante la etapa de construcción. Se prevé que la generación de ruido será minimizada al cumplirse los requisitos que se exigirá para la maquinaria y equipos antes de su adquisición, los cuales se consignan en el **Cuadro 2.8.5**. En la **Sección 5.4.2** se presenta el cálculo de emisión de ruidos y el modelamiento de los mismos para la etapa de construcción.

Cuadro 2.8.5

Niveles típicos de potencia de sonido de fuentes regulares

Fuente de Ruido	Principales Fuentes de Contribución de Ruido	Niveles de Potencia del Sonido (dB)	Medidas Principales para la Reducción del Ruido
Cargador frontal, minicargador	Motor, admisión y escape de aire	101 - 111	Encerramiento del motor. Silenciadores de admisión y escape
Camión grúa, camión rampa, camión tolva, camión mixer	Motor, admisión y escape de aire	110 - 112	Encerramiento del motor. Silenciadores de admisión y escape
Motoniveladora, rodillo	Motor, admisión y escape de aire	109 - 112	Encerramiento del motor. Silenciadores de admisión y escape
Retroexcavadora, excavadora	Motor, admisión y escape de aire	103 - 104	Encerramiento del motor. Silenciadores de admisión y escape
Grúa principal, grúa secundaria	Motor, admisión y escape de aire	114	Encerramiento del motor. Silenciadores de admisión y escape

Fuente: Guía Ambiental para el Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera, DGAA - Sub-Sector Minería del MEM. BSI British Standards (2009).
Elaborado por: INSIDEO.

2.8.1.6 Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas que se generarán durante la construcción del proyecto provendrán de aquellos vehículos que poseen motores de combustión interna, como retroexcavadoras, camiones cisterna, compactadora, camión tolva, camionetas y similares. Se conoce que estas emisiones no son de volumen considerable. Las emisiones de material particulado serán únicamente por circulación vehicular y se controlarán mediante mantenimiento constante de las vías (afirmado), en caso sea necesario. El cálculo de emisiones para la etapa de construcción, así como el modelamiento de dispersión de material particulado, se presenta en la **Sección 4.1**.

2.8.2 Etapa de operación y mantenimiento

2.8.2.1 Residuos líquidos industriales

No se prevé generar residuos líquidos industriales durante esta etapa del proyecto.

2.8.2.2 Residuos líquidos domésticos

Durante esta etapa solamente se generarán efluentes domésticos (aguas servidas) proveniente de los servicios higiénicos de los componentes auxiliares de O&M. Considerando una dotación de 30 litros/persona/día (recomendación de la OMS) por cada trabajador y sabiendo que el 97% se convierte en desechos líquidos domésticos; entonces los desechos líquidos domésticos por año se muestran en el **Cuadro 2.8.6**.

Tal como se indica en la **Sección 2.5.1** y **Sección 2.5.2**, los residuos líquidos domésticos se tratarán con biodigestores sin infiltración, para lo cual, se realizarán conexiones enterradas mediante tuberías entre los baños con los biodigestores.

Se considera que durante la operación el número de trabajadores promedio sea de 15 personas y el pico de trabajadores de 60 personas (35 en parque eólico y 25 en línea de transmisión). En tal sentido, no es posible estimar el volumen total de residuos líquidos para el periodo con mayor cantidad de personas, dado que esa cantidad de trabajadores solo se mantendría por algunos meses al año en la etapa operativa.

Cuadro 2.8.6
Residuos líquidos domésticos totales durante la etapa de operación y mantenimiento

Tipo	Parque eólico		Línea de transmisión		Número de trabajadores
	Cantidad (m ³ /día)	Cantidad (m ³ /año)	Cantidad (m ³ /día)	Cantidad (m ³ /año)	
Residuos líquidos domésticos	0,44	113,49	0,00	0,00	(promedio)
	1,05	--	0,75	--	(pico)

Fuente: EGEPISAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

2.8.2.3 Residuos sólidos industriales

Se estima que, producto de las actividades de mantenimiento y limpieza de las instalaciones del parque eólico, se generarán 5 000 kg/año de residuos peligrosos, lo que corresponde a restos de grasas y lubricantes y trapos contaminados; mientras que, en el caso de la línea de transmisión, se generarán 250 kg/año de residuos peligrosos (**Cuadro 2.8.7**). Estos residuos serán trasladados periódicamente a través de EO-RS para su disposición final en los rellenos de seguridad debidamente autorizados, comercializados o donados a terceros.

Cuadro 2.8.7
Residuos sólidos domésticos totales durante la etapa de operación y mantenimiento

Tipo	Parque eólico	Línea de transmisión
	Cantidad (kg/año)	
Restos de actividades de mantenimiento	5 000	250

Fuente: EGEPIASAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

2.8.2.4 Residuos sólidos domésticos

Durante la operación, se generarán residuos sólidos domésticos, tales como restos de alimentos, botellas de plástico, envases de cartón, papel usado, entre otros. Los residuos sólidos generados durante la etapa de operación y mantenimiento serán manejados conforme a la legislación vigente, según estos sean peligrosos o no peligrosos, y serán transportados y dispuestos de manera segura a través de una EO-RS debidamente autorizada.

El dimensionamiento de los recipientes para la captación de estos desechos se realiza de acuerdo a la producción per cápita de residuos sólidos, de acuerdo al número de personas servidas y al tiempo de permanencia de éstas en el sitio. De acuerdo a la OMS, la generación de residuos domésticos varía entre 0,1 a 0,4 kg/día. Considerando el escenario más conservador, y sabiendo que durante la operación el número de trabajadores es 15 personas en promedio en el parque eólico y cero personas en promedio en la línea de transmisión, se estima que los desechos sólidos domésticos por año serán de 0,36 toneladas en el sector Norte y 0,43 toneladas en el sector Sur, según se muestra en el **Cuadro 2.8.8**.

Cuadro 2.8.8
Generación de residuos sólidos domésticos durante la etapa de operación y mantenimiento

Tipo	Parque eólico		Línea de transmisión	
	kg/día	ton/año	kg/día	ton/año
Residuos sólidos domésticos	6	1,56	0,00	0,00

Fuente: EGEPIASAC, 2020.

Elaborado por: INSIDEO.

2.8.2.5 Emisión de ruido

La operación de la central eólica producirá un nivel de ruido de hasta 50 dB(A) en las proximidades inmediatas de los aerogeneradores, producto del movimiento de aspas de los mismos. Asimismo, las emisiones de ruido asociadas a la circulación de vehículos serán significativamente menores a las estimadas para la construcción del proyecto. En la **Sección 4.1** se presenta el cálculo de emisión de ruidos y el modelamiento de los mismos para la etapa de operación y mantenimiento.

2.8.2.6 Emisiones atmosféricas

En general, durante la etapa de operación y mantenimiento, sólo se considera el tránsito de vehículos livianos, dado que las labores asociadas a la etapa consideran sólo el desplazamiento de personal que lo llevará a cabo, lo que determina que las emisiones de material particulado sean considerablemente menores en aporte, respecto de la etapa de construcción.

2.9 Demanda de mano de obra

El requerimiento de mano de obra estará directamente relacionado a los avances de la implementación del proyecto, dependerá del cronograma de ejecución, disponibilidad de personal y condiciones técnicas específicas. Durante la etapa de construcción, operación y abandono se requerirá la contratación de mano de obra calificada y no calificada, priorizándose la contratación de mano de obra no calificada desde localidades cercanas.

Se estima que durante la etapa de construcción y abandono se requerirá un aproximado de 40% de mano de obra no calificada; sin embargo, el número de puestos de trabajo locales dependerá de la oferta laboral existente en el área. La mano de obra no calificada y los profesionales locales tendrán la primera opción, según los perfiles disponibles al momento del inicio de la construcción de la central eólica.

En resumen, la cantidad de personal requerido se presenta en el **Cuadro 2.9.1**. Cabe aclarar que los siguientes cuadros consideran no solo el personal contratado directamente por EGEPISAC, sino también por los contratistas durante las diferentes etapas del proyecto.

Cuadro 2.9.1
Estimación de la cantidad de mano de obra promedio requerida

Etapa	Calificada	No calificada	Promedio	Pico
Construcción	330	210	540	900
Operación y mantenimiento	12	3	15	35
Abandono	165	105	270	450

Fuente: EGEPISAC, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

2.10 Cronograma e inversión

A la fecha de emisión de este estudio, la inversión total de la Central Eólica Mórrope se estima en 298,2 millones de dólares estadounidenses, presupuesto que incluye los trabajos preliminares, instalación de aerogeneradores, implementación de caminos, construcción de las subestaciones Mórrope y La Arena, y de la línea de transmisión eléctrica, los cuales se llevarán a cabo durante la etapa de construcción de una duración de aproximadamente 18 meses. Por otro lado, los costos de operación y mantenimiento ascienden a aproximadamente 5,2 millones de dólares estadounidenses anuales, por el tiempo que dure esta etapa (estimado en 30 años).

En la **Tabla 2.10.1** se presenta el cronograma general de las actividades del proyecto

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEMIDETALLADO DE LA CENTRAL EÓLICA MÓRROPE

CAPÍTULO 3 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.0 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.1 Generalidades

Luego de la identificación y valoración de los impactos ambientales y socioeconómicos en base a un sustento técnico sólido, se determinan las áreas de influencia del proyecto Central Eólica Mórrope.

La delimitación de las áreas de influencia del proyecto tiene como finalidad establecer el alcance geográfico de los impactos, cuya identificación y valoración se presenta en el **Capítulo 5**. Es importante especificar que la delimitación de las áreas de influencia no se debería establecer *a priori* (antes de la evaluación de impactos), pues no se cuenta en ese momento con la información que permita definir el alcance geográfico de los impactos. Es por ello que las áreas de influencia de este capítulo fueron delimitadas luego de la identificación y valoración de los impactos, de manera que los límites de las áreas presenten sustento técnico.

Para delimitar las áreas de influencia, es necesario tener en cuenta las diferencias existentes entre el área cubierta por la línea base ambiental o Área de Estudio (AE) y el espacio geográfico que comprende el alcance de los impactos derivados de las actividades del Proyecto o Áreas de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AII).

La delimitación del AE se realiza antes de iniciar los estudios de línea base y es llevada a cabo por un equipo interdisciplinario de especialistas. El AE es un área geográfica sobre la cual se estima podrían ocurrir los impactos. Cada factor ambiental tiene su propio ámbito de referencia y, por consiguiente, los factores socioeconómicos requieren estudiar un ámbito definido por límites administrativos, de relacionamiento o comunicación, mientras que los ambientales básicamente están restringidos a límites dependiendo del grado de afectación gobernado por los siguientes fenómenos:

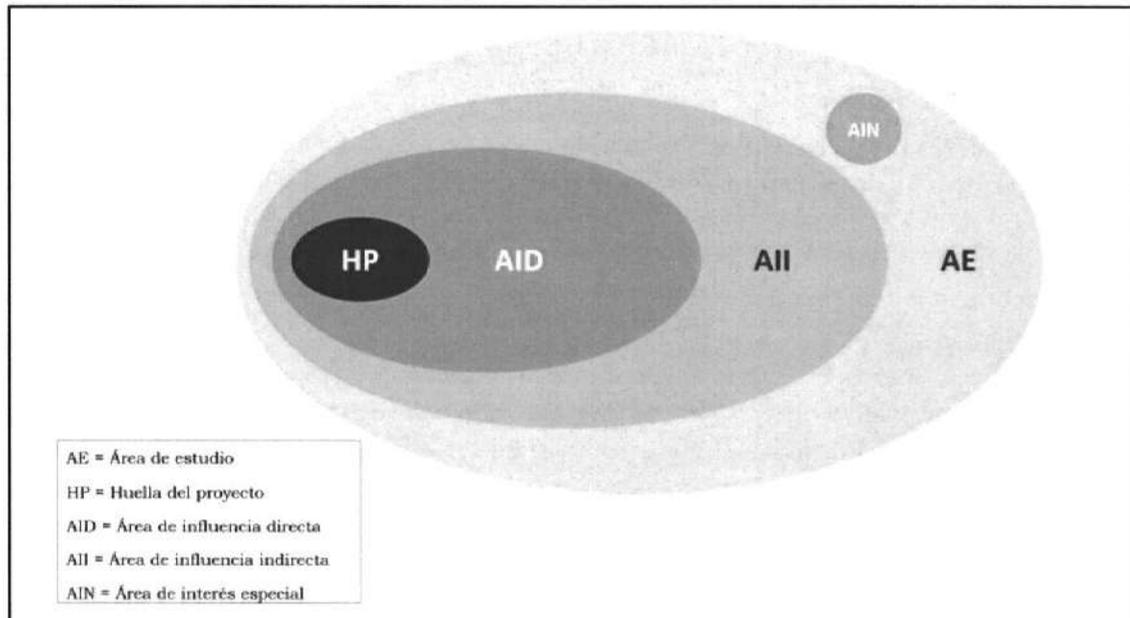
- Cambios en la calidad del factor
- Ocupación geográfica del factor por infraestructura
- Cambios en la cantidad del factor

En el AE se encuentran comprendidas las zonas que potencialmente estarían involucradas con el desarrollo del proyecto, tanto en términos de la huella del proyecto (HP) como de áreas de influencia directa e indirecta definidas preliminarmente. En términos didácticos:

$$AE = HP + AID + AII + AIN$$

En la **Ilustración 3.1.1** se presenta el esquema didáctico de las relaciones geográficas entre las áreas mencionadas.

Ilustración 3.1.1
Esquema de relaciones geográficas entre el ámbito de referencia y las áreas de influencia del proyecto



Elaborado por: INSIDEO.

En donde:

AE = Área de Estudio: comprende el área en relación a la cual se evalúan los impactos que luego serán delimitados por las áreas de influencia. Equivale al universo del sistema dentro del cual se evalúan los impactos, también conocido como ámbito de referencia (Gómez Orea, 2010). El AE del Proyecto Central Eólica Mórrope cubre una superficie de aproximadamente 12 447,42 ha.

HE = Huella del proyecto: comprende el espacio geográfico sobre el cual se encuentra directamente emplazada la infraestructura del proyecto. La huella del proyecto Central Eólica Mórrope cubre una extensión del territorio de aproximadamente 109,53 ha.

AID = Área de Influencia Directa del proyecto: comprende la huella del proyecto y el área en donde se estima la ocurrencia de impactos positivos y negativos de mayor relevancia relativa en el entorno. El AID del Proyecto Central Eólica Mórrope cubre una superficie de aproximadamente 4 439,94 ha.

AII = Área de Influencia Indirecta del proyecto: comprende el área en donde se estima la ocurrencia de impactos negativos considerados de menor intensidad o relevancia relativa

que, por lo tanto, no alterarían significativamente las condiciones iniciales del entorno. Conservadoramente, se delimita esta zona como un buffer alrededor del AID. El AII del Proyecto Central Eólica Mórrope cubre una superficie de aproximadamente 1 104,68 ha.

AIN = Área de interés específico o especial: corresponde a una zona determinada que tenga algún estatus especial o interés especial ligado a temas de diversa índole como lugares de interés por temas paisajísticos, culturales, entre otros. El AIN se encuentra fuera del alcance geográfico de los impactos derivados del Proyecto (AID o AII) pero se incluye la información con la finalidad de caracterizar las condiciones del área previas a la ejecución del proyecto. Para el caso particular del proyecto, las AIN están conformadas por los puntos de accesibilidad visual, puesto que, aun cuando no existen receptores sensibles cercanos, se establecieron conservadoramente lugares desde donde se percibirían a la distancia las instalaciones de la central eólica y que han servido para el análisis de la situación “sin” y “con proyecto” (**Capítulo 5**). En este caso particular, es un AIN el litoral mismo, puesto que aun cuando se encuentra fuera del alcance del AID y AII, existe un uso de la zona por parte de bañistas o pescadores que podrán visualizar la infraestructura del proyecto. Es importante indicar que no se esperan impactos sobre la calidad de vida, seguridad o confort de estos usuarios puesto que no hay viviendas en la zona y no habrá interferencia en la accesibilidad hacia la playa, ya que tanto el emplazamiento del proyecto como sus actividades no afectarán en absoluto las rutas de acceso al lugar.

Es importante recalcar que no necesariamente todos los factores evaluados presentan AID y AII. Por último, en base a la evaluación de impactos descrita a continuación, en la **Figura 3.1.1** se presentan las Áreas de Influencia Directa e Indirecta del proyecto, así como en el **Cuadro 3.1.1** y **3.2.1**. Dichas áreas fueron definidas tomando en cuenta los impactos estimados en el **Capítulo 5**, considerando la magnitud de las actividades del proyecto en sus diferentes etapas. Además, en la **Figura 3.1.2** se presentan el Área de Estudio y las Áreas de Interés identificadas como puntos de accesibilidad visual al proyecto.

3.2 Área de Influencia Directa (AID)

El AID se definió como el espacio geográfico donde se espera ocurran los impactos de mayor relevancia relativa asociados al proyecto, lo cual incluye a la huella del proyecto (HP) y a los aportes directamente relacionados con las emisiones esperadas de las actividades (ruido y material particulado, así como presencia humana y desarrollo de actividades).

Los criterios utilizados para definir el Área de Influencia Directa (AID) fueron los siguientes: i) criterio técnico, referidos a los componentes y obras físicas del proyecto y ii) criterio ambiental, referidos a probables impactos de mayor relevancia relativa al ambiente. Se tuvo como principal criterio la ubicación de los componentes de la Central Eólica Mórrope (emplazamiento), así como las actividades a ser realizadas, ya que se estimaron los impactos sobre el suelo, sobre la calidad del aire y los niveles de ruido por la construcción del proyecto, así como la presencia de personal y desarrollo de actividades fuera de la huella, en particular en los componentes lineales del proyecto. Asimismo, se consideró a

la afectación al paisaje para esta delimitación, aunque teniendo en consideración la lejanía de los focos poblacionales que pudieran percibir los cambios en la calidad del paisaje.

Para la determinación del AID de la central eólica se tomaron en cuenta los resultados obtenidos para la estimación del ruido durante la etapa de construcción en el escenario “con proyecto” de la **Sección 5.4.2**. Es importante mencionar que se eligió el componente ruido dado que es el impacto con el mayor alcance geográfico y se escogió la etapa de construcción por el hecho de que es durante esta etapa que se generarán los mayores niveles de ruido, debido a las distintas actividades de construcción a desarrollarse.

En ese sentido, otros impactos, como por ejemplo sobre el suelo o vegetación rala, se dan sobre un componente particular del AID, pero restringido a la huella del proyecto (HP); por otro lado, los impactos sobre la calidad del aire están más restringidos geográficamente que los impactos asociados al ruido, dado que el movimiento de tierras más importante se ejecutará en la zona de emplazamiento de los aerogeneradores, tal como se observa en la **Sección 5.4.1**. Finalmente, en cuanto al paisaje, tal como se concluye en el **Capítulo 5**, si bien parte de la infraestructura del proyecto podrá ser vista desde algunos puntos de referencia, la lejanía de la infraestructura de generación determina que no se espera un cambio en la calidad visual del conjunto, por lo que un área de influencia que considere al paisaje como referente para su delimitación constituiría una sobreestimación del alcance geográfico de los impactos sobre los otros componentes descritos.

Tal como se ha descrito en la **Sección 5.4.2**, se consideraron tres escenarios de generación de ruidos durante la etapa de construcción, los cuales fueron modelados y cuyos resultados se presentan en dicha sección:

- Escenario 1: Movimiento de tierras y preparación de material
- Escenario 2: Izaje de aerogeneradores
- Escenario 3: Circulación y equipos en el acceso principal

Por lo tanto, para definir el límite del Área de Influencia Directa (AID), se consideraron, de manera conservadora, la distancia a la cual los Escenarios 1 y 2 no superan los 60 dB (ECA de ruido diurno para Zona Residencial) y la distancia a la cual el Escenario 3 no supera los 40 dB, al ser este el escenario con mayor frecuencia de actividades y más cercano a zonas residenciales. En ese sentido, si bien el nivel de 40 dB está por debajo del ECA de zonas residenciales y se encuentra muy por debajo del nivel de ruido basal hallado en el área de estudio (**Capítulo 4**), se considera esta isolínea para los caminos de acceso al proyecto, debido a que también es la envolvente aproximada de desplazamientos de personal durante los trabajos, lo cual podría generar el ahuyentamiento de fauna como el “zorro de Sechura” *Lycalopex sechurae*. No se consideran distancias mayores porque difícilmente el personal saldría de este sector.

Para el cálculo de dichos límites o distancias, se tomaron los siguientes supuestos:

- Para una fuente puntual, el nivel de ruido disminuye en 6 dB cuando se duplica la distancia desde tal fuente¹⁵.
- Horario de trabajo: 7 a.m. a 6 p.m.
- Se considera despreciable la atenuación por absorción atmosférica.

Existe una pérdida de presión sonora desde la fuente por la distancia y por factores ambientales que disipan la intensidad de ruido generado. Aplicando el modelo de ruido Soundplan 7.3 (**Capítulo 5**) se tiene que la distancia a la que se tendrá como máximo 60 dB en los Escenarios 1 y 2 es aproximadamente 350 metros desde los frentes de trabajo de los aerogeneradores, las subestaciones eléctricas y las instalaciones auxiliares, en el caso más conservador. Además, en el caso del Escenario 3, la distancia a la que se tendrá como máximo 40 dB es de aproximadamente 200 metros desde los caminos de acceso.

En los Escenarios 1 y 2, se ha considerado 60 dB en forma conservadora, aun cuando el estándar comparable actualmente es de 80 dB, puesto que no existe infraestructura cercana de tipo residencial. En ese sentido, debido a la presencia –aunque relativamente lejana– de actividades agrícolas, se asume de manera conservadora el estándar de Zona Residencial para horario diurno como indicador de los aportes del proyecto, debido a que las labores constructivas se realizarán en horario diurno.

Es importante mencionar que no se ha considerado en el cálculo la atenuación del ruido por absorción atmosférica, por lo cual no se debe asumir que se medirá exactamente 60 dB a 350 metros de los aerogeneradores o de la SE La Arena, ni 40 dB a 200 metros de los caminos de acceso, pudiendo las mediciones ser menores en la realidad.

En suma, el AID delimitada para la Central Eólica Mórrope comprende:

- El espacio físico que es ocupado por los componentes proyectados, tanto permanentes (aerogeneradores, caminos de acceso, línea de transmisión, subestaciones eléctricas) como temporales en la etapa de construcción del proyecto.
- La ubicación de los aerogeneradores, las instalaciones auxiliares y la subestación eléctrica La Arena más un **buffer de 350 metros** alrededor de estos componentes.
- El área del camino de acceso principal y su alternativa, así como del acceso secundario a la Central Eólica Mórrope, más un **buffer de 200 metros** alrededor de estos.
- La faja de servidumbre de la línea de transmisión eléctrica que conectará la Subestación Eléctrica Mórrope con la Subestación Eléctrica La Arena. Dado que esta faja se encuentra en su totalidad dentro del buffer del acceso principal, no agrega mayor distancia desde la huella de la línea de transmisión.

¹⁵ Crocker, M. (2007). Handbook of Noise and Vibration Control. John Wiley & Sons, Inc.

No se consideró como criterio para la delimitación del AID al efecto generado por las actividades operativas, puesto que, de acuerdo con los resultados del **Capítulo 5**, el alcance geográfico de la dispersión de ruido es muy acotado al emplazamiento de los aerogeneradores. Por otro lado, la dispersión de material particulado, producto del uso de los caminos, es muy puntual como para ser considerado como un elemento que modifique la delimitación geográfica de los impactos, previamente trazada por las actividades constructivas. En cuanto al hábitat de fauna, el AID también se relaciona con el emplazamiento de la infraestructura y el alcance modelado de ruidos, puesto que los impactos esperados se relacionan con la intervención del hábitat y perturbaciones por presencia de personal y ahuyentamiento temporal a partir de los focos de emisión. No se espera la afectación de las comunidades faunísticas fuera de este ámbito. En cuanto al diseño del proyecto, este ha considerado el alejamiento prudencial de la línea costera para evitar que durante la etapa de operación y mantenimiento existan impactos asociados a la colisión de aves con los aerogeneradores. Asimismo, los riesgos vinculados, han sido contemplados en el **Capítulo 5** y adecuadamente gestionados, según lo descrito en el **Capítulo 6**.

El AID se extiende por aproximadamente 4 439,94 hectáreas y se presenta en la **Figura 3.1.1**.

En cuanto a la delimitación del Área de Influencia Directa tomando en cuenta criterios sociales, es importante precisar que no existen Comunidades Nativas o Pueblos Indígenas en el área de la central eólica ni cercanos a esta, de acuerdo a evaluaciones ambientales previas e información oficial del Estado Peruano. Con respecto a localidades cercanas, los AAHH Cruz de Mediana, 25 de Febrero, Portada de Belén, Nery Castillo y 9 de Setiembre, así como el sector Yéncala León, se ubican dentro del AID de la Central Eólica Mórrope, al ser adyacentes a los dos caminos de acceso. Además, existe propiedad comunal dentro del área de la central eólica y el buffer que conforma el AID, perteneciente a la Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope. No obstante, estos terrenos han sido cedidos en concesión a EGEPIASAC, por un periodo de 33 años, renovable hasta dos veces.

En tal sentido, en el **Cuadro 3.2.1** a continuación se presentan los grupos de interés para los cuales se estimaron impactos de índole social, indicando los criterios para su selección.

Cuadro 3.2.1

Grupos de interés del área de influencia directa de la Central Eólica Mórrope

Departamento	Provincia	Distritos	Grupo de interés	Criterio: Propiedad Superficial ⁽¹⁾
Lambayeque	Lambayeque	Mórrope, Lambayeque y Mochumí	AAHH Cruz de Mediana, 25 de Febrero, Portada de Belén, Nery Castillo y 9 de Setiembre	Propiedad comunal y cercanía al acceso principal del proyecto
		Lambayeque	Sector Yéncala León	Propiedad comunal y cercanía al acceso secundario del proyecto.
		Mórrope y Lambayeque	Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope	Propiedad comunal de toda la huella del proyecto

(1) Cabe señalar que, mediante Contrato de Constitución de Servidumbres de 9 de agosto de 2019, la Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope otorgó en concesión a EGEPIASAC los terrenos sobre los cuales se emplazará la Central Eólica Mórrope, por un periodo de 33 años, renovable hasta dos veces.

Elaborado por: INSIDEO.

3.3 Área de Influencia Indirecta (AII)

El Área de Influencia Indirecta (AII) está definida como el espacio geográfico donde se espera ocurran los impactos de menor relevancia relativa y que abarcan una extensión mayor al área donde se encuentra la actividad generadora del impacto.

Los criterios utilizados para definir el Área de Influencia Indirecta (AII) fueron los siguientes: i) criterio técnico, referido a la ubicación física del proyecto y ii) criterio ambiental, referido a probables impactos ambientales de menor relevancia (por ejemplo, impactos en los niveles de ruido ambiental y la calidad del aire por actividades en la construcción, pero menores a los límites establecidos para la delimitación del AID, o impacto en el paisaje debido al emplazamiento del proyecto).

El AII fue determinada en base al mayor alcance estimado que podrían tener los impactos ambientales y sociales. A partir del análisis de impactos, se determinó que los impactos más relevantes del proyecto estaban relacionados con el factor ruido durante la construcción de la central eólica. Con respecto al paisaje, según los resultados de la **Sección 5.4.9**, desde distintos puntos de observación no se tendrán cambios en la percepción del paisaje por parte de la población de la zona, dado que los aerogeneradores (principal componente visual de la central eólica) se encontrarán en una zona alejada de los núcleos poblacionales. Sin embargo, se estima que, en los pocos focos visuales con acceso a los aerogeneradores, la percepción será positiva, ya que la infraestructura del proyecto generará un cambio con respecto al paisaje desértico que caracteriza a la zona.

Asimismo, según la evaluación de impactos, el escenario mejoraría al emplazar el proyecto, dado que i) el contraste de la coloración infraestructura/sustrato, se incrementará por lo que se añadirán elementos que proporcionen armonía al conjunto, y ii) la presencia de infraestructura de generación eólica tendría una percepción positiva en la mayoría de los

usuarios de la playa y de la población local aledaña (sector Yéncala León), puesto que expresa una imagen de generación de energía limpia en un lugar que tiene serias limitaciones para el desarrollo de otras actividades como la agricultura o ganadería, dada la inexistencia de agua.

En suma, el AII definido para la zona de aerogeneradores y la SE La Arena comprende el área entre el polígono del Área de Influencia Directa (AID) más un **buffer de 250 m** alrededor del mismo. Se considera una distancia prudencial, puesto que a esta distancia podrían escucharse los ruidos generados por las actividades constructivas y se tendría una dimensión paisajística mayor de las instalaciones proyectadas que desde los puntos de interés considerados (Área de interés específico o especial – AIN). Esto no significa que ocurrirían impactos asociados a la excedencia de algún estándar de calidad ambiental (p.ej. calidad de aire, ruido) en este ámbito geográfico. Además, es importante indicar que no se considera necesario una distancia mayor al AID, para delimitar el AII, ya que los niveles de ruido basales ya sobrepasan los valores del ECA, por lo que esta delimitación es, de por sí, bastante conservadora.

Para el caso de los caminos de acceso a la central eólica, se considera como AII al área comprendida entre el AID de los caminos de acceso más un **buffer de 150 m**. Esta distancia es prudencial, ya que si bien la actividad en estas áreas genera un ruido mucho menor a la de los otros componentes del proyecto, hay porciones en las cuales existen receptores sensibles actuales, tales como el AH Cruz de Medianía. Además, como para el AID, se considera esta distancia prudencial adicional para el AII, debido a la mayor probabilidad de presencia de fauna que pudiera ahuyentarse cerca de los caminos de acceso, al estar estos en zonas con mayor oferta de hábitat. No se esperan efectos por ahuyentamiento de fauna (por ejemplo zorro) fuera de este ámbito geográfico, puesto que es posible que encuentren refugio en las dunas o escasa vegetación de los alrededores.

En cuanto a la delimitación del Área de Influencia Indirecta considerando criterios sociales, se consideran como AII a la porción de los distritos involucrada con el AII evaluada con criterios ambientales (**Cuadro 3.3.1**).

Cuadro 3.3.1

Grupos de interés del área de influencia indirecta de la Central Eólica Mórrope

Departamento	Provincia	Distrito (AII)	Criterio
Lambayeque	Lambayeque	Mórrope	Ubicación político-administrativa del proyecto
		Lambayeque	Ubicación político-administrativa del proyecto
		Mochumí	Ubicación político-administrativa del proyecto

Elaborado por: INSIDEO.

El AII se extiende por aproximadamente 1 104.68 hectáreas y se presenta en la **Figura 3.1.1**.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEMIDETALLADO DE LA CENTRAL EÓLICA MÓRROPE

CAPÍTULO 4 LÍNEA BASE AMBIENTAL Y SOCIAL

4.0 LÍNEA BASE AMBIENTAL Y SOCIAL

El presente capítulo corresponde a la línea base ambiental y social desarrollada bajo el alcance de la Estudio de Impacto Ambiental semidetallado (EIASd) del proyecto Central Eólica Mórrope.

4.1 Medio físico

4.1.1 Geología

4.1.1.1 Geología regional

A continuación, se describen las características regionales que han sido descritas conforme a lo mostrado en los cuadrángulos geológicos de Mórrope (14-c) y Chiclayo (14-d), cuya descripción se muestra en el Boletín N° 32 Geología de los cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Punta La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas y Mórrope (Caldas, Palacios, Pecho & Vela, 1980) y el Boletín N° 38 Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén (Wilson, 1984), respectivamente.

El área de estudio se encuentra emplazada en la planicie costera, la misma que se caracteriza por presentar un relieve esencialmente llano con algunas lomadas y colinas que lo enmarcan y que son remanentes de los procesos denudativos acontecidos durante el Cuaternario. Esta planicie se desarrolla como una faja paralela a la costa, que en términos generales se halla limitada al oeste por la línea litoral y al este, por el conjunto de cerros bajos correspondientes a las primeras estribaciones andinas occidentales.

Regionalmente, el entorno geológico donde se emplaza el área de estudio del proyecto ha sufrido múltiples procesos tectónicos y superposición de acontecimientos geológicos, principalmente acumulaciones clásticas y denudatorias. Entre los acontecimientos geológicos más antiguos se registró un proceso de metamorfismo regional desarrollado en el Precambriano, con formación de genises, anfíbolitas y granitoides de anatexis. La región fue cubierta por una sedimentación marina con materiales pelíticos y arenáceos durante el Paleozoico inferior, las rocas que se habían acumulado fueron intensamente comprimidas en el Devoniano lo cual produjo un metamorfismo regional principalmente dinámico, con formación de pliegues isoclinales.

La ausencia de sedimentos del Paleozoico superior implica una profunda denudación de la cubierta post-devoniana, además de un fallamiento en bloques que afecta al complejo metamórfico en el Macizo Illescas. La presencia de rocas mesozoicas señala la presencia

de mares someros que no llegaron a cubrir al Macizo Illescas, donde las rocas paleozoicas son cubiertas directamente por formaciones marinas del Terciario. En el Eoceno superior, la cuenca Sechura inició un desarrollo vinculado a fallamientos tafrogénicos, donde se desarrollaron las terrazas de esta edad sobre el Macizo Illescas. A fines del Eoceno, la sedimentación marina fue interrumpida por efectos compresivos y la región estuvo sujeta a emersión y posterior erosión durante el Oligoceno inferior; sobre la superficie erosionada se reanudaron las condiciones de deposición marina.

A principios del Mioceno se intensificaron los fallamientos gravitacionales, donde la cuenca Sechura alcanzó su máximo desarrollo; la sedimentación miocena se inició primero con una deposición clástica de ambiente de agitación marina que fue influenciada por una actividad piroclástica. A inicios del Plioceno la región sufrió un levantamiento epirogénico y fue objeto de erosión, sobre el relieve desarrollado se reestablecieron condiciones de acumulación litoral. Probablemente a fines del Plioceno, la pila sedimentaria acumulada fue moderadamente comprimida y empujada contra el Macizo de Illescas, a lo largo de la falla Illescas.

En el Plioceno, como consecuencia del levantamiento de los Andes, se desarrollaron los tablazos. Después de estos acontecimientos, la región mostraba un relieve parecido al actual sucedido por una serie de acontecimientos geodinámicos, tales como la formación de depresiones, llanuras de inundación y abanicos aluviales. Finalmente, como consecuencia de una costa en emersión, se desarrollaron los barjanes, dunas y cordones litorales, adquiriendo el arreglo morfológico actual.

Con respecto a la secuencia estratigráfica del entorno regional, se tienen unidades litológicas formadas durante el Neógeno (Cuaternario), las cuales corresponden a depósitos holocénicos (recientes) compuestos por depósitos eólicos, aluviales, marinos y lacustrinos.

4.1.1.2 Estratigrafía

Como se ha mencionado anteriormente, las unidades geológicas que afloran en el entorno regional corresponden al Cuaternario Reciente. Las unidades litoestratigráficas del entorno regional se presentan en el **Cuadro 4.1.1**, las mismas que se presentan en el mapa geológico regional, el cual ha sido delimitado acorde al área de estudio (**Figura 4.1.1**).

Cuadro 4.1.1
Unidades litoestratigráficas del entorno regional

Era	Sistema	Serie	Unidades litoestratigráficas
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Depósitos eólicos
			Depósitos lacustrinos
			Depósitos marinos
			Depósitos aluviales

Fuente: INGEMMET, 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

Por otro lado, se precisa que la información geológica regional mostrada en la **Figura 4.1.1** es específica para el área de estudio del proyecto (escala 1: 100 000), por lo que para los

fin de caracterización geológica regional se considera aplicable lo mostrado en dicha figura.

Con respecto a los componentes para el presente proyecto, se observa que la mayoría de los componentes (aerogeneradores, depósitos de material excedente, instalaciones auxiliares, área de almacenamiento de aerogeneradores y componentes, planta de concreto y sus respectivos accesos, líneas de transmisión eléctrica y subestaciones) se encuentran emplazados sobre depósitos eólicos y depósitos lacustrinos; con excepción de algunos aerogeneradores y caminos de accesos que se encuentran emplazados sobre depósitos aluviales y depósitos marinos.

A continuación, se describen las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio del proyecto conforme a lo mostrado en la **Figura 4.1.1**.

Depósitos aluviales (Qh-al)

Litológicamente, los depósitos aluviales consisten de acumulaciones más jóvenes de arcillas y limos depositados en los cauces de los ríos y quebradas afluentes. Estos depósitos pueden conformar abanicos constituidos por conglomerados inconsolidados en una matriz areno-limosa o arcillas lenticulares. Se presentan al este del área de estudio.

Depósitos marinos (Q-ma)

Litológicamente, los depósitos marinos se presentan en forma de pequeñas colinas de arenas, dispuestas de manera longitudinal y paralela a la línea litoral, presentando una altura promedio de 2,50 m. Suelen presentarse como cordones litorales formados por influencia marina y continental producto de la emersión de la costa. Se presentan al suroeste del área de estudio.

Depósitos lacustrinos (Q-la)

Litológicamente, los depósitos lacustrinos consisten de llanuras inundables que actualmente están en proceso de colmatación con arenas eólicas; por esa razón, las partes más profundas están conformadas por lodos o arcillas bituminosas gris negruzcas, mientras que, superficialmente, están conformadas por arenas salobres húmedas o costras de arena con caliche. Se presenta al sur del área de estudio. Cabe señalar que, en muchos lugares, estos depósitos constituyen yacimientos de materiales evaporíticos de valor económico, tales como las yeseras de Mórrope.

Depósitos eólicos (Q-eo)

Litológicamente, los depósitos eólicos consisten de arenas cuarzosas de grano medio a fino, formando barjanes en movimiento, dunas gigantes o mantos delgados de arena, los cuales siguen rutas más o menos definidas. Se presentan en gran magnitud dentro del área de estudio.

4.1.1.3 Geología estructural y tectónica

Los Andes del Perú se diferencian en cuatro zonas morfotectónicas longitudinales: Zona Costanera, Cordillera Occidental, Cordillera Oriental y la Zona Subandina. El área de estudio del proyecto comprende la primera zona morfotectónica denominada Zona Costanera.

El arreglo estructural y tectónico del entorno regional del área de estudio es el resultado de la superposición de una serie de eventos tectónicos, los cuales corresponden a i) una tectónica de basamento compuesta por una deformación polifásica precambriana, superpuesta por otra herciniana y ii) una tectónica andina o de cobertura.

Dentro de los eventos tectónicos que dieron origen al arreglo estructural y tectónico regional, el evento que corresponde al área de estudio del proyecto es la correspondiente a la Neotectónica.

Neotectónica

El área de estudio se caracteriza por estar cubierta completamente por materiales aluviales y eólicos, los cuales cubren o sellan gran parte de las evidencias estructurales, por lo que el análisis se basa en los afloramientos o depósitos cuaternarios del entorno regional.

Los depósitos cuaternarios del entorno regional, tales como las terrazas marinas, los tablazos y depósitos aluviales pleistocénicos situados a lo largo de la zona de la falla Illescas, permitieron demostrar el estudio neotectónico. Las terrazas marinas cuaternarias más altas, ubicadas a 600 m de la falla Illescas, han sufrido un levantamiento durante el Cuaternario. Esto representaría un salto acumulativo en la falla Illescas durante el Pleistoceno, por lo que se asume que este levantamiento se ha reactivado en una falla del tipo normal durante el Cuaternario.

Se han producido pequeñas deformaciones recientes, las cuales se evidencian por la presencia de diaclasamientos en los tablazos producidos, posiblemente, por los últimos sismos que han afectado la región.

Fallamientos

La región está afectada por una tectónica de fallamiento regional, de la cual se pueden distinguir las siguientes fallas:

- Falla Illescas: es un accidente Tardi-herciniano reactivado durante varias fases tectónicas del Terciario, constituyendo en la actualidad una zona de falla caracterizada por un sistema de fallas regionales de dirección NO-SE.
- Falla Tric-Trac: constituye un importante accidente dentro de la zona de la falla Illescas, siendo paralela a la misma. Es probablemente de edad Tardi-herciniana que se ha reactivado en falla del tipo normal entre el Eoceno superior y el Mioceno.

4.1.1.4 Mineralización

De acuerdo al Mapa Metalogenético del Perú, perteneciente al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), el área de estudio no corresponde a ninguna de las franjas metalogenéticas identificadas en la bibliografía anterior, por lo que la zona no es considerada como un blanco con potencial de mineralización económica.

Es importante mencionar que el presente proyecto corresponde a la implementación de una central eólica compuesta principalmente por aerogeneradores, una (01) línea de transmisión eléctrica y dos (02) subestaciones eléctricas. Al no ser un proyecto de exploración o explotación minera que demande la extracción de recursos minerales, no correspondería la realización de una caracterización mineralógica específica para el área de estudio del proyecto.

4.1.2 Geomorfología

4.1.2.1 Geomorfología regional

El área de estudio del proyecto se localiza en la costa septentrional del Perú, la cual se caracteriza por tener una homogeneidad del relieve, principalmente con planicies costeras con cotas que van desde el nivel del mar hasta los 20 m, aproximadamente.

El entorno morfológico regional se caracteriza por ser una amplia plataforma submarina emergida durante el Neógeno superior como resultado de la dinámica cortical que acortó la corteza continental sudamericana, la cual a su vez está asociada a la orogenia andina. La plataforma submarina no emergió en bloque sino como resultado de sucesivos y relativamente continuos empujes que ocurrieron desde finales del Plioceno y continúan hasta la actualidad. Estos empujes no fueron homogéneos en intensidad y estuvieron por lo general asociados a procesos de fallamiento. Los episodios menos intensos generaron sucesivas emersiones de segmentos de la plataforma submarina, dando lugar al relieve de terrazas marinas escalonadas que caracterizan actualmente el relieve de la región.

Este proceso de emersión tuvo una serie de eventos regresivos, los cuales favorecieron el retorno del mar a las áreas más deprimidas, con la consiguiente deposición de sedimentos marinos; de esta forma, la sedimentación marina rellenó parcialmente la depresión tectónica, desarrollándose el basamento rocoso sobre el cual yacen los depósitos cuaternarios. Por otro lado, durante el Pleistoceno - Holoceno, eventos lluviosos extraordinarios ocasionaron una apreciable actividad erosiva que desnaturalizó los numerosos escarpes verticales que separaban las terrazas marinas emergidas rellenando también los espacios comprendidos entre escarpes sucesivos, favoreciendo la formación de relieves algo diferenciados. Finalmente, se encuentra un periodo en donde los procesos de erosión y deposición son activos, donde el relieve adquiere su conformación actual y se produce la acumulación de los depósitos aluviales, marinos, lacustrinos y eólicos conformando un relieve bastante homogéneo, siendo los procesos eólicos quienes cambian la fisonomía del entorno geomorfológico.

Dentro del entorno geomorfológico, como resultado de intensivos procesos erosivos y geodinámicos, se han desarrollado diferentes unidades morfoestructurales y geomorfológicas regionales, sobre una amplia zona costanera.

- **Tablazos:** corresponden a las extensas porciones de plataforma continental emergida, como consecuencia de sucesivos levantamientos del macizo andino.
- **Cordón litoral:** formada a partir de la plataforma continental que fue labrada por la transgresión que desarrolló las llanuras inundables y las depresiones. Los cordones litorales han delineado la morfología del litoral de la región, limitando las zonas alcanzadas por la alta marea de las llanuras bajas.
- **Llanura inundable:** corresponden a las extensas superficies bajas y llanas situadas entre los cordones litorales y los tablazos, comprendiendo antiguas marismas y actualmente zonas de inundación fluvial durante eventos extremos.
- **Dunas:** se presentan en sus formas de dunas gigantes y barjanes en movimiento, son los rasgos más resaltantes del paisaje desértico.
- **Playas recientes:** son fajas angostas de arenas de playa comprendidas entre los niveles de baja y alta marea. En las zonas de cordones litorales, sus límites exteriores son marcados por la base de estas prominencias.

4.1.2.2 Geomorfología local

La información descrita en la siguiente sección corresponde a información obtenida en el Sistema de Información Geológico y Catastral Minero (GEOCATMIN) desarrollado por INGEMMET.

El proceso geodinámico predominante en el área de estudio del proyecto corresponde al proceso erosivo, el cual puede referirse, de acuerdo a las condiciones propias del lugar, a un proceso erosivo significativo denominado proceso eólico-aluvial. En cuanto a la estabilidad, se podría señalar que el área de estudio presenta una buena estabilidad física debido a la baja pendiente y procesos geodinámicos externos de baja magnitud.

En relación a la morfogénesis cuaternaria, el área de estudio presenta un origen deposicional. En general, se pudo definir cuatro (04) unidades geomorfológicas, las cuales corresponden a i) llanuras o planicies aluviales, ii) dunas tipo barján, iii) dunas litorales y iv) dunas asociadas a matorral, las cuales se caracterizan por estar originados a raíz de acumulaciones de materiales eólicos y aluviales, formando llanos de muy baja pendiente y lomadas de arena, respectivamente.

4.1.2.3 Unidades geomorfológicas

El área de estudio presenta principalmente unidades geomorfológicas asociadas a un proceso fluvial antiguo, el cual generó un arreglo geomorfológico característico del entorno, asociado posteriormente a procesos eólicos y deposicionales (aluviales).

Como se mencionó anteriormente, en el área de estudio se identificó cuatro (04) unidades geomorfológicas, las cuales se detallan en el **Cuadro 4.1.2** y se muestran en la **Figura 4.1.2**.

Cuadro 4.1.2
Unidades geomorfológicas en el área de estudio

Proceso geomorfológico	Subproceso	Geoforma	Símbolo
Eólico - aluvial	Proceso de deposición	Llanura o planicie aluvial	Pl-al
		Dunas tipo barján	Du-bj
		Dunas litorales	Du-li
		Dunas asociadas a matorral	Du-mt

Fuente: Sistema de Información Geológico y Catastral Minero (GEOCATMIN), 2020.
Elaborado por: INSIDEO.

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.

Unidades de origen eólico – aluvial

Procesos de deposición

Se refiere a las geoformas resultantes de procesos geomorfológicos constructivos debido a fuerzas de desplazamiento por agentes móviles, tales como los vientos; lo que conlleva posteriormente al depósito de materiales sólidos (eólico – aluvial) resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Llanura o planicie aluvial (Pl-al)

Esta unidad geomorfológica corresponde a terrenos ubicados sobre un antiguo cauce y llanura de inundación fluvial, cabe mencionar que el área de estudio se encuentra alejada de alguna quebrada o río importante y que actualmente presenta una morfología desértica. Además, son terrenos planos, de ancho variable, pendiente suave de 1° a 5°, y cuya extensión está limitada por las vertientes o piedemontes aluviales. En la **Fotografía 4.1.1** se puede apreciar dicha unidad geomorfológica.

El proceso de geodinámica externa usualmente relacionado a esta unidad es la erosión relacionada al arrastre de partículas finas y, eventualmente, acumulaciones; por otro lado, la erosión por escorrentía, que generalmente ejerce una fuerte acción erosiva, se produce cuando hay lluvias significativas, las cuales ocurren excepcionalmente dentro del área de estudio del proyecto.

Fotografía 4.1.1
Llanura o planicie aluvial (Pl-al)



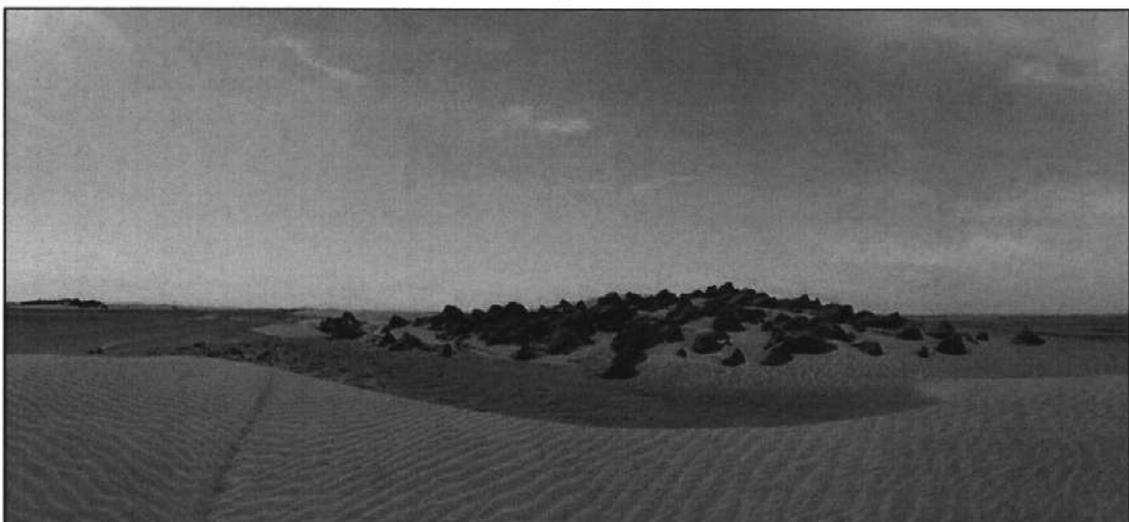
Fuente: INSIDEO, 2020.

Dunas tipo barján (Du-bj)

Esta unidad geomorfológica corresponde a aquellos montículos de arena a modo de lomadas de baja altura que se distribuyen a lo largo del área de estudio, se forman debido a los vientos característicos de la costa norte del Perú, los cuales generan con facilidad el transporte de arena fina. Las dunas tipo barján aparecen en terrenos llanos, a consecuencia de vientos fuertes, donde la arena aprovecha cualquier obstáculo o montículo para acumularse a sotavento. Cuando hay suficiente cantidad de arena, la duna comienza a moverse adoptando la forma de media luna, debido a esto, las dunas tipo barján tienden a formar grupos que avanzan siguiendo la misma dirección. En la **Fotografía 4.1.2** se puede apreciar dicha unidad geomorfológica.

El proceso de geodinámica externa relacionado a esta unidad es la sedimentación (deposición) relacionada a la acumulación de arenas en montículos desplazados por el viento.

Fotografía 4.1.2
Dunas tipo barján



Fuente: INSIDEO, 2020.

Dunas litorales (Du-li)

Esta unidad geomorfológica se diferencia de las dunas tipo barján en que estas ocupan una franja paralela a la costa y están conformadas por acumulaciones de arena importantes para las dinámicas litorales, puesto que proporcionan y reciben área desde la playa adyacente. En la **Fotografía 4.1.3** se puede apreciar dicha unidad geomorfológica.

El proceso de geodinámica externa relacionado a esta unidad es la sedimentación (deposición), relacionada a la acumulación de arenas en la línea litoral desplazadas por el viento y establecidas por capas vegetales.

Dunas asociadas a matorral (Du-mt)

Esta unidad geomorfológica se forma dentro de un ambiente costero y muy cerca a los litorales, se caracterizan por estar sujetos al sustrato y afianzados a la vegetación. En la **Fotografía 4.1.4** se puede apreciar dicha unidad geomorfológica.

El proceso de geodinámica externa relacionado a esta unidad es la sedimentación (deposición), relacionada a la acumulación de arenas en un ambiente costero y afianzada por la vegetación.

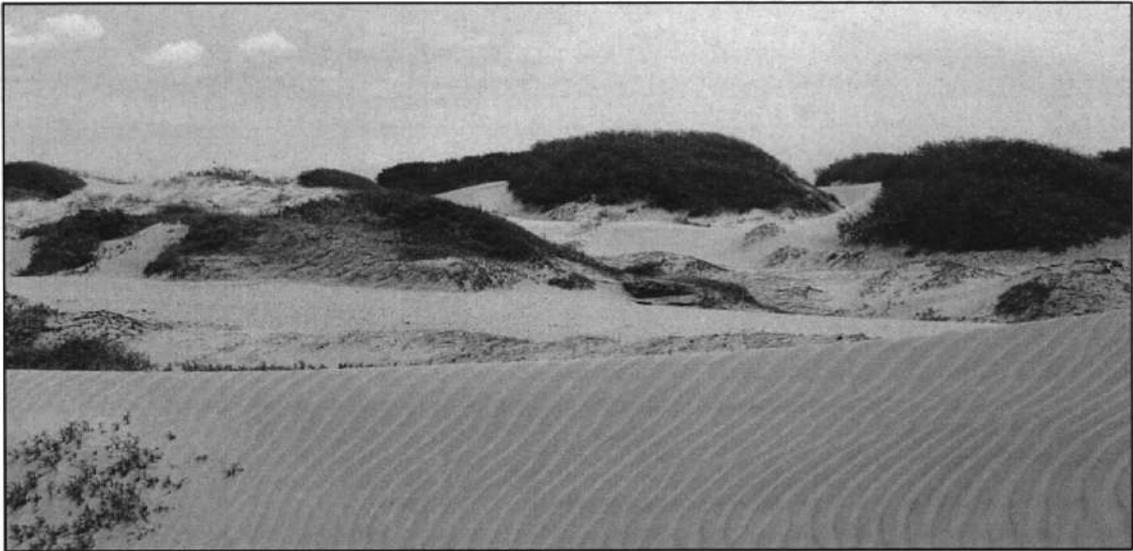
Fotografía 4.1.3

Dunas litorales



Fuente: INSIDEO, 2020.

Fotografía 4.1.4
Dunas asociadas a matorral



Fuente: INSIDEO, 2020.

4.1.2.4 Geodinámica externa

El área de estudio del proyecto presenta condiciones geológicas, geomorfológicas y climatológicas que podrían representar riesgos geológicos y que podrían hacer susceptible el desarrollo de movimientos en masa. En base al conocimiento del área de estudio a partir de visitas en campo y sobre la base del inventario nacional de peligros geológicos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (INGEMMET, 2009), se ha identificado al proceso eólico como proceso de geodinámica externa significativo en el área de estudio.

Procesos eólicos

Los procesos eólicos son los principales agentes erosivos y deposicionales que afectan a la totalidad del área de estudio del proyecto, los cuales son generados por la acción de los vientos que soplan en dirección S y SSE. En ciertos sectores donde los vientos soplan con mayor intensidad se evidencia la formación de acumulaciones de arena, denominadas dunas tipo barján.

La actividad erosiva es normal y predominante en las regiones extremadamente desérticas y, generalmente, corresponden a procesos erosivos débiles y de bajo riesgo, que ocasionan arrastre de partículas finas y, eventualmente, acumulaciones que obstaculizan las vías.

Estos procesos eólicos se manifiestan en eventos de geodinámica externa que afectan, en cierta medida, al área de estudio. Entre dichos eventos se han identificado a los arenamientos y flujos de lodo, los cuales se observan en la **Figura 4.1.3**.

Arenamientos

Consiste en traslados o invasiones de arena sobre la superficie terrestre y ribera litoral por la acción de los vientos, su origen corresponde a la alta velocidad del viento, el cual origina

depósitos de arenas que invaden diversas áreas. La acumulación se da cuando existen obstáculos como cercos o árboles que sirven como barreras que son frecuentes sobre algunas zonas próximas a áreas agrícolas. El arenamiento es un proceso muy frecuente que invade diversos sectores del área de estudio del proyecto.

Flujos de lodo

Consiste en terrenos húmedos que se trasladan rápidamente y que pueden ser iniciados por eventos sísmicos o por lluvias. En regiones áridas y semiáridas existen grandes espesores de material suelto, tales como arenas o materiales aluviales, sobre superficies llanas o con ligera pendiente que, como consecuencia de periodos de lluvia, pueden convertirse rápidamente en un flujo de lodo. Este evento geodinámico externo se manifiesta al noreste del área de estudio y podría afectar 20 m de la carretera Panamericana Norte.

Otros peligros geológicos

Inundación por el fenómeno de El Niño Costero

El área de estudio ha sufrido eventos de inundación por la crecida de la laguna La Niña, ubicada adyacente y al noroeste de la misma. En temporadas normales, las precipitaciones que ocurren en las cercanías del área de estudio se pierden por infiltración en el suelo debido a su alta permeabilidad; sin embargo, durante temporadas de ocurrencia del fenómeno conocido como "Mega-Niño", las fuertes precipitaciones no llegan a infiltrarse por completo y viajan hasta las zonas más bajas.

Este evento, sumado a las activaciones de cauces antiguos que se pierden en la zona por la aridez del lugar y las continuas invasiones de las arenas, produce la expansión de la laguna La Niña, la cual crece hasta el área de estudio. La ocurrencia de este tipo de fenómeno se debe principalmente a la morfología de la zona, conformada por depósitos cuaternarios inconsolidados que favorecen su formación, lo cual se manifiesta mediante la presencia de grietas de desecación, puntos con lodo o suelos húmedos.

Por otro lado, las lluvias inusuales ocurridas durante el fenómeno de "El Niño Costero" producen espejos de agua que inundan partes del área de estudio.

Tsunamis

De acuerdo a lo mencionado en la Carta de Inundación en caso de Tsunami para la Caleta San José - Lambayeque, de la Dirección de Hidrografía y Navegación del Departamento de Oceanografía de la Marina de Guerra del Perú, se estima que la altura de un tsunami para un evento sísmico de 9,0 M_w sobrepasa los 5 m, inundando las zonas que tienen esta elevación, tierra adentro.

Por otro lado, de acuerdo a observaciones de campo e imágenes satelitales, se registró la presencia de una serie de franjas superficiales paralelas a la línea de costa, las cuales podrían ser el resultado de diferentes eventos históricos de tsunamis, puesto que las altitudes a las que se llega están por debajo de la cota de 5 m. De este modo, se esperaría que un evento sísmico de tal magnitud, que produzca posteriormente un tsunami, no

genere una afectación a los componentes del proyecto, ya que estos se encuentran detrás de los límites definidos por los diferentes eventos históricos de tsunamis.

4.1.2.5 Estabilidad y riesgo físico

El área de estudio presenta una muy marcada estabilidad geomorfológica y geodinámica, debido a los siguientes factores:

- **Clima extremadamente árido:** como el factor de estabilidad principal, donde las lluvias que podrían causar alguna actividad erosiva significativa solo ocurren en promedio una vez cada varias décadas e, incluso en estos casos, se trata de lluvias esporádicas leves y de baja intensidad.
- **Bajas pendientes:** que predominan dentro del área de estudio. Estas pendientes llanas garantizan una gran estabilidad puesto que no se evidencia otro tipo de proceso geodinámico.

De esta forma, se explica la elevada estabilidad en conjunto y el mínimo o bajo nivel de riesgo erosivo que caracteriza al área de estudio.

4.1.2.6 Susceptibilidad a los movimientos en masa

La susceptibilidad a los movimientos en masa corresponde a la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de procesos geodinámicos, pueden ser intrínsecos o externos. Para la construcción del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa se tienen en cuenta una serie de variables o factores que tienen influencia en la ocurrencia de dichos fenómenos tales como la litología, pendiente del terreno y la geomorfología (Aguilar & Mendoza, 2002).

En el **Cuadro 4.1.3** se presentan los criterios para los niveles de peligrosidad con respecto a la susceptibilidad a los movimientos en masa correspondientes al área de estudio, los cuales son representados en la **Figura 4.1.3**. Cabe mencionar que la figura fue elaborada a partir del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa por regiones (INGEMMET, 2018); dicho mapa se ha realizado en base a un modelo heurístico multivariable que consiste en la superposición de mapas (Carrera *et al.*, 1995) y sus operaciones de geoprocesamiento, posteriormente el modelo se validó utilizando el inventario nacional de peligros geológicos.

Cuadro 4.1.3
Niveles de peligrosidad y criterios de clasificación

Grado	Criterio
Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas, saturadas y muy fracturadas; con discontinuidades desfavorables, depósitos superficiales inconsolidados, laderas con pendientes entre 30° y 45°, movimientos en masa anteriores y/o antiguos. En estos sectores existe alta posibilidad de que ocurran movimientos en masa.

Grado	Criterio
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, masas de roca con meteorización alta a moderada, fracturadas con discontinuidades desfavorables; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, laderas con pendientes entre 25° y 45°, donde han ocurrido movimientos en masa o existe la posibilidad de que ocurran.
Media	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados, laderas con pendientes entre 20° y 30°, donde han ocurrido algunos movimientos en masa y no existe completa seguridad de que no ocurran. Estos pueden ser "detonados" por sismos y lluvias excepcionales.
Baja	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionados, no saturados, con pocas discontinuidades favorables. Pendientes entre 10° y 20°. Zonas que tienen pocas condiciones para originar movimientos en masa, salvo que puede ser afectada por movimientos en masa ocurridos en zonas de susceptibilidad alta a muy alta cercanas a ellas, detonadas principalmente por lluvias excepcionales.
Muy baja	Laderas no meteorizadas, con discontinuidades favorables. Terrenos con pendientes menores a 5° donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

Fuente: INGEMMET, 2009.
Elaborado por: INSIDEO.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, el área de estudio del proyecto corresponde a un área con niveles de peligrosidad baja y muy baja, debido principalmente a la pendiente, la cual es generalmente muy baja. Cabe señalar que existe una correlación entre el nivel de peligrosidad y las unidades geomorfológicas identificadas para el área de estudio, debido principalmente a su estabilidad.

4.1.3 Geotecnia

En esta sección se presentan los resultados tanto del informe geotécnico de la Central Eólica Mórrope¹⁶, como de la memoria de revisión de dicho estudio¹⁷ y su objetivo es determinar los parámetros geotécnicos de cálculo necesarios para el diseño de las cimentaciones de los aerogeneradores así como establecer una posible zonificación en función de la tipología de cimentación.

4.1.3.1 Metodología de evaluación

Para la caracterización geotécnica se realizó un trabajo de campo que consistió en la ejecución de tres (3) sondeos mecánicos, tres (3) perfiles de sísmica MASW y doce (12) calicatas y ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas. La ubicación de dichos puntos de evaluación se presenta en la **Figura 4.1.12**. Asimismo, los resultados de las pruebas y de los ensayos se presentan en el **Anexo 4.1.7**.

¹⁶ SIGA, 2015. Informe Geotécnico de Factibilidad para Parque Eólico Mórrope 04-0010-03PE.

¹⁷ Satel, 2020. Memoria de Revisión del Estudio Geotécnico de Factibilidad Parque Eólico Mórrope. GRE.EEC.C.25.PE.W.82755.12.002.00.