

ESTUDIO DE IMPACTO  
AMBIENTAL (EsIA) Y PLAN DE  
MANEJO AMBIENTAL (PMA)

**PROYECTO FOTOVOLTAICO  
LA CEIBA**



OPERADOR DEL PROYECTO:



ELABORADO POR:



JULIO , 2026

## Contenido

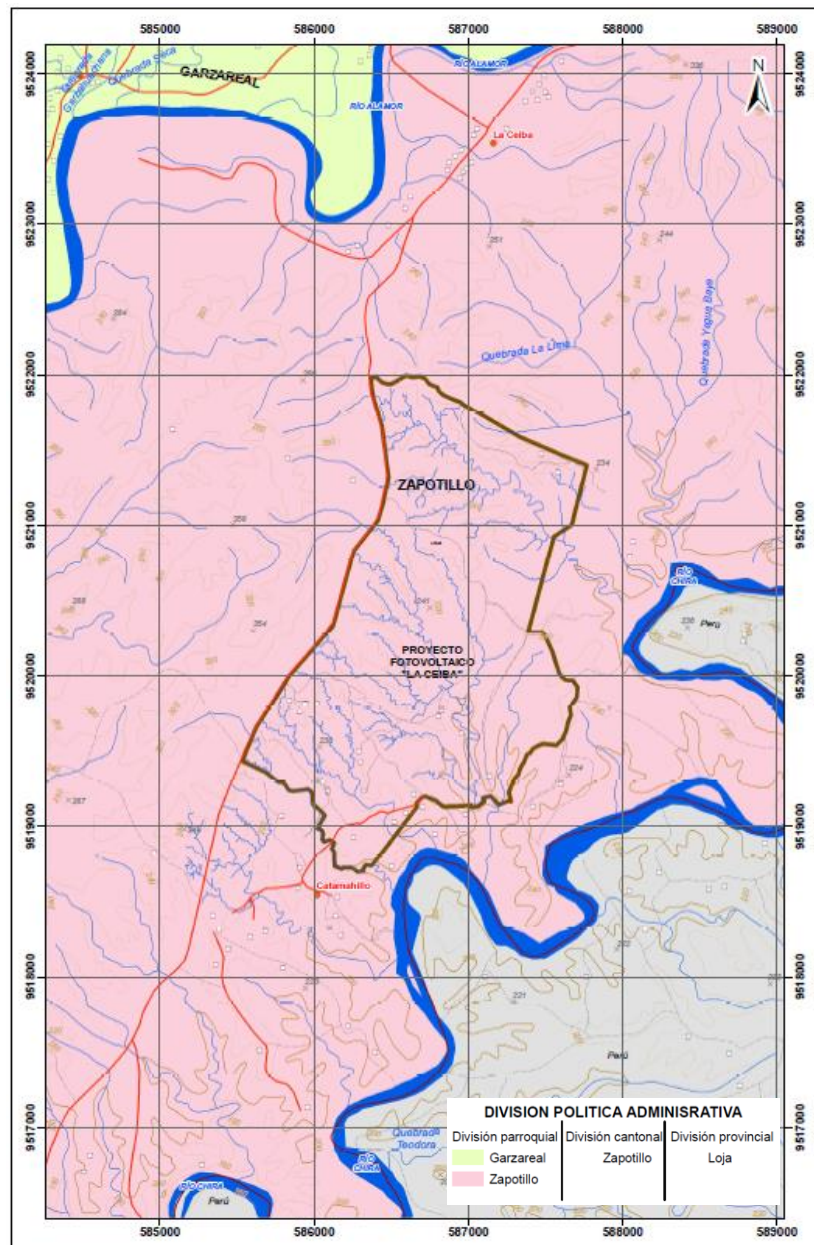
|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.</b>                                                     | <b>57</b> |
| <b>5.1. UBICACIÓN.</b>                                                                  | <b>57</b> |
| <b>5.2. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DEL PROYECTO.</b>                                        | <b>62</b> |
| <b>5.2. ETAPAS DEL PROYECTO.</b>                                                        | <b>63</b> |
| <b>5.2.1. Detalles Técnicos Etapa de Construcción.</b>                                  | <b>65</b> |
| <b>5.3.1. Etapa de Operación del proyecto.</b>                                          | <b>91</b> |
| <b>5.3.2. Inspección y mantenimiento técnico del parque solar.</b>                      | <b>92</b> |
| <b>5.3.3. Contratación de mano de obra.</b>                                             | <b>92</b> |
| <b>5.3.4. Operación de la central.</b>                                                  | <b>92</b> |
| <b>5.3.5. Tareas de mantenimiento preventivo</b>                                        | <b>93</b> |
| <b>5.4. ASPECTOS LEGALES.</b>                                                           | <b>99</b> |
| <br>                                                                                    |           |
| Tabla 5-1. Coordenadas geográficas de referencia.                                       | 58        |
| Tabla 5-2. Ubicación referencial de Instalaciones e Infraestructura temporal.           | 65        |
| Tabla 5-3. Características técnicas del proyecto.                                       | 68        |
| Tabla 5-4. Principales actividades en la fase de construcción del proyecto.             | 70        |
| Tabla 5-5. Principales equipos y maquinaria para la etapa de construcción.              | 71        |
| Tabla 5-6. Principales materiales e insumos para la etapa de construcción del proyecto. | 73        |
| Tabla 5-7. Aproximación de mano de obra para la etapa de construcción.                  | 74        |
| Tabla 5-8. Cronograma general de la fase de construcción.                               | 75        |
| Tabla 5-9. Ubicación referencial de Instalaciones e Infraestructura permanente.         | 76        |
| Tabla 5-10. Estimación de material de desbroce.                                         | 78        |
| Tabla 5-11. Estimación de material de excavación a remover.                             | 80        |
| Tabla 5-12. Estimación de desechos comunes a generar.                                   | 82        |
| Tabla 5-13. Tipo de residuos sólidos no peligrosos que se puede generar en el proyecto. | 85        |
| Tabla 5-14. Tipo de desechos peligrosos a generarse en el proyecto (construcción).      | 88        |
| Tabla 5-15. Cronograma de la Fase de Operación.                                         | 96        |
| Tabla 5-16. Estimado de residuos que se generarán en la etapa de operación              | 97        |
| Tabla 5-17. Tipo de desechos peligrosos que se pueden generar (Operación)               | 98        |
| <br>                                                                                    |           |
| Figura 5-1. Mapa de ubicación geográfica del proyecto.                                  | 57        |
| Figura 5.2. Mapa de pendientes del proyecto.                                            | 60        |
| Figura 3. Ubicación de infraestructura temporal del proyecto.                           | 67        |
| Figura 4. Ubicación de infraestructura permanente del proyecto.                         | 77        |
| Figura 5-5. Proporcional de desechos no peligrosos – etapa de construcción              | 83        |
| Figura 5-6. Curva de generación mensual de desechos no peligrosos.                      | 84        |
| Figura 5-7. Clasificación de desechos peligrosos- CRETIB.                               | 91        |

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

### 5.1. UBICACIÓN.

El Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se emplaza en el cantón Zapotillo, provincia de Loja (Ecuador), cercano a la frontera con Perú. Su ubicación específica corresponde a la parroquia Zapotillo, en el sector conocido localmente como Catamahillo, aproximadamente a 1,6 km del poblado La Ceiba Chica y 4 km al noroeste de la cabecera cantonal de Zapotillo. Las coordenadas centrales del sitio son a X: 586737, Y: 9519747 (UTM WGS-84, Zona 17 Sur), lo que sitúa al proyecto junto a la carretera E25 (Troncal de la Costa), una vía principal que facilita el acceso al área. Los límites geográficos del predio se ubican en una zona de bosque seco tropical, sin solaparse con áreas protegidas o de conservación ecológica (el polígono no intersecta con el SNAP).

Figura 5-1. Mapa de ubicación geográfica del proyecto.



En el MAPA NRO. 1 se presenta el mapa de ubicación del proyecto.

El proyecto se encuentra geográficamente ubicado en las siguientes coordenadas geográficas Datum WGS 84 Datum 17S.

Tabla 5-1. Coordenadas geográficas de referencia.

| Nro. | UTM WGS84 Z 17S |            | Nro. | UTM WGS84 Z 17S |            |
|------|-----------------|------------|------|-----------------|------------|
|      | ESTE            | NORTE      |      | ESTE            | NORTE      |
| 1    | 586625,51       | 9521981,60 | 64   | 586662,28       | 9519124,62 |
| 2    | 586645,35       | 9521980,01 | 65   | 586370,18       | 9518735,15 |
| 3    | 586669,16       | 9521985,57 | 66   | 586329,97       | 9518739,39 |
| 4    | 586685,83       | 9521985,57 | 67   | 586315,15       | 9518711,87 |
| 5    | 586708,06       | 9521976,84 | 68   | 586315,15       | 9518697,05 |
| 6    | 586719,96       | 9521967,31 | 69   | 586277,05       | 9518694,94 |
| 7    | 586742,19       | 9521937,94 | 70   | 586241,07       | 9518720,34 |
| 8    | 586755,68       | 9521929,21 | 71   | 586183,92       | 9518720,34 |
| 9    | 586783,46       | 9521918,10 | 72   | 586175,45       | 9518711,87 |
| 10   | 586798,54       | 9521911,75 | 73   | 586128,88       | 9518730,92 |
| 11   | 586804,10       | 9521888,73 | 74   | 586126,77       | 9518783,84 |
| 12   | 586835,06       | 9521863,33 | 75   | 586126,77       | 9518828,29 |
| 13   | 586878,71       | 9521842,69 | 76   | 586111,95       | 9518849,46 |
| 14   | 586907,29       | 9521832,37 | 77   | 586126,77       | 9518889,67 |
| 15   | 586948,56       | 9521815,70 | 78   | 586099,25       | 9518908,72 |
| 16   | 586964,44       | 9521801,42 | 79   | 586063,27       | 9518898,14 |
| 17   | 587328,50       | 9521584,57 | 80   | 586048,45       | 9518912,96 |
| 18   | 587606,48       | 9521460,78 | 81   | 586054,80       | 9518948,94 |
| 19   | 587767,15       | 9521397,23 | 82   | 586046,33       | 9518972,22 |
| 20   | 587669,28       | 9521000,54 | 83   | 586023,05       | 9518982,81 |
| 21   | 587551,29       | 9520921,68 | 84   | 586035,75       | 9519016,67 |
| 22   | 587384,07       | 9520286,67 | 85   | 586065,38       | 9519069,59 |
| 23   | 587477,20       | 9520286,67 | 86   | 586044,22       | 9519094,99 |
| 24   | 587506,84       | 9520233,76 | 87   | 585993,42       | 9519139,44 |
| 25   | 587540,70       | 9520157,56 | 88   | 585980,72       | 9519224,11 |
| 26   | 587563,99       | 9520081,36 | 89   | 585957,43       | 9519241,04 |
| 27   | 587589,39       | 9520005,16 | 90   | 585860,07       | 9519228,34 |
| 28   | 587627,49       | 9519969,17 | 91   | 585832,55       | 9519234,69 |
| 29   | 587674,05       | 9519967,06 | 92   | 585796,57       | 9519287,61 |
| 30   | 587705,80       | 9519922,61 | 93   | 585769,05       | 9519287,61 |
| 31   | 587699,45       | 9519854,87 | 94   | 585733,07       | 9519317,24 |
| 32   | 587655,00       | 9519789,26 | 95   | 585680,15       | 9519359,57 |
| 33   | 587661,35       | 9519729,99 | 96   | 585529,86       | 9519431,54 |
| 34   | 587644,42       | 9519689,77 | 97   | 585618,76       | 9519651,67 |
| 35   | 587629,60       | 9519626,27 | 98   | 585760,58       | 9519873,92 |
| 36   | 587604,20       | 9519571,24 | 99   | 585834,67       | 9519996,69 |
| 37   | 587568,22       | 9519535,26 | 100  | 585957,43       | 9520138,51 |
| 38   | 587481,44       | 9519545,84 | 101  | 586118,30       | 9520329,01 |
| 39   | 587443,34       | 9519528,91 | 102  | 586181,80       | 9520563,96 |
| 40   | 587415,82       | 9519514,09 | 103  | 586253,77       | 9520828,54 |
| 41   | 587396,77       | 9519484,46 | 104  | 586319,38       | 9520913,21 |
| 42   | 587377,72       | 9519475,99 | 105  | 586410,40       | 9521027,51 |
| 43   | 587356,55       | 9519425,19 | 106  | 586444,27       | 9521146,04 |
| 44   | 587331,15       | 9519382,86 | 107  | 586478,13       | 9521315,38 |

| Nro. | UTM WGS84 Z 17S |            | Nro. | UTM WGS84 Z 17S |            |
|------|-----------------|------------|------|-----------------|------------|
|      | ESTE            | NORTE      |      | ESTE            | NORTE      |
| 45   | 587320,57       | 9519340,52 | 108  | 586459,08       | 9521476,24 |
| 46   | 587297,28       | 9519317,24 | 109  | 586435,80       | 9521651,93 |
| 47   | 587276,12       | 9519262,21 | 110  | 586382,88       | 9521836,08 |
| 48   | 587259,18       | 9519219,87 | 111  | 586370,18       | 9521905,93 |
| 49   | 587274,00       | 9519160,61 | 112  | 586364,36       | 9521973,66 |
| 50   | 587252,83       | 9519162,72 | 113  | 586397,70       | 9521982,39 |
| 51   | 587195,68       | 9519139,44 | 114  | 586402,46       | 9521980,81 |
| 52   | 587140,65       | 9519196,59 | 115  | 586419,92       | 9521961,76 |
| 53   | 587091,97       | 9519183,89 | 116  | 586438,97       | 9521947,47 |
| 54   | 587100,43       | 9519160,61 | 117  | 586457,23       | 9521939,53 |
| 55   | 587060,22       | 9519126,74 | 118  | 586473,11       | 9521935,56 |
| 56   | 587015,77       | 9519124,62 | 119  | 586495,33       | 9521935,56 |
| 57   | 587011,53       | 9519137,32 | 120  | 586524,70       | 9521950,64 |
| 58   | 586964,97       | 9519130,97 | 121  | 586547,72       | 9521966,52 |
| 59   | 586833,73       | 9519126,74 | 122  | 586591,38       | 9521991,92 |
| 60   | 586785,05       | 9519166,96 | 123  | 586606,46       | 9521989,54 |
| 61   | 586715,20       | 9519194,47 | 124  | 586625,51       | 9521981,60 |
| 62   | 586696,15       | 9519186,01 | 125  | 586625,51       | 9521981,60 |
| 63   | 586662,28       | 9519152,14 |      |                 |            |

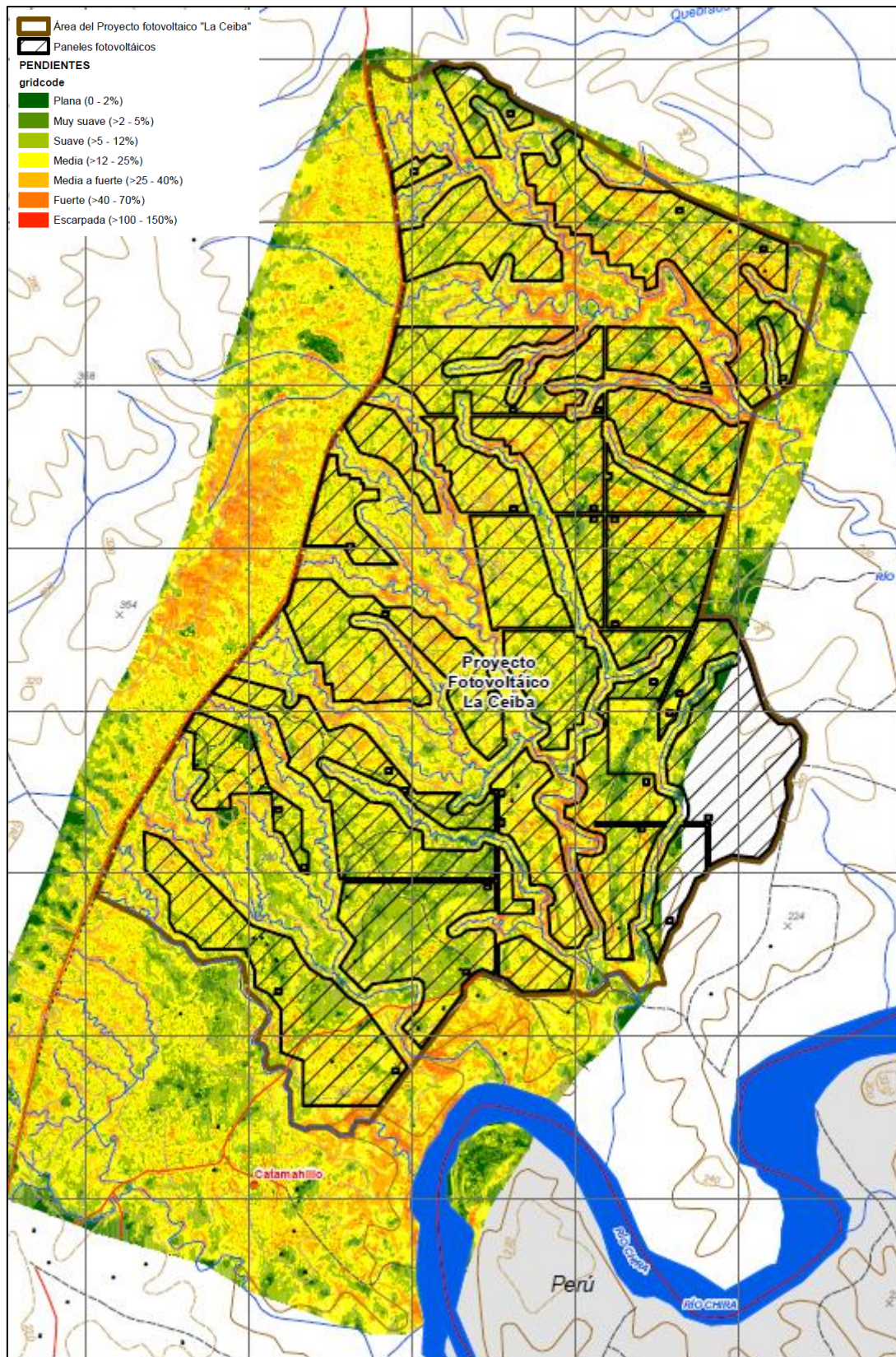
**Elaboración:** Equipo Consultor, 2026.

El área total del emplazamiento abarca 401,31 hectáreas, de las cuales alrededor de 233,52 hectáreas son consideradas área útil para la instalación fotovoltaica. Este terreno presenta una topografía moderadamente accidentada, con elevaciones entre 180 y 250 m s.n.m. y desniveles locales de hasta 70 m. Las pendientes predominantes (hasta 20°, con máximas de 25°) requerirán adecuaciones topográficas (terrazas, rellenos o nivelaciones) para asegurar la correcta instalación de los paneles solares.

El presente Estudio de Impacto Ambiental comprende únicamente la Central Fotovoltaica La Ceiba y su Subestación Elevadora. La infraestructura de transmisión hasta la Subestación Colectora no forma parte del presente instrumento ambiental y será objeto del correspondiente procedimiento de licenciamiento ambiental cuando sea desarrollada.

Figura 5.2. Mapa de pendientes del proyecto.





En el MAPA NRO. 6 se presenta el Mapa de pendientes del proyecto

- Principales vías de acceso al Proyecto:

El cantón Zapotillo registra como conexiones viales principales hacia la capital provincial de Loja dos corredores alternativos: **Zapotillo–Celica–Loja (225 km) y Zapotillo–Macará–Loja (250 km)**. A continuación, se describe los principales poblados que se atraviesa con las dos rutas mencionadas:

**Ruta 1: Loja → Catamayo → Paltas → Celica → Zapotillo.**

**Ruta 2: Loja → Catamayo → Paltas → Macará → Zapotillo.**

La ruta principal de acceso regional desde la ciudad de Loja hacia Catamayo se realiza por el corredor estatal E35, el cual forma parte de la Red Vial Estatal y corresponde a una vía de 1er orden con carpeta asfáltica y pavimento, usada como eje estructurante de movilidad y carga en el sur del país. Desde Catamayo, la conectividad hacia el suroccidente de Loja se articula por ejes inter-cantones que permiten enlazar Paltas (Catacocha) y Celica como nodos de paso hacia la frontera sur-occidental. La conexión final hacia el Proyecto La Ceiba se consolida al empalmar con la E25 (Troncal de la Costa) en el tramo Celica–Zapotillo, clasificada como red vial primaria estatal (1er orden) con capa de rodadura de pavimento/asfalto, condición clave para logística de equipos y reducción de tiempos de transporte

En el tramo de aproximación al emplazamiento, el acceso estratégico se realiza por la vía E25 (Troncal de la Costa), clasificada como red vial primaria estatal con capa de rodadura asfáltica, condición que favorece el transporte de equipos y materiales de gran porte, y reduce restricciones operativas asociadas a rutas no pavimentadas. En concordancia, el polígono del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba colinda con la E25, por lo que el ingreso principal de obra se estructura sobre una vía de 1er orden (asfaltada) y se complementa con ramales locales (2do–3er orden) según la logística de frentes y campamentos.

## 5.2. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DEL PROYECTO.

El objetivo general del Proyecto La Ceiba es construir y operar eficientemente una central fotovoltaica de 200 MWp en Zapotillo, Loja, asegurando su máxima generación de energía y contribuyendo a la sostenibilidad energética nacional (CELEC EP, 2025). En consonancia con este objetivo, se han definido varios objetivos específicos y metas:

- **Aportar energía renovable al SNI:** Inyectar aproximadamente 396 GWh al año de energía solar al Sistema Nacional Interconectado, reduciendo la dependencia de fuentes térmicas fósiles y mejorando la confiabilidad del suministro. Esta producción limpia ayudará a cubrir especialmente la demanda en horas diurnas y épocas de estiaje (baja hidrología), actuando como respaldo al parque hidroeléctrico nacional.
- **Garantizar alto desempeño operativo:** Alcanzar una disponibilidad de planta superior al 95% anual, mediante un mantenimiento proactivo y gestión profesional de la operación. Asimismo, lograr que la capacidad efectiva de generación (159,6 MW<sub>ac</sub>) esté plenamente aprovechada en condiciones óptimas, maximizando el despacho cuando la irradiancia lo permita (se busca que la planta opere cercanamente a su máximo potencial en las horas pico de sol).
- **Optimizar costos y asegurar sostenibilidad financiera:** El proyecto apunta a un Costo Nivelado de Energía (LCOE) competitivo para el mercado ecuatoriano, asegurando que la tarifa resultante sea atractiva. Los análisis iniciales indican una TIR del ~14,8%, superior a la tasa mínima atractiva requerida (~7%), lo que demuestra su rentabilidad (Perfil del



Proyecto, 2025). Se implementarán mecanismos de financiamiento innovadores (p. ej. financiamiento verde) que reduzcan el costo de capital.

- **Indicadores de sostenibilidad ambiental:** Medir y lograr una reducción sustancial de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas gracias al proyecto (estimadas en cientos de miles de toneladas anuales, dependiendo del factor de emisión del sistema). También, mantener una integración ambiental correcta, con cero incidentes ambientales mayores durante la construcción y operación, cumpliendo con todos los parámetros de control ambiental establecidos en la licencia (ruido, manejo de residuos, preservación de vegetación fuera del polígono, etc.).
- **Beneficios socioeconómicos locales:** Potenciar el desarrollo local mediante la generación de empleos y mejora de infraestructura. Durante la fase de construcción se estima la creación de varios cientos de puestos de trabajo directos e indirectos, priorizando la contratación de mano de obra local no calificada y servicios de la zona. Esto dinamizará la economía del cantón Zapotillo. Adicionalmente, el proyecto contempla la rehabilitación de caminos vecinales y aportes a obras comunitarias (por ejemplo, dotación de sistemas fotovoltaicos menores para comunidades aisladas, programas de reforestación de áreas cercanas) como parte de su plan de responsabilidad social.
- **Innovación y transferencia tecnológica:** Al ser uno de los primeros parques solares a gran escala en el país, La Ceiba servirá para transferir conocimiento en tecnología fotovoltaica al talento humano ecuatoriano. Se buscará capacitar personal local en operación de plantas solares, y generar aprendizajes que puedan replicarse en futuros proyectos. Tecnológicamente, se evaluará la inclusión de sistemas de almacenamiento (baterías) en una fase posterior, y la aplicación de técnicas de monitoreo inteligente (por ejemplo, limpieza automatizada de paneles, sensores IoT), manteniendo a La Ceiba a la vanguardia tecnológica.

Para monitorear estos objetivos, se establecerán indicadores de desempeño contractuales, por ejemplo: energía entregada vs. energía esperada (índice de producción), disponibilidad (%) anual, horas de indisponibilidad forzada, emisiones evitadas (tCO<sub>2</sub>/año), número de empleos locales generados, etc. CELEC EP, a través de GENSUR, supervisará el cumplimiento de estos indicadores una vez que la planta esté operativa. El contrato asociativo también distribuirá los riesgos de forma equilibrada: el socio privado asumirá riesgos de construcción (ej. sobrecostos, retrasos) y de rendimiento tecnológico, mientras que CELEC EP retendrá riesgos regulatorios y de despacho, según mejor capacidad de gestión de cada parte.

## 5.2. ETAPAS DEL PROYECTO.

El hito de inicio del Proyecto consistirá en la habilitación del área de la Instalación de frentes de obra, en específico la instalación de los contenedores de oficinas, la que incluye actividades de limpieza, despeje, nivelación del área de trabajo y montaje de las instalaciones temporales. Estas acciones se consideran como sistemáticas y temporales, y darán cuenta del inicio de la ejecución del Proyecto. De acuerdo con lo anterior, la siguiente tabla especifica los hitos estimados de inicio y término de cada fase del Proyecto, los cuales podrían estar sujetos a pequeñas modificaciones, debido a factores externos.

**Flujograma de Fases del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba (200 MW)**



- **Etapas de Construcción:**

La fase de construcción abarca la preparación del sitio y la instalación física de la planta. Incluye tareas de movimiento de tierras (excavación, nivelación), obras civiles (cimientos y cimentaciones para seguidores y estructuras) e instalación eléctrica (tendido de cables, montajes de inversores y subestaciones). En proyectos de escala industrial como La Ceiba (200 MWp), “cada poste [de soporte] se instala con tolerancias estrictas” para garantizar la integridad estructural bajo cargas dinámicas. Esta etapa demanda ingeniería civil rigurosa y coordinación de maquinaria pesada (grúas, pilotes, camiones) y equipos especializados (véase tabla adjunta). El objetivo principal es completar la planta según diseño detallado, asegurando la interconexión a red y las condiciones de terreno previstas para la operación estable a largo plazo (Gillam, 2025; Zetterlund, 2025).

- **Etapas de Operación:**

Durante la fase de **operación y mantenimiento (O&M)** se gestiona la planta para maximizar su desempeño y disponibilidad. El objetivo es “maximizar la capacidad productiva” de la instalación, ya que de ello dependen los ingresos y la rentabilidad del proyecto. Esto incluye inspecciones periódicas, limpieza de módulos, ajuste de seguidores y monitoreo continuo de la producción (Collado, 2015). Las prácticas O&M preventivas buscan minimizar tiempos de inactividad y corregir fallos antes de que se conviertan en averías mayores. Es fundamental contar con sistemas de supervisión en línea (SCADA) y personal técnico calificado para detectar y resolver anomalías. Según PF Nexus, esta fase es “crítica” para asegurar que el sistema opere “lo más eficientemente posible” durante toda su vida útil.

- **Etapas de cierre y desmantelamiento:**

Al término de la vida útil (25–30 años típicos) se planifica el cierre y desmantelamiento de la planta. Esta última etapa implica la retirada ordenada de módulos, estructuras (postes hincados, racks), inversores, cables, transformadores y demás equipos eléctricos. Según la industria (American Clean Power Association, 2021), el desmantelamiento contempla “la remoción de equipos y la restauración del sitio”. En la práctica se desmontan o reciclan los componentes (los postes pueden retirarse con retroexcavadoras o cortarse bajo tierra) y se venden como chatarra los metales galvanizados; los paneles viejos pueden ser reciclados o reutilizados según normas ambientales. Al final, el terreno se revegeta o nivela al estado previo, pudiendo incluso destinarse a otros usos (agricultura o infraestructura). El objetivo es minimizar impactos ambientales pos-operación y dar cumplimiento a las obligaciones de licencia ambiental, asegurando la descontaminación y devolución del área a condiciones seguras (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2025; ACP, 2021).

### 5.2.1. Detalles Técnicos Etapa de Construcción.

La fase de construcción comprende en términos generales una serie de actividades, cuyo período de ejecución se estima en 18 meses. A continuación, se describe las instalaciones temporales de la obra a instalar (infraestructura necesaria para la construcción del proyecto).

#### ■ Instalación de Obras Temporales:

Las obras temporales corresponden a las obras e instalaciones necesarias para el desarrollo de la Fase de Construcción del Proyecto. Las obras temporales se emplazarán completamente al interior del proyecto. Estas obras serán desmanteladas una vez finalizada la Fase de Construcción. En términos específicos, corresponden a las instalaciones requeridas para entregar logística a las labores a realizar, así como dotar de servicios al personal que realizará las labores constructivas durante esta fase del Proyecto. Cabe recalcar que no se contempla la construcción de campamento por la cercanía a los poblados Catamahillo, Ceiba Chica y Ciudad de Zapotillo. A continuación, se enumeran las principales estructuras definitivas a construir.

Tabla 5-2. Ubicación referencial de Instalaciones e Infraestructura temporal.

| No.                              | Infraestructura                        | Área (m²)  | X          | Y          |            |
|----------------------------------|----------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| 1                                | Parque vehículos livianos              | 931,12     | 586062,59  | 9519207,38 |            |
| 2                                | Oficinas                               | 178,39     | 586016,01  | 9519300,47 |            |
| 3                                | Grupo electrógeno                      | 1461,37    | 586120,54  | 9519180,41 |            |
| 4                                | Comedor                                | 91,41      | 586055,10  | 9519280,70 |            |
| 5                                | Bodega de materiales 2                 | 377,79     | 586039,71  | 9519298,96 |            |
| 6                                | Oficinas                               | 268,09     | 586074,46  | 9519291,84 |            |
| 7                                | Baterías sanitarias                    | 102,36     | 586089,99  | 9519228,13 |            |
| 8                                | Área parqueo maquinaria                | 3820,13    | 586109,57  | 9519274,55 |            |
| 9                                | Área desechos peligrosos               | 213,24     | 586103,83  | 9519201,84 |            |
| 10                               | Área desechos comunes                  | 158,75     | 586121,71  | 9519207,26 |            |
| 11                               | Área acopio temporal material desbroce | 23984,90   | 586238,31  | 9519104,39 |            |
| 12                               | Parque vehículos emergencia y livianos | 349,17     | 585879,80  | 9519800,93 |            |
| 13                               | Oficinas - Ingeniería - Fiscalización  | 537,41     | 585947,93  | 9519812,39 |            |
| 14                               | Bodega de almacenamiento               | 306,79     | 585908,02  | 9519750,06 |            |
| 15                               | Parqueo de maquinaria                  | 817,79     | 585900,30  | 9519814,13 |            |
| Centroide de posible Escombreras |                                        |            |            |            |            |
| 1                                | Escombrera 1                           | 7782,739   | 586416,70  | 9521911,70 |            |
| 2                                | Escombrera 2                           | 11421,05   | 587055,10  | 9521310,80 |            |
| 3                                | Escombrera 3                           | 8193,385   | 586543,30  | 9521225,40 |            |
| 4                                | Escombrera 4                           | 5700,735   | 586588,70  | 9520556,00 |            |
| 5                                | Escombrera 5                           | 10681,2    | 586509,50  | 9520486,80 |            |
| 6                                | Escombrera 6                           | 21756,38   | 586133,00  | 9519413,80 |            |
| ESCOMBRERA                       | X                                      | Y          | ESCOMBRERA | X          | Y          |
| Esc 1                            | 586466,92                              | 9521924,05 | Esc 5      | 586596,77  | 9520400,05 |
| Esc 1                            | 586468,80                              | 9521854,02 | Esc 5      | 586565,26  | 9520377,36 |
| Esc 1                            | 586374,21                              | 9521883,78 | Esc 5      | 586425,33  | 9520564,76 |
| Esc 1                            | 586365,27                              | 9521963,05 | Esc 5      | 586467,55  | 9520595,78 |
|                                  |                                        |            | Esc 5      | 586519,32  | 9520533,07 |
| Esc 2                            | 587163,54                              | 9521256,02 | Esc 5      | 586513,28  | 9520503,59 |

| No.   | Infraestructura |            | Área (m <sup>2</sup> ) | X         | Y          |
|-------|-----------------|------------|------------------------|-----------|------------|
| Esc 2 | 587128,48       | 9521254,87 | Esc 5                  | 586531,67 | 9520469,24 |
| Esc 2 | 586960,23       | 9521321,23 | Esc 5                  | 586552,31 | 9520455,22 |
| Esc 2 | 586959,07       | 9521367,28 |                        |           |            |
| Esc 2 | 587149,75       | 9521295,83 | Esc 6                  | 586181,23 | 9519416,25 |
| Esc 2 | 587169,76       | 9521279,15 | Esc 6                  | 586198,70 | 9519390,06 |
|       |                 |            | Esc 6                  | 586192,35 | 9519360,96 |
| Esc 3 | 586452,46       | 9521187,01 | Esc 6                  | 586267,85 | 9519281,12 |
| Esc 3 | 586460,53       | 9521218,75 | Esc 6                  | 586232,84 | 9519229,43 |
| Esc 3 | 586485,76       | 9521218,32 | Esc 6                  | 586208,28 | 9519257,55 |
| Esc 3 | 586597,36       | 9521276,21 | Esc 6                  | 586195,57 | 9519306,64 |
| Esc 3 | 586623,07       | 9521289,18 | Esc 6                  | 586163,89 | 9519362,28 |
| Esc 3 | 586634,04       | 9521262,33 | Esc 6                  | 586148,65 | 9519364,87 |
| Esc 3 | 586580,22       | 9521238,29 | Esc 6                  | 586129,49 | 9519350,65 |
| Esc 3 | 586580,22       | 9521187,01 | Esc 6                  | 586101,05 | 9519385,85 |
|       |                 |            | Esc 6                  | 586085,68 | 9519375,59 |
| Esc 4 | 586604,68       | 9520598,82 | Esc 6                  | 586060,18 | 9519410,62 |
| Esc 4 | 586637,73       | 9520510,81 | Esc 6                  | 586089,90 | 9519434,22 |
| Esc 4 | 586586,20       | 9520506,54 | Esc 6                  | 586017,06 | 9519564,82 |
| Esc 4 | 586531,79       | 9520598,82 | Esc 6                  | 586072,09 | 9519586,93 |
|       |                 |            | Esc 6                  | 586079,09 | 9519528,57 |

Elaboración: Equipo consultor, 2026.

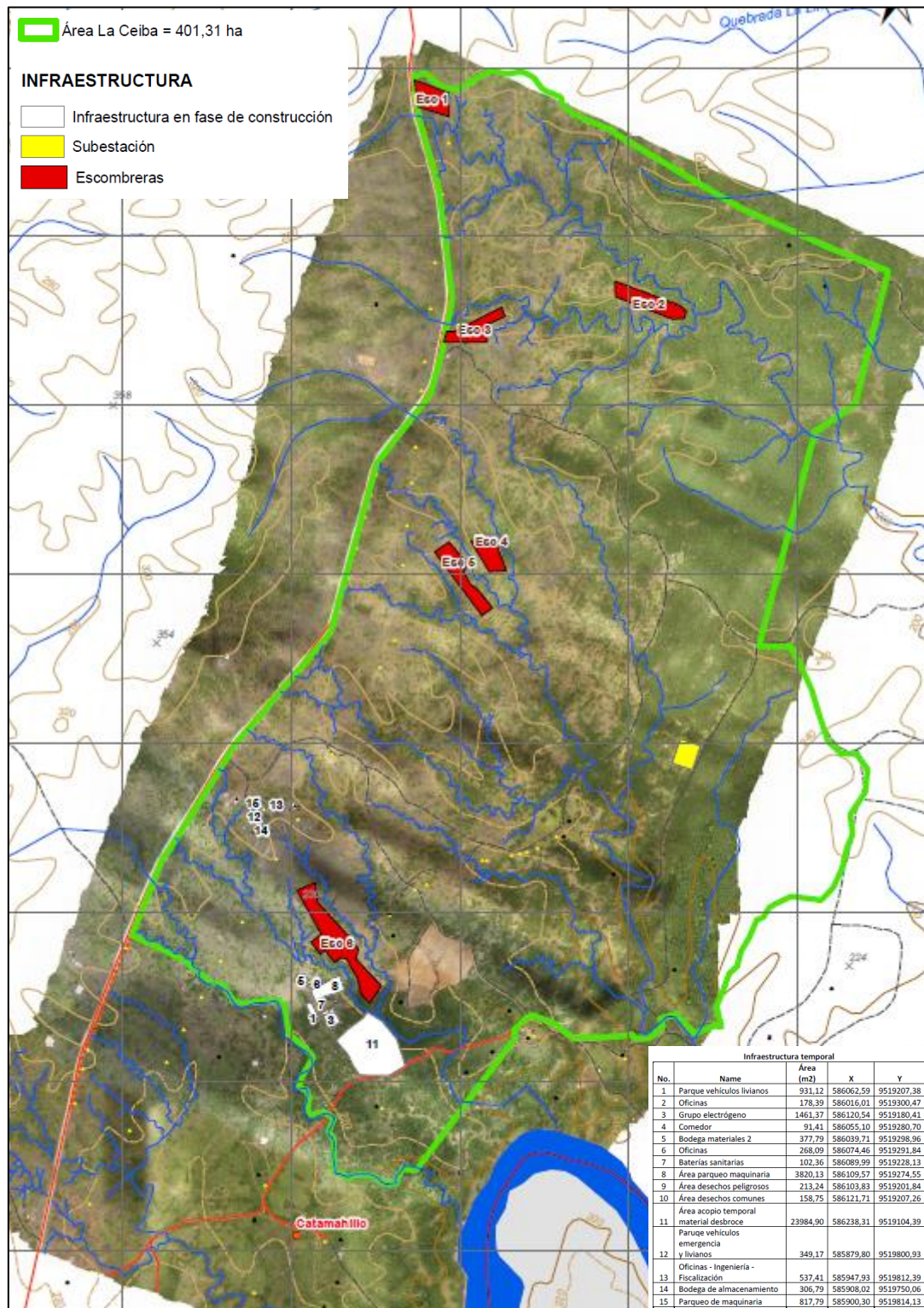
▪ **Construcción de Obras definitivas:**

○ Parque Fotovoltaico:

- Garitas, Cerco Perimetral, Bodega general
- Caminos Interiores y Acceso Principal
- Centros de Transformación, Inversores
- Conexiones Internas
- Estructuras de Soporte
- Área de desechos comunes, Área de desechos peligrosos
- Paneles fotovoltaicos, Sistema colector.
- Subestación Elevadora, Edificio de Control Subestación, Almacenamiento de energía de Baterías.



Figura 3. Ubicación de infraestructura temporal del proyecto.



En el MAPA NRO. 5-1 se presenta el mapa de ubicación de infraestructura temporal (etapa de construcción).

La capacidad instalada prevista es de 200 MWp (megavatios pico en corriente continua), con una capacidad de entrega a la red de unos 159,6 MW\_AC en condiciones nominales. En la siguiente tabla se resumen las principales características técnicas del proyecto:

Tabla 5-3. Características técnicas del proyecto.

| PARÁMETRO                    | ESPECIFICACIÓN                                                       |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Capacidad fotovoltaica (DC)  | 200,0 MW <sub>p</sub> (≈159,6 MW <sub>ac</sub> de salida)            |
| Generación anual esperada    | ~396,5 GWh/año (escenario P50)                                       |
| Número de módulos FV         | 400.088 paneles fotovoltaicos (aprox.)                               |
| Tipo de módulo               | Silicio monocristalino (estimado, alta eficiencia)                   |
| Seguimiento solar            | Estructuras con seguidor solar a un eje (N-S), ±55° de inclinación   |
| Número de inversores         | 38 inversores centrales (≈4,2 MW <sub>ac</sub> c/u)                  |
| Transformadores elevadores   | 38 transformadores 0,63/34,5 kV (≈5,2 MVA c/u, tipo pad-mount)       |
| Subestación de interconexión | Nueva S/E La Ceiba 34,5 kV a 230 kV, capacidad ~2×100 MVA (en sitio) |
| Tensión de transmisión       | 230 kV (alto voltaje de evacuación)                                  |
| Área total del sitio         | 401,31 ha (polígono completo)                                        |
| Área utilizable para paneles | 233,52 ha (dentro del polígono)                                      |
| Altitud y terreno            | 180–250 m.s.n.m.; lomas de pendiente moderada                        |
| Recurso solar                | 5,3–5,5 kWh/m <sup>2</sup> /día (estimado promedio anual)            |
| Factor de planta esperado    | 22,6% (indicativo, según P50)                                        |
| Vida útil estimada           | ≥25 años (operación prevista de largo plazo)                         |

Fuente: CELEC EP – UN GENSUR. (2024).

Elaboración: Equipo consultor, 2025.

**Elementos principales de la infraestructura:** Los componentes clave del proyecto incluyen:

- **Campo fotovoltaico:** Aproximadamente 400 mil módulos solares de silicio cristalino, montados en filas con seguidores solares de un eje horizontal. Los seguidores permiten optimizar la captación solar inclinándose ±55° respecto al eje para seguir el recorrido del sol.
- **Inversores:** 38 inversores centrales (cada uno de ~4,2 MW<sub>AC</sub>), que convierten la corriente continua de los paneles en corriente alterna. Están dispuestos en estaciones asociadas a 38 centros de transformación elevando de 630 V a 34,5 kV. Cada inversor recibe la energía de múltiples strings de paneles a través de cajas combinadoras (aprox. 17 combiner boxes por inversor, 24 entradas c/u, 1500 V<sub>DC</sub>) según el diseño tecnológico detallado (Informe de Evaluación Tecnológica, 2024).
- **Sistema colector:** Los inversores alimentan circuitos en 34,5 kV; se agrupan típicamente en 6 alimentadores que conducen la energía hacia la subestación onsite.
- **Subestación elevadora La Ceiba:** Se construirá una subestación nueva dentro del sitio, con transformadores de potencia (ej. 2×100 MVA, 34,5/230 kV) que elevarán la tensión de 34,5 kV a 230 kV para la evacuación de la energía. La subestación incluirá patio de maniobras, seccionadores, breakers y un transformador de servicios auxiliares, así como sistemas de protección, control, SCADA y comunicaciones. También se prevé una playa de equipamiento y área para futuras expansiones.
- **Patio de maniobras de transmisión a S/E Colectora (Bahías de línea):** En el patio de maniobras proyectará la infraestructura eléctrica necesaria que permita conectar la S/E La Ceiba con la subestación Colectora (posiblemente en la provincia de El Oro). Desde la SE Colectora, la energía del proyecto se integrará al Sistema Nacional Interconectado (SNI)

e incluso se contempla la conexión posterior en la S/E Pasaje a 500 kV, garantizando la evacuación eficiente de la generación.

- **Vías de acceso y caminos internos:** El proyecto aprovechará la vía existente E25 para acceso principal. Adicionalmente, se construirán vías internas cuya estructura propuesta corresponde a un pavimento flexible (asfalto) conformado por: subrasante conformada y compactada (mejorada si aplica), subbase granular, base granular y carpeta asfáltica (capa de rodadura), con espesores finales definidos por estudio geotécnico (MR/CBR), cargas de diseño (tránsito de camiones de equipos) y vida útil de servicio, conforme a criterios de diseño estructural de pavimentos. La solución asfaltada incorporará: pendiente transversal para evacuar escorrentía, cunetas laterales y obras menores de drenaje (Alcantarillas) para evitar erosión y encharcamientos; además, señalización vertical y horizontal (limitación de velocidad, advertencias, delineadores y control temporal durante mantenimiento) conforme a estándares de dispositivos del Ministerio de Infraestructura y Transporte MIT.
- La decisión de asfaltar responde además a un criterio operativo del parque, la acumulación de polvo es uno de los factores más influyentes en la pérdida de rendimiento de plantas FV, especialmente en zonas áridas, con pérdidas promedio globales reportadas en el orden de 3–5% anual, lo que justifica controles preventivos desde el diseño (IEA-PVPS, 2025). En ese marco, la reducción de material particulado por vías asfaltadas (vs. lastre/suelo natural) es una medida de prevención de soiling y de disminución de costos de limpieza, coherente con el objetivo de mantener alta disponibilidad y desempeño del proyecto.
- De manera expresa, se establece que las aperturas y mejoras viales, así como la construcción de la infraestructura definitiva del proyecto, no cubrirán ni interrumpirán cursos de agua estacionales, debido a que el trazado y el diseño geométrico se ajustarán al microdrenaje del terreno, manteniendo la continuidad hidráulica natural mediante drenaje lateral (cunetas) y conducción superficial (Alcantarillas), evitando rellenos, bloqueos o intervenciones sobre cauces.
- Como parte del proyecto, se ejecutará el lastrado y mejoramiento de vías locales de acceso (conformación de subrasante, aporte y compactación de material granular), con el fin de asegurar transitabilidad en todo tiempo para el transporte de equipos y la operación/mantenimiento; esta intervención mejorará la conectividad rural del cantón al optimizar la accesibilidad y reducir tiempos de desplazamiento

En cuanto a la situación del terreno, el área comprende alrededor de 24 predios rústicos (de propietarios privados) que suman 401,31 ha. Un alto porcentaje de estos terrenos carece de escrituras o títulos de propiedad formales, por lo que el proyecto deberá gestionar la regularización y saneamiento de tierras previo a la construcción. Este proceso implicará trabajos de levantamiento topográfico, deslinde y negociación con propietarios o posesionarios, con posibles declaratorias de utilidad pública para expropiación (ver Aspectos Legales).

La adquisición de terrenos será vía declaratoria de utilidad pública, esto debido a que CELEC EP, es el proponente del proyecto es una empresa pública; sin embargo en caso de que en el futuro el proyecto sea ejecutado por empresas privadas o mixtas, la primera forma de negociación será una venta entre particulares, siempre que lleguen a un acuerdo del precio de compra venta que beneficie a las partes; en caso de no llegar a un acuerdo, la empresa privada podría gestionar la

declaratoria de utilidad pública (Reglamento a Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, Art. 150) y el precio a pagar por la propiedad será en definido en el avalúo determinado por el GAD Municipal de Zapotillo como ente rector..

Desde el punto de vista de producción energética, la planta La Ceiba de 200 MW<sub>p</sub> generará en promedio de 396 GWh por año (estimado con un P50 anual). Esto equivale a la demanda anual de decenas de miles de hogares y contribuirá significativamente a la matriz energética nacional con energía limpia. El rendimiento o factor de planta se calcula en 22,6%, acorde a la radiación de la zona. Se espera lograr un índice de desempeño elevado, con una disponibilidad operacional >95% anual (planta en servicio la mayor parte del tiempo). La energía generada reemplazará generación termoeléctrica fósil, evitando emisiones de CO<sub>2</sub>; a plena operación se proyecta una reducción de emisiones significativa (del orden de centenas de miles de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas en su vida útil, según estimaciones proporcionales a 396 GWh/año).

Tabla 5-4. Principales actividades en la fase de construcción del proyecto.

| Actividad                                          | Descripción técnica                                                      | Especificaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Observaciones                                                  |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Preparación del sitio</b>                       | Limpieza, desbroce y nivelación del terreno en el área útil (233,52 ha). | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desbroce de vegetación rala de bosque seco.</li> <li>- Movimientos de tierra (corte y relleno, pendientes 5–20°).</li> <li>- Nivelación de plataformas para seguidores solares.</li> </ul>                                                                                                                                 | Minimizar afectación al suelo y aplicar control de erosión.    |
| <b>Obras civiles iniciales</b>                     | Construcción de plataformas y drenajes.                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cunetas de drenaje pluvial en áreas de pendiente.</li> <li>- Rellenos compactados en plataformas de inversores y subestación.</li> <li>- Cercado perimetral (~10 km).</li> <li>- Construcción de infraestructura temporal (bodega, oficinas, etc).</li> <li>- Instalación de alcantarillas y obras hidráulicas.</li> </ul> | Requiere estudio geotécnico previo.                            |
| <b>Instalación de estructuras de soporte</b>       | Montaje de seguidores solares a un eje.                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ~400.000 módulos en seguidores N-S, inclinación ±55°.</li> <li>- Fundaciones hincadas o micro-pilotes según suelo.</li> <li>- Altura típica: 2,5–3 m.</li> </ul>                                                                                                                                                           | Permite maximizar radiación captada.                           |
| <b>Montaje de módulos FV</b>                       | Colocación de paneles sobre estructuras.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ~400.088 módulos monocristalinos (200 MW<sub>p</sub>).</li> <li>- Potencia unitaria: ~500 W<sub>p</sub>.</li> <li>- Cableado DC 1500 V.</li> </ul>                                                                                                                                                                         | Ensamblaje en bloques de ~5,27 MW <sub>dc</sub> cada uno.      |
| <b>Instalación de inversores y transformadores</b> | Montaje de estaciones de conversión.                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 38 inversores centrales de 4,2 MW<sub>ac</sub>.</li> <li>- 38 transformadores elevadores 0,63/34,5 kV (≈5,2 MVA).</li> </ul>                                                                                                                                                                                               | Dispuestos en estaciones intermedias conectadas a red 34,5 kV. |



| Actividad                                     | Descripción técnica                                          | Especificaciones                                                                                                                                                                                                 | Observaciones                                   |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Red interna de media tensión (34,5 kV)</b> | Cableado subterráneo o aéreo entre estaciones.               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 alimentadores principales.</li> <li>- Conductores de media tensión XLPE.</li> <li>- Longitud estimada: 10–15 km internos.</li> </ul>                                  | Conduce energía hasta la subestación elevadora. |
| <b>Construcción de subestación La Ceiba</b>   | Subestación elevadora 34,5/230 kV en ~7.890 m <sup>2</sup> . | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2×100 MVA, 34,5/230 kV.</li> <li>- Bahías de línea, transformadores, barras principal y transferencia.</li> <li>- Edificio de control, bodegas y guardianía.</li> </ul> | Configuración doble barra para seguridad.       |
| <b>Caminos y accesos</b>                      | Construcción y mejora de vías internas y externas.           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías internas de capa asfáltica: ~54,3 km.</li> <li>- Vía de acceso desde E25 mejorada.</li> </ul>                                                                      | Facilita ingreso de equipos y mantenimiento.    |
| <b>Obras auxiliares</b>                       | Edificaciones y servicios internos.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficinas y talleres).</li> <li>- Guardianía y parqueaderos.</li> <li>- Sistema contra incendios y cisterna.</li> <li>- Área de desechos y bodega.</li> </ul>            | Incluye sistemas de seguridad industrial.       |
| <b>Pruebas y puesta en marcha</b>             | Ensayos de equipos y conexión inicial.                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas de continuidad y resistencia eléctrica.</li> <li>- Ensayos de transformadores y subestación.</li> <li>- Sincronización con el CENACE.</li> </ul>                | Etapas finales antes de operación comercial.    |

**Fuente:** CELEC EP – UN GENSUR. (2024).

**Elaboración:** Equipo consultor, 2026.

Se resume de manera técnica y secuencial las etapas que conforman la fase de construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba de 200MW, desde la preparación del sitio hasta la puesta en marcha de la central. Cada actividad contempla sus especificaciones técnicas, como los movimientos de tierra, instalación de estructuras y módulos fotovoltaicos, montaje eléctrico de media y alta tensión, construcción de la subestación elevadora, así como obras auxiliares y de acceso. Esta organización permite identificar con claridad el alcance de cada fase, los recursos requeridos y las interdependencias constructivas, facilitando la planificación, el control de calidad y la gestión de riesgos durante la ejecución del proyecto.

Tabla 5-5. Principales equipos y maquinaria para la etapa de construcción.

| ETAPA                                        | MAQUINARIA / EQUIPO PRINCIPAL | ESPECIFICACIÓN TÉCNICA                   | USO / OBSERVACIONES                                                      |
|----------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparación del sitio y obras civiles</b> | Excavadoras hidráulicas       | 20–30 t, con balde y martillo hidráulico | Movimiento de tierra, excavación de zanjas para drenaje y cimentaciones. |
|                                              | Bulldozers                    | 160–220 HP                               | Desbroce, nivelación y relleno de plataformas.                           |



| ETAPA                                      | MAQUINARIA / EQUIPO PRINCIPAL                             | ESPECIFICACIÓN TÉCNICA                                  | USO / OBSERVACIONES                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Motoniveladoras                                           | 140–200 HP                                              | Conformación de caminos y nivelación final de terreno.                    |
|                                            | Compactadores (liso y pata de cabra)                      | 10–20 t                                                 | Compactación de suelos y subbase en vías internas y fundaciones.          |
|                                            | Camiones volquete                                         | 10–15 m <sup>3</sup>                                    | Transporte de material excavado, lastre y rellenos.                       |
| <b>Estructuras y montaje de paneles</b>    | Grúas móviles                                             | 25–50 t                                                 | Levantamiento de estructuras pesadas y seguidores solares.                |
|                                            | Perforadoras de pilotes / hincadoras                      | Capacidad 3–5 m profundidad                             | Instalación de fundaciones hincadas para seguidores solares.              |
|                                            | Plataformas elevadoras tipo tijera                        | 10–15 m                                                 | Montaje de paneles solares en estructuras.                                |
|                                            | Herramientas manuales (torquímetros, taladros eléctricos) | Set industrial                                          | Ajuste y fijación de paneles e infraestructura.                           |
| <b>Instalación eléctrica (DC y AC)</b>     | Bobinadoras / cabrestantes de cable                       | Capacidad 500–1000 m de cable                           | Instalación de cableado DC y MT (34,5 kV).                                |
|                                            | Equipos de termofusión y compresión                       | 10–20 kN                                                | Conexión de conductores eléctricos y empalmes.                            |
|                                            | Equipos de izado ligero                                   | Polipastos y grúas de taller                            | Colocación de transformadores de media tensión (pad-mounted).             |
|                                            | Equipos de protección personal (EPP) especializados       | Normas OSHA/IEC                                         | Seguridad en trabajos eléctricos y altura.                                |
| <b>Subestación eléctrica (34,5/230 kV)</b> | Grúas pesadas                                             | 70–100 t                                                | Montaje de transformadores de potencia 100 MVA y equipos de patio 230 kV. |
|                                            | Camiones plataforma y lowboy                              | Capacidad 30–60 t                                       | Transporte de transformadores, inversores y estructuras de gran porte.    |
|                                            | Equipos de izaje de precisión                             | Hidrogrúas, spreader beams                              | Alineación de equipos de subestación.                                     |
|                                            | Banco de pruebas eléctricas                               | Megger, analizadores de red, equipos de ensayo de relés | Comisionamiento de equipos de alta tensión.                               |
|                                            | Grúas telescópicas                                        | 40–60 t                                                 | Montaje de torres auto-soportadas.                                        |
|                                            | Winches de tendido y frenos                               | 3–5 t                                                   | Instalación de conductores y cable OPGW.                                  |
|                                            | Drones de inspección                                      | Autonomía 30–45 min                                     | Supervisión de tendido y torres en zonas de difícil acceso.               |
| <b>Vías internas y auxiliares</b>          | Rodillos compactadores vibratorios                        | 10–15 t                                                 | Construcción de 17,9 km de vías internas (subbase).                       |
|                                            | Retroexcavadoras mixtas                                   | 0,3–0,5 m <sup>3</sup>                                  | Obras menores en caminos y drenajes.                                      |

| ETAPA                             | MAQUINARIA / EQUIPO PRINCIPAL         | ESPECIFICACIÓN TÉCNICA                            | USO / OBSERVACIONES                                        |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Pruebas y puesta en marcha</b> | Equipos de medición solar y eléctrica | Piranómetros, termografía IR, analizadores de red | Calibración de sistema y pruebas de aceptación.            |
|                                   | Vehículos livianos 4x4                | Pick-ups y camionetas                             | Logística de obra, traslado de personal y equipos menores. |

**Elaboración:** Equipo consultor, 2025.

En el marco de la construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, se establecerá la priorización del alquiler y contratación de maquinaria y equipos dentro del Área de Influencia Social Directa (AISD), con el fin de maximizar los beneficios socioeconómicos locales. Para ello, se dará preferencia a propietarios y empresas de la zona que cuenten con maquinaria pesada (retroexcavadoras, volquetes, tractores, compactadores) y equipos auxiliares (plataformas, generadores, herramientas) que cumplan con los requisitos técnicos, operativos y de seguridad exigidos en obra. Esta política permite no solo dinamizar el sector de servicios locales y reducir los costos logísticos de movilización de equipos desde otras provincias, sino también fortalecer la participación de actores productivos del cantón Zapotillo en el proceso constructivo, asegurando que el impacto económico positivo del proyecto se refleje directamente en el territorio.

Tabla 5-6. Principales materiales e insumos para la etapa de construcción del proyecto.

| Categoría                   | Material / Insumo           | Especificaciones técnicas                            | Cantidad estimada                         | Uso / Observaciones                                          |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Estructuras FV</b>       | Módulos fotovoltaicos       | Silicio monocristalino, 500 Wp, 1500 V <sub>dc</sub> | ~400.088 unidades (200 MWp)               | Generación de energía solar. Montados en seguidores solares. |
|                             | Seguidores solares a un eje | N-S, inclinación $\pm 55^\circ$ , acero galvanizado  | ~3.900 filas ( $\approx 100$ módulos c/u) | Optimización del ángulo de captación solar.                  |
|                             | Tornillería y anclajes      | Acero galvanizado, M12–M20                           | >2.000.000 unidades                       | Ensamblaje de módulos y estructuras.                         |
| <b>Sistema eléctrico DC</b> | Cables DC                   | XLPE, 1500 V, secciones 4–6 mm <sup>2</sup>          | ~1.500 km                                 | Interconexión de strings de módulos.                         |
|                             | Cajas combinadoras          | 24 entradas, 1500 V <sub>dc</sub> , IP65             | ~650 unidades                             | Agrupación de strings hacia inversores.                      |
| <b>Sistema eléctrico AC</b> | Inversores centrales        | 4,2 MW <sub>ac</sub> , 630 V                         | 38 unidades                               | Conversión de CC a CA.                                       |
|                             | Transformadores MT          | 0,63/34,5 kV, 5,2 MVA, pad-mount                     | 38 unidades                               | Elevación a media tensión en sitio.                          |
|                             | Cableado MT                 | XLPE, 34,5 kV, 240–400 mm <sup>2</sup>               | ~50 km                                    | Conducción a subestación.                                    |
| <b>Subestación La Ceiba</b> | Transformadores de potencia | 34,5/230 kV, 100 MVA                                 | 2 unidades (1 + 1 backup)                 | Elevación a 230 kV para transmisión.                         |
|                             | Interruptores de potencia   | 230 kV, SF6                                          | 4 bahías                                  | Seccionamiento y protección.                                 |
|                             | Barrajes y pórticos         | Aluminio y acero                                     | 1 sistema completo                        | Patio de maniobras 230 kV.                                   |
| <b>Obras civiles</b>        | Hormigón premezclado        | f'c=210–280 kg/cm <sup>2</sup>                       | ~30.000 m <sup>3</sup>                    | Fundaciones de estructuras, inversores y subestación.        |

| Categoría                      | Material / Insumo          | Especificaciones técnicas | Cantidad estimada         | Uso / Observaciones                    |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
|                                | Acero de refuerzo          | Grado 60, Ø 12–25 mm      | ~3.500 t                  | Refuerzo estructural de fundaciones.   |
|                                | Geotextiles                | 200–400 g/m <sup>2</sup>  | ~100.000 m <sup>2</sup>   | Control de erosión y drenaje.          |
|                                | Lastre y subbase granular  | Material granular (INEN)  | ~100.000 m <sup>3</sup>   | Vías internas (17,9 km) y plataformas. |
| <b>Auxiliares y campamento</b> | Contenedores prefabricados | 20 pies, adaptados        | 10 unidades               | Oficinas y bodegas temporales.         |
|                                | Generadores auxiliares     | 200–500 kVA               | 2 unidades                | Energía en construcción y pruebas.     |
|                                | Tanques cisterna           | 30.000 L                  | 3 tanqueros               | Agua para obra.                        |
|                                | Combustible (diésel)       | S10                       | ~500.000 L (durante obra) | Alimentación de maquinaria pesada.     |

**Elaboración:** Equipo consultor, 2025.

La adquisición de materiales, insumos y suministros para la construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se regirá bajo el principio de priorización de compras en el Área de Influencia Social Directa (AISD), con el objetivo de dinamizar la economía local y fortalecer el vínculo comunitario. En este sentido, se dará preferencia a proveedores, ferreterías, comercios y servicios establecidos en las parroquias y comunidades aledañas al proyecto, siempre que cumplan con los estándares técnicos, de calidad y seguridad requeridos para la obra. Esta estrategia, además de reducir costos logísticos y tiempos de traslado, promueve la generación de ingresos en la zona, fomenta la inclusión económica de micro y pequeños negocios locales y contribuye a que los beneficios del proyecto se reflejen de manera directa en las familias y actores productivos de Zapotillo y su entorno inmediato.

Tabla 5-7. Aproximación de mano de obra para la etapa de construcción.

| FASE / ACTIVIDAD                                                   | PERSONAL CALIFICADO                    | TÉCNICOS ESPECIALIZADOS              | MANO DE OBRA NO CALIFICADA                     | TOTAL ESTIMADO |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|----------------|
| <b>Preparación del sitio</b><br>(limpieza, desbroce, nivelación)   | 5 ingenieros civiles y topógrafos      | 15 operadores de maquinaria          | 60 peones de limpieza y movimiento de tierra   | 80             |
| <b>Obras civiles iniciales</b><br>(plataformas, drenajes, cercado) | 6 ingenieros residentes / supervisores | 25 operadores y técnicos en hormigón | 90 ayudantes de construcción y albañiles       | 121            |
| <b>Montaje de estructuras FV</b> (seguidores solares)              | 8 ingenieros eléctricos/mecánicos      | 40 técnicos de montaje y soldadores  | 150 ayudantes de ensamblaje                    | 198            |
| <b>Instalación de módulos FV</b> (~400.000 paneles)                | 6 supervisores eléctricos              | 60 técnicos en montaje FV            | 200 ayudantes locales (instalación y limpieza) | 266            |
| <b>Instalación de inversores y transformadores</b>                 | 5 ingenieros eléctricos                | 20 técnicos eléctricos               | 40 ayudantes                                   | 65             |
| <b>Red interna de 34,5 kV</b> (cableado MT)                        | 4 ingenieros eléctricos                | 15 técnicos de cableado y empalme    | 30 ayudantes de zanja y tendido                | 49             |

| FASE / ACTIVIDAD                  | PERSONAL CALIFICADO                         | TÉCNICOS ESPECIALIZADOS                         | MANO DE OBRA NO CALIFICADA | TOTAL ESTIMADO |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|----------------|
| Subestación 34,5/230 kV           | 6 ingenieros especialistas en subestaciones | 25 técnicos eléctricos y de control             | 30 ayudantes               | 61             |
| Vías y accesos internos (17,9 km) | 3 ingenieros civiles                        | 15 operadores de maquinaria vial                | 40 ayudantes               | 58             |
| Obras auxiliares y campamento     | 4 ingenieros de obra civil                  | 10 técnicos (soldadores, plomeros, carpinteros) | 20 ayudantes locales       | 34             |
| Pruebas y puesta en marcha        | 6 ingenieros eléctricos                     | 20 técnicos de pruebas                          | 10 ayudantes               | 36             |

Elaboración: Equipo consultor, 2025.

**Total aproximado (pico máximo simultáneo):**

- Personal calificado: **61**
- Técnicos especializados: **285**
- Mano de obra no calificada (local): **770**
- **Total estimado: 1.116 trabajadores** durante la etapa de construcción.

La contratación de mano de obra no calificada será prioritaria en la población del área de influencia social directa (comunidades La Ceiba Chica, Catamahillo, Zapotillo, y otras cercanas), en coordinación con el GAD Municipal y juntas parroquiales, promoviendo beneficios económicos locales y fortaleciendo la aceptación social del proyecto.

- **CRONOGRAMA TENTATIVO.**

A continuación, se presentan el cronograma general de la fase de construcción.

Tabla 5-8. Cronograma general de la fase de construcción.

| ACTIVIDADES                                           | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                       | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Activación de proyecto y proveedores                  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Habilitación de Instalación                           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Funcionamiento de Instalaciones                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Instalación de cerco perimetral                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Habilitación de caminos internos                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Instalación de componentes planta solar               |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Hincado y montaje de estructuras                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Montaje de módulos                                    |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Instalación de Inversores y Centros de Transformación |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Conexiones eléctricas en BT y MT                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Sistema colector                                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

| ACTIVIDADES                                         | MESES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                     | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Construcción de subestación                         |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Construcción edificio de control de la Sub-Estación |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Pruebas para puesta en marcha                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Desmantelamiento de obras y limpieza de terreno     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Fuente: CELEC, 2025.

Elaboración: Equipo consultor, 2025.

- Ubicación referencial de infraestructura permanente del proyecto.

Tabla 5-9. Ubicación referencial de Instalaciones e Infraestructura permanente.

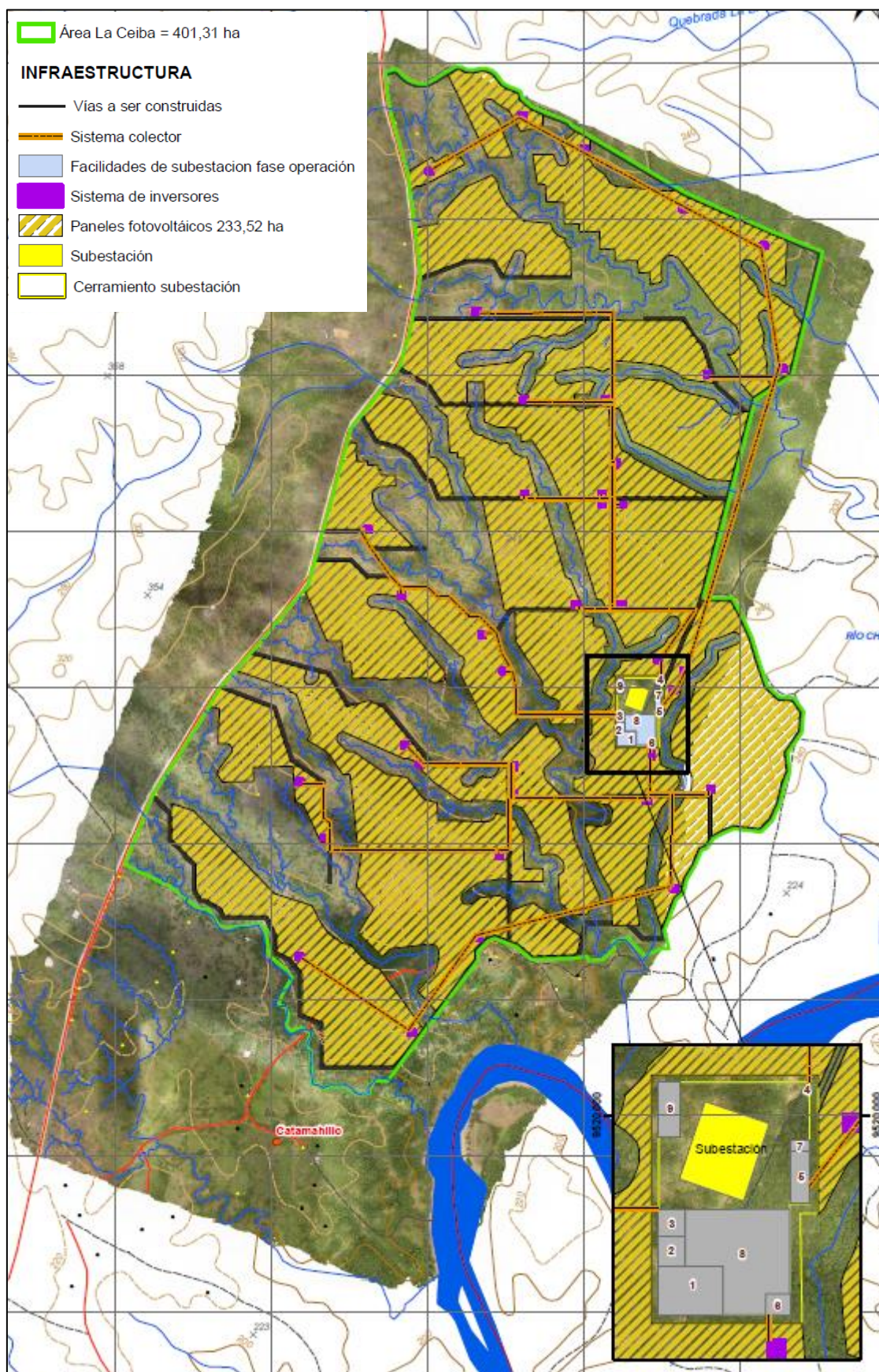
| INFRAESTRUCTURA / INSTALACIONES              | ÁREA / LONGITUD        | UBICACIÓN COORDENADAS (WGS84 Zona 17S) |            |
|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|------------|
|                                              |                        | X                                      | Y          |
| <b>PARQUE FOTOVOLTAICO (PANELES SOLARES)</b> | 401,31 ha              |                                        |            |
| • Paneles fotovoltaicos                      |                        |                                        |            |
| • Cerco Perimetral                           |                        |                                        |            |
| • Conexiones Internas                        |                        |                                        |            |
| • Estructuras de Soporte                     |                        |                                        |            |
| <b>SISTEMA COLECTOR</b>                      | 10912,89 m             |                                        |            |
| <b>CAMINOS INTERIORES Y ACCESO PRINCIPAL</b> | 54320,69 m             |                                        |            |
| <b>SUB ESTACIÓN ELEVADORA:</b>               | 4814,90 m <sup>2</sup> | 587151,83                              | 9520012,69 |
|                                              |                        | 587211,67                              | 9519992,20 |
|                                              |                        | 587187,63                              | 9519919,96 |
|                                              |                        | 587127,79                              | 9519940,45 |
| <b>CERRAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN</b>         | 5883,79 m <sup>2</sup> | 587101,61                              | 9520037,11 |
|                                              |                        | 587257,14                              | 9520037,11 |
|                                              |                        | 587257,14                              | 9519907,11 |
|                                              |                        | 587240,63                              | 9519908,31 |
|                                              |                        | 587242,13                              | 9519805,70 |
|                                              |                        | 587101,61                              | 9519805,70 |
| <b>FACILIDADES DE LA SUB ESTACIÓN</b>        |                        |                                        |            |
| Área de desechos                             | 2710,15 m <sup>2</sup> | 587138,61                              | 9519836,56 |
| Generador                                    | 707,25 m <sup>2</sup>  | 587121,10                              | 9519873,31 |
| Cuarto de control                            | 614,71 m <sup>2</sup>  | 587121,10                              | 9519899,77 |
| Garita - Guardianía                          | 34,75 m <sup>2</sup>   | 587246,57                              | 9520023,52 |
| Oficinas y Talleres                          | 886,94 m <sup>2</sup>  | 587239,89                              | 9519941,65 |
| Área de desechos                             | 442,30 m <sup>2</sup>  | 587219,49                              | 9519823,69 |
| Baterías sanitarias                          | 182,99 m <sup>2</sup>  | 587239,92                              | 9519971,10 |
| Parqueadero                                  | 7529,97 m <sup>2</sup> | 587186,55                              | 9519870,98 |
| Cisterna                                     | 979,19 m <sup>2</sup>  | 587118,32                              | 9520005,15 |

Elaboración: Equipo consultor, 2026.

En el Anexo 5-1 se presenta plano general del proyecto.



Figura 4. Ubicación de infraestructura permanente del proyecto.



EN el MAPA NRO. 5-2 se presenta la ubicación de la infraestructura permanente (etapa de operación).

- **ESTIMACIÓN DE MATERIAL DE DESBROCE Y MATERIAL DE EXCAVACIÓN.**

- **Material de desbroce:**

La estimación del material de desbroce se realizó como biomasa aérea vegetal a remover (excluye suelo/orgánicos y material de excavación), estratificando por cobertura/uso del suelo dentro del polígono del proyecto (401,31 ha) y usando:

- (i) Volumen de madera en pie derivado del inventario forestal para el componente arbóreo (DAP  $\geq 10$  cm), y
- (ii) Factores Tier 1 IPCC para coberturas no arbóreas (matorral/pastizal/agropecuario) cuando no existe cubicación directa, garantizando trazabilidad de unidades, factores y supuestos (Equipo consultor, 2025; IPCC<sup>1</sup>, 2006).

Para el bosque seco secundario (componente dominante del desbroce), el inventario forestal reporta un Volumen de Madera Total (VMT) = 10.161,28 m<sup>3</sup> calculado sobre 217,57 ha de cobertura vegetal con remanentes de bosque (árboles relictos y bosque asociado a quebradas/pendientes), con base en parcelas de 100 m x 50 m (Equipo consultor, 2026. Inventario forestal del proyecto La Ceiba).

Tabla 5-10. Estimación de material de desbroce.

| Cobertura/fuente                         | Área (ha) | Modelo / factor              | Resultado (t d.m.) |
|------------------------------------------|-----------|------------------------------|--------------------|
| Bosque nativo (árboles $\geq 10$ cm DAP) | 217,574   | VMT x BCEFS                  | <b>8.129,0</b>     |
| Vegetación arbustiva y herbácea          | 26,556    | A x AGB_shrub; 40 t d.m./ha  | <b>1.062,3</b>     |
| Pastizal                                 | 24,929    | A x AGB_grass; 2,3 t d.m./ha | <b>57,3</b>        |
| Mosaico agropecuario                     | 3,720     | A x DM_crop; 10 t d.m./ha    | <b>37,2</b>        |
| <b>TOTAL biomasa aérea a desbrozar</b>   |           |                              | <b>9.285,8</b>     |

**Fuente:** Equipo consultor, 2026.

**Bosque nativo (árboles  $\geq 10$  cm DAP),** el resultado medio de biomasa aérea a desbrozar es: 8.129,0 t d.m. (toneladas métricas de materia seca). Este valor se obtiene aplicando el método VMT x BCEFS: el inventario forestal reporta VMT = 10.161,28 m<sup>3</sup> para la superficie con cobertura vegetal (217,57 ha) y se multiplica por el factor BCEFS = 0,8 t d.m./m<sup>3</sup> (guía IPCC, 2006), resultando: 10.161,28 m<sup>3</sup> x 0,8 t d.m./m<sup>3</sup> = 8.129,02 t d.m. ( $\approx$  8.129,0 t d.m. redondeado). (IPCC, 2006).

**Vegetación arbustiva y herbácea: Dato de entrada (A):** el inventario forestal reporta **A = 26,556307 ha** para "VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA" dentro del polígono del proyecto (Equipo consultor, 2025). **Factor aplicado:** AGBshrub=40 t d.m./ha (valor conservador dentro del rango Tier 1 para shrubland tropical), usado por tratarse de vegetación rala/alterada en bosque seco (IPCC, 2006; Equipo consultor, 2025). Resultado: A x AGBshrub = 26,556307 ha x 40 t d.m./ha = 1,062,252 t d.m.  $\approx$  1,062,3 t d.m.

**Pastizal: Dato de entrada (A):** el inventario forestal reporta **A = 24,92869 ha** para "PASTIZAL" (Equipo consultor, 2025). **Factor aplicado:** AGBgrass=2,3 t d.m./ha (biomasa aérea pico Tier 1 para pastizales en condición tropical seca), aplicable para estimación preliminar de desbroce de herbáceas/pastos (IPCC, 2006). **Cálculo:** A x AGBgrass=24,92869 ha x 2,3 t d.m./ha = 57,336 t d.m.  $\approx$  57,3 t d.m.

**Mosaico agropecuario: Dato de entrada (A):** el inventario forestal reporta **A = 3,720 ha** para "MOSAICO AGROPECUARIO" (Equipo consultor, 2025). **Factor aplicado (proxy):** DMcrop=10 t d.m./ como biomasa aérea

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (IPCC-NGGIP). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>



representativa de cultivos anuales/mixtos en enfoques Tier 1 cuando no se dispone de medición directa del componente agrícola (IPCC, 2006). **Cálculo:**  $A \times DM_{crop} = 3,720 \text{ ha} \times 10 \text{ t d.m./ha} = 37,2 \text{ t d.m.}$

El valor 9.285,8 t d.m. corresponde a la estimación del TOTAL de biomasa aérea a desbrozar durante la construcción, expresada en t d.m. (toneladas métricas de materia seca); es decir, la masa de material vegetal (leñoso + arbustivo/herbáceo + pastizal + mosaico agropecuario) que se removería, sin incluir suelo.

- **Características generales del material:**

El material a remover corresponde principalmente a biomasa leñosa (fustes/ramas) de bosque seco secundario con remanentes concentrados en quebradas y zonas de pendiente, y presencia de árboles relictos en área, se espera un desbroce heterogéneo con fracción fina (hojarasca/ramillas) y fracción gruesa (leñoso), con predominio del componente arbóreo cuantificado (Equipo consultor, 2025).



La estimación presentada es conservadora a escala de cobertura, y debe afinarse en ingeniería de detalle mediante cruce GIS huella de infraestructura (paneles, vías, subestación) vs. cobertura vegetal y exclusiones (quebradas/cauces), y verificarse durante obra con cubicación por frentes ( $m^3$ ) y/o pesaje en báscula (t húmedas) para trazabilidad de retiro/aprovechamiento (IPCC, 2006; Equipo consultor, 2025).

Durante la construcción del Proyecto La Ceiba, los 9.285,8 t d.m. de material vegetal de desbroce deben gestionarse priorizando reuso: astillar la fracción leñosa y usarla como mulch en taludes y superficies expuestas para reducir polvo y erosión, instalar fascinas/palizadas con ramaje para retener sedimentos en rellenos y pendientes, y reutilizar piezas sanas como estacas/postes temporales para cercas y señalética. El excedente leñoso seco y limpio puede entregarse mediante donación controlada como leña a comunidades del AISD con actas y trazabilidad, evitando quemas a cielo abierto y manteniendo el material fuera de cauces/quebradas

**Condiciones mínimas de acopio temporal y transporte:** Mientras se valoriza o evacua, el material debe acopiarse en una zona temporal señalizada, cunetas perimetrales, distancia de seguridad a cauces/quebradas y con control de incendios (cortafuegos y prohibición de quemas). La trazabilidad se asegura con: registros por frente ( $m^3$  o t), guías de transporte, evidencia fotográfica y recepción del destino final.

○ **Material de excavación:**

El Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se desarrollará dentro de un polígono de 401,31 ha, con 233,52 ha de área útil FV, topografía moderadamente accidentada y pendientes predominantes de hasta 20° (máx. 25°), lo que implica movimientos de tierra (cortes / rellenos) para plataformas, obras civiles, subestación y vías internas. La metodología de estimación se basa en desagregar por unidades constructivas (plataformas FV, vías, subestación, zanjas MT), aplicando geometría simple (Área × Espesor; Longitud × Sección) y criterios de cálculo de volúmenes de movimiento de tierras (Federal Highway Administration [FHWA], 2026).

**Supuestos de ingeniería:**

- **Vías internas:** longitud 54320,69 m x 6 m de ancho y excavación media 0,30 m (descapote / subrasante).
- **Subestación elevadora:** área 4814,90 m<sup>2</sup> a 0,60 m (plataforma + obras civiles) de excavación.
- **Zanjas MT:** cable MT estimado y zanja típica 0,60 m (ancho) × 1,0 m (profundidad, referencia normativa 35 kV).

Tabla 5-11. Estimación de material de excavación a remover.

| Unidad / actividad                                     | Base (dato del proyecto)             | Supuesto geométrico                             | Volumen estimado (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|
| Plataformas/terrazas FV (cortes y conformación)        | 233,52 ha × 0,95 (exclusión hídrica) | fracción intervenida 0,40; espesor medio 0,20 m | <b>221.844</b>                     |
| Vías internas (subrasante/cunetas menores)             | 54.320,69 m                          | 6 m × 0,30 m                                    | <b>97.777</b>                      |
| Plataforma subestación                                 | 4.814,91 m <sup>2</sup>              | 0,60 m                                          | <b>2.889</b>                       |
| Zanjas cableado MT (soterrado)                         | 50.000 m × 0,70                      | 0,60 m × 1,0 m                                  | <b>21.000</b>                      |
| <b>TOTAL material de excavación a remover (aprox.)</b> |                                      |                                                 | <b>≈ 343.510 m<sup>3</sup></b>     |

**Fuente:** Equipo consultor, 2026.

Se estima 343.510 m<sup>3</sup> aproximado de material de excavación, esta cifra es preliminar y debe afinarse en ingeniería de detalle con: (i) modelo digital de terreno + superficies de diseño (terrazas/plataformas), (ii) secciones tipo definitivas de vías y drenajes, y (iii) trazado final del cableado (subterráneo/aéreo), aplicando métodos de cálculo por secciones y, de ser necesario, factores de esponjamiento/contracción para logística de transporte y balance corte–relleno.

• **Características generales del material de excavación:**

Con base en el tipo de obra (plataformas, subrasante de vías, zanjas y fundaciones), el material de excavación se caracteriza en: (i) material común (suelo/subsuelo), (ii) material granular/meteorizado utilizable en conformación y rellenos, y (iii) fracciones puntuales de material más competente (rippable/roca, si aparece), que requieren selección y manejo diferenciado; su manejo debe priorizar el reuso in situ (rellenos, nivelación) para minimizar excedentes y disposición.

En caso de excedentes, el acopio/disposición temporal debe ubicarse en zonas estables y alejadas de fuentes hídricas / quebradas, conforme a criterios territoriales locales para escombreras. Cabe

recaltar que el material que no se utilice en reconfiguración y relleno de áreas será depositado en las escombreras identificadas en el proyecto.

- **ESTIMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.**

- **METODOLOGÍA.**

La estimación de residuos para la etapa de construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba se estructuró con base en:

- (i) La clasificación regulatoria de residuos no peligrosos vs. peligrosos (criterios CRETIB) y
- (ii) Variables de actividad trazables (personal, maquinaria, consumos y cantidades de obra), para proyectar generación mensual y total en el horizonte constructivo.

Este enfoque se alinea con el marco nacional de gestión de desechos peligrosos/especiales y con buenas prácticas de proyectos eléctricos para identificar flujos, segregarlos y definir rutas de gestión. Como línea base de cálculo, se adoptaron parámetros del propio proyecto: capacidad 200 MWp, ~400.088 módulos FV, área total 401,31 ha y área útil 233,52 ha; además del cronograma constructivo de 18 meses y la planificación de frentes de obra. Estas variables determinan el “perfil temporal” de generación (picos durante obra civil y montaje), lo cual es coherente con la curva mensual incluida en el documento, donde los máximos se concentran en los meses de mayor intensidad constructiva (CELEC EP – UN GENSUR, 2024; EPA, 2016).

### **1) Criterios, unidades y supuestos técnicos (para trazabilidad)**

Se trabajó en unidades operativas verificables: kg/día y kg/mes para residuos asimilables a domiciliarios; kg/mes o m³/mes (cuando aplica) para escombros/tierra; y L/mes o kg/mes para residuos peligrosos asociados a hidrocarburos y químicos, con conversión documentada en anexos de cálculo. Como supuestos:

- (a) el personal varía por fase, tomando como referencia la tabla de mano de obra (pico máximo simultáneo) y el cronograma;
- (b) la generación “común” se asocia a comedor/oficinas temporales; y
- (c) la generación por embalajes y merma depende de volúmenes de suministro (paneles, estructuras, cableado, etc.) y porcentajes típicos de composición reportados para FV utility-scale (IFC, 2007; EPA, 2016).

### **2) Metodología de cálculo para residuos no peligrosos**

#### **2.1. Residuos asimilables a domiciliarios (orgánicos y fracciones reciclables):**

Se estimaron por “factor de generación per cápita” en función del personal mensual ( $N_m$ ) y días efectivos de obra ( $D_m$ ), aplicando el rango 0,3–0,5 kg/persona-día para residuos alimenticios (orgánicos), complementado con segregación por fracción (papel/cartón, plásticos, vidrio) según el patrón de residuos típico en obras FV (EPA, 2016; IFC, 2007). Fórmula base:

$$Q_{org,m} = N_m \times D_m \times FG_{org} \text{ (kg/mes),}$$

**$Q_{org,m}$ :** Cantidad mensual de residuos orgánicos generados (p. ej., restos de alimentos del comedor/campamento) en el mes mmm. **Unidad:** kg/mes. (EPA, 2016)



**Nm:** Número promedio de personas (trabajadores) presentes en obra durante el mes m. Se obtiene del plan de mano de obra/registros de asistencia. **Unidad:** personas. (EPA, 2016)

**Dm:** Número de días efectivos de operación (días laborados) en el mes m. Puede ser 30, 26, 22, etc., según calendario de obra. **Unidad:** días/mes. (EPA, 2016)

**FGorg:** Factor de generación de residuos orgánicos por persona y por día (residuos per cápita). En este caso se adoptó el rango 0,3–0,5 kg/persona·día como valor de referencia. **Unidad:** kg/(persona·día). (EPA, 2016)

## 2.2. Residuos de embalajes y reciclables (cartón, plástico, madera, metales):

Se estimaron a partir de “drivers de suministro” (p. ej., 400.088 módulos y componentes asociados) y un reparto de composición de residuos reportado para FV a gran escala (escombros 40–60%, madera 15–25%, plásticos/cartón 10–15%, metales 5–10%, orgánicos 2–5%). Esto permite trazar el cálculo desde cantidades del proyecto hacia fracciones de residuos por mes, aplicando además un factor temporal según el cronograma (picos durante montaje de estructuras/módulos) (IFC, 2007; EPA, 2016).

## 2.3. Escombros, concreto y tierras excedentes:

Se estimaron por “metrado de obra”, priorizando la reutilización in situ (rellenos y nivelaciones) y cuantificando únicamente el sobrante a disponer; por ejemplo, el documento incorpora como criterio que el hormigón sobrante se mantenga <5% del volumen colocado y que la tierra/roca excedente sea mayoritariamente reusada, con sobrantes variables según cortes del terreno (CELEC EP – UN GENSUR, 2024; MAE, 2015).

Tabla 5-12. Estimación de desechos comunes a generar.

| Flujo de residuo                      | Variable de actividad (dato trazable)                 | Factor aplicado         | Unidad                       | Ecuación de estimación                     | Evidencia verificable en obra               |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Orgánicos (comedor)                   | Personal mensual N <sub>m</sub> (según planificación) | 0,3–0,5                 | kg/persona·día               | $Q_m = N_m \times D_m \times FG$           | Listas de personal + pesaje de contenedores |
| Papel / cartón / plástico (embalajes) | Nº módulos (400.088) y entregas mensuales             | 10–15% (composición FV) | kg/mes                       | $Q_m = (M_{\text{embalajes}_m}) \times \%$ | Guías de despacho + pesajes + manifiestos   |
| Madera (palets / encofrados)          | Volumen de suministro y encofrados                    | 15–25% (composición FV) | kg/mes o m <sup>3</sup> /mes | $Q_m = (M_{\text{madera}_m}) \times \%$    | Inventarios de palets/encofrados + retiro   |
| Escombros / concreto                  | Metrado de obra (p. ej., obras civiles)               | merma <5% (criterio)    | m <sup>3</sup> /mes o kg/mes | $Q_m = V_m \times \text{merma}$            | Control de hormigón + tickets de retiro     |

**Elaboración:** Equipo Consultor, 2026.

### ○ RESULTADOS

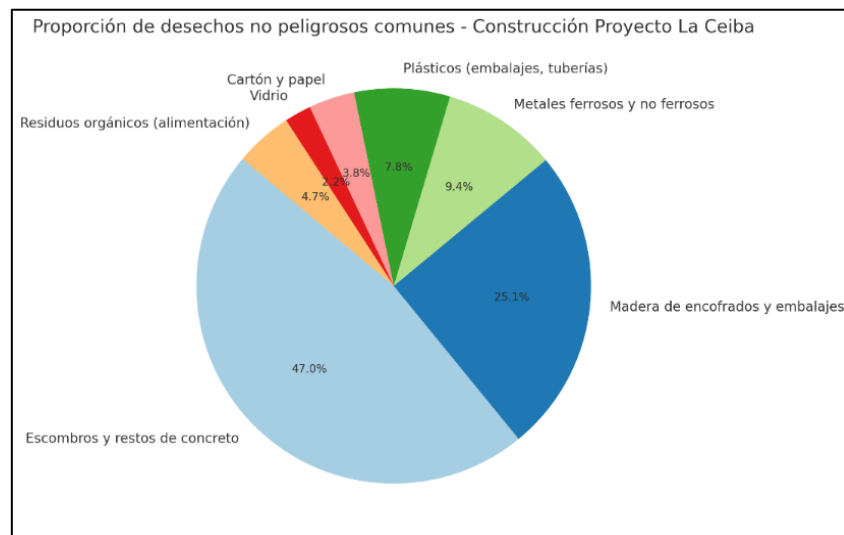
La normativa ecuatoriana (Acuerdo Ministerial 061) define *residuo sólido no peligroso* como todo material u objeto sólido resultante de una actividad, que no presenta características de peligrosidad según el código C.R.T.I.B (Corrosivo, Reactivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-

infeccioso). Por el contrario, se consideran *desechos peligrosos* aquellos residuos que sí exhiben alguna de esas propiedades y por tanto requieren un manejo especial. Adicionalmente, la gestión integral de residuos sólidos es competencia de los municipios; el GAD de Zapotillo es responsable de la recolección y disposición de residuos no peligrosos domésticos en el cantón, operando un relleno sanitario donde los desechos se disponen cubiertos diariamente con tierra. Sin embargo, Zapotillo carece de sistemas de separación en la fuente y de recolección especializada para residuos peligrosos, lo que históricamente ha derivado en la mezcla de residuos peligrosos (p. ej. residuos hospitalarios) con los residuos comunes.

Por ello, en este proyecto se debe asegurar una segregación estricta de los residuos peligrosos y su entrega a gestores ambientales calificados, evitando su disposición inadecuada.

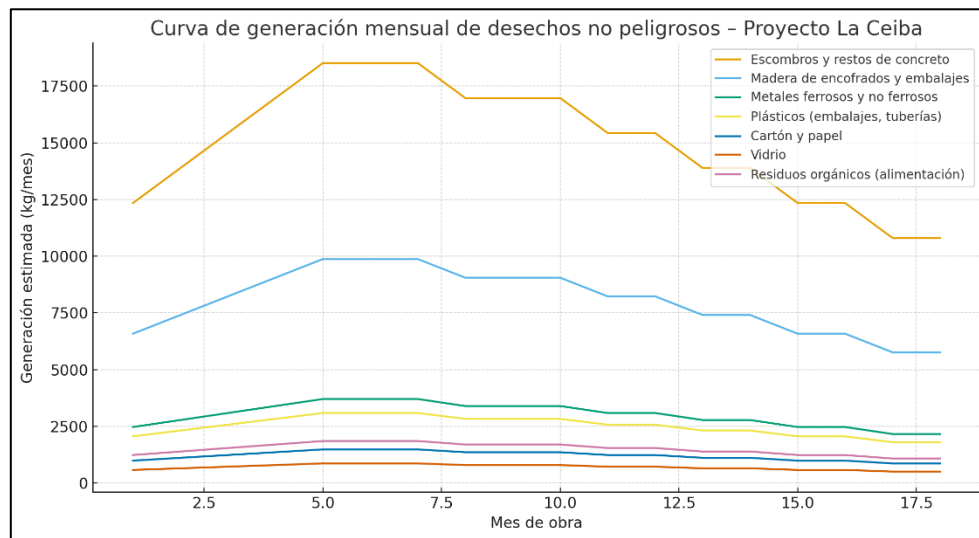
Esta categoría incluye aquellos desechos de naturaleza no peligrosa generados en obra: orgánicos, materiales reciclables (papel, cartón, plástico, chatarra metálica, vidrio, etc.), escombros de construcción (inertes como concreto, tierra excedente, madera) y otros similares. Son residuos asimilables a domiciliarios o a escombros de obra, sin características de toxicidad o peligro según la normativa. Se gestionarán preferentemente mediante segregación en la fuente, reciclaje o reutilización, y disposición final en el relleno sanitario municipal u otros sitios autorizados.

Figura 5-5. Proporción de desechos no peligrosos – etapa de construcción



Según la EPA (2016) y la International Finance Corporation – IFC (2007), en proyectos fotovoltaicos a gran escala los residuos no peligrosos predominantes son: escombros de obra civil (40–60%), maderas de embalaje (15–25%), plásticos y cartón (10–15%), metales ferrosos y no ferrosos (5–10%) y residuos orgánicos (2–5%).

Figura 5-6. Curva de generación mensual de desechos no peligrosos.



El gráfico evidencia que la mayor parte de los desechos no peligrosos generados en la etapa de construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba corresponden a escombros y restos de concreto, alcanzando picos superiores a 18.000 kg/mes durante los meses de mayor intensidad constructiva (4–8). En segundo lugar, la madera de embalajes y encofrados representa un flujo importante con picos cercanos a 10.000 kg/mes, asociados al montaje de módulos y estructuras. Los demás residuos —metales, plásticos, cartón, vidrio y orgánicos— mantienen volúmenes menores pero constantes, reflejando flujos característicos de campamento, embalajes y cortes de materiales (IFC, 2007; EPA, 2016).

Desde una perspectiva de gestión ambiental, estos resultados confirman la necesidad de priorizar medidas de segregación en obra y valorización. Los escombros pueden ser aprovechados en rellenos y nivelaciones internas, la madera y los metales tienen alto potencial de reutilización y reciclaje, y los plásticos y cartones deben canalizarse hacia gestores autorizados. La fracción orgánica, aunque menor, requiere recolección frecuente para evitar impactos sanitarios. En conjunto, la curva mensual muestra que los picos de residuos coinciden con las fases críticas de obra civil y montaje, lo que implica reforzar la logística de almacenamiento temporal y la frecuencia de retiro en esos periodos (MAE, 2015; CELEC EP, 2025).

Tabla 5-13. Tipo de residuos sólidos no peligrosos que se puede generar en el proyecto.

| ACTIVIDAD FUENTE                                                                                                                                                | TIPO DE RESIDUO                                                                                                                                                                                                                                                                                   | CARACTERÍSTICAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | CANTIDAD ESTIMADA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campamento de obra, comedor de trabajadores;<br>Limpieza de terreno (desbroce de vegetación)                                                                    | Restos de alimentos y residuos de cocina (orgánicos biodegradables).<br>Restos vegetales de desbroce (maleza, ramas, pasto seco).                                                                                                                                                                 | Putrescibles, alta degradabilidad. Pueden generar malos olores, lixiviados y atraer vectores (insectos, roedores) si no se controlan.                                                                                                                                                                                                                                 | 0,3–0,5 kg por persona por día en desechos alimenticios (estimación). Volumen de vegetación dependerá del área desbrozada (p. ej. cobertura arbustiva de 233,52 ha).                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Instalación de paneles solares y equipos (embalajes de paneles, inversores, cables, etc.).<br>Operaciones en oficinas de obra.<br>Consumo de materiales varios. | Empaques y embalajes: Cartón, papel, plástico (envolturas, film stretch), icopor/espuma.<br>Chatarra metálica: recortes de perfiles metálicos, sobrante de cables eléctricos (cobre/aluminio), clavos, tornillería sobrante.<br>Madera: palés, cajas de embalaje, restos de madera de encofrados. | No peligrosos. Materiales reutilizables o reciclables: papel/cartón e igual que plásticos son valorizables si están limpios; metales (ferrosos y no ferrosos) tienen alto valor de reciclaje.<br><br>La madera puede reutilizarse o usarse como leña si está limpia.<br><br>Nota: Si están contaminados con sustancias peligrosas, deben gestionarse como peligrosos. | Elevadas cantidades debido al volumen de equipos en 200 MW: Paneles solares (~500 mil unidades) con embalaje plástico y de cartón (potencialmente decenas de toneladas de cartón/plástico).<br><br>Estructuras metálicas con embalajes de madera (varios cientos de palés).<br><br>Cableado con forro plástico (kg de recortes por km de cable tendido).<br><br>Chatarra metálica: recortes de soportes, tornillos excedentes (varios cientos de kg). |
| Obras civiles de construcción: movimiento de tierras, nivelación, cimentaciones,                                                                                | Tierra y áridos excedentes: material de excavación sobrante no reutilizado (suelo, roca).                                                                                                                                                                                                         | Inertes o poco biodegradables. No peligrosos (salvo que estén contaminados con sustancias peligrosas, en cuyo caso se reclasifican). Voluminosos y pesados; pueden generar polvo al manipular.                                                                                                                                                                        | Muy variable. Tierra/roca excedente: La mayor parte se reusa in situ para relleno de zanjas y nivelaciones; el sobrante podría ser decenas de m <sup>3</sup> si hay cortes en terreno.                                                                                                                                                                                                                                                                |



| ACTIVIDAD FUENTE                                                                                                      | TIPO DE RESIDUO                                                                                                                                                                                                                                               | CARACTERÍSTICAS                                                              | CANTIDAD ESTIMADA                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| canalizaciones, montaje de estructuras, construcciones menores (caseta de control, bases de inversores, subestación). | Hormigón y mortero sobrante: residuos de concreto fraguado, probetas, bloques rotos.<br>Escombros generales: fragmentos de ladrillo, cerámica, tubería de PVC rota, etc.<br>Madera de construcción: retazos de encofrados, moldajes y estructuras temporales. | Pueden ser reutilizados como relleno o base de vías internas si son limpios. | Hormigón sobrante: relativamente poco (se planifica producción ajustada in situ; residuos <5% del volumen colocado).<br><br>Madera de desecho: varios m <sup>3</sup> (depende de encofrados usados). |

**Elaboración:** Equipo Consultor, 2025.

- **ESTIMACION DE DESECHOS PELIGROSOS.**

- **METODOLOGÍA**

La estimación de desechos peligrosos se circunscribe a la etapa de construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba, planificada en un horizonte de 18 meses (cronograma de construcción), considerando la generación asociada a obras civiles, montaje electromecánico, instalación eléctrica y actividades de soporte (CELEC EP–UN GENSUR, 2024). Adicional, se utilizó los siguientes criterios: (i) identificación por código nacional y criterio CRETIB, y (ii) proyección por consumo/mantenimiento de equipos, más eventos contingentes (derrames). Para trazabilidad, el documento fija que el almacenamiento temporal cumpla INEN 2266 y que la disposición sea mediante gestores calificados, lo cual constituye la “condición de control” mínima para los flujos NE-08, NE-27, NE-10, NE-34, NE-42, entre otros (NTE INEN 2266, 2013).

La línea base de flujos peligrosos a estimar se toma del inventario del capítulo (Tabla 5-10), que define para construcción: baterías usadas (NE-08), envases contaminados (NE-27), desechos biopeligrosos (NE-10), aceites/grasas usadas (NE-34), absorbentes contaminados por hidrocarburos (NE-42) y pilas con metales pesados (C.27.04), con almacenamiento temporal conforme INEN 2266 y disposición con gestores.

- **Fuentes de generación y variables trazables (drivers de cálculo)**

Los drivers usados para proyectar cantidades se derivan de variables operativas verificables: (i) inventario de maquinaria/equipos previstos (excavadoras, bulldozers, compactadores, camiones volquete, grúas, hincadoras, generadores, etc.), (ii) consumos de combustibles e insumos y (iii) mano de obra y frentes de trabajo (CELEC EP–UN GENSUR, 2024). Estos drivers son imprescindibles porque los desechos peligrosos de la Tabla 5-10 se originan principalmente en operación/mantenimiento de maquinaria y generadores, manejo de sustancias, y atención de primeros auxilios, por lo que su estimación debe anclarse a inventarios, bitácoras y consumos reales (IFC<sup>2</sup>, 2007; MAE<sup>3</sup>, 2015).

- **Aceites, grasas y ceras usadas (NE-34; T, I) y aceites lubricantes usados (NE-03; T, I)**

**Criterio:** se generan por mantenimiento de maquinaria pesada, vehículos y equipos (Equipo Consultor, 2025). **Unidad recomendada:** L/mes (y conversión a kg/mes si se requiere, con densidad de ficha técnica del producto).

- **Material adsorbente contaminado y filtros/waipes/trapos (NE-42/NE-32; T)**

**Criterio:** se generan en mantenimientos (cambio de filtros, limpieza) y en **derrames atendidos** (Equipo Consultor, 2025). **Unidad recomendada:** kg/mes.

---

<sup>2</sup> International Finance Corporation. (2007). Environmental, Health, and Safety Guidelines for Electric Power Transmission and Distribution. World Bank Group.

<sup>3</sup> Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 061: Reforma al Libro VI del TULSMA (Gestión de desechos peligrosos y especiales)*. Registro Oficial Edición Especial 316.

- **Envases contaminados con materiales peligrosos (NE-27; T)**

**Criterio:** se originan por consumo de aceites, grasas, pinturas, solventes, aditivos y otros químicos cuyos envases quedan con remanentes peligrosos (Equipo Consultor, 2025). **Unidad recomendada:** kg/mes o unidades/mes (y conversión a kg con peso tara de envase)

- **Baterías usadas con metales pesados (NE-08; T) y pilas/baterías menores (C.27.04; T)**

**Criterio:** se originan en maquinaria, generadores, equipos de respaldo y herramientas eléctricas (Tabla 5-10) (Equipo Consultor, 2025). **Unidad recomendada:** unidades/mes y kg/mes.

- **Desechos biopeligrosos de enfermería/primeros auxilios (NE-10; B)**

**Criterio:** se generan por atención médica en obra (Tabla 5-10) y deben manejarse con segregación y gestor (Equipo Consultor, 2025). **Unidad recomendada:** kg/mes.

- **RESULTADOS**

Durante la fase de construcción del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba (200 MW, cantón Zapotillo) se generan diversos desechos peligrosos que requieren un manejo adecuado conforme a la normativa ecuatoriana vigente. Los desechos peligrosos que se generen en el área del proyecto, serán almacenados y entregados a un Gestor Ambiental autorizado por el MAE. Adicional, la empresa deberá obtener el Registro de Generador de Desechos peligrosos y/o especiales conforme lo establecido en la normativa vigente (Ver PMA).

Tabla 5-14. Tipo de desechos peligrosos a generarse en el proyecto (construcción).

| Tipo de Desecho                                                                                                       | Código | CRETIB* | Proceso o unidad operativa                           | Condiciones de Almacenamiento                                                | Gestión o Disposición final |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Baterías usadas que contengan Hg, Ni, Cd u otros materiales peligrosos y que exhiban características de peligrosidad. | NE-08  | T       | Construcción (Operación de maquinaria y generadores) | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Envases contaminados con materiales peligrosos                                                                        | NE-27  | T       | Construcción y Operación                             | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Desechos biopeligrosos activos resultantes de la atención médica prestados en centros médicos de empresas             | NE-10  | B       | Construcción                                         | Almacenamiento temporal                                                      | Gestores calificados        |
| Aceites, grasas y ceras usadas o fuera de especificaciones                                                            | NE-34  | T, I    | Construcción                                         | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Material adsorbente contaminado con hidrocarburos:                                                                    | NE-42  | T       | Eventos Contingentes durante la construcción         | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |

| Tipo de Desecho                                                    | Código  | CRETIB* | Proceso o unidad operativa | Condiciones de Almacenamiento                                                | Gestión o Disposición final |
|--------------------------------------------------------------------|---------|---------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| waipes, paños, trapos, aserrín, barreras                           |         |         |                            |                                                                              |                             |
| Pilas o baterías usadas o desechadas que contienen metales pesados | C.27.04 | T       | Construcción /Operación    | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |

**Elaboración:** Equipo Consultor, 2025.

- **Aceites lubricantes usados (código NE-03; T, I)**

Los **aceites minerales usados o gastados** generados por el mantenimiento de maquinaria pesada, vehículos y equipos de construcción constituyen un desecho peligroso clasificado con código **NE-03** y características *Tóxico e Inflamable*.

- **Filtros de aceite y absorbentes contaminados (códigos NE-32, NE-42; T)**

Diversos sólidos contaminados con hidrocarburos se generan durante la construcción, principalmente filtros de aceite usados (de motores y generadores) y materiales absorbentes empleados para contener derrames (trapos, estopas, aserrín, almohadillas, etc.). Los filtros de aceite impregnados con residuos de lubricante se clasifican como residuo peligroso NE-32 por su característica *Tóxico* (concentran aceite usado y metales pesados atrapados en el elemento filtrante). De forma similar, los materiales absorbentes contaminados con hidrocarburos (código NE-42) se consideran peligrosos por toxicidad, ya que contienen residuos de combustibles o aceites derramados. Ambos tipos de desecho presentan riesgos ambientales análogos a los del aceite usado.

- **Envases y embalajes contaminados (códigos NE-27, NE-44; T)**

Durante la obra, numerosos envases vacíos que han contenido sustancias peligrosas (aceites, aditivos, combustibles, pinturas, solventes, etc.) se convierten en residuos peligrosos si aún retienen restos del contenido original. La normativa ecuatoriana cataloga los envases contaminados con materiales peligrosos bajo el código NE-27, caracterizados como *Tóxicos*. De igual forma, materiales de embalaje contaminados (ej. sacos, plásticos o cajas impregnadas con químicos peligrosos) se listan como NE-44 (*Tóxicos*)

- **Pinturas, solventes y químicos descartados (códigos NE-49, NE-51, NE-48; I, T, potencialmente C/R)**

En las labores de construcción es común generar sobras de pinturas, recubrimientos, disolventes orgánicos, adhesivos y otros químicos usados en instalaciones (pintura anticorrosiva de estructuras metálicas, disolventes para limpieza de herramientas, etc.). Estos materiales, cuando son desechados por quedar sobrantes o vencidos, se consideran residuos peligrosos típicamente caracterizados por su inflamabilidad y toxicidad. Por ejemplo, los residuos de pinturas, tintas y resinas con componentes peligrosos se clasifican como NE-49, con características *Inflamable (I)* y *Tóxico (T)*.

Del mismo modo, los solventes orgánicos gastados o mezclas de disolventes usados se listan como NE-51 (*Inflamables/Tóxicos*). Adicionalmente, productos químicos fuera de especificación

(catalizadores, adhesivos, aditivos) pueden exhibir corrosividad (C) o reactividad (R) dependiendo de su composición (por ejemplo, endurecedores ácidos o poliuretanos con isocianatos), clasificándose bajo códigos como NE-48 si aplicase múltiples criterios.

- **Baterías usadas y residuos eléctricos (código NE-08; T y C)**

La actividad constructiva emplea equipos y vehículos que utilizan baterías (acumuladores eléctricos), principalmente baterías de plomo-ácido en maquinaria y generadores eléctricos, así como baterías secas de herramientas portátiles. Cuando estas baterías llegan al fin de su vida útil o se reemplazan, se consideran desechos peligrosos de código NE-08, clasificados principalmente por *Toxicidad* (T) debido a su contenido en metales pesados y electrolitos peligrosos.

En el caso de las baterías plomo-ácido, su electrolito es ácido sulfúrico (propiedad *corrosiva*), y contienen plomo en placas internas; otras baterías (Ni-Cd, Ni-MH, Li-ion) incluyen metales como cadmio, níquel, litio, cobalto, etc., algunos de los cuales son tóxicos.

- **Lámparas fluorescentes y otros residuos con mercurio (código NE-40; T)**

En la etapa constructiva y de habilitación de instalaciones es común el uso de tubos fluorescentes, lámparas ahorradoras u otros dispositivos con mercurio (termómetros, medidores de nivel), por ejemplo, para iluminación temporal de obras o en casetas. Al terminar su vida útil, estos se catalogan como residuos peligrosos NE-40 por su contenido de mercurio, clasificándolos con característica *Tóxico* (T). Cada tubo fluorescente puede contener entre 3–50 mg de mercurio elemental en su interior.

- **Desechos médico-infecciosos de primeros auxilios (código NE-10; B)**

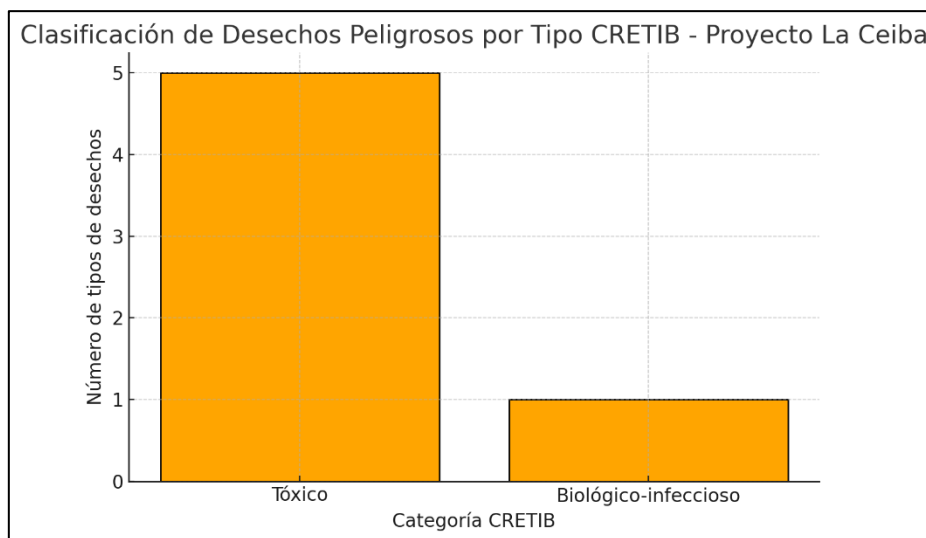
En un proyecto de construcción remoto de gran envergadura como La Ceiba, suele habilitarse un puesto de primeros auxilios o enfermería para la atención básica de trabajadores. Esta unidad generará desechos biomédicos tales como gasas y vendajes con sangre, hisopos, agujas hipodérmicas (si se aplican inyecciones o vacunas), y otros materiales contaminados con fluidos corporales. Estos residuos se clasifican como desechos biológico-infecciosos – código NE-10 – ya que pueden contener patógenos (bacterias, virus, hongos) capaces de producir enfermedades. Según la definición CRETIB, un residuo B (Biológico-infeccioso) es aquel que contiene agentes infecciosos viables en cantidad suficiente para causar enfermedad en seres humanos u organismos vivo.

- **Suelo contaminado por derrames de sustancias peligrosas (código NE-52; T)**

En las actividades constructivas existe la posibilidad de derrames accidentales de combustibles, aceites u otros químicos (por fallas en maquinaria, volcamiento de tanques, etc.). Cuando ocurre un derrame significativo, el suelo impactado (y potencialmente materiales absorbentes con tierra) se convierte en un residuo peligroso en sí mismo. La normativa contempla los suelos contaminados con materiales peligrosos bajo el código NE-52, con característica *Tóxico*. Esto implica que cualquier volumen de tierra, arena u otros materiales terrosos impregnados con hidrocarburos, químicos tóxicos o metales debe gestionarse como desecho peligroso.



Figura 5-7. Clasificación de desechos peligrosos- CRETIB.



Todos los desechos peligrosos mencionados requieren un manejo técnicamente adecuado y conforme a la normativa para prevenir daños ambientales, proteger la salud de los trabajadores y comunidad, y evitar incumplimientos legales. La identificación por tipo, código nacional y criterios CRETIB permite aplicar estrategias específicas de almacenamiento seguro, transporte con documentación (manifiestos) y disposición final apropiada (reciclaje, tratamiento o confinamiento).

### 5.3.1. Etapa de Operación del proyecto.

Corresponde a la conversión de la radiación solar en energía eléctrica, que tiene lugar en los módulos fotovoltaicos a instalar, siendo estos últimos los elementos base en la operación y funcionamiento del parque solar. Dentro de las actividades de operación se encuentra el control diario, revisión de indicadores y funcionamiento de la infraestructura del parque solar.

La subestación tendrá un monitoreo constante con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos en términos de confiabilidad, calidad y seguridad en el suministro de energía eléctrica.

Para esto, se contará con un sistema de monitoreo y supervisión a distancia llamado SCADA "Supervisory Control And Data Acquisition". Este sistema está compuesto por un conjunto de captores y sensores que a través de dataloggers comunicarán la información en tiempo real a un software de análisis, el cual podrá ser consultado a distancia.

Este sistema permite a los técnicos de operación y mantenimiento verificar en tiempo real el funcionamiento de la central y además realizar controles a distancia y seguimiento de variables importantes, como temperaturas, niveles de tensión, entre otros.

Además de este sistema, se contará en todo momento, con personal permanente en el edificio de control, el cual estará encargado de la supervisión, control y operación de los equipos de maniobra, medición y protección. Durante el desarrollo de esta actividad, se realizará consumos de recursos naturales (concesión doméstica y vertimientos) y se generarán residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

Por último, se considera como parte de esta actividad la vigilancia del acceso al parque solar, que corresponde principalmente al control de entrada y salida de personas, vehículos y materiales en base a protocolos de seguridad del proyecto, y a la prevención de cualquier acto que pusiera en riesgo la operación del parque solar y de sus trabajadores. Esta vigilancia se desarrollará desde la caseta de control en la entrada del parque y se realizará las 24 horas del día.

### **5.3.2. Inspección y mantenimiento técnico del parque solar.**

Durante toda la operación del proyecto, se realizarán actividades de inspección y mantenimiento técnico al parque solar. Las principales actividades preventivas son la limpieza de los paneles, lubricación de los sistemas de inversores y transformadores y el mantenimiento de los equipos eléctricos (cables, conectores y otros elementos eléctricos menores). Esta actividad será realizada con una periodicidad semestral y de acuerdo con las especificaciones técnicas de todos los equipos.

Adicionalmente, se implementará un mantenimiento de la vegetación. Específicamente, es importante que la vegetación no genere sombras en los paneles que pueda afectar la eficiencia de estos. Teniendo en cuenta lo anterior, los espacios entre las tablas serán podados periódicamente por medios mecánicos, evitando en todo caso el uso de productos químicos.

### **5.3.3. Contratación de mano de obra.**

Se llevará a cabo la contratación de personal calificado y no calificado para el desarrollo de las actividades propias de la fase de operación. Se estima que, para esta etapa, en promedio se contará con cinco personas con un máximo de 25, de las cuales se prevé que el 10% será personal administrativo calificado, el 80% semi calificado y el 10% no calificado.

### **5.3.4. Operación de la central.**

La Central operará en forma autónoma, más allá del control que pueda tener el operador de turno. Las tareas de la etapa operativa son las siguientes:

- Funcionamiento de los módulos, seguidores, inversores y sus transformadores asociados;
- Tracking solar diario del seguidor a partir la actuación del accionamiento lineal;
- Mantenimiento de los módulos, seguidores, inversores y sus transformadores asociados;
- Circulación por los caminos internos; y
- Generación de residuos.

Si bien se adjunta un programa detallado de las principales operaciones a realizar, las tareas genéricas que se desarrollan en esta fase son las siguientes:

- Monitoreo del rendimiento de la instalación a través de telecontrol;
- Realizar un mantenimiento preventivo regular realizando revisiones de funcionamiento;
- Llevar a cabo análisis de búsqueda de averías y fallos;
- Realizar actividades de reparación más extensivas;
- Redactar informes sobre la “disponibilidad” de la Central y sobre la producción de energía;
- y
- Gestionar los inventarios de los vehículos de reparaciones y las herramientas.

### 5.3.5. Tareas de mantenimiento preventivo

A pesar de resultar una instalación compleja, el mantenimiento de este tipo de instalaciones es bastante sencillo de realizar, pues hay pocos sistemas electromecánicos. Por su naturaleza, la Central no requiere insumos permanentes ni genera efluentes en forma continua y únicamente se realizan tareas periódicas de tipo preventivo, esto es operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de esta. A continuación, se describe los módulos o estructuras que requieren mantenimiento preventivo:

#### ○ **MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Los módulos fotovoltaicos requieren poco mantenimiento por su configuración, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector. En los módulos fotovoltaicos se realizarán, básicamente, las siguientes labores:

- Limpieza periódica de los módulos fotovoltaicos: La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del módulo reduce el rendimiento de este y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por las sombras. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo. Las capas de polvo que reducen la intensidad del sol de forma uniforme no son peligrosas y la reducción de la potencia no suele ser significativa. La periodicidad del proceso de limpieza depende, lógicamente, de la intensidad del proceso de ensuciamiento. En el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del módulo, que impida a estas que se posen. La acción de la lluvia puede, en muchos casos, reducir al mínimo o eliminar la necesidad de la limpieza de los módulos. En cualquier caso, la operación de limpieza debe ser realizada en general por el personal encargado del mantenimiento de la instalación, y consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y, opcionalmente, algún detergente no abrasivo, procurando evitar que el agua no se acumule sobre el módulo.
- Inspección de módulos: La inspección visual del módulo fotovoltaico tiene por objeto detectar posibles fallos, concretamente:
  - Posible rotura del cristal: normalmente se produce por acciones externas y rara vez por fatiga térmica inducida por errores de montaje;
  - Oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas: debidas a entrada de humedad dentro del módulo por rotura de las capas de encapsulado;
  - El adecuado estado de la estructura portante frente a corrosión;
  - Verificación de los elementos de sujeción y conexión;
  - El estado de degradación de los elementos constructivos de los módulos;
  - Estado de la red de puesta a tierra, para proteger de sobretensiones; y
  - La no existencia de sombras (propias o externas) sobre el campo fotovoltaico.

#### ○ **INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC BT**

Se deberán revisar de forma periódica el estado de las conexiones eléctricas y del cableado DC, para lo que se procederá a efectuar las siguientes operaciones:

- Comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexionado de los módulos fotovoltaicos.
- Comprobación de la estanquidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de protección de los terminales. De observarse fallos de estanquidad, se procederá a la sustitución de los elementos afectados y a la limpieza de los terminales. Es importante cuidar el sellado de las cajas de conexión, utilizando según el caso, juntas nuevas o un sellado de silicona.
- Mantenimiento de las puestas a tierra. En tanto el valor de la resistencia de tierra varía durante el año debido a la destrucción corrosiva de los electrodos, aumento de la resistividad del terreno, aflojamiento, corrosión, polvo, etc., a las uniones de las líneas de tierra, rotura de las líneas de tierra, etc. Estas variaciones de la resistencia condicionan el control de la instalación para asegurar que el sistema permanezca dentro de los límites de seguridad.

#### ○ **INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC BT**

Se deberán revisar de forma periódica –al igual que en DC- las conexiones y cables, el perfecto estado de las cajas de los cuadros, su estanquidad y, además, los equipos de mando y protección para ver su estado.

#### ○ **INVERSORES**

Se deberá revisar principalmente que están bien ventilados, que las conexiones están bien hechas y que no existe ninguna alarma activa. Para ello, se deberá chequear el sistema de ventilación para evitar que se alcancen altas temperaturas que pueden provocar disparos en los inversores y demás aparatos eléctricos, para ello se deberá comprobar que las rejillas están limpias y sin obstáculos; además, se deberá comprobar que los intercambiadores están lo más limpios posibles.

#### ○ **ESTRUCTURA SOPORTE O TRACKER**

Las principales tareas que realizar en la estructura de seguimiento solar serán:

- Revisión de daños en la estructura, como los causados por oxidación en el eje del seguidor y su deterioro por agentes ambientales.
- Fijar correctamente los tornillos en todos los conectores (lado del módulo de posicionamiento y lado del motor)
- Revisar visualmente todos los cables eléctricos por posibles roturas, puntos de pinzamiento (cables de motor, cables de alimentación, cables fotovoltaicos)
- Verificar que los cables fotovoltaicos no se hayan soltado de forma que puedan tensarse debido al movimiento del seguidor.
- Engrase de las partes móviles del motor (de ser necesario).

## ○ SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

El mantenimiento del sistema de regulación y control difiere especialmente de las operaciones normales en equipos electrónicos. Las averías son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:

- Observación visual del estado y funcionamiento del equipo. La observación visual permite detectar generalmente su mal funcionamiento, ya que este se traduce en un comportamiento muy anormal: frecuentes actuaciones del equipo, avisadores, luces, etc. En la inspección se debe comprobar también las posibles corrosiones y aprietes de bornes. Comprobación del conexionado y cableado de los equipos. Se procederá de forma similar que, en los módulos, revisando todas las conexiones y juntas de los equipos.
- Comprobación del tarado de la tensión de ajuste a la temperatura ambiente, que les indicaciones sean correctas.
- Toma de valores: registro de los amperios-hora generados y consumidos en la instalación, horas de trabajo, etc.
- Revisión de la estación meteorológica para ver que funciona bien, calibrarla y limpiarla, además de realizar la descarga de los datos almacenados.

## ○ INSTALACIÓN ELÉCTRICA GENERAL Y SERVICIOS AUXILIARES

Este mantenimiento garantizará la protección, el backup de los equipos en funcionamiento de manera eficaz y la adecuada operación bajo condiciones de falla eléctrica. En concreto, se requiere un mantenimiento programado y una inspección visual con las siguientes operaciones básicas:

- Verificación de todas las conexiones eléctricas para garantizar que no existan conexiones sueltas presentes que pudieran provocar un aumento de la temperatura de estas, con el riesgo potencial de generar un principio de incendio y la falla del equipo.
- Se revisarán todas las canalizaciones de cables, para ver su estado y evitar roturas imprevistas que pudiesen ocasionar serias averías, así como las arquetas para verificar su estado y que los cables no estén a la intemperie.
- También se deberá revisar la iluminación, enchufes y cuadros de control.
- Control termográfico de todos los equipos eléctricos en condiciones de plena carga.

Para el mantenimiento de algunos de los componentes eléctricos se precisa la desenergización de la Central y su aislamiento respecto del SIN para poder trabajar con seguridad. Los equipos para cuya intervención se precisa la desenergización total de la usina, son los siguientes:

- Interruptores principales;
- Embarrados; y
- Transformadores de potencia de los módulos inversores compactos.

Se revisarán todas las canalizaciones de cables, para ver su estado y evitar roturas imprevistas que pudiesen ocasionar serias averías, así como las arquetas para chequear su estado y que los cables no estén a la intemperie. También se deberá revisar la iluminación, enchufes y cuadros de control.



○ **OBRA CIVIL**

Se deberá comprobar que los accesos y viales de la Central están en perfecto estado para facilitar la movilidad; además, se comprobará el vallado perimetral, los taludes, la cimentación de las estructuras, los drenajes para evitar que se atasquen en épocas de lluvias. En lo referente a los caminos internos de la Central, estos deberán ser mantenidos en buenas condiciones de circulación de manera de evitar su erosión y poceado, y la generación de material particulado.

○ **DESMALEZADO**

Se deberá limpiar o brozar toda la instalación para evitar que las hierbas crezcan hasta producir sombras o se enreden con cables y estructuras, lo que luego complicaría su desbroce.

○ **SISTEMA DE SEGURIDAD.**

Se deberá revisar el buen funcionamiento y limpieza de las cámaras y sensores de movimiento que tuviera la Central y comprobar todas las alarmas que se den, aunque normalmente sean falsas.

A continuación, se presenta el cronograma de la etapa de operación:

Tabla 5-15. Cronograma de la Fase de Operación

| Actividades                         | Año 2 | ... |  |  |  | Año 25 |
|-------------------------------------|-------|-----|--|--|--|--------|
| Puesta en marcha                    |       |     |  |  |  |        |
| Generación de energía               |       |     |  |  |  |        |
| Control, Mantenimiento y Limpieza   |       |     |  |  |  |        |
| Cese de la producción y desconexión |       |     |  |  |  |        |

Fuente: CELEC, 2025

• **ESTIMACION DE RESIDUOS NO PELIGROSOS.**

La estimación de residuos para la fase de operación y mantenimiento se realizará mediante un enfoque diferenciado por tipo de corriente residual, considerando:

- i) Residuos sólidos no peligrosos asimilables a urbanos generados por el personal de oficina y comedor;
- ii) Residuos líquidos domésticos generados por el uso de servicios higiénicos, lavado y actividades rutinarias del personal; y
- iii) Desechos especiales o peligrosos vinculados al mantenimiento correctivo, sustitución de equipos y atención de contingencias menores.

Este enfoque es técnicamente apropiado para centrales fotovoltaicas, ya que durante la operación la generación de residuos depende principalmente de la dotación de personal, la intensidad del mantenimiento y la tasa de reposición de componentes, y no de actividades constructivas permanentes (Brücken Consult Bolivia, 2018; IFC, 2007).

La estimación de la generación de residuos y vertidos, durante la operación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5-16. Estimado de residuos que se generarán en la etapa de operación

| TIPO              | ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO                                                                | CANTIDAD |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Residuos Sólidos  | La generación de residuos estará asociada con el comedor y oficina de tipo asimilables a urbanos. | 5 kg/día |
| Residuos líquidos | Generación de aguas grises y negras. Serán depositadas en el alcantarillado sanitario del barrio  | 8 m³/día |

Fuente: Equipo Consultor, 2025.

Para los **residuos sólidos no peligrosos**, la estimación se efectúa a partir del número de trabajadores permanentes y ocasionales asignados a la operación, aplicando un factor de generación per cápita para residuos asimilables a urbanos. La expresión general es:

$$RS = N \times Gpc$$

Donde:

**RS** es la generación diaria de residuos sólidos no peligrosos,

**N** es el número de trabajadores presentes por día y

**Gpc** es la tasa unitaria de generación en kg/trabajador/día.

Bajo este criterio, el valor referencial consignado en la tabla, correspondiente a **5 kg/día**, representa una producción asociada al funcionamiento de comedor y oficina, incluyendo fracción orgánica, papel, cartón, plásticos de un solo uso y residuos comunes no reciclables. Metodológicamente, esta estimación debe entenderse como un promedio operativo diario susceptible de ajustarse con el número real de trabajadores y con campañas de segregación en la fuente (Tchobanoglous et al., 1993; Kaza et al., 2018).

Para los **residuos líquidos domésticos**, la estimación se realizará con base en el consumo de agua del personal y el coeficiente de retorno a aguas residuales, utilizando la expresión:

$$RL = P \times Dot \times Fr$$

Donde:

**RL** es el volumen diario de aguas residuales,

**P** es la población servida,

**Dot** es la dotación diaria de agua por persona y

**Fr** es el factor de retorno, usualmente cercano a 0,8–0,9 para usos sanitarios y de aseo.

En la tabla se ha considerado una generación de **8 m³/día** de aguas grises y negras, las cuales serán conducidas al sistema de alcantarillado sanitario o a la Planta compacta de aguas residuales del proyecto; por tanto, este valor debe interpretarse como un caudal de diseño o de operación referencial, asociado al uso sanitario del personal y a las necesidades rutinarias del frente administrativo-operativo. Desde el punto de vista metodológico, esta estimación debe validarse con la población operativa real, la disponibilidad de agua y la capacidad efectiva del sistema receptor (Metcalf & Eddy, 2014; PUGS Zapotillo, 2020).

#### • ESTIMACION DE DESECHOS PELIGROSOS

La operación de la Central, es decir desde la puesta en funcionamiento, será prácticamente autónoma. Comprende, básicamente, las tareas de mantenimiento preventivo de las instalaciones y en caso de ser necesario el correctivo. Implica la inspección visual y limpieza de los módulos fotovoltaicos, revisión del estado de las conexiones eléctricas y del cableado, la revisión de los

inversores, revisión y lubricación de la estructura soporte del tracker, revisión de instalaciones eléctricas generales y de los servicios auxiliares e inspección de las instalaciones eléctricas de la SE. Los desechos peligrosos que se generen en el área del proyecto, serán almacenados y entregados a un Gestor Ambiental autorizado por el MAE.

Tabla 5-17. Tipo de desechos peligrosos que se pueden generar (Operación)

| Tipo de Desecho                                                                                                                  | Código  | CRETIB*          | Proceso o unidad operativa                   | Condiciones de Almacenamiento                                                | Gestión o Disposición final |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Equipos eléctricos y electrónicos en desuso que no han sido desensamblados, separados sus componentes o elementos constitutivos. | ES-06   | Desecho Especial | Operación                                    | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Transformadores en desuso que hayan contenido aceites con PCB, PCT, PBB                                                          | NE-55   | T                | Operación                                    | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Envases contaminados con materiales peligrosos                                                                                   | NE-27   | T                | Operación                                    | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Material adsorbente contaminado con hidrocarburos: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras                                      | NE-42   | T                | Eventos Contingentes durante la construcción | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Pilas o baterías usadas o desechadas que contienen metales pesados                                                               | C.27.04 | T                | Operación                                    | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Aceites dieléctricos sin PCB                                                                                                     | D.35.02 | T, I             | Operación                                    | Almacenamiento temporal que cumplan los requerimientos de la Norma INEN 2266 | Gestores calificados        |
| Residuos de tintas, pinturas, resinas que contengan sustancias peligrosas y exhiban características de peligrosidad              | NE-49   | T, I             | Operación                                    | Almacenamiento temporal                                                      | Gestores calificados        |

Fuente: Equipo Consultor, 2025.

Para los **desechos especiales o peligrosos**, la estimación no se expresa adecuadamente en términos diarios constantes, debido a que su generación es eventual, no continua y dependiente del mantenimiento correctivo o de la sustitución de componentes. Por ello, en el presente documento se reporta su cantidad como global, criterio técnicamente correcto para corrientes como paneles solares defectuosos, aceites dieléctricos, tachos de pintura y otros insumos de mantenimiento.

En estos casos, la metodología aplicable consiste en identificar las fuentes de generación por evento, registrar inventarios de equipos e insumos, y estimar una tasa anual o por contingencia mediante la relación:

$$DP = \sum (E_i \times F_i)$$

Donde:

**E<sub>i</sub>** corresponde al número de equipos, recipientes o componentes susceptibles de recambio y  
**F<sub>i</sub>** al factor esperado de falla, reposición o descarte.

Este procedimiento evita sobrestimar una generación diaria inexistente y es consistente con la naturaleza intermitente del mantenimiento de una planta fotovoltaica (IFC, 2007; IRENA & IEA-PVPS, 2016).

- **Emisiones**

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera derivada de la generación eléctrica durante la etapa de operación serán nulas al tratarse de una fuente de energía renovable que aprovecha la radiación solar para producir electricidad. Únicamente existirán emisiones de contaminantes a la atmósfera correspondiente a los vehículos de transporte del personal para el mantenimiento y limpieza de la Central, derivadas de la emisión de los motores de los propios vehículos, y al tránsito de estos por las diferentes vías.

#### **5.4. ASPECTOS LEGALES.**

El desarrollo del Proyecto La Ceiba se enmarca en la legislación ecuatoriana vigente para el sector eléctrico y ambiental. En particular, cumple con preceptos de la Constitución de la República (que promueve las energías renovables y el cuidado ambiental) y con las siguientes leyes orgánicas relevantes:

- Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE): establece el régimen para generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad. El proyecto, al ser una central de generación con fuente renovable, se adhiere a las disposiciones de esta ley y su reglamento. La LOSPEE y sus reglamentos también regulan procedimientos como la declaratoria de utilidad pública para proyectos eléctricos y los requisitos de concesión o permisos para la operación eléctrica.
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE): promueve el uso eficiente y la diversificación de fuentes energéticas. La planta fotovoltaica contribuye directamente a los objetivos de la LOEE al incorporar energía solar no convencional a la matriz.
- Ley Orgánica de Transparencia y Competitividad Energética (LOCE): orientada a atraer inversiones y modalidades de asociación en el sector energético, facilitando la participación privada en energías renovables. Esta ley –junto con el Reglamento para el Ejercicio de la Capacidad Asociativa de las empresas públicas– habilita a CELEC EP a desarrollar proyectos como La Ceiba bajo esquemas de asociación público-privada.
- Ley Orgánica de Defensa del Consumidor: relevante en cuanto a la calidad y continuidad del servicio eléctrico que deberá proveer la planta, asegurando que se protejan los derechos de los usuarios finales.
- Código Orgánico del Ambiente (COA) y regulación ambiental: El proyecto debe cumplir estrictamente con la normativa ambiental. Según el COA y su reglamento (RCOA), proyectos de generación >10 MW requieren un Licenciamiento Ambiental obligatorio antes de su construcción. Para obtener la licencia, se debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y ejecutar un Proceso de Participación Ciudadana, entre otros

requisitos (p.ej. presentar garantías financieras ambientales, planes de manejo, etc.). La autoridad ambiental (MAATE) ya ha emitido el Certificado de Intersección para La Ceiba, constatando que el polígono del proyecto no interseca áreas protegidas ni bosques protectores, lo cual agiliza la viabilidad ambiental. Aun así, el EIA deberá abordar la fauna/flora del bosque seco, uso de agua, manejo de residuos, entre otros impactos.

- Otras normativas aplicables: El proyecto debe observar el Código de Conexión al Sistema Eléctrico y regulaciones de ARCONEL para la interconexión a 230 kV; la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (COOTAD) en lo referente a uso de suelo y competencias locales; y alinearse con compromisos internacionales suscritos por Ecuador en materia de cambio climático (por ejemplo, el Acuerdo de París, al contribuir a la reducción de emisiones).

**Viabilidad jurídica del proyecto:** Del análisis jurídico inicial se concluye que no existen impedimentos legales para la ejecución del proyecto La Ceiba; al contrario, el proyecto se alinea con disposiciones constitucionales y legales vigentes, al tratarse de una central de generación de energía renovable que diversifica la matriz y fomenta eficiencia energética. Además, encaja en el objeto social para el cual fue creada CELEC EP (aprovechar recursos eléctricos estratégicos) y en las competencias de su unidad GENSUR. La utilización de esquemas de asociación con inversionistas (Capacidad Asociativa) está expresamente permitida por la ley ecuatoriana; CELEC EP como empresa pública puede formar alianzas estratégicas, empresas mixtas o consorcios para este tipo de proyectos, garantizando participación mayoritaria pública cuando aplique. Por tanto, el modelo DBFOM propuesto (ver sección de Gestión del Proyecto) y un posible contrato asociativo con privados tienen sustento legal sólido en la normativa de empresas públicas y el decreto ejecutivo correspondiente.

**Disposiciones administrativas específicas:** A nivel institucional, el proyecto cuenta con el aval formal de la alta gerencia de CELEC EP. Mediante la Resolución No. CEL-RES-0043-25 del 18 de febrero de 2025, emitida por Gerencia General de CELEC EP, se dispuso lo siguiente:

- La Dirección de Planificación y Desarrollo de Proyectos de Expansión (DPDPE) deberá preparar la documentación necesaria y establecer directrices para trasladar los proyectos fotovoltaicos La Ceiba (y Matala) a la Unidad de Negocio GENSUR, coordinando gestiones a nivel corporativo. Además, la DPDPE elaborará un informe completo con el Alcance Técnico justificado técnica y económicamente, a ser entregado a GENSUR en un plazo definido.
- La Unidad de Negocio CELEC EP – GENSUR asume la responsabilidad de ejecutar las diferentes fases de desarrollo de campo de La Ceiba, verificando los requerimientos técnicos, económicos y legales aplicables. GENSUR deberá determinar el área operativa del proyecto, conformar el equipo de trabajo, designar apoyo financiero y legal, y coordinar la elaboración de documentación técnica (contratos, pliegos) y la administración, fiscalización y supervisión de los contratos conforme la Ley de Contratación Pública. Asimismo, GENSUR brindará facilidades logísticas y operativas prioritarias (personal, vehículos, equipos, etc.) para el desarrollo integral del proyecto.
- Se designa al Mgs. Carlos Alberto Cajas Maldonado como Líder del Proyecto Fotovoltaico La Ceiba (así como Matala), encargado de coordinar las acciones necesarias entre la Dirección Corporativa (DPDPE) y la Unidad de Negocio GENSUR. El Líder de Proyecto es responsable de la iniciación, planificación, ejecución, seguimiento, control, transición y cierre del proyecto, en concordancia con los lineamientos establecidos en el



procedimiento interno M22.P03 de gestión de proyectos. Debe además informar oportunamente a Gerencia General sobre los avances y diligencias para el cumplimiento de objetivos.

Estas disposiciones administrativas aseguran un respaldo institucional y jurídico claro para La Ceiba, definiendo las competencias de cada instancia dentro de CELEC EP para llevar adelante el proyecto.

**Aspectos legales locales:** A nivel local, el proyecto deberá articularse con la normativa municipal de Zapotillo. El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) cantonal cuenta con un Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) y un Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) vigentes. En dichos instrumentos de planificación territorial se identifican las zonas aptas para distintos usos de suelo. El emplazamiento de La Ceiba se ubica en suelo rural productivo; no contraviene las zonificaciones locales, pues se sitúa fuera de áreas urbanas o de expansión urbana. Más bien, la presencia del proyecto es coherente con las estrategias cantonales de impulsar infraestructura productiva sostenible.

El PDOT Zapotillo 2023–2027 destaca el potencial de energía solar en la región y contempla políticas de fomento de energías renovables y mejora de servicios eléctricos (GAD Zapotillo, 2024). Asimismo, el PUGS (2020) deberá ser considerado en el otorgamiento de permisos de construcción locales (por ejemplo, licencia de construcción de la subestación, conformidad de uso de suelo); en principio, al ser un proyecto estratégico estatal, su declaratoria de utilidad pública le permite superar restricciones menores de zonificación, siempre y cuando se coordine con el GAD respecto a mitigación de impactos y compensaciones locales.

**Regularización predial y servidumbres:** Un aspecto legal importante en la fase previa a construcción es la adquisición o arrendamiento de los predios necesarios. Dado que varios terrenos carecen de título, se debe realizar un proceso de saneamiento legal conforme al Código Civil y normativa agraria pertinente, depurando propietarios y derechos. Para consolidar el sitio, CELEC EP aplicará la figura de Declaratoria de Utilidad Pública sobre los predios requeridos, conforme lo faculta la LOSPEE y la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública.

Esto permitiría, en caso necesario, iniciar procesos de expropiación judicial siguiendo el Código Orgánico General de Procesos (COGEP) para obtener la propiedad de los terrenos. No obstante, la estrategia inicial es llegar a acuerdos amistosos con los dueños locales, ofreciendo compensaciones justas. Adicionalmente, se gestionarán las servidumbres necesarias cumpliendo con la Ley de Electricidad y respetando procedimientos con los propietarios afectados.

En resumen, el Proyecto La Ceiba cuenta con un robusto sustento legal en los ámbitos normativo, institucional y territorial. Todas las fases, desde la contratación asociativa hasta la obtención de permisos ambientales y de construcción, se ajustan a la ley ecuatoriana, garantizando la viabilidad jurídica del proyecto.