

Área del Conocimiento de Agricultura

Estudio de Impacto Ambiental de la Central Hidroeléctrica El Porterillo 20 MW.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Linda Marcela Avilés Medina.
Carnet: 2018-0945U

Tutor:

Ing. Francisco Darío Canelo García

26 de noviembre de 2024
Managua, Nicaragua

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a Dios, cuya infinita misericordia y firme voluntad me han permitido alcanzar este importante logro en mi vida. Él ha sido mi guía inquebrantable, el pilar sólido que ha sostenido cada uno de mis pasos, especialmente en los momentos más difíciles.

A mis padres, hermanos, junto a toda mi familia (paterna y materna), quiero expresarles mi gratitud eterna. Ustedes han sido mi motor y mi fuerza, motivándome a dar siempre lo mejor de mí, enseñándome el verdadero significado del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por inculcarme la importancia de nunca rendirme, aun cuando las circunstancias parezcan insuperables.

También quiero extender mi agradecimiento a mis amigos, compañeros y profesores de esta querida alma máter. Cada uno de ustedes ha dejado una huella indeleble en mi vida, no solo por los conocimientos transmitidos, sino por las experiencias compartidas que me han hecho crecer como persona. Llevaré en lo más profundo de mí ser cada lección, cada risa, cada momento de esta etapa inolvidable.

Finalmente, esto es solo una pequeña muestra del inmenso agradecimiento que siento hacia todos ustedes. Su apoyo, su amor y su fe en mí han sido la clave para que este sueño se hiciera realidad. Este triunfo es el fruto de un esfuerzo colectivo, y por ello, lo comparto con cada uno de ustedes. Gracias, de corazón, por haber hecho posible lo imposible.

Linda Marcela Avilés Medina.

DEDICATORIA

A Dios, mi guía y fortaleza en todo momento, por iluminar mi camino y fortalecerme en cada paso de esta jornada.

A mi familia, mi roca y soporte incondicional. A mis hermanos, cuya compañía ha llenado mis días de alegría, su apoyo me ha dado fuerzas en los momentos más difíciles y me ha permitido disfrutar aún más de los éxitos.

A mis padres, quienes son mi mayor inspiración y ejemplo para seguir. Papá, gracias por ser mi modelo de fortaleza y resiliencia. Tu ejemplo de trabajo duro y dedicación ha sido mi guía. Mamá, gracias por estar siempre a mi lado, por todo lo que has hecho y sigues haciendo por mí, por enseñarme a ser valiente y perseverante. Los amo con todo mi corazón.

A mi Mamita por ser una segunda madre para mí, gracias por siempre creer en mí, por tus abrazos que me reconfortaron en los momentos difíciles, por ser esa figura de fortaleza y ternura que siempre he admirado, cada logro que obtengo es un reflejo del amor y la dedicación que me brindaste desde que era niña. A mi querida Mamá Ena, quien ahora descansa en paz, pero cuyo espíritu y amor permanecen vivos en mi corazón. Gracias abuela por tus palabras de aliento, tus sueños para mí siempre fueron una fuente de inspiración, aunque hoy no estés físicamente aquí para celebrar este momento, esta tesis es un tributo a todos esos momentos compartidos y a tu inquebrantable fe en mis capacidades, te llevo conmigo en cada paso que doy, te amaré y te echaré de menos el resto de mi vida.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ingeniera Laura Victoria Gutiérrez Montoya por brindarme su apoyo, conocimientos y experiencias. Gracias por motivarme y retarme con la finalidad de potenciar mis habilidades al máximo. A mi tutor, Ingeniero Francisco Canelo García, por su orientación y dedicación en este proceso. Su paciencia y sabiduría fueron cruciales para el desarrollo de este trabajo.

Los grandes logros nacen de pequeños pasos dados con amor, perseverancia y fe.

Linda Marcela Avilés Medina

Tabla de Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. <i>Objetivo general.....</i>	3
2.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. <i>Planta eléctrica.....</i>	4
3.2. <i>Planta hidroeléctrica.....</i>	6
3.2.1. <i>Descripción general.....</i>	6
3.3. <i>Operación.....</i>	8
3.4. <i>Características.....</i>	11
3.5. <i>Energía hidroeléctrica en Nicaragua.....</i>	11
3.6. <i>Consumo promedio.....</i>	13
3.7. <i>Estudio de impacto ambiental.....</i>	13
3.7.1. <i>Definiciones y conceptos.....</i>	13
3.7.2. <i>Importancia.....</i>	15
3.7.3. <i>Programa de gestión ambiental (PGA).....</i>	16
IV. DISEÑO METODOLOGICO.....	17
4.1. <i>Tipo de investigación.....</i>	17
4.2. <i>Diseño de la investigación.....</i>	17
4.3. <i>Determinación del universo de estudio de la investigación.....</i>	18
4.4. <i>Caracterización del proyecto.....</i>	18
4.5. <i>Métodos de ejecución para el “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW”.....</i>	20
4.6. <i>Procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto.....</i>	22

4.6.1.	Procedimiento para la caracterización del proyecto conforme los requerimientos legales de carácter ambiental del país.....	22
4.6.2.	Procedimiento para definir el marco legal ambiental del país aplicable al proyecto para realizar el estudio de evaluación de impacto ambiental.....	23
4.6.3.	Procedimiento para el establecimiento de la línea base ambiental del área de influencia proyecto.....	24
4.6.4.	Procedimientos para la identificación de los impactos ambientales generados por el proyecto.....	26
4.6.5.	Procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto.....	29
4.6.6.	Procedimiento para la formulación del plan de manejo ambiental orientado a prevenir, mitigar, corregir, compensar y restaurar los impactos ambientales generados por el proyecto.....	29
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
5.1.	<i>Marco legal ambiental y político regulatorio del PGA.....</i>	32
5.2.	<i>Descripción del proyecto.....</i>	36
5.3.	<i>Aspectos generales.....</i>	39
5.3.1.	Introducción.....	39
5.3.2.	Antecedentes del proyecto.....	40
5.3.3.	Objetivos.....	41
5.3.4.	Justificación del proyecto.....	42
5.3.5.	Ubicación, localización física del proyecto, su área de influencia y cada uno de los componentes.....	43
5.3.6.	Monto de la inversión ambiental y período de vida útil.....	45
5.3.7.	Catálogo de etapas y subetapas.....	45
5.3.8.	Características y especificaciones de la central hidroeléctrica.....	48
5.3.9.	Calendarización de cada una de las actividades a desarrollarse.....	50

5.3.10.	Empleo para generar, origen y clasificación del personal.....	51
5.3.11.	Materia prima, recursos naturales, energéticos y servicios durante las diferentes etapas del proyecto.....	52
5.3.12.	Manejo y disposición de desechos sólidos.	53
5.4.	<i>Etapas de construcción.</i>	58
5.4.1.	Tipo de obras civiles (desmontes, cortes y rellenos, nivelaciones, modificaciones u otros).....	58
5.4.2.	Instalación de campamentos, sanitarias y medidas ambientales.	59
5.4.3.	Obras y vías de comunicación para construir y su mantenimiento.	60
5.4.4.	Diferentes componentes del proyecto y obras asociadas.....	60
5.5.	<i>Etapas de operación y mantenimiento.</i>	62
5.5.1.	Mantenimiento de las instalaciones, equipos y la identificación de las fuentes generadoras de residuos.	62
5.5.2.	Volumen y características de productos a ser utilizados en el mantenimiento de una planta hidroeléctrica.	63
5.6.	<i>Límites del área de influencia.</i>	63
5.6.1.	Área de influencia del proyecto.....	63
5.6.2.	Área de influencia directa.	64
5.6.3.	Área de influencia indirecta.....	64
5.7.	<i>Línea base del proyecto.</i>	65
5.7.1.	Medio abiótico.....	65
5.7.2.	Medio biótico.....	76
5.7.3.	Medio socioeconómico.	81
5.8.	<i>Identificación, evaluación y análisis de los impactos ambientales.</i>	88
5.9.	<i>Análisis de riesgo.</i>	97
5.10.	<i>Medidas ambientales.</i>	100

5.11.	<i>Pronóstico de la calidad ambiental en el área de influencia.</i>	112
VI.	Programa de gestión ambiental.	115
6.1.	<i>Introducción.</i>	115
6.2.	<i>Objetivos.</i>	115
6.3.	<i>Plan de implementación de medidas ambientales.</i>	117
6.4.	<i>Plan de monitoreo ambiental.</i>	120
6.4.1.	<i>Introducción.</i>	120
6.4.2.	<i>Objetivos.</i>	120
6.5.	<i>Plan de manejo de emisiones de gases.</i>	123
6.5.1.	<i>Objetivos.</i>	123
6.6.	<i>Plan de manejo integral de desechos y residuos sólidos, peligrosos y no peligrosos.</i>	125
6.7.	<i>Plan de manejo de hidrocarburos.</i>	126
6.7.1.	<i>Introducción.</i>	126
6.7.2.	<i>Objetivos.</i>	127
6.8.	<i>Plan de manejo ambiental para la gestión de acuíferos superficiales y subterráneos.</i>	133
6.8.1.	<i>Introducción.</i>	133
6.8.2.	<i>Objetivos.</i>	133
6.9.	<i>Plan de reforestación.</i>	135
6.9.1.	<i>Introducción.</i>	135
6.9.2.	<i>Objetivo general.</i>	135
6.9.3.	<i>Cálculo de especies.</i>	135
6.9.4.	<i>Requerimiento de los insumos.</i>	136
6.9.5.	<i>Metodología de siembra.</i>	136
6.9.6.	<i>Inversión Estimada.</i>	137

6.10.	<i>Plan de capacitación y educación ambiental.</i>	138
6.10.1.	Objetivos.....	139
6.10.2.	Seguimiento a la ejecución del plan.	141
6.11.	<i>Plan de contingencia.</i>	142
6.11.1.	Introducción.	142
6.11.2.	Objetivos.....	142
6.11.3.	Ámbito de aplicación.....	143
VII.	CONCLUSIÓN	151
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	152
IX.	ANEXOS.	158

Índice de Tablas

Tabla 2.	Factores y componentes abióticos que pueden sufrir impacto ambiental.	25
Tabla 3.	Factores y componentes bióticos que pueden sufrir impacto ambiental.	25
Tabla 4.	Factores y componentes socioeconómicos que pueden sufrir impacto ambiental.	25
Tabla 5.	Matriz de causa - efecto.....	28
Tabla 6.	Instrumentos legales ambientales del sector energético aplicables al PGA. ...	32
Tabla 7.	Proyectos hidroeléctricos por desarrollarse en el curso del río Viejo.....	41
Tabla 8.	Características de los componentes de la central hidroeléctrica Porterillo.	47
Tabla 9.	Cronograma de actividades del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”	50
Tabla 10.	Clasificación (USDA) de los suelos que existen en el área del proyecto.	68
Tabla 11.	Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas de la zona.	70
Tabla 12.	Lluvia media anual en las estaciones climatológicas de la zona.....	71
Tabla 13.	Densidad población por distrito en la zona de influencia indirecta.....	81
Tabla 14.	Identificación de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de construcción.	88
Tabla 15.	Matriz causa-efecto de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el porterillo” en la etapa de construcción.....	89

Tabla 16. Valoración de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de construcción.	90
Tabla 17. Importancia de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de construcción.	91
Tabla 18. Identificación de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.	93
Tabla 19. Matriz causa-efecto de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.....	94
Tabla 20. Valoración de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.....	95
Tabla 21. Importancia de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.....	96
Tabla 22. Implementación de medidas ambientales de control de emisiones en la etapa de construcción del proyecto.....	117
Tabla 23. Implementación de medidas ambientales en la etapa de operación del proyecto con relación al control de emisiones.	118
Tabla 24. Implementación de medidas ambientales en la etapa de cierre del proyecto con relación a monitoreo de emisiones.....	119
Tabla 25. Plan de monitoreo y supervisión ambiental.....	121
Tabla 26. Plan de manejo de las emisiones de gases.....	124
Tabla 27. Caracterización de los residuos y desechos generados en la etapa de construcción.....	125
Tabla 28. Variables de monitoreo: etapa de construcción y operación.....	128
Tabla 29. Plan de manejo ambiental para la gestión de acuíferos superficiales y subterráneos.....	134
Tabla 30. Nombre de las especies.....	135
Tabla 31. Inversión estimada del transporte.....	138
Tabla 32. Inversión estimada para la construcción.....	138
Tabla 33. Implementación de medidas.....	140
Tabla 34. Frecuencia de simulacros.....	141

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de una central hidroeléctrica.	9
Figura 2. Generación por tipo.....	13
Figura 3. Elementos de la metodología de evaluación de impactos ambientales del proyecto “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW”.	22
Figura 4. Plano de conjunto de las instalaciones del proyecto según fase de diseño. .	38
Figura 5. Macro localización del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”	43
Figura 6. Micro localización del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”	44
Figura 7. Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (FOSA ₂ + FAFA).....	56
Figura 8. Detalles del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.	57
Figura 9. Detalles técnicos y constructivos del sistema emisor/receptor.....	57
Figura 10. Delimitación y esquematización del área de influencia directa e indirecta. .	65
Figura 11. Sismicidad en el departamento de emplazamiento del proyecto.....	66
Figura 12. Suelos de paisaje alto (curvas de bajo gradiente), ondulante, donde se iniciará la construcción del proyecto.	68
Figura 13. Perfil típico del suelo en la zona de estudio.	69
Figura 14. Mapa de zonas de vida según Holdridge para la zona de emplazamiento. .	70
Figura 15. Niveles de ruido del área de incidencia directa del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”.....	75
Figura 20. Algunas especies pertenecientes al componente fauna.	79
Figura 21. Vista panorámica de un paisaje de alta visibilidad.	80
Figura 22. Vista panorámica de un paisaje de alta fragilidad.	81
Figura 23. Camino de acceso al área de la presa.	82
Figura 24. Viviendas en la zona.	84
Figura 25. Histograma de los factores del medio impactados de forma negativa durante la construcción	92
Figura 26. Histograma de los factores del medio impactados de forma negativa durante la operación.....	97
Figura 27. Trazado en cuadro.	137

Figura 28. Trazado triangulo o tres bolillos.....	137
--	-----

Índice de Anexos

Anexo 1. Temperaturas medias mensuales en °C (Estación Jinotega).....	161
Anexo 2. Temperaturas medias mensuales en °C (Estación la Porfía).	162
Anexo 3. Temperaturas medias mensuales en °C (Estación los Robles).....	163
Anexo 4. Humedad relativa en porcentaje (Estación Jinotega).	164
Anexo 5. Humedad relativa en porcentaje (Estación la Porfía).	165
Anexo 6. Humedad relativa en porcentaje (Estación los Robles).	166
Anexo 7. Velocidades mensuales por dirección en m/s.	168
Anexo 8. Velocidades máximas observadas en m/s (Estación Jinotega).....	168
Anexo 9. Bosque húmedo.	169
Anexo 10. Bosque seco.....	170
Anexo 11. Bosque muy seco.....	170
Anexo 12. Vitalidad en las orillas del agua.	171

RESUMEN

Desde 1965, la empresa nicaragüense de electricidad (ENEL) ha impulsado proyectos para aprovechar los recursos hídricos del río Viejo en la generación de energía eléctrica, con costos inferiores a las alternativas tradicionales y el objetivo de expandir la cobertura nacional. A pesar de que las plantas hidroeléctricas Centroamérica (1965) y Carlos Fonseca (1972) llevan décadas en operación, Nicaragua cuenta con un potencial hidroeléctrico significativo estimado en más de 2000 MW. Desde la década de 1980, se han realizado múltiples estudios de prefactibilidad y factibilidad para proyectos hidroeléctricos en esta región, incluyendo la planta Larreynaga y el proyecto El Porterillo. Estos estudios han demostrado viabilidad técnica y económica, aunque requieren evaluaciones ambientales adicionales.

La estrategia energética de Nicaragua busca reducir la dependencia de combustibles fósiles, promoviendo el uso de energías renovables. En este marco, el plan maestro de desarrollo eléctrico (1977-2000) identificó el potencial de más de 800 GWh anuales en la cuenca entre los lagos Apanás y Managua. Programas como el PNESER y las metas nacionales exigen que al menos el 65% de la capacidad eléctrica provenga de fuentes renovables para 2030. Los proyectos hidroeléctricos no solo aportan energía limpia y competitiva, sino también reducen emisiones de gases de efecto invernadero y disminuyen las importaciones de petróleo.

El proyecto “central hidroeléctrica El Porterillo” en Jinotega, con una capacidad de 20 MW y una línea de transmisión de 138 kV, pretende satisfacer el 3% de la demanda energética nacional. Este proyecto se enmarca en los objetivos del país de alcanzar soberanía energética, promover el desarrollo económico y social, y garantizar el acceso equitativo a la energía, priorizando la protección ambiental y el uso sostenible de recursos.

I. INTRODUCCIÓN.

El presente estudio corresponde a la elaboración del estudio de impacto ambiental (EIA) del proyecto central hidroeléctrica “Porterillo” Jinotega, a ubicarse en el departamento de Jinotega en las comunidades de Porterillo y Herradura; el proyecto consiste en la construcción de una central hidroeléctrica con capacidad de 20 MW que se conectará al sistema interconectado nacional enmarcado en el plan de expansión del sector energético de Nicaragua 2019-2033. La vida útil proyectada de la central hidroeléctrica es de 25 años. El estudio se elabora para la etapa de diseño y proyección de la etapa de construcción y operación.

El punto de partida para este estudio es la definición de la línea base ambiental afectada por el proyecto, la cual retoma los criterios de la matriz de “variables a utilizar para elaborar los términos de referencia por tipos de proyectos para proyectos categoría II” del ministerio del ambiente y los recursos naturales, desarrollada por el Dr. José Antonio Milán Pérez. Posteriormente se identifican los impactos que éste causaría en los factores del medio y, a través de una serie de matrices, se procede a valorar cualitativa y cuantitativamente dichos impactos ambientales.

La estructura del documento es la siguiente; considerando la línea lógica de evaluación de impactos ambientales que contempla la descripción del proyecto en su fase de diseño, proyectada en este caso únicamente para la etapa de construcción y operación, bajo el esquema del catálogo de etapas y subetapas de la empresa nicaragüense de transmisión eléctrica (ENATREL). Se presenta una línea de base ambiental de las condiciones actuales del territorio de estudio, analizando los siguientes factores: clima, calidad del aire, ruido, vibraciones, geología y geomorfología, suelos, hidrología, hidrogeología, vegetación, fauna, cuerpos de agua, paisaje, usos del suelo, infraestructuras, población, salud, economía, desechos, efluentes, equipamiento de servicio.

Se realiza un diagnóstico e incidencia ambiental del proyecto, en el cual se describen las acciones del proyecto sobre el medio físico, biótico, aspectos socioeconómicos, culturales y perceptuales como el paisaje natural y paisaje construido. La caracterización del área de influencia en sus tres divisiones como son el área de influencia del proyecto, área de influencia directa e indirecta.

La identificación de impactos negativos y positivos durante la fase proyectada de construcción, considerando que el proyecto no ha sido ejecutado y está en fase de diseño. La evaluación cualitativa de los impactos ambientales y la evaluación cuantitativa a través de las matrices de importancia se basan en la metodología Milán. De la identificación de los impactos relevantes o significativos, se genera el programa de gestión ambiental que establece las medidas ambientales de prevención, mitigación, corrección y compensación necesarias para que el proyecto genere impactos ambientales negativos de menor intensidad o bien, minimizar los efectos adversos al medio ambiente.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

- Evaluar la viabilidad ambiental del proyecto “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW”.

2.2. Objetivos específicos.

1. Elaborar un instrumento integral de gestión ambiental responsable que cumpla con la legislación nacional vinculante al proyecto de central hidroeléctrica.
2. Garantizar la protección, mitigación y/o compensación de la calidad de los elementos ambientales a través de la rigurosidad de los planes y programas establecidos en base a la calificación de impactos.
3. Determinar la viabilidad ambiental del proyecto “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW”.

III. MARCO TEÓRICO.

En este marco teórico, se explorarán los principios fundamentales de funcionamiento de las plantas eléctricas convencionales e hidroeléctricas, así como sus implicaciones ambientales y sociales. Esta comprensión servirá como base sólida para abordar de manera integral los aspectos ambientales en el contexto de la investigación propuesta, facilitando la identificación de impactos, la implementación de estrategias de mitigación y el fomento de prácticas energéticas más sostenibles, todo esto en correspondencia con los objetivos planteados para esta investigación.

3.1. Planta eléctrica.

En un mundo donde la conciencia ambiental está en aumento, las plantas eléctricas térmicas tradicionales se encuentran bajo un intenso escrutinio. Estas instalaciones, aunque proporcionan energía vital, también generan una carga significativa de problemas, desde su impacto contaminante en el medio ambiente hasta los altos costos iniciales de construcción y mantenimiento. Estas plantas liberan efluentes altamente contaminantes que afectan la calidad del agua, aire y el suelo en las áreas circundantes, como óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, partículas finas y compuestos orgánicos volátiles, entre otros, que contribuyen a problemas de salud pública.

Ataques de asma, enfermedades respiratorias, infartos de miocardio y muertes prematuras: todos estos son algunos de los graves problemas de salud pública causados por la contaminación atmosférica del sector eléctrico. (Clean Air Task Force, 2004)

Las plantas eléctricas no solo generan energía, sino que también emiten contaminantes. Según el tiempo (1992), una sola planta puede expulsar entre tres y cuatro kilos de monóxido de carbono, así como una cantidad significativa de hidrocarburos. Estas emisiones contribuyen al deterioro de la calidad del aire y representan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.

Las plantas térmicas emiten muchos químicos nocivos, especialmente aquellas que dependen de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural, pueden

emitir una variedad de químicos nocivos durante su operación. Según Miruna Hilcu (2023), estos contaminantes pueden tener impactos adversos en la salud humana y el medio ambiente, desde irritación respiratoria hasta contribuir al cambio climático y problemas cardiovasculares.

Uno de los principales impactos ambientales de la producción de energía eléctrica es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). (Structuralia Blog, 2023). Los generadores causan también ruidos y molestias que afectan la tranquilidad y provocan conflictos entre vecinos. (Ayudalegalpr, 2022)

Las plantas solares y eólicas son conocidas por su capacidad para generar energía limpia y renovable, con una huella de carbono menor que las térmicas. Es crucial reconocer que no todas las fuentes de energía limpia son renovables y viceversa. (Grupo Luxun, 2024)

El rasgo que las diferencia radica en el uso de la energía solar, mientras que la térmica la absorbe y la transforma en calor para calentar fluidos o generar electricidad mediante su almacenamiento. (Arango, 2023)

Por otro lado, las plantas geotérmicas aprovechan el calor natural de la tierra, minimizando las emisiones, pero planteando desafíos en cuanto a la gestión de aguas subterráneas y la posibilidad de liberación de gases volcánicos.

Dependiendo del yacimiento geotérmico, los fluidos extraídos de lo profundo de la tierra liberan una mezcla de gases como el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el metano y el amoníaco. (González & Garcia Zarate, 2019)

La biomasa, entre ellas la caña de azúcar, residuos agroindustriales (cascarilla de arroz, bagazo, pulpa de café) aunque son fuentes renovables pueden generar problemas en términos de deforestación y emisiones de carbono sino se gestionan adecuadamente.

La energía contenida en la biomasa originalmente provenía del sol. A través de la fotosíntesis, el dióxido de carbono en el aire se transforma en otras moléculas que

contienen carbono en las plantas, por ejemplo, azúcares, almidones y celulosa. (Melfosur - Montajes Eléctricos y Fomentos del Sur, 2019)

Cada planta desempeña un papel crucial en la producción de energía, pero su impacto ambiental varía según el tipo de planta. Desde las tradicionales térmicas hasta las innovadoras solares, cada una tiene implicaciones únicas para el medio ambiente. Sin embargo, entre todas ellas las hidroeléctricas ofrecen una belleza singular y destacan como una joya en la corona de la sostenibilidad energética.

Al aprovechar la fuerza natural del agua, las plantas hidroeléctricas ofrecen una fuente de energía renovable que no solo es eficiente, sino también respetuosa con el medio ambiente. Además, el agua en movimiento ya sea en cascadas o a través de turbinas, añade un elemento de majestuosidad y serenidad a la escena. Aunque su construcción y operación pueden tener consecuencias ambientales, la belleza de las hidroeléctricas a menudo se convierte en parte del paisaje, fusionando lo humano con lo natural de una manera impactante.

La energía hidroeléctrica, además de ser accesible para casi todos los países pues se puede aprovechar desde casi todos los cursos de agua, es renovable, lo cual quiere decir que no contamina ni desgasta recursos no renovables como el petróleo. (Editorial, 2016)

La inversión en modernización de hidroeléctricas se presenta como una oportunidad, al ser inversiones que ayudaran a reactivar la cadena productiva de equipos (muchos de fabricación local), y que son intensivas en mano de obra (en el caso de rehabilitación de obras civiles. (Hlcsistemas, 2022)

3.2. Planta hidroeléctrica.

3.2.1. Descripción general.

Se suele considerar que la primera central hidroeléctrica fue la construida en Northumberland (Reino Unido), en 1880. Un año después comenzó a utilizarse la energía procedente de las cataratas del Niágara para alimentar el alumbrado público, y a finales de la década ya existían más de 200 centrales tan solo en Estados Unidos y Canadá. (Coral-Themes, 2017)

A medida que el mundo es cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad y la reducción de las emisiones de carbono, las plantas hidroeléctricas están demostrando ser una piedra angular de la matriz energética mundial. Estos sistemas aprovechan los flujos de agua naturales para generar electricidad de una manera más eficiente, limpia y renovable. Este sistema ha demostrado ser una fuente de energía fiable y estable durante muchos años y cabe resaltar que contribuye significativamente a la diversificación y seguridad del suministro energético.

Se espera que el futuro escenario de las centrales hidroeléctricas sea a través de una explotación más madura, estable y consciente de la preservación del medio ambiente y de los terrenos a los que pueda afectar. (Viña, 2023)

Las centrales hidroeléctricas han permitido a la humanidad sacarle el máximo provecho y su desarrollo ha ido siempre de la mano de nuevas tecnologías de construcción, mejores sistemas de almacenamiento de energía y una red eléctrica cada vez más avanzada. (Ingeoexpert, 2020)

La construcción de una central hidroeléctrica tiene tanto beneficios como desafíos. Por un lado, contribuye a la generación de energía renovable y limpia, reduce la dependencia de combustibles fósiles y favorece el desarrollo económico local al generar empleo e infraestructura. Además, permite regular el caudal de los ríos, lo que beneficia la agricultura y protege contra inundaciones. Sin embargo, también conlleva impactos negativos, como el desplazamiento de comunidades cercanas, la alteración de ecosistemas acuáticos y terrestres.

Se podrá recuperar la inversión inicial debido a los bajos costos de mantenimiento y operación. Además de que los flujos derivados del funcionamiento de una gran central hidroeléctrica pueden adaptarse con facilidad para la instalación de pequeñas centrales hidráulicas. (Redbioética UNESCO, 2023)

El impacto ecológico de una central hidroeléctrica depende en gran medida de su diseño, ubicación y las medidas de mitigación implementadas. Aunque las hidroeléctricas son una fuente de energía renovable que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sus efectos sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres pueden ser

perjudiciales, como la alteración de hábitats naturales, el desplazamiento de especies y la modificación de los ciclos hidrológicos. No obstante, con una planificación adecuada y tecnologías de mitigación, es posible minimizar estos efectos y maximizar los beneficios ambientales de la energía hidroeléctrica.

El desarrollo hidroeléctrico, tanto en México como a nivel global, trae consigo costos ambientales y sociales importantes, tales como la deforestación, el impacto en la vida acuática, la emisión de gases de efecto invernadero. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua , 2021)

La energía hidroeléctrica mantiene una doble relación con el cambio climático. Por un lado, contribuye a evitar emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la quema de combustible fósiles. Por otro, es probable que la disponibilidad de agua para la generación de energía se vea afectada por el cambio en los patrones de precipitaciones, que puede reducir el caudal de los ríos. (United Nations Climate Change, 2018)

El ingeniero químico juega un papel crucial en las centrales hidroeléctricas, contribuyendo a la optimización del tratamiento de agua, la eficiencia energética y la gestión de residuos. Su trabajo incluye mejorar la calidad del agua, optimizar los procesos auxiliares de la planta, tratar efluentes y residuos, y reducir el impacto ambiental. Además, participa en la innovación de tecnologías, promoviendo la integración de fuentes de energía renovable y la sostenibilidad de las operaciones. Su labor permite una operación más eficiente, limpia y respetuosa con el medio ambiente.

Los ingenieros químicos también deberán ofrecer sus conocimientos en los campos de almacenamiento de energía y gestión de la red y en el desarrollo del nexo agua-energía-comida. En el primero, su papel se basará en almacenar energía de manera eficaz. (Ceruti Andrés, 2016)

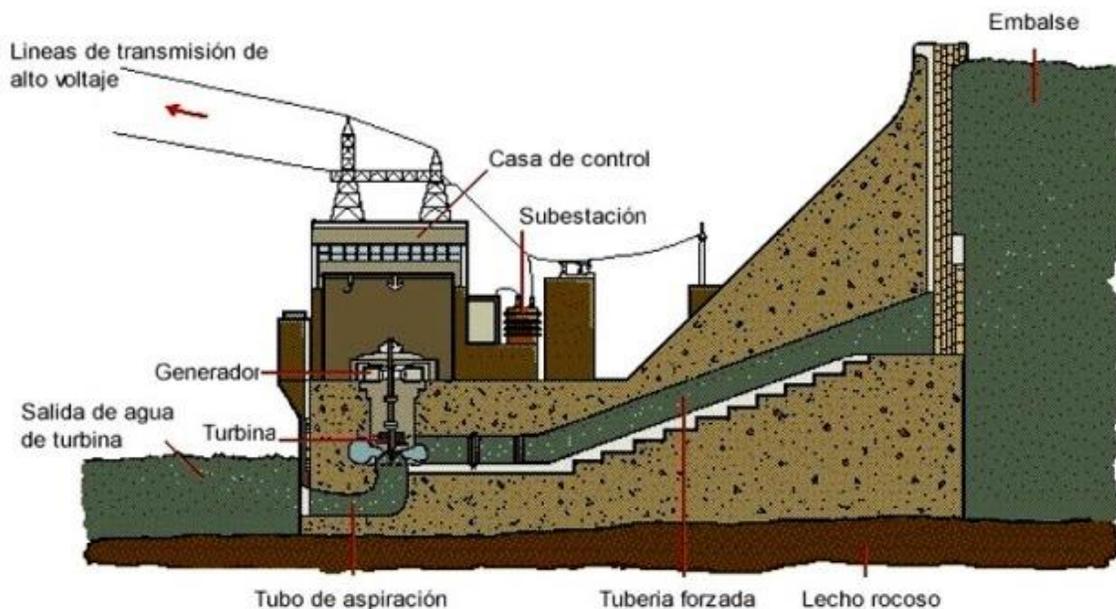
3.3. Operación.

Una central hidroeléctrica es aquella en la que la energía potencial del agua almacenada en un embalse se transforma en la energía cinética necesaria para mover el rotor de un generador, y posteriormente transformarse en energía eléctrica. (Foro Nuclear, 2020)

Una central funciona mediante la captación de agua de ríos o embalses, que es canalizada hacia turbinas hidráulicas que están conectadas a generadores que convierten la energía mecánica en energía eléctrica, el agua después de pasar por las turbinas se libera de nuevo al cauce del río, cabe destacar que este proceso es sostenible y renovable.

También permite el aprovechamiento de una fuente de energía, el agua y no emite dióxido de carbono ni otros contaminantes. Además, los costos de mantenimiento y operación de este tipo de instalaciones son menores en comparación con los de las centrales térmicas.

Figura 1. Esquema de una central hidroeléctrica.



Nota: Adaptado de Studenta (Tomado el 19 de mayo de 2024).

Las centrales hidroeléctricas son instalaciones que aprovechan la energía potencial del agua almacenada en un embalse para generar electricidad. El proceso comienza con la construcción de la represa, que acumula agua de un río o corriente natural. Esta fase puede tener impactos negativos, como el desplazamiento de comunidades y la alteración de ecosistemas acuáticos, al inundar grandes áreas y modificar el flujo natural del río. Sin embargo, también tiene beneficios como la creación de energía renovable y la infraestructura para el desarrollo local.

Una vez almacenada, el agua en el embalse se libera controladamente para pasar por las turbinas, donde la energía cinética del agua se convierte en electricidad. El manejo del caudal de agua puede afectar negativamente a la biodiversidad acuática, especialmente en especies que dependen del flujo natural de los ríos. A pesar de esto, la generación de electricidad hidroeléctrica es una fuente limpia y sostenible de energía.

La energía generada se transforma en electricidad y se distribuye a través de líneas de transmisión. A lo largo de la operación, las plantas hidroeléctricas requieren un mantenimiento continuo para asegurar su buen funcionamiento, lo cual puede generar impactos en el entorno circundante debido al ruido y otras alteraciones locales. Sin embargo, las centrales hidroeléctricas tienen una vida útil prolongada, y los costos operativos suelen ser bajos una vez construida la infraestructura.

Además, la gestión de los residuos generados durante el funcionamiento de la planta, como los sedimentos atrapados en el embalse, es crucial para minimizar los efectos negativos en el medio ambiente. Aunque las hidroeléctricas son eficientes y sostenibles, su construcción y operación deben ser cuidadosamente gestionadas para mitigar los impactos sobre el medio ambiente y las comunidades locales, como el riesgo de contaminación y la alteración de los ecosistemas circundantes.

Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía cinética del agua en movimiento para generar electricidad. El proceso comienza con la construcción de una represa, que desvía el flujo del río hacia una tubería o canal, creando así un gran embalse en la parte superior. Luego, el agua se libera a través de compuertas o turbinas, lo que genera la fuerza necesaria para hacer girar las turbinas conectadas a generadores eléctricos. (Ingeoexpert, 2020).

Este sistema de generación de energía es altamente eficiente y sostenible, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni depende de recursos no renovables. Además, pueden regular el flujo de agua, lo que permite gestionar mejor los recursos hídricos y proporcionar un suministro constante de electricidad, incluso en épocas de sequía.

3.4. Características.

Una de las características principales de las centrales hidroeléctricas es su fuente renovable hasta su impacto ambiental y socioeconómico, destacando su versatilidad, su papel en la mitigación del cambio climático y su importancia en la seguridad energética de muchas naciones. Además, estas instalaciones juegan un papel crucial en el suministro de energía a nivel mundial, así como sus implicaciones para el futuro de la electricidad sostenible.

Es una fuente de energía sostenible y no contaminante, ya que no emite CO₂. Las centrales hidroeléctricas pueden ser grandes, con presas y embalses o pequeñas, aprovechando corrientes naturales. (Hermógenes, 2024)

3.5. Energía hidroeléctrica en Nicaragua.

La energía hidroeléctrica en Nicaragua juega un papel significativo en la matriz energética del país, aprovechando sus recursos hídricos para la generación de electricidad, con su topografía diversa y abundantes fuentes de agua, posee un potencial considerable para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos. Estos proyectos no solo contribuyen a la generación de energía renovable y limpia, sino que también promueven el desarrollo económico y la seguridad energética del país.

Históricamente, Nicaragua ha dependido en gran medida de la energía hidroeléctrica para satisfacer sus necesidades energéticas. Grandes ríos como el río Coco, río Grande de Matagalpa, río Escondido, entre otros, han sido aprovechados para la construcción de represas y centrales hidroeléctricas.

Proyectos emblemáticos como la central hidroeléctrica Centroamérica han estado operando desde finales del siglo XX y principios del siglo XXI, contribuyendo significativamente a la producción de energía renovable y son ejemplos de la importancia que tiene esta fuente de energía en el país. Entre todas las centrales, se refieren a continuación las más importantes en Nicaragua:

- **Central hidroeléctrica Centroamérica (PCA).**

Esta planta se encuentra estratégicamente ubicada en el departamento de Jinotega, junto al río Tuma, aguas abajo del lago Apanás. Este lago, creado artificialmente en la

década de 1960, actúa como un reservorio crucial para el suministro de agua a la planta. La proximidad al río Tuma y al lago Apanás ofrece una fuente confiable de recursos hídricos para la generación de energía hidroeléctrica, aprovechando eficientemente los flujos de agua disponibles en la región.

“Esta hidroeléctrica cuenta con dos generadores que producen 50 megavatios, 25 megavatios cada unidad. Inició operaciones en 1964 con el primer generador y el segundo en 1965”. (Umaña, 2023)

- **Central hidroeléctrica Carlos Fonseca (PCF).**

Esta planta está ubicada en el valle la Rauda, municipio de Darío, departamento de Matagalpa, en la cuenca río Viejo. Su fuente de alimentación proviene de las aguas turbinadas de la planta hidroeléctrica Centroamérica y Larreynaga que son conducidas hacia el embalse La Virgen.

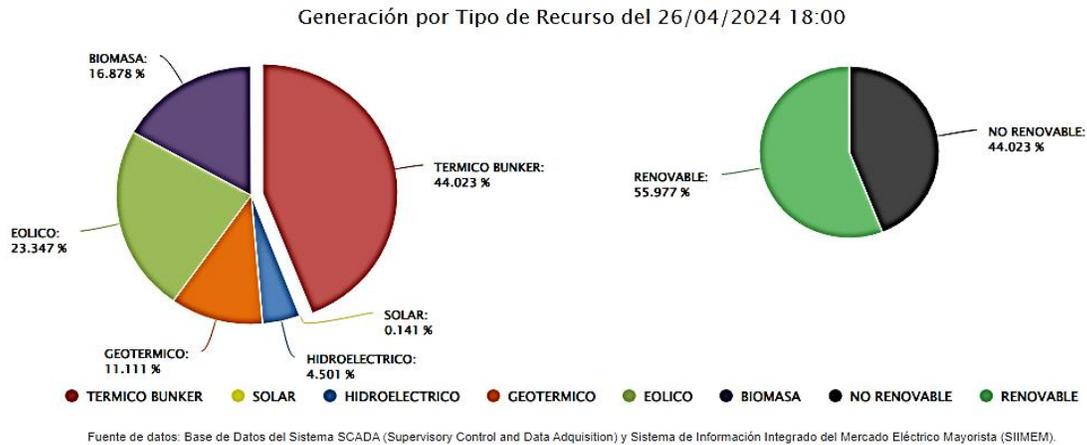
- **Central hidroeléctrica Larreynaga (PHL).**

Esta planta, situada en el departamento de Jinotega, representa un hito significativo en el panorama energético de Nicaragua al aumentar la capacidad de generación eléctrica a nivel nacional. Su ubicación estratégica contribuye a optimizar el uso del recurso hídrico disponible en la planta Centroamérica (PCA), proporcionando así un impulso importante al desarrollo socioeconómico del país.

Caben mencionar otras centrales importantes, entre ellas se encuentran Hidropantasma, situada en el departamento de Jinotega, que contribuye significativamente a la matriz energética nacional. Asimismo, el Dorado, se destaca como una instalación importante en la generación de energía, consolidando el compromiso del país con la diversificación y el desarrollo sostenible de su sector energético.

3.6. Consumo promedio.

Figura 2. Generación por tipo.



Nota: Adaptado de CNDC (Tomado el 26 de abril de 2024).

La figura 2 muestra la distribución porcentual de la generación de energía en Nicaragua por tipo de recurso en una fecha y hora específica: el 26 de abril de 2024 a las 18:00. Hay seis segmentos que representan diferentes fuentes de energía y sus contribuciones porcentuales a la generación total. Las fuentes incluyen térmico bunker, hidroeléctrico, biomasa, geotérmico, eólico y solar, con sus respectivos porcentajes de contribución.

La energía térmica proveniente de bunker es la principal fuente de generación con un 44.023%, seguida de energía eólica con un 23.347%. También se incluyen fuentes como hidroeléctrica, biomasa y geotérmica. La figura muestra la composición de la generación de energía en términos de las diferentes fuentes utilizadas, con distinción entre fuentes renovables y no renovables.

3.7. Estudio de impacto ambiental.

3.7.1. Definiciones y conceptos

El ambiente se asocia a la ecología y a su origen en el término griego *oikos*: espacio habitado o casa. (Federovisky, 2007)

El concepto de ambiente “es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana”. (Gardey & Pérez Porto, 2024)

Se denomina factor ambiental o factor ecológico a cada uno de los elementos del medio que actúan directamente sobre el ser vivo (o al menos sobre una fase de su ciclo vital) (Benedetti, 2023)

Se define impacto ambiental como la “modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. (Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, 2018)

El estudio de impacto ambiental es un proceso sistemático utilizado para evaluar las posibles consecuencias ambientales, sociales y económicas de un proyecto propuesto antes de que se lleve a cabo. El objetivo principal es identificar, prever y mitigar los efectos adversos que el proyecto pueda tener sobre el medio ambiente y las comunidades circundantes.

Este proceso se apoya sobre una herramienta técnica fundamental que es el EIA cuya finalidad es identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar) y prevenir (corregir de forma preventiva) el impacto ambiental de un proyecto. (Solaun, Bald, & Borja, 2003)

En un estudio típico de impacto ambiental, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de diversas áreas, que pueden incluir la calidad del aire, el agua y el suelo, la biodiversidad, los recursos naturales, el paisaje, el ruido, las comunidades humanas y el patrimonio cultural. Se consideran tanto los impactos directos como los indirectos del proyecto, así como los efectos acumulativos que podrían resultar de la interacción con otros proyectos existentes o previstos en la zona.

Conteniendo una serie de medidas y acciones destinadas a evitar, reducir y/o corregir los impactos ambientales que se pueden generar por la construcción del proyecto. (Empresa Nicaraguense de Electricidad (ENEL), 2022)

Según Diaz (2023), el informe de evaluación ambiental es un texto técnico que recopila los datos acerca de las repercusiones que la implementación de una actividad tal como granjas, residencias rurales, instalaciones de energía renovable, infraestructuras portuarias, zonas de riego, desarrollos urbanos, áreas residenciales, zonas comerciales o industriales puede tener sobre el entorno natural.

Los resultados de un estudio de impacto ambiental pueden influir en la planificación, el diseño y la ejecución del proyecto, con el objetivo de minimizar o evitar los impactos negativos y promover el desarrollo sostenible. En muchos países, los proyectos importantes suelen requerir un EIA como parte del proceso de obtención de permisos o autorizaciones regulatorias antes de su implementación.

“Cuando hablamos de impacto ambiental estamos hablando principalmente de los daños o transformaciones que las acciones del ser humano pueden generar en la naturaleza”. (Bembibre, 2011)

Generalmente, se produce la disminución de especies nativas y promueve la diseminación anómala de especies exóticas más adaptadas a las condiciones lénticas. Además, el represamiento de los ríos dificulta la libre circulación de especies migratorias causando la fragmentación del hábitat. (Oviedo Ocaña, 2018)

3.7.2. Importancia.

El objetivo de la evaluación del impacto ambiental es la sustentabilidad, pero para que un proyecto sea sustentable debe considerar además de la factibilidad económica y el beneficio social, el aprovechamiento razonable de los recursos naturales. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)

La importancia de un estudio de impacto ambiental radica en su capacidad para evaluar y prever las consecuencias que pueden surgir de proyectos, políticas o actividades antropogénicas sobre el medio ambiente. Estos estudios son fundamentales en la toma de decisiones para garantizar un desarrollo sostenible y la conservación de los recursos naturales para las generaciones presentes y futuras. Según Doroteo (2022), se trata de promover los efectos favorables potenciales del proyecto, al mismo tiempo que se anticipan, disminuyen y rectifican los posibles efectos adversos.

Además, los estudios de impacto ambiental fomentan la transparencia y la participación pública al involucrar a las partes interesadas en el proceso de evaluación y toma de decisiones. Esto permite que las preocupaciones de la comunidad sean escuchadas y consideradas, promoviendo así un enfoque equilibrado entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente.

3.7.3. Programa de gestión ambiental (PGA).

El programa de gestión ambiental (PGA), tiene por objeto mejorar el desempeño ambiental, con acciones que permitan enfrentar eficientemente los impactos que se presenten durante todas las etapas del proyecto (MARENA, 2021). Un programa de gestión ambiental integra los siguientes aspectos:

- Se realizará una evaluación del impacto ambiental de la central antes de su construcción y durante su operación.
- Se implementarán un plan para la gestión adecuada de los residuos generados durante la construcción asegurando su correcto almacenamiento, reciclaje y disposición.
- Se desarrollarán medidas para la protección de la biodiversidad en el área circundante, esto puede incluir creación de áreas de conservación de programas de reforestación y monitoreo de especies vulnerables.
- Se establecerá un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua en el embalse, río y arroyos cercanos a la central, con el fin de detectar y mitigar cualquier impacto negativo generado por la operación de esta.
- Se fomentará a la participación de las comunidades locales en el proceso de gestión ambiental de la central promoviendo transparencia y el dialogo abierto.
- Se creará un plan de contingencia detallado para hacer frente a posibles accidentes ambientales, como vertidos de aceite, fugas de productos químicos o desbordamiento del embalse con el fin de minimizar su impacto en el medio ambiente y comunidades cercanas.

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. Tipo de investigación.

Toda investigación se fundamentó en un marco metodológico, el cual define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el estudio que se desarrolló. Al respecto, Balestrini-Acuña (2006) define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”. Según Finol de Franco y Camacho (2008), el marco metodológico está referido al “cómo se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de datos”.

El trabajo monográfico titulado “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW” correspondió a una investigación descriptiva dado que en ella se caracterizó el sitio de evaluación para el estudio de impacto ambiental, estableciendo las principales características del proceso, entre las que están el tipo de tecnología a utilizar, las variables de estado del proceso, los equipos, maquinarias y accesorios con sus correspondientes capacidades de producción. De la misma manera, la investigación es proyectiva, ya que complementó una problemática de índole ambiental con los componentes técnicos y económicos, proponiendo soluciones para la mitigación de impactos a través del programa de gestión ambiental.

Por otra parte, la estrategia general para la recolección y análisis de la información en función de los objetivos propuestos estuvo dirigida a un diseño de campo, no experimental, transeccional, descriptivo.

4.2. Diseño de la investigación.

Según lo señalado por Balestrini-Acuña (2006), el diseño de investigación es “un plan global de investigación que integran de un modo coherente y adecuadamente correcto, técnicas de recolección de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos”, tiene como objetivo según lo señalado por Sabino (2008) “proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo”.

En el marco de este estudio, los datos utilizados para el análisis de las variables que inciden directamente en el impacto ambiental del proyecto se obtuvieron directamente en el tiempo y espacio en que se ubicó físicamente el objeto de estudio, por lo que la investigación estuvo orientada a un diseño de campo, con información in situ y actualizada, con una correlación de información, sin modificación o alteración de estos. Así mismo la recolección de información y datos necesarios para el estudio propuesto, se realizó una vez en el período de tiempo establecido para ello, de forma directa con las instituciones gubernamentales, entes autónomos y empresas privadas que se involucraron en la generación de energía de fuentes alternas y las evaluaciones ambientales en el país, con sus respectivos actores directos e indirectos.

4.3. Determinación del universo de estudio de la investigación.

El estudio de la investigación comprendió varios componentes fundamentales:

- El proyecto "estudio de impacto ambiental de una central hidroeléctrica Porterillo 20MW", que constituyó el foco principal de análisis y evaluación en términos de sus posibles efectos ambientales, sociales y económicos.
- Las relaciones socioculturales que caracterizaron al entorno del proyecto y su calidad ambiental. Esto implicó considerar las interacciones entre la actividad de la central hidroeléctrica y las comunidades locales, así como los valores culturales y las prácticas tradicionales que podrían influir en el impacto del proyecto sobre la calidad de vida de las personas.
- Se analizó cómo la construcción y operación de la central hidroeléctrica pueden afectar la biodiversidad, los ciclos naturales del agua, la calidad del aire, entre otros aspectos ambientales.

4.4. Caracterización del proyecto.

El proyecto de la central hidroeléctrica El Porterillo de 20 MW se desarrolló bajo el marco normativo del decreto 20-2017, que regula el sistema de evaluación ambiental de permisos en Nicaragua. Según este decreto, los proyectos se clasifican en categorías en función de su impacto ambiental, y El Porterillo, con una capacidad de 20 MW, clasificó en la categoría II, conforme al artículo 14, inciso 23, que establece que los proyectos de generación hidroeléctrica con capacidad instalada entre 10 MW y 100 MW deben realizar

un estudio de impacto ambiental. Este es obligatorio debido a su potencial de causar impactos significativos en el entorno, y permite prever, identificar y mitigar estos efectos antes de iniciar actividades de construcción y operación.

Después de establecer la necesidad del EIA, se procedió a la caracterización del proyecto mediante diversas etapas, iniciando con estudios de prefactibilidad que analizaron los aspectos técnicos, económicos y sociales para verificar la viabilidad del proyecto y definir los posibles impactos. Posteriormente, se realizó una inspección en sitio para construir una línea base ambiental, detallando el estado actual del medio antes de la implementación del proyecto. La línea base abarcó tres componentes principales: el medio abiótico, el medio biótico y el medio socioeconómico. En el medio abiótico se incluyeron estudios de geología, geomorfología, suelos, clima, temperatura, precipitación, humedad, viento, evapotranspiración, calidad del aire, hidrología, hidrogeología, ruido ambiental, calidad del agua, y campos eléctricos y magnéticos; en el medio biótico se evaluaron flora, fauna y el paisaje; y en el medio socioeconómico se analizaron los asentamientos humanos, el transporte, la viabilidad de vías de acceso, acueductos y alcantarillado, tratamiento de desechos sólidos, hábitat, espacios públicos, paisaje urbano, equipamiento de servicios, regulaciones urbanísticas, salud, calidad de vida, factores socioculturales, vulnerabilidad, economía, dependencia de servicios y fuentes energéticas.

Para la evaluación de estos impactos, se utilizó el método de matrices propuesto por Conesa, que permitió clasificar y priorizar impactos con base en criterios de magnitud, extensión y reversibilidad, entre otros. La matriz de identificación de impactos ayudó a relacionar cada actividad del proyecto (como construcción y operación) con los componentes ambientales afectados, mientras que la matriz de valoración asignó valores cuantitativos, facilitando la priorización y determinación de los impactos que requirieron atención particular. Esto permitió una toma de decisiones más informada y aseguró la identificación de los efectos más críticos.

Para mitigar los impactos identificados, el programa de gestión ambiental (PGA) de la central hidroeléctrica "El Porterillo" se centró en la protección de recursos naturales y el bienestar social. En cuanto a la gestión de la calidad del agua, se implementó sistemas

para el manejo de aguas residuales y caudales ecológicos, estableciendo acciones para monitorear la calidad del agua. La conservación de la biodiversidad se abordó mediante programas de reubicación de especies afectadas y la creación de corredores biológicos, así como un monitoreo constante de especies clave en peligro o endémicas, ajustando el plan según los resultados. Para el control de la erosión y restauración de suelos, se aplicó técnicas de revegetación con especies nativas y prácticas de conservación de suelos en áreas afectadas, asegurando la estabilidad de taludes y el control de sedimentos. En el aspecto social, el programa de gestión social y compensación se enfocó en consultas comunitarias continuas, compensaciones económicas justas, y capacitación para el desarrollo local. Esto promovió la participación de las comunidades en decisiones relevantes, además de apoyar el acceso a servicios y mejoras en infraestructura. Finalmente, el monitoreo y seguimiento ambiental permitió evaluar de forma continua la calidad del agua, el estado de la biodiversidad y el bienestar social, asegurando ajustes inmediatos en las estrategias de mitigación en caso de que surjan impactos imprevistos. La categorización del proyecto en la categoría II, bajo el decreto 20-2017, conforme el artículo 14, inciso 23, garantizó que el proyecto pueda operar de manera sostenible, minimizando los impactos negativos y promoviendo beneficios para las comunidades y el entorno natural.

4.5. Métodos de ejecución para el “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW”

La central hidroeléctrica propuesta buscó aprovechar los recursos hídricos de manera eficiente para la generación de energía eléctrica, contribuyendo así al suministro energético regional y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, la implementación de proyectos de esta envergadura conllevó a una serie de impactos potenciales que deberán ser evaluados y gestionados de manera adecuada.

La elección de la categoría ambiental II según el decreto 20-2017 se sustentó en la necesidad de promover un enfoque de desarrollo sostenible que considere tanto los aspectos ambientales como los sociales y económicos del proyecto. Este enfoque reconoció la importancia de utilizar los recursos naturales de forma responsable,

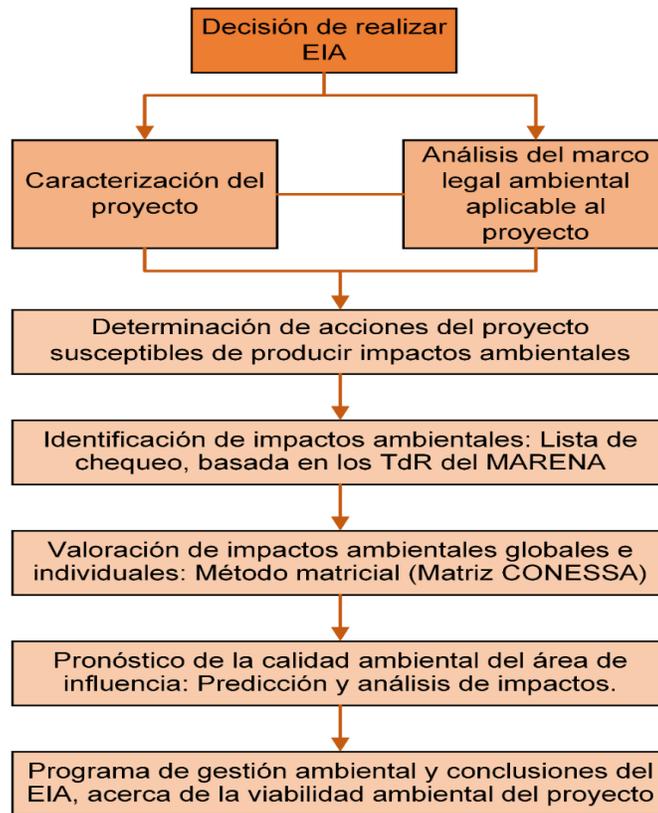
minimizando los impactos ambientales y maximizando los beneficios para las comunidades locales y el entorno natural.

La importancia de realizar un estudio de impacto ambiental es proporcionar una visión general del proyecto y del propósito del estudio. Abarcó diversas áreas temáticas, incluyendo, pero no limitado a: la calidad del agua, la biodiversidad, el uso del suelo, el paisaje, la calidad del aire, el patrimonio cultural, la salud humana, etc. Comenzó con una descripción detallada del instrumento integral, seguida de un análisis de la línea base ambiental, una evaluación de los impactos potenciales y un plan de manejo ambiental.

En la figura 3 se presenta un esquema de la metodología, ésta constó de tres fases:

- **Fase de identificación de impactos:** Se realizó la desagregación tanto de las actividades del proyecto que lo generan, como los elementos que conforman los sistemas ambientales que son susceptibles de ser afectados.
- **Fase de calificación de los impactos:** En esta fase se presentó la caracterización y cuantificación de los impactos y las interrelaciones del sistema con el proyecto.
- **Fase de formulación de propuestas ambientales:** Estuvo orientada a prevenir, mitigar y remediar las posibles afectaciones ambientales y crear las condiciones de viabilidad ambiental del proyecto.

Figura 3. Elementos de la metodología de evaluación de impactos ambientales del proyecto “estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica el Porterillo 20 MW”.



4.6. Procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto.

4.6.1. Procedimiento para la caracterización del proyecto conforme los requerimientos legales de carácter ambiental del país.

La información básica para la caracterización del proyecto, conforme los requerimientos legales de carácter ambiental del país se obtuvieron directamente de la documentación del proyecto, estuvo referida a los siguientes aspectos generales y el desglose de sus componentes.

- Localización y ubicación del proyecto
- Justificación económica y social del proyecto
- Descripción de cada uno de los componentes del proyecto
- Descripción de la tecnología

Etapas del proyecto:

- Etapas de construcción
- Etapa de operación
- Etapa de cierre

Se realizó las siguientes actividades de trabajo de campo:

- Se realizó una visita in situ para llevar a cabo el reconocimiento detallado del entorno y el área de influencia del proyecto con la posibilidad de documentar el proceso a través de evidencias fotográficas y videos.
- Se identificó los componentes y actividades clave del proyecto, así como de las tecnologías y procesos tecnológicos que se implementó.
- Se recopiló información oficial procedente de fuentes primarias, tales como documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos e investigaciones realizadas por entidades gubernamentales. También se consideró normativas técnicas y legales relevantes, tanto a nivel nacional como local que regularon las actividades del proyecto, así como información proveniente de instancias estatales y municipales relacionadas con el marco legal ambiental del país (Respetando las políticas de confidencialidad establecidas para el proyecto).
- Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de fuentes secundarias para complementó la información recopilada, especialmente en lo referente al inventario ambiental de la zona de influencia del proyecto.

La información documental del proyecto fue suministrada al equipo evaluador por ENEL, MEM, INETER, INE y CNDC, como dueños del proyecto.

4.6.2. Procedimiento para definir el marco legal ambiental del país aplicable al proyecto para realizar el estudio de evaluación de impacto ambiental.

Se realizó una revisión del conjunto de disposiciones legales vigentes que regulan los proyectos de generación de energía hidroeléctrica utilizando como fuente el agua, en el país, para establecer su viabilidad ambiental, para lo cual:

- Se identificó las políticas nacionales en las que se enmarca el proyecto.

- Se analizó la documentación legal existente demarcando los límites que se han de respetar y cumplir, así como los procedimientos a seguir en la tramitación de este.
- Se describió la estructura administrativa que abarca el proyecto.
- Se identificó las instituciones y organizaciones nacionales que desarrollaron su actividad en el ámbito de acción del proyecto, definiendo su rol con respecto a la ejecución del proyecto.

La documentación legal revisada y analizada se incluyó a:

- Sistema de evaluación ambiental de permisos y autorizaciones para el uso sostenible de los recursos naturales. (Decreto 20-2017)
- Ley general del ambiente (Ley no. 217)
- Reglamento sobre evaluación de impacto ambiental (Decreto no. 36-2000)
- Reglamento de la ley del ambiente y recursos naturales (Decreto no. 24-2006)
- Ley de recursos hídricos (Ley no. 620)
- Reglamento de la ley de recursos hídricos (Decreto no. 69-2001)
- Ley forestal (Ley no. 585)
- Ley de pesca y acuicultura (Ley no. 489)
- Ley general de electricidad (Ley no. 272)
- Ley de promoción de generación eléctrica con fuentes renovables (Ley no. 532)
- Ley de uso racional y eficiente de la energía (Ley no. 812)

Esta información se encuentra disponible en la base de datos de la asamblea nacional a la cual se accedió en línea.

4.6.3. Procedimiento para el establecimiento de la línea base ambiental del área de influencia proyecto.

Para el establecimiento de la línea base ambiental del área de influencia del proyecto se describió todos y cada uno de los factores y componentes que forman parte del proceso de caracterización del entorno, el fin de esta descripción fue definir su estado actual o de referencia para determinar las alteraciones potenciales que puede ocasionar la creación,

instalación y puesta en marcha del proyecto. Los factores y componentes respectivos se especifican en las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 1. Factores y componentes abióticos que pueden sufrir impacto ambiental.

Factores	Componentes
Abióticos	Geología
	Calidad del aire
	Suelos
	Hidrología
	Geomorfología

Tabla 2. Factores y componentes bióticos que pueden sufrir impacto ambiental.

Factores	Componentes
Bióticos	Flora
	Fauna
	Ecosistemas
	Factor estético

Tabla 3. Factores y componentes socioeconómicos que pueden sufrir impacto ambiental.

Factores	Componentes
Socioeconómicos	Desarrollo social
	Obras civiles e infraestructura
	Actividades económicas
	Población
	Áreas de interés social

Para efectos de identificación de actividades, impactos, caracterización y evaluación se consideró en la etapa de construcción las principales obras civiles del proyecto: obra de captación de tipo presa, obra de construcción (túnel), canal de desfogue, casa de máquina, pozo de oscilación y tubería forzada, así mismo se estableció como área de influencia directa el área de ocupación de la obra.

La recopilación de información relacionada con la caracterización del entorno físico – biótico y socio – económico del área de influencia del proyecto se obtuvo de las siguientes actividades de trabajo de campo:

- Vista in situ: área de influencia del proyecto para reconocimiento del estado actual de los compartimientos ambientales aire, suelo y agua, así como los factores bióticos relacionados con la flora y fauna y los factores socioeconómicos.
- Se hizo recorridos del área de influencia: crónica fotográfica.
- Se recopiló información oficial procedente de fuentes primarias, documentos oficiales de instituciones, informes técnicos e investigaciones realizadas de instituciones públicas. También las normas técnicas tanto a nivel nacional como local que regulan las actividades del proyecto, así como información del inventario relacionadas con el marco legal ambiental del país.
- Se visitó las siguientes instituciones estatales y municipales, para obtener información relacionada con el inventario ambiental del área de influencia del proyecto, así como información socioeconómica y cultural de esta área, ya que por la naturaleza de sus actividades generan y manejan información para la evaluación de impactos ambientales del proyecto:
 - Alcaldía municipal de Jinotega
 - Ministerio del ambiente y de los recursos naturales – MARENA
 - Ministerio de salud - MINSA
 - Instituto nicaragüense de energía – INE
 - Ministerio de energía y minas – MEM
 - Centro nacional de despacho de carga – CNDC
 - Empresa nicaragüense de electricidad – ENEL
 - Instituto nacional de información de desarrollo – INIDE
 - Instituto nacional de estudios territoriales – INETER

Como parte del trabajo de gabinete, se sistematizó, analizó, sintetizó la información y se elaboró el inventario ambiental del área de influencia del proyecto.

4.6.4. Procedimientos para la identificación de los impactos ambientales generados por el proyecto.

Para la identificación de impactos ambientales se propuso la metodología de corte matricial, cuya herramienta de análisis es una matriz de doble entrada – filas – columnas, en sus filas se colocan elementos del medio ambiente natural, socioeconómico o cultural

susceptibles de sufrir alteraciones en su estructura o funcionamiento, mientras que en su columna se colocan las actividades del proyecto que las generan tal como se muestra en la tabla 5. Esta matriz identificó en primera instancia alteraciones y no impactos, pues estos últimos surgen de la eficaz interpretación que el equipo evaluador haga de aquellas para lograr tales objetivos que desagregó adecuadamente en el contexto del proyecto ambos componentes de la matriz, tal como se muestra a continuación:

Desagregación del medio ambiente: La desagregación del medio ambiente para tal efecto se realizó conforme lo establecido en los términos de referencia de EIA, en factores abióticos, bióticos y antrópico. Centrándose en las potenciales alteraciones al factor hidrología superficial/subterránea y sus efectos colaterales por sinergia en los componentes bióticos y abióticos.

Desagregación del proyecto: La desagregación de las actividades del proyecto que desencadenó impactos ambientales, se agruparon en las siguientes categorías:

- **Revelantes:** Portadoras de información significativa y que realmente puedan producir impactos sobre el ambiente.
- **Excluyentes:** Sin solapamientos ni redundancias con otras actividades.
- **Determinables:** Es decir, que sean claramente definibles, cuantificables y tangibles.

Tabla 4. Matriz de causa - efecto.

Categoría	Factores Ambientales	Impactos Ambientales	Construcción				Operación						Cierre				
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
Físico	Suelo	Erosión															
		Estructura															
		Deforestación															
	Atmosfera	Calidad de aire															
		Ruido															
	Agua	Calidad															
		Turbidez															
Paisaje	Calidad																
Biológico	Flora	Habitad															
		Especies en extinción															
		Estructura y composición															
	Fauna	Habitad															
		Especies en extinción															
Socioeconómico	Población	Migración															
	Territorio	Usos de la tierra															
	Economía	Generación de impacto															
	Cultura	Sitio arqueológico															
Resultado de las Acciones		Impacto															
		Promedio positivo															
		Promedios negativos															
		Impactos Totales															

Nota: Adaptado de Leopold, 1971.

4.6.5. Procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto.

- **Criterios para la evaluación de las afectaciones y/o impactos ambientales.**

Después que se han determinado las afectaciones y/o impactos ambientales, se procedió a la predicción pronóstico o estimación de la magnitud, naturaleza, intensidad, reversibilidad, persistencia, momento, extensión e importancia de los impactos utilizando los conocimientos y datos obtenidos.

La ponderación de los potenciales impactos ambientales se obtuvo a través de la ecuación 1:

$$\mathbf{IM = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]} \quad \mathbf{(Ec.1)}$$

Donde IM es la magnitud del impacto que se valora en una escala ascendente del 1 al 10, precedida por el signo «+» o «-» para indicar si el impacto es positivo o negativo respectivamente. La incidencia o intensidad del impacto también se valora en una escala ascendente del 1 al 10.

Los criterios de la naturaleza se presentaron por signos, ya que se estima que son datos de gran utilidad en la aplicación de medidas y planes de manejo ambiental, pero no presentó una magnitud cuantificable. En el anexo 8.1 se presenta los criterios y valoración cuantitativa para los componentes de la ecuación 1.

4.6.6. Procedimiento para la formulación del plan de manejo ambiental orientado a prevenir, mitigar, corregir, compensar y restaurar los impactos ambientales generados por el proyecto.

Se analizó y evaluó la situación del área de influencia del proyecto generada por los impactos ambientales detectados y valorados, se describió en forma sintética los impactos individuales de mayor importancia ambiental (tanto positiva como negativa), diferenciando además, aquellos componentes del medio que luego de la ponderación de los impactos ambientales que provocaron sobre ellos resultaran mayormente afectados y que por lo tanto serán en mayor medida atendidos, así como las actividades constructivas o de puesta en marcha más agresivas. Este análisis fue la base de partida para la formulación y diseño de medidas de diferentes índoles (preventivas, correctivas,

mitigadoras y compensatorias) las cuales se inscribieron en el plan de gestión ambiental (PGA).

El plan de gestión ambiental desarrolló las siguientes medidas:

Medidas de prevención: Obras o actividades encaminadas a prevenir y controlar los posibles impactos y efectos negativos que pudieron generar en el proyecto, obra o actividad sobre el entorno.

Medidas de mitigación: Obras o actividades dirigidas a atenuar, minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el entorno natural y humano.

Medidas de corrección: Obras o actividades dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado.

Medidas de compensación: Obras o actividades dirigidas a resarcir y redistribuir a las comunidades, las regiones y localidades por los impactos que no pudieron ser evitados, corregidos o satisfactoriamente mitigados.

Además, las medidas previamente descritas del PGA se consideró para el tratamiento de los siguientes puntos:

Contraparte positiva: Se trató de un impacto positivo generado por el mismo proyecto y que puede sopesar en grado diferencial los efectos negativos reflejados por el impacto en cuestión.

Responsabilidad de ejecución: Definió a las personas, empresas o entidades (ya sean públicas o privadas) que tuvieron a su cargo la ejecución de las acciones y medidas propuestas, al igual que las que participaron dentro de las estrategias interinstitucionales como encargadas de velar durante la ejecución de los trabajos y garantizaron la calidad ambiental.

Objetivos operativos: Sirven para evaluar los logros del plan por lo cual deben ser concretos y medibles de algún modo, tanto en tiempo como en cantidad, haciendo la función de indicadores.

Contingencia: Debió explicar claramente lo relacionado con el manejo y mecanismo de reacción frente a circunstancias, eventualidades o contingencias que en el desarrollo del proyecto puedan generar peligro de daño a la salud o vidas humanas, al medio ambiente o a los recursos naturales.

Es necesario aclarar y tener presente que las medidas que se propusieron en el PGA buscaron atacar, prevenir, mitigar, corregir y compensar, directa o indirectamente el impacto y no las actividades u obras que lo generaron, por lo cual el PGA estuvo formulado en función del impacto y no de estas últimas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En esta sección, se contextualiza el estudio de impacto ambiental dentro del marco normativo vigente, evaluando la legislación aplicable y las regulaciones específicas que rigen la evaluación de proyectos ambientales en Nicaragua.

5.1. Marco legal ambiental y político regulatorio del PGA.

Tabla 5. Instrumentos legales ambientales del sector energético aplicables al PGA.

Instrumento aplicable	Objetivo	Programa/Plan donde se aplica.
Constitución política de Nicaragua.	Nuestra carta magna dispone acerca del derecho de los nicaragüenses a vivir en un ambiente sano y la obligación del estado de garantizarlo.	Todos los planes y programas.
Acuerdo de París (De la convención marco sobre el cambio climático)	Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de carbono.	Todos los planes y programas.
Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.	Regula el movimiento de desechos peligrosos entre países y su disposición, con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente.	Manejo de residuos peligrosos.
Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.	Busca eliminar o restringir la producción y uso de contaminantes orgánicos persistentes (COPs).	Manejo de sustancias químicas peligrosas.
Ley general de aguas nacionales (Ley no. 620)	Regula el uso, conservación y administración del agua, asegurando el acceso al agua potable y el saneamiento	Proyectos hidroeléctricos que utilicen recursos hídricos.
Ley forestal (Ley no. 585)	Regular la conservación, protección y manejo sostenible de los recursos forestales en Nicaragua. Puede contener disposiciones relevantes para la gestión de impactos ambientales relacionados con la deforestación y la pérdida de hábitats	Proyectos de infraestructura relacionados con recursos forestales.

Instrumento aplicable	Objetivo	Programa/Plan donde se aplica.
	naturales en proyectos de infraestructura, como las centrales hidroeléctricas.	
Ley de gestión integral de residuos (Ley no. 540)	Regular el manejo adecuado de residuos sólidos, líquidos y gaseosos que podrían afectar indirectamente la calidad del aire si no se gestionan correctamente.	Proyectos con residuos sólidos, líquidos y gaseosos.
Ley de sanidad vegetal y animal (Ley no. 747)	Controlar quemas agrícolas y forestales para prevenir la contaminación del aire.	Proyectos agrícolas y forestales.
Ley de pesca y acuicultura (Ley no. 489)	Regular la actividad pesquera y acuícola en aguas interiores y marítimas de Nicaragua. Puede incluir disposiciones relacionadas con la protección de la fauna acuática y la gestión de impactos ambientales en proyectos que afectan a ecosistemas acuáticos, como las centrales hidroeléctricas.	Proyectos que afectan ecosistemas acuáticos, como las centrales hidroeléctricas.
Ley de agencia internacional de seguridad industrial y protección al medio ambiente del sector hidrocarburo SEMARNAT DOF 11-05-2022	Es garantizar la seguridad industrial y la protección ambiental en las actividades relacionadas con la exploración, extracción, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos	La ley se aplica a través de diversos programas y planes específicos que son elaborados y supervisados por (ASEA)
Ley de la industria eléctrica (Ley no. 272)	Regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad. Establece el marco para el funcionamiento del mercado eléctrico y la promoción de inversiones en el sector energético.	Incluye generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.
Ley de promoción de generación eléctrica con fuentes renovables (Ley no. 532)	Promover el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables, ofreciendo incentivos fiscales y otras facilidades para proyectos de energía hidroeléctrica, solar, eólica y biomasa.	Proyectos de energía hidroeléctrica, solar, eólica y biomasa.
Ley no. 271 (Ley de hidrocarburos)	Establecer el marco legal para la exploración, explotación, refinación,	Aplica para todo.

Instrumento aplicable	Objetivo	Programa/Plan donde se aplica.
	transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos y sus derivados en Nicaragua.	
Ley 277: Ley de suministro de hidrocarburos, sus reformas y adiciones.	Norma todas las actividades relacionadas con la cadena de suministro de hidrocarburos, establece responsabilidad directa y obligación de remediar en caso de derrames; así como la creación de planes de prevención y mitigación de estos.	Programa 2 y 3, plan de contingencia ante derrames.
Ley 337: Ley creadora del sistema nacional para la prevención, mitigación y atención de desastres.	Establecer los principios, normas, disposiciones e instrumentos generales necesarios para crear y permitir el funcionamiento de un sistema interinstitucional orientado a la reducción de riesgos por medio de las actividades de prevención, mitigación y atención de desastres, sean estos naturales o provocados.	Todos los planes de contingencia.
Decreto 20-2017: sistema de evaluación ambiental de permisos y autorizaciones para el uso sostenible de los recursos naturales.	Normar el sistema de evaluación ambiental con las disposiciones administrativas que regulan los permisos, autorizaciones; constancias, avales, que emite el MARENA para el uso sostenible de los recursos naturales de conformidad con el actual crecimiento económico, social del país; regidos bajo una serie de principios, categorías y disposiciones.	Se aplica a una amplia variedad de programas y proyectos que pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente.
Decreto 21-2017: Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales.	Establecer las disposiciones en materia de regulación del vertido de aguas residuales provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales, agroindustriales y de servicio a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario, mediante el establecimiento de límites o rangos máximos permisibles de vertidos, todo de conformidad	Se aplica a una amplia gama de programas y planes relacionados con el desarrollo y obras públicas.

Instrumento aplicable	Objetivo	Programa/Plan donde se aplica.
	al mandato de la ley no. 217, ley general del medio ambiente y los recursos naturales y su reglamento.	
Decreto 43-91: reserva serranías Yalí	Es la protección y conservación de la serranía de Yalí, promoviendo el uso sostenible de sus recursos naturales y preservando su biodiversidad.	Aplica para todas las actividades.
Resolución ministerial no. 122-2008: reglamento sanitario de los residuos sólidos y no peligrosos.	Proteger la salud humana y contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, retomando los lineamientos de manejo integral de los residuos sólidos establecidos en la política nacional de residuos sólidos.	Programa 1, programa 2 y plan de contingencia ante derrames.
Reglamento de la ley general del ambiente (Decreto no. 89-95)	Complementar la ley general del ambiente y detallar aspectos específicos relacionados con la evaluación y gestión ambiental de proyectos, así como las sanciones por incumplimiento.	Proyectos de infraestructura y otros proyectos sujetos a la ley general del ambiente.
Reglamento de la ley del ambiente y recursos naturales (Decreto no. 24-2006)	Regula aspectos relacionados con la conservación, protección y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, incluyendo la gestión ambiental de proyectos de infraestructura.	Proyectos de infraestructura y otros proyectos relacionados con los recursos naturales.
Reglamento de la ley de la industria eléctrica (Decreto no. 42-98)	Detallar las disposiciones administrativas y técnicas para la implementación de la ley no. 272, incluyendo licencias y permisos para operadores en el sector eléctrico.	Operadores en el sector eléctrico.
Norma Técnica n° NTON 05 015-02: norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos	Determinar los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales.	Programa 2, 3, 4 y 7.
Norma Técnica n° NTON 05 014-02: norma técnica ambiental para el manejo,	Establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de	Programa 1.

Instrumento aplicable	Objetivo	Programa/Plan donde se aplica.
tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos.	manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente.	
Norma regional Capre	Ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos compuestos que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad en sistemas de potabilización o almacenamiento de agua.	Programa 4.
Plan nacional de respuesta ante emergencias radiológicas o químicas.	Establecer mecanismos y procedimientos que garanticen una respuesta eficaz y oportuna ante emergencias radiológicas y/o químicas, que permita reducir los efectos adversos a la salud, medio ambiente e infraestructura.	Programa 2 y plan de contingencia ante derrames.

5.2. Descripción del proyecto.

El proyecto tiene como objetivo optimizar el aprovechamiento de la cuenca del río Viejo, que actualmente alimenta a la central hidroeléctrica Centroamérica y Larreynaga. Estas instalaciones funcionan mediante la utilización de aguas turbinadas de la planta Centroamérica (PCA). El propósito principal es operar una nueva central hidroeléctrica con una capacidad instalada de 20 MW, con la que se espera contribuir significativamente a la estabilidad y expansión de la matriz energética del país.

Este proyecto será gestionado por el ministerio de energía y minas y ejecutado a través de ENATREL, cumpliendo con las disposiciones legales establecidas en la ley no. 290, ley de organización, competencia y procedimientos del poder ejecutivo, así como la ley no. 788, aprobada el 22 de marzo de 2012 y publicada en la gaceta, diario oficial no. 60 del 28 de marzo de 2012. Estas normativas enmarcan las competencias y atribuciones de las instituciones públicas en el sector energético y aseguran que el desarrollo de la infraestructura se lleve a cabo bajo un esquema de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

El diseño del proyecto contempla un análisis en el plano de conjunto de las instalaciones, donde se detalla la ubicación estratégica de las obras, garantizando el aprovechamiento óptimo del flujo hídrico sin comprometer el ecosistema local. Asimismo, el proyecto incluye un estudio de impacto ambiental que evalúa los efectos potenciales en componentes y factores físicos, bióticos, sociales y culturales en las comunidades aledañas. Este estudio tiene en cuenta todas las etapas del ciclo de vida del proyecto (construcción, operación y mantenimiento) para prever y mitigar cualquier impacto negativo en el entorno.

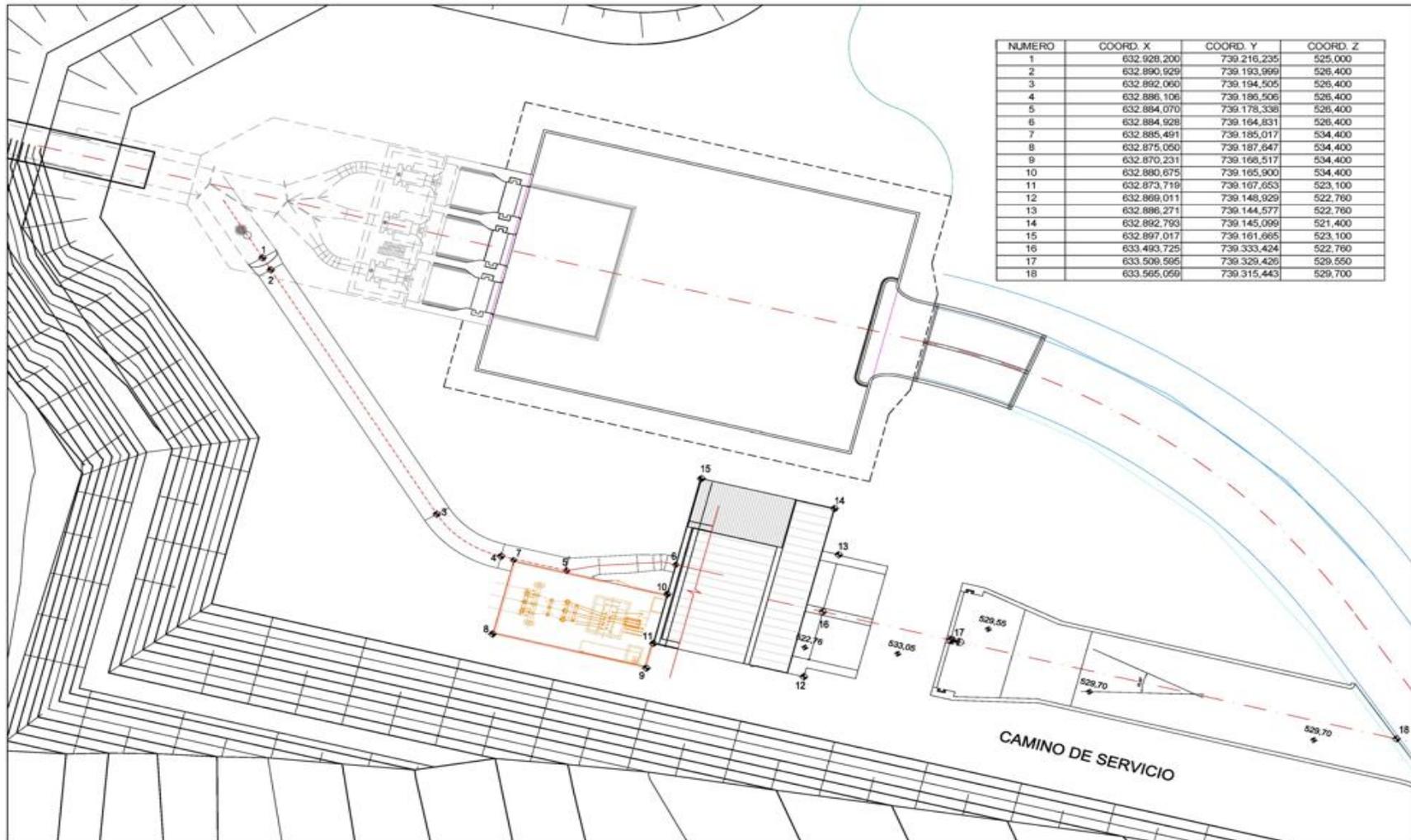
Desde el enfoque de sostenibilidad, se implementarán programas de monitoreo y gestión ambiental, los cuales incluirán medidas específicas para la protección de la biodiversidad local, la conservación de los recursos hídricos y la rehabilitación de áreas afectadas una vez completada cada fase del proyecto. La atención a la biodiversidad incluye la protección de especies endémicas y ecosistemas críticos, considerando la fauna y flora locales, así como las prácticas de reforestación en áreas impactadas.

La participación de las comunidades locales es un pilar fundamental del proyecto. Se establecerán espacios de diálogo y consultas informativas para que los pobladores comprendan tanto los beneficios de la nueva infraestructura como los esfuerzos para minimizar impactos. Además, se promoverán oportunidades de empleo directo e indirecto en la fase de construcción, así como capacitación para que los habitantes puedan integrarse en labores de operación y mantenimiento, generando un impacto positivo en la economía local.

A largo plazo, la construcción de esta central hidroeléctrica tiene el potencial de fortalecer la resiliencia energética de la nación, diversificando la matriz energética y reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables. Esto contribuye a los compromisos internacionales del país en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático. Adicionalmente, el proyecto se considera un impulsor de desarrollo para la región, no solo a nivel energético, sino también en cuanto a infraestructura, empleo y mejoramiento de servicios, sentando las bases para un crecimiento socioeconómico más equitativo y sostenible en las comunidades aledañas.

Plano conjunto del proyecto.

Figura 4. Plano de conjunto de las instalaciones del proyecto según fase de diseño.



5.3. Aspectos generales.

5.3.1. Introducción.

El presente estudio corresponde a la elaboración de un estudio de impacto ambiental (EIA) del proyecto central hidroeléctrica “Porterillo” Jinotega, a ubicarse en el departamento de Jinotega en las comunidades de Porterillo y Herradura; el proyecto consiste en la construcción de una central hidroeléctrica de 20 MW que se conectará al sistema interconectado nacional enmarcado en el plan de expansión del sector energético de Nicaragua 2019-2033. La vida útil de la central hidroeléctrica es de 25 años. El estudio se elabora para la etapa de diseño y proyección de la etapa de construcción y operación.

El punto de partida para este estudio fue la definición de la línea base ambiental afectada por el proyecto, la cual retoma los criterios de la matriz de “variables a utilizar para elaborar los términos de referencia por tipos de tipos de proyectos categoría II” del ministerio del ambiente y los recursos naturales, desarrollada por el Dr. José Antonio Milán Pérez. Posteriormente se identificaron los impactos que éste ha causado hasta el momento en los factores del medio y, a través de una serie de matrices, se procedió a valorar cualitativa y cuantitativamente dichos impactos ambientales.

La estructura del documento es la siguiente, considerando la línea lógica de evaluación de impactos ambientales, que contempla la descripción del proyecto en su fase de diseño, proyectada en este caso únicamente para la etapa de construcción y operación, bajo el esquema del catálogo de etapas y subetapas de la empresa nicaragüense de transmisión eléctrica (ENATREL). Se presenta una línea de base ambiental de las condiciones actuales del territorio de estudio, analizando los siguientes factores: clima, calidad del aire, ruido, vibraciones, geología y geomorfología, suelos, hidrología, hidrogeología, vegetación, fauna, cuerpos de agua, paisaje, usos del suelo, infraestructuras, población, salud, economía, desechos, efluentes, equipamiento de servicio.

Se realiza un diagnóstico e incidencia ambiental del proyecto, en el cual se describen las acciones del proyecto sobre el medio físico, biótico, aspectos socioeconómicos,

culturales y perceptuales como el paisaje natural y paisaje construido. La caracterización del área de influencia en sus tres divisiones como son el área de influencia del proyecto, área de influencia directa e indirecta.

La identificación de impactos negativos y positivos durante la fase proyectada de construcción, considerando que el proyecto no ha sido ejecutado y está en fase de diseño. La evaluación cualitativa de los impactos ambientales y la evaluación cuantitativa a través de las matrices de importancia se basan en la metodología Milán. De la identificación de los impactos relevantes o significativos, se genera el programa de gestión ambiental que establece las medidas ambientales de prevención, mitigación, corrección y compensación necesarias para que el proyecto genere impactos ambientales negativos de menor intensidad o efectos adversos al medio.

5.3.2. Antecedentes del proyecto.

La empresa nicaragüense de electricidad (ENEL), anteriormente llamada empresa nacional de luz y fuerza ha realizado estudios desde el año 1952 con el propósito de desarrollar un conjunto de proyectos que aprovechen los recursos hídricos de las diferentes cuencas del río Viejo para generar electricidad, lo que permitiría aprovechar un potencial de generación con mucho menos costos que las alternativas actuales, así como ampliar la cobertura nacional de electrificación.

Las plantas hidroeléctricas existentes en Nicaragua fueron instaladas hace casi 72 años. La planta hidroeléctrica Centroamérica fue inicialmente operada en 1965, mientras la planta Carlos Fonseca comenzó a operar en 1972. El potencial hidroeléctrico estimado en Nicaragua es sumamente extenso y la alternativa para la soberanía energética, desde esas fechas hasta la actualidad se han construido 8 plantas hidroeléctricas que aumentan la generación con este recurso renovable.

El plan maestro de desarrollo eléctrico 1977-2000, elaborado a finales de 1977 por el consorcio IECO-LAHMEYER presentó las diferentes opciones que Nicaragua podría estimar como potencial hidroeléctrico de capacidades mayores de 10 MW en las diferentes cuencas hidrográficas del país. IECO-LAHMEYER estimó realizar un desarrollo armónico de la cuenca hídrica desde el lago de Apanás hasta el lago de

Managua, la cual podría generar más de 800 Gwh/anuales, que se presentan a continuación.

Tabla 6. Proyectos hidroeléctricos por desarrollarse en el curso del río Viejo.

Planta	Gwh/año	MW	Factor de planta
Centroamérica	340	75	52
Larreynaga	205	100	23
San Isidro	105	50	24
Santa Bárbara	305	75	32
Juan Rafael Mora	210	50	48
San Francisco	85	30	32
Total	1250	380	211

Nota: Adaptado de ENEL, 1984.

De los estudios anteriores, así como de nuevas informaciones recolectadas en el sitio, se ha reunido toda la información necesaria para el estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica Porterillo.

5.3.3. Objetivos.

Objetivo general.

- Generar energía eléctrica renovable a través de la central hidroeléctrica el Porterillo Jinotega, como parte del proceso de cambio de la matriz energética de Nicaragua, contribuyendo a la ampliación de la cobertura del tendido eléctrico.

Objetivos específicos.

- Construir infraestructura resiliente ante el cambio climático que permita mitigar las vulnerabilidades del entorno y del propio proyecto, en las comunidades el Porterillo y la Herradura, Jinotega.
- Operar una central hidroeléctrica con tecnología limpia que permita cumplir con las exigencias técnicas y de seguridad a nivel nacional e internacional.

- Contribuir a la generación de fuentes de empleo y a la dinamización de la economía local y nacional.

5.3.4. Justificación del proyecto.

La generación de energía eléctrica en Nicaragua es a partir, en su mayoría, del combustible fósil, lo que lo convierte en un país dependiente de los derivados del petróleo importados. Sin embargo, el país cuenta con un potencial en producción de energía hidroeléctrica de más de 2000 MV; con el objetivo de aprovechar todo el potencial del recurso se han ido aumentando los proyectos y estudios de prefactibilidad y factibilidad, orientados a este sector, por ejemplo, se cuenta con el programa nacional de electrificación sostenible y energías renovables (PNESER).

Como política de estado se pretende abordar los desafíos sociales y medioambientales asociados con el desarrollo energético. Para ello, se han diseñado programas que promueven la inclusión social y la protección del medio ambiente, al mismo tiempo que se impulsa el crecimiento económico. En este sentido, se incluye iniciativas para garantizar el acceso equitativo a la energía en todas las regiones del país fomentando el uso eficiente de los recursos naturales y priorizando la protección de áreas sensibles, como reservas naturales y cuencas hidrográficas, durante la planificación y ejecución de proyectos energéticos.

En el escenario de crecimiento de demanda para el período 2019-2033 se calcularon proyecciones de Demanda con un crecimiento promedio en potencia de 3.94 % y en energía de 4.34 %. La introducción de nuevos proyectos de generación basados en energías renovables en el período 2019–2033, permitirá modificar la matriz de generación (Ministerio de Energía y Minas, 2018). Esta planta traerá como beneficio la generación de energía limpia y renovable, aumentando la competitividad del país al dejar de comprar anualmente 121 545 barriles de bunker, reduciendo importaciones en un promedio anual de US \$6.5 millones. Además, se reducirán emisiones de gases de efecto invernadero en 53.66 toneladas métricas.

El proyecto “central hidroeléctrica Porterillo, Jinotega” se encuentra dentro del marco de los estudios realizados para el aprovechamiento de los recursos en la generación de

energía hidroeléctrica, el cual contempla una línea de transmisión de 138 KW de 679 m de longitud, con una potencia de 20 MW. Con este proyecto se pretende aportar, aproximadamente, un 3% de la demanda nacional de energía limpia y renovable.

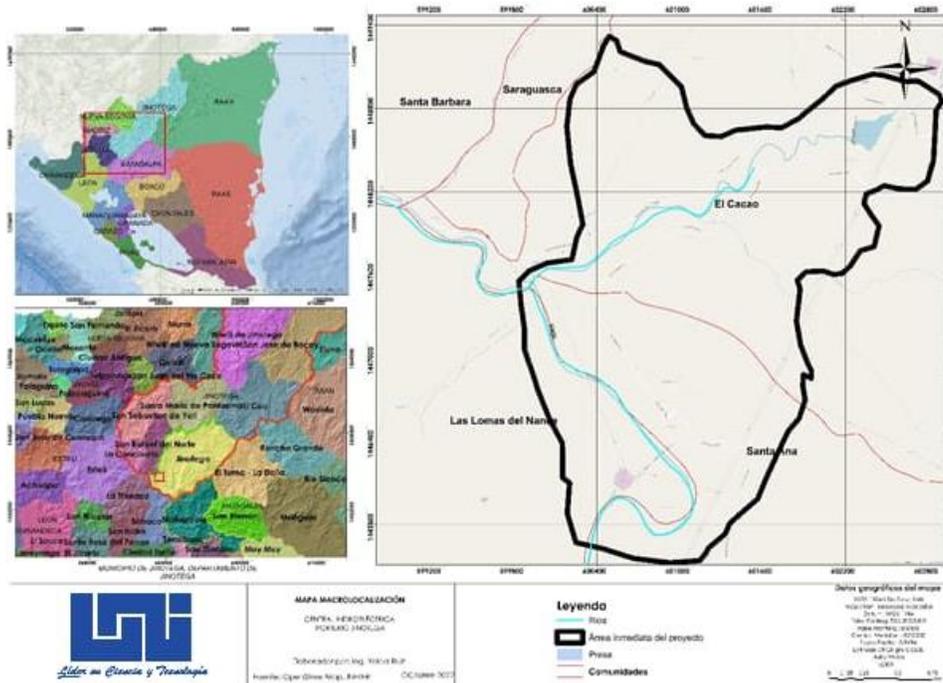
Dado lo anterior, se han desarrollado estudios con el fin de incrementar la capacidad de generación de fuentes hidroeléctricas para disminuir la dependencia de los derivados del petróleo. Bajo el contexto de estas metas se presenta el proyecto “hidroeléctrica el Porterillo, Jinotega”, el cual, según estudios exploratorios puede es factible técnica y económicamente, pero se pretende evaluar la viabilidad ambiental a través de este estudio.

5.3.5. Ubicación, localización física del proyecto, su área de influencia y cada uno de los componentes.

- **Macro localización.**

El proyecto central hidroeléctrica “Porterillo” Jinotega se localiza en las comunidades Porterillo y la Herradura, municipio de Jinotega, departamento de Jinotega con las siguientes coordenadas geográficas 13.106820” N 86.067817” O; está sobre el trazado natural del río el Cacao, la macro localización de la planta se muestra en la figura 5.

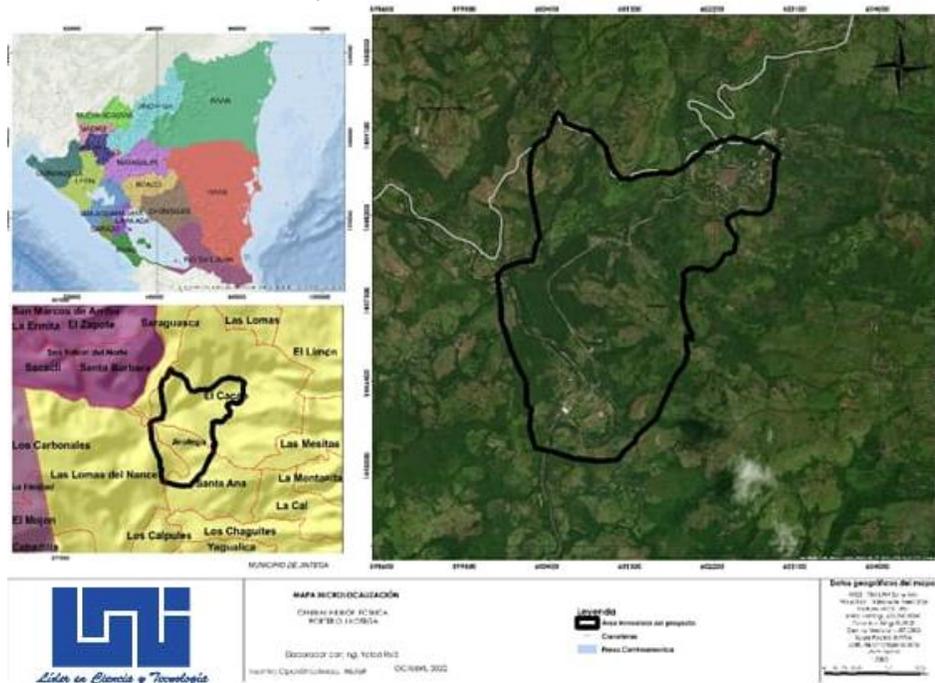
Figura 5. Macro localización del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”



- **Micro localización.**

Puntualmente la planta se encuentra ubicada a 700 metros aguas abajo desde el desfogue de la planta Larreynaga existente, punto donde se ubicará la casa de máquinas, con una extensión de 3100 metros aguas abajo y en línea recta, a partir del portal de desfogue anteriormente especificado. En la figura 6, se muestra la micro localización del proyecto y los principales sistemas que componen las obras.

Figura 6. Micro localización del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”



- **Ubicación exacta del proyecto.**

El proyecto se ubica en la comarca el Porterillo y Herradura, municipio y departamento de Jintega. Puntualmente la planta se encuentra ubicada a 700 metros aguas abajo desde el desfogue de la planta Larreynaga existente, punto donde se ubicará la casa de máquinas, con una extensión de 3100 metros aguas abajo y en línea recta, a partir del portal de desfogue anteriormente especificado.

5.3.6. Monto de la inversión ambiental y período de vida útil.

- **Monto total de la inversión.**

El monto total de la inversión es de 23 millones de dólares. De esta cantidad, el 60% será financiado por la empresa ENATREL, y el 40% restante será sujeto de préstamo con el banco centroamericano de integración económica BCIE.

- **Período de vida útil del proyecto.**

La vida útil de la central hidroeléctrica se estima en 25 años.

5.3.7. Catálogo de etapas y subetapas

Se hace hincapié en el desarrollo de esta etapa de manera proyectada, considerando que el proyecto está en fase de diseño; se hace uso del catálogo de etapas y subetapas para tipo de proyecto: central hidroeléctrica menor a 50 MW, de la empresa nicaragüense de transmisión eléctrica, división de infraestructura, mantenimiento civil y proyectos; esto permite disponer de manera ordenada de las actividades que se ejecutarán por grupo o etapas. La estructura del contenido desarrollado en la etapa de construcción proyectada se resume en base a las características in situ del proyecto, avances de este, mejoras en la zonas y proyecciones de servicios básicos.

Para efectos de desarrollo del EIA, se consideraron las subetapas principales y en algunos casos puntuales sólo se consideró la etapa, posterior a la inspección en sitio, considerando las condiciones actuales del área de influencia directa e indirecta; además se consideró el estudio de prefactibilidad para revisión a detalle de los principales componentes.

CÓDIGO C1: Obras preliminares y movimiento de tierras.

- 01 Reasentamiento de la población.
- 02 Limpieza del sitio.
- 03 Apertura de caminos de acceso.

CÓDIGO C2: Uso de explosivos y/o voladuras con explosivos.

- 01 Estudio de calidad del aire.
- 02 Construcción del sistema de protección ante derrumbes o deslaves.
- 03 Prueba en campo.

04 Limpieza del área afectada.

05 Restauración del sitio.

CÓDIGO C3: Excavaciones y/o perforaciones.

01 Excavación, relleno y fundaciones.

CÓDIGO C4: Construcción de muro, bocatomas, canales de desvío y otras obras hidráulicas anexas.

CÓDIGO C5: Recubrimientos de concreto para obras grises.

CÓDIGO C6: Impermeabilización del suelo y construcción de acabados.

- **Descripción general de las etapas y subetapas para la fase de construcción proyectada.**

La planta hidroeléctrica Porterillo es un proyecto hidroeléctrico convencional que estará integrado por un reservorio, con un sistema automatizado para la salida, obras de aducción (túnel + sifón + túnel), obras de protección del túnel (pozo de oscilación), tubería forzada, sala de máquinas donde se instalarán 2 turbinas Francis de 10 Mw cada una y el túnel de desfogue, que cumple la función de devolver las aguas que han circulado por las turbinas al río Viejo.

Una vez en funcionamiento, la planta hidroeléctrica generará hasta 20 Mw (86.3 Gwh/anales) estimados según proyección. Según el reglamento nacional de la construcción 2007, arto. 24, la zona está clasificada en el grupo "A", zona "C". Se construirán estructuras rectangulares y circulares con muros, columnas, vigas, losa de fondo y de techo, de concreto reforzado, diseñadas para resistir a flexión las cargas laterales perpendiculares causadas por la presión del agua y la carga sísmica. Los criterios de diseño de todas las obras se basan en:

- Reglamento nacional de la construcción 2007.
- Reglamento para concreto estructural ACI
- El procedimiento de diseño se basa en Seismic Design of Liquid - Containing concrete Structures and Comentary (ACI 350.3-06)

En las siguientes fotos seccionadas en la tabla 8 se muestran las características generales de los componentes anteriormente descritos, los cuales son similares a los de la planta Centroamérica:

Tabla 7. Características de los componentes de la central hidroeléctrica Porterillo.

Representación	Componente	Función que cumple
	<p><u>Obra de toma:</u></p> <p>Se situará en la presa o reservorio y conduce el agua hacia el pozo de oscilación y casa de válvulas. Obsérvese las obras protectoras contra las plantas acuáticas, las cuales pueden dañar el funcionamiento de la turbina. Esta toma está situada en el lago de Apanas y alimenta a la planta Centroamérica.</p>	<p>Captación del agua necesaria para alimentar la tubería forzada.</p>
	<p><u>Pozo de Oscilación:</u></p> <p>Se sitúa en la parte alta conectado a la tubería de conducción. Perfora hasta conectarse con la tubería o túnel de conducción del agua, se encuentra completamente protegido. Lleva una pequeña piscina de reboso.</p>	<p>Protección del sistema ante el golpe de ariete provocado al cerrar las válvulas.</p>
	<p><u>Tubería forzada y casa de turbina:</u></p> <p>La tubería forzada es de 3 metros diámetro, aproximadamente se construirá de fibra de vidrio y será soterrada por lo que no será visible. Esta tubería comienza en la casa de válvulas donde se sitúa un sedimentador para eliminar sedimentos que pueden dañar a las turbinas. La tubería culmina dentro de la casa de maquina en un foso de 4 metros de profundidad donde se sitúan las turbinas.</p>	<p>Tiene la finalidad de imprimir la velocidad (caudal necesario) para mover las turbinas que se sitúan en la casa de máquinas (donde se encuentran las turbinas)</p>

Representación	Componente	Función que cumple
	<p><u>Foso dentro de la casa de turbinas:</u> Aquí se produce la energía eléctrica que se envía al banco de transformadores.</p>	<p>Se sitúan las turbinas, los alternadores y los excitadores.</p>
	<p><u>Cuarto de control:</u> Se sitúa dentro de la casa de turbinas</p>	<p>Controla la forma automatizada, todo el proceso de producción y transmisión de energía eléctrica.</p>
	<p><u>Banco de transformadores:</u> Se sitúa próxima a la zona de generación (casa de turbina) y es una zona restringida.</p>	<p>Transforma la energía producida a 138000 voltios para ser enviada a través de la red de distribución.</p>
	<p><u>Túnel de desfogue:</u> Es la parte final del proyecto, que se inicia en la casa de turbinas y entrega el agua al cuerpo receptor. El túnel que se aprecia en la foto es el desfogue de la planta Centroamérica y será el punto donde se situará la boca toma para el reservorio (presa) de Porterillo</p>	<p>Conduce y encauza las aguas que circulan por el sistema.</p>

5.3.8. Características y especificaciones de la central hidroeléctrica.

Componentes principales de la línea de transmisión.

- 2 turbinas Francis de eje horizontal con capacidad de 10 mega watts cada una.
- 2 generadores Renew energy directamente acoplados a las turbinas
- Banco de transformadores de alta tensión con su equipamiento eléctrico auxiliar

- Banco de baterías de litio para respaldo de fluctuaciones
- Sistema de grúa móvil y maquinaria de mantenimiento
- Subestación de alta tensión (Hasta 500 000 volts), torres y líneas de transmisión equipadas.
- Torres y líneas de transmisión equipadas con una longitud aproximada de 1 kilómetros.

Especificaciones constructivas.

Materiales y origen:

- La mayoría de los insumos son de procedencia extranjera y serán licitados entre firmas productoras.
- Insumos como la madera, cemento, arena y pedrín serán de procedencia nacional.
- Sistema de acople:
- Instalación de un sistema de acople para incremento de kv y alimentación a la red actual (138 kV).

Características técnicas:

- Las especificaciones incluyen componentes similares a los de la planta Centroamérica, con facilidades auxiliares y administrativas existentes en dicha planta, como albergues, comedores, bodegas y talleres.
- La planta el Porterillo tendrá su propio banco de transformadores y subestación de alta tensión, con línea de transmisión principal hacia la planta Centroamérica.

Residuos y emisiones durante la construcción.

Residuos sólidos:

- Se espera que 150 trabajadores generen aproximadamente 75 kg/día de residuos sólidos. Estos se clasificarán como no peligrosos y se almacenarán temporalmente en la planta para su posterior tratamiento.

Emisiones gaseosas:

- Las emisiones provendrán de los motores de combustión interna de los vehículos de tonelaje pesados. El manejo de estas emisiones se realizará aislando la zona de incidencia directa del proyecto y garantizando el equipo de protección personal a los trabajadores.

5.3.9. Calendarización de cada una de las actividades a desarrollarse.

El desarrollo de las actividades está previsto en un tiempo estimado de 2 años y dos meses el detalle se muestra en la tabla 9, la calendarización puntual de las actividades no se puede describir, puesto que no se ha realizado el estudio final de ingeniería estructural.

Tabla 8. Cronograma de actividades del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”

		Cronograma de ejecución bimestral																							
		Año 2025						Año 2026						Año 2027						Año 2028					
No	Componentes	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Pre-inversión																									
1	Estudio de prefactibilidad	■	■	■	■																				
2	Factibilidad, preparación de planos y documentos de licitación					■	■	■	■	■	■														
Inversión																									
3	Ingeniería y supervisión												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Construcción de obras civiles												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Suministro e instalación de equipos electromecánicos y líneas de transmisión																		■	■	■	■	■	■	■
6	Prueba y operación																								■
Nota: Las obras civiles incluyen también caminos y campamentos. Se asume que el proyecto estará en línea con la Planta Centro américa.																									

5.3.10. Empleo para generar, origen y clasificación del personal.

Etapa de construcción.

Mano de obra no calificada:

- **Origen:** Local
- **Cantidad:** 100 personas
- **Calificación:** Trabajadores para excavación, carga y descarga de materiales, preparación de mezclas, etc.

Mano de obra calificada:

- **Origen:** Local y regional
- **Cantidad:** 50 personas
- **Calificación:** Albañiles, carpinteros, soldadores, electricistas, operadores de maquinaria pesada, etc.

Etapa de operación.

Personal técnico:

- **Origen:** Nacional
- **Cantidad:** 20 personas
- **Calificación:** Ingenieros eléctricos, mecánicos, operadores de planta, técnicos en mantenimiento, etc.

Personal administrativo:

- **Origen:** Local y Regional
- **Cantidad:** 10 personas
- **Calificación:** Administradores, contadores, personal de recursos humanos, etc.

Etapa de mantenimiento.

Personal especializado:

- **Origen:** Nacional
- **Cantidad:** 15 personas
- **Calificación:** Técnicos especializados en mantenimiento preventivo y correctivo de equipos electromecánicos y sistemas de transmisión.

Personal de apoyo:

- **Origen:** Local
- **Cantidad:** 10 personas
- **Calificación:** Personal para limpieza, vigilancia, logística, etc.

5.3.11. Materia prima, recursos naturales, energéticos y servicios durante las diferentes etapas del proyecto.

Etapas de construcción.

Volumen de residuos y emisiones:

- **Empleo:** 150 trabajadores.
- **Producción per cápita:** 0.50 kg/persona/día.
- **Residuos sólidos:** 75 kg/día (41 063 kg totales).
- **Clasificación:** No peligrosos.
- **Almacenamiento:** Temporal en la planta, tratamiento posterior por la municipalidad.
- **Emisiones:** Provenientes de motores de combustión interna de vehículos de tonelaje pesado. Manejo: aislando la zona de incidencia directa y garantizando el equipo de protección personal a los trabajadores.

Etapas de operación.

Equipos y sistemas:

- **Turbinas:** 2 turbinas Francis de eje horizontal con capacidad de 10 mega watts cada una.
- **Generadores:** 2 generadores Renew energy directamente acoplados a las turbinas.
- **Transformadores:** Banco de transformadores de alta tensión con equipamiento eléctrico auxiliar.
- **Baterías:** Banco de baterías de litio para respaldo de fluctuaciones.
- **Grúa y Maquinaria:** Sistema de grúa móvil y maquinaria de mantenimiento.
- **Subestación:** Alta tensión (500 kV) con torres y líneas de transmisión equipadas.

Suministro de insumos:

- Mayoría de insumos de procedencia extranjera, licitados entre firmas productoras.
- **Insumos nacionales:** Madera, cemento, arena, y piedrín.
- **Sistema de Acople:** Incremento de kV y alimentación a la red actual (138 kV).

Proyección de consumo (Costos).

Materiales y herramientas:

- **Años 1 y 3:** \$4 127.32 y \$11 607.47 respectivamente.
- **Inversión total en reforestación:** \$580 373.50 para 3 años en 50 ha.

5.3.12. Manejo y disposición de desechos sólidos.

Etapa de construcción.

Fuentes de desechos:

- Restos del desmonte (maleza, hojas).
- Capa vegetal del suelo removida.
- Suelo estéril generado del corte.
- Restos de arena y piedrín.
- Bolsas de cemento desechadas (cartón).

Cantidad mensual estimada y manejo:

- **Restos del desmonte:** Clasificados como no peligrosos, serán enviados al relleno sanitario municipal.
- **Capa vegetal del suelo removida:** Uso en la conformación de áreas verdes de la empresa y en el proceso de reforestación.
- **Suelo estéril, arena y piedrín:** Clasificados como no peligrosos, serán enviados al relleno sanitario municipal.
- **Bolsas de cemento (cartón):** Clasificadas como no peligrosas, serán enviadas al relleno sanitario municipal.

Tratamiento: Todos los materiales residuales valorizables, como recipientes, latas, envolturas, y envases plásticos, serán recolectados diariamente y almacenados temporalmente en el sitio del proyecto. Estos se trasladarán tres veces por semana al vertedero municipal o para reciclaje.

Las varillas y cualquier material ferroso serán almacenados temporalmente y vendidos a empresas acopiadoras de hierro para reciclaje.

Etapas de operación.

Fuentes de desechos:

- Desechos de oficina (papel, cartón).
- Desechos sanitarios.
- Plásticos (botellas, bolsas, envases).
- Vidrio (botellas, tazas, bombillos).
- Aluminio (latas, virutas de mantenimiento).
- Material biodegradable (cáscaras de frutas, residuos de comida).
- Residuos metálicos de mantenimiento (virutas de acero, bronce, aluminio).

Cantidad mensual estimada y manejo:

- **Desechos de oficina:** Aproximadamente 15 kg/día, sujetos a reciclaje.
- **Desechos sanitarios:** Gestionados en la planta de tratamiento de la central hidroeléctrica.
- **Plásticos, vidrio y aluminio:** Reciclables, se gestionarán mediante métodos térmicos, químicos o mecánicos.
- **Material biodegradable:** Compostaje para conversión en abono orgánico.
- **Residuos metálicos:** Reciclados, si están contaminados con aceites o grasas, requieren tratamiento especial.

Disposición Final: Los residuos sólidos no peligrosos serán dispuestos temporalmente en la planta y luego transportados al sitio autorizado por la municipalidad, donde podrán utilizarse como relleno en obras civiles.

Cuando se realiza mantenimiento preventivo, correctivo o general en las plantas y se requiere de la fabricación o ajuste de piezas en el taller de mecánica, se generan residuos metálicos (virutas 40 lb acero, 35 lb de bronce y 30 lb de aluminio) en promedio, en general estos son reciclados, pero si estas piezas están contaminadas de aceites o grasas se consideran residuos sólidos peligrosos y requieren un tratamiento especial en base a su caracterización. Las actividades de mantenimiento preventivo se realizan 12

veces al año y las actividades de mantenimiento general se realizan cuatro veces al año, por lo tanto, se generan 640 libras de acero, 560 libras de bronce y 480 libras de aluminio.

Para la gestión integral de residuos sólidos se deben tener algunas consideraciones, por ejemplo, por la ubicación de las plantas no se tiene disponibilidad del tren de aseo.

Residuos sólidos peligrosos.

La grava utilizada como aislante y protector del suelo en la subestación se debe reemplazar cada vez que su grosor disminuya de 4 pulgadas o esté cubierta por la tierra, en general una vez cada dos años; esta recibirá la misma disposición de los desechos de construcción y mantenimiento, previo tratamiento de limpieza con surfactantes y bases químicas fuertes.

La sílica gel utilizada como absorbente en los transformadores de alta-media y media tensión de las subestaciones se debe tratar de forma térmica para su reutilización.

Sustancias tóxicas y peligrosas.

Los aceites y grasas utilizados en el soporte de las turbinas y generadores se renuevan una vez al año estos serán gestionados con la empresa autorizada para tal fin por la entidad correspondiente; el mismo tratamiento recibirán las piezas metálicas contaminadas con aceites o grasas.

Descripción y manejo del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Las aguas descargadas en el canal de desfogue no tienen ningún tipo de contacto de forma directa con las turbinas o los generadores únicamente se utiliza el principio de fuerza hidrostática para la generación, en este caso existe un sistema de tratamiento para el ingreso a la tubería forzada, pero es puntualmente para impedir la obstrucción o averías de los equipos del proceso, está compuesto por dos rejillas de gruesos (Hasta 0,04 m de separación), tres rejillas de finos (Hasta 0,008 m de separación), un desarenador, una trampa de grasas y un filtro lento de arena. No habrá un sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales pues estas no reciben carga de ningún contaminante físico, químico o biológico.

Para el caso de las aguas residuales domésticas generadas por los trabajadores en la casa de máquina, se utilizará un sistema de rejillas gruesas de 0,04 m de separación, rejillas finas de 0,01 m de separación, trampa de grasas, fosa séptica de doble cámara, filtro anaerobio de flujo ascendente, (ver figura 7 y 8) desinfección química y campos de infiltración de tres ramales (ver figura 9).

Figura 7. Esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (FOSA₂ + FAFA).

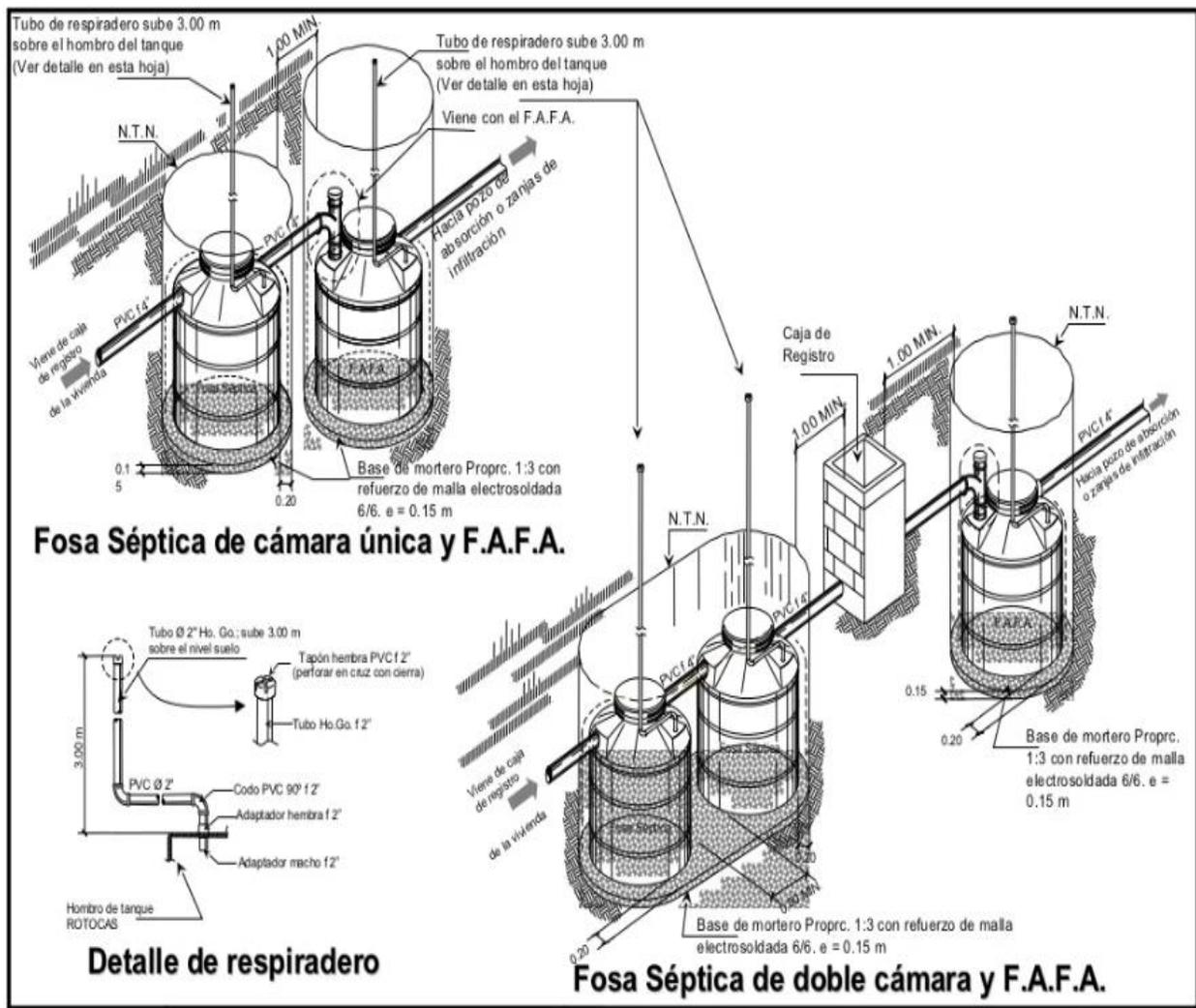


Figura 8. Detalles del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

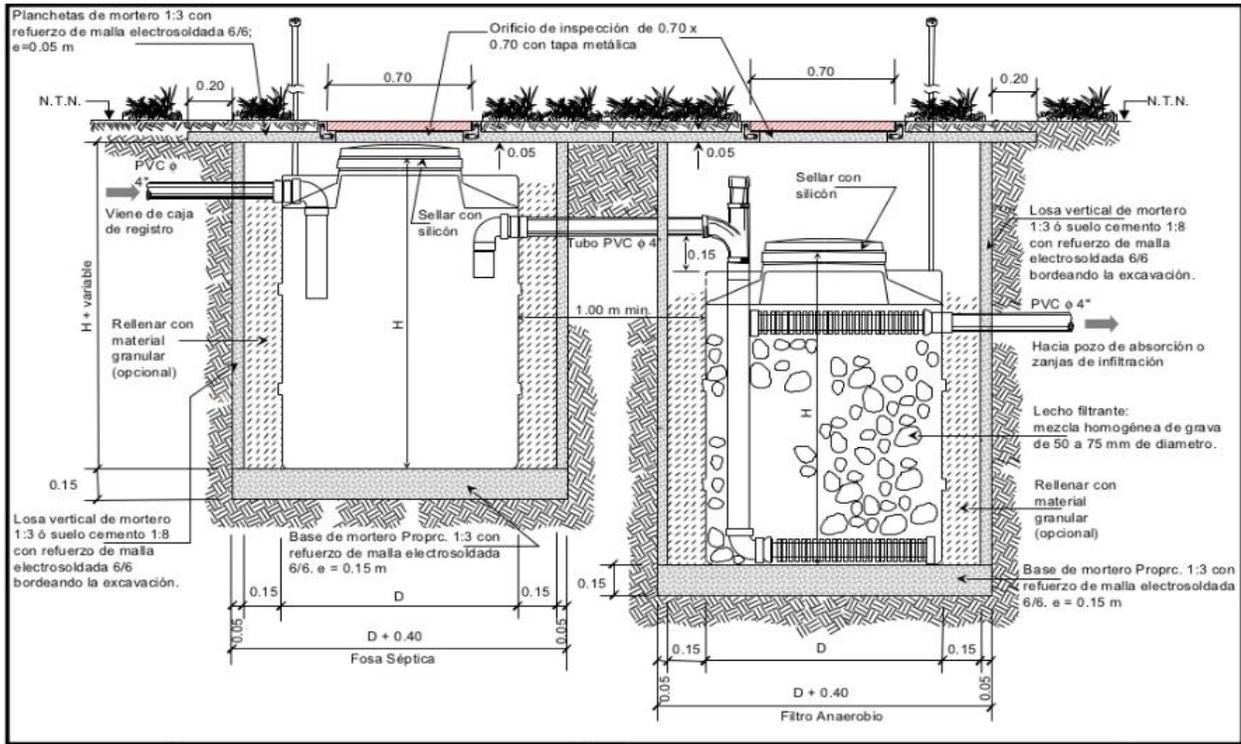
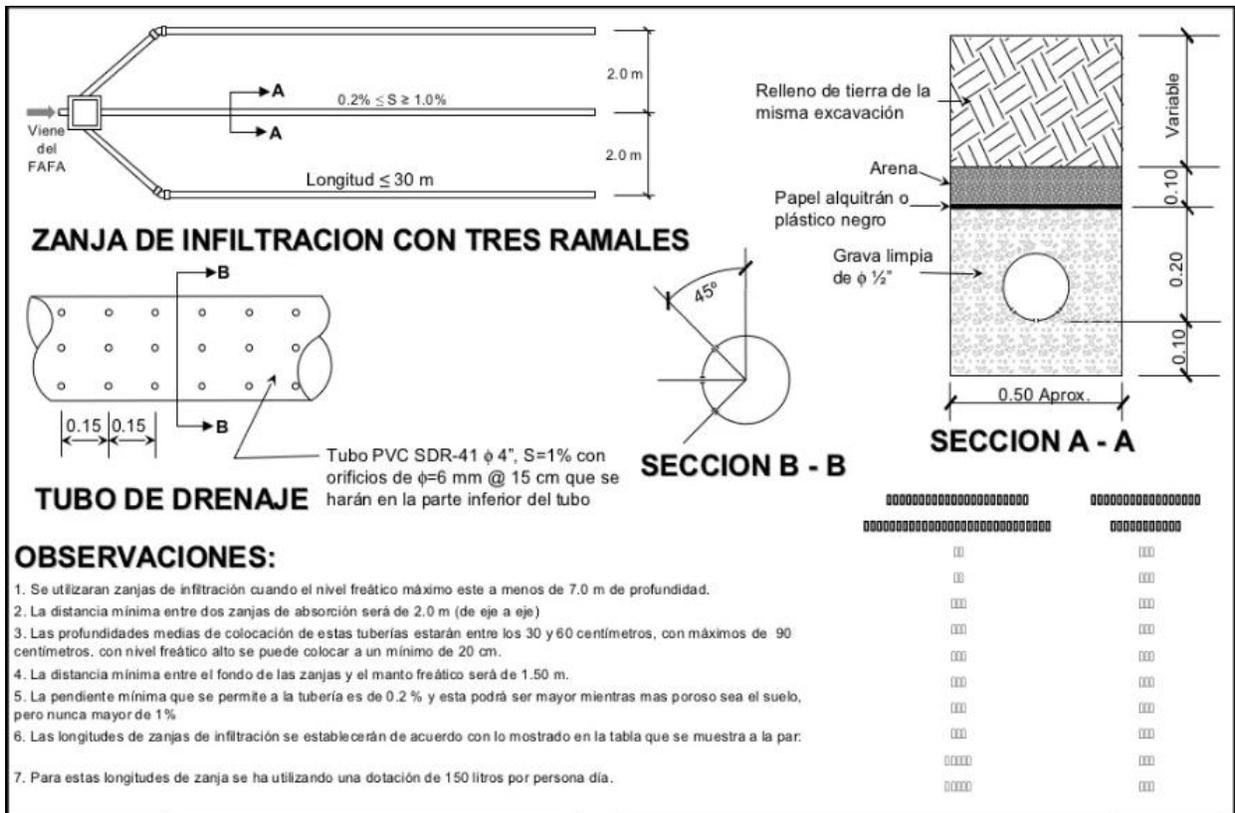


Figura 9. Detalles técnicos y constructivos del sistema emisor/receptor



5.4. Etapa de construcción.

5.4.1. Tipo de obras civiles (desmontes, cortes y rellenos, nivelaciones, modificaciones u otros).

Sitios requeridos para obras civiles.

Desmontes y limpieza del sitio:

- **Ubicación:** Área destinada para la central hidroeléctrica.
- **Descripción:** Desbroce y limpieza del sitio, remoción de cobertura vegetal y corte de árboles, especialmente en la zona del reservorio.
- **Superficie:** Toda el área proyectada para la construcción de la presa y el reservorio.

Cortes y rellenos:

- **Ubicación:** Zonas identificadas para la construcción de infraestructuras básicas.
- **Descripción:** Excavaciones directas, rellenos para conformación de terrazas y nivelación del terreno.
- **Superficie:** Áreas específicas donde se realizarán las zapatas y cimientos.

Nivelaciones:

- **Ubicación:** Caminos de acceso y áreas de instalaciones de infraestructura.
- **Descripción:** Nivelación del terreno para garantizar la estabilidad de las estructuras a construir.
- **Superficie:** Caminos de acceso y áreas circundantes a las estructuras principales.

Modificación de escurrimientos:

- **Ubicación:** Áreas afectadas por la construcción de la presa y canales de desvío.
- **Descripción:** Obras de canalización y estructuras de prevención de inundaciones.
- **Superficie:** Canales pluviales y áreas de desagüe.

Recursos naturales conservados:

- **Ubicación:** Zonas adyacentes no impactadas por la construcción.

- **Descripción:** Áreas de vegetación nativa y cuerpos de agua no afectados por el proyecto.
- **Superficie:** Espacios identificados en el plan de conservación ambiental del proyecto.

5.4.2. Instalación de campamentos, sanitarias y medidas ambientales.

Instalaciones de campamentos:

Se establecerán campamentos temporales para alojar al personal de construcción.

Los campamentos contarán con las siguientes instalaciones:

- Dormitorios.
- Comedor.
- Servicios higiénicos.
- Oficinas administrativas.
- Talleres y bodegas.

Instalaciones sanitarias:

Los campamentos contarán con sistemas de saneamiento adecuados, incluyendo:

- Sistemas de tratamiento de aguas residuales (pozos sépticos o plantas de tratamiento)
- Suministro de agua potable
- Recolección y disposición adecuada de residuos sólidos

Medidas ambientales para el cierre de campamentos:

- Una vez finalizada la etapa de construcción, se procederá al cierre y desmantelamiento de los campamentos.
- Se realizará la limpieza y restauración de las áreas ocupadas por los campamentos.
- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales y disposición de residuos sólidos serán desmantelados y se procederá a la adecuada disposición final de estos.
- Las áreas ocupadas por los campamentos serán niveladas y revegetadas, de manera que se reintegren a su condición original.

5.4.3. Obras y vías de comunicación para construir y su mantenimiento.

Construcción de nuevas vías:

- Acceso principal al sitio del proyecto: 1 km de carretera asfaltada.
- Vías secundarias internas: 3 km de caminos de lastre.

Rehabilitación de vías existentes:

- Mejoramiento de 5 km de carretera asfaltada en el área de influencia.
- Reparación de 10 km de caminos vecinales de lastre.

Mantenimiento de vías:

Mantenimiento rutinario:

- Limpieza de cunetas y drenajes.
- Bacheo y reparación de baches.
- Roce y limpieza de derechos de vía.

Mantenimiento periódico:

- Recape asfáltico cada 5 años en las vías principales.
- Reposición de lastre en caminos secundarios cada 3 años.
- Reparación y reemplazo de estructuras de drenaje.

Mantenimiento de emergencia:

- Atención inmediata a derrumbes, deslizamientos o daños por eventos climáticos.
- Reparaciones urgentes para mantener la transitabilidad de las vías.

5.4.4. Diferentes componentes del proyecto y obras asociadas.

Infraestructura:

Vías de acceso y comunicación:

- Construcción de 1 km de carretera asfaltada para el acceso principal al sitio.
- Rehabilitación de 5 km de carretera asfaltada en el área de influencia.
- Construcción de 10 km de caminos internos de lastre.

Instalaciones eléctricas:

- Línea de transmisión eléctrica de 1 km para conexión a la red nacional.
- Subestación eléctrica y sistema de respaldo con generadores.

- Red de distribución interna y alumbrado público.

Abastecimiento y tratamiento de agua:

- Captación y conducción de agua desde fuentes superficiales.
- Planta de tratamiento de agua potable.
- Redes de distribución y almacenamiento de agua.
- Sistema de tratamiento y disposición de aguas residuales.

Instalaciones permanentes:

Área de producción:

- Naves industriales y talleres para procesos productivos.
- Bodegas y áreas de almacenamiento de insumos y productos.
- Laboratorios y oficinas técnicas.

Área administrativa y de servicios:

- Edificio de oficinas administrativas.
- Comedor, cocina y áreas de descanso para personal.
- Dispensario médico y servicios higiénicos.

Instalaciones temporales:

Campamentos de construcción:

- Alojamiento y áreas de descanso para trabajadores.
- Comedor, cocina y servicios higiénicos.
- Oficinas de campo y bodegas de materiales.

Áreas de acopio y logística:

- Patios de almacenamiento temporal de equipos y materiales.
- Talleres y áreas de mantenimiento de maquinaria.
- Planta de trituración y clasificación de agregados.

5.5. Etapa de operación y mantenimiento.

5.5.1. Mantenimiento de las instalaciones, equipos y la identificación de las fuentes generadoras de residuos.

Mantenimiento de las instalaciones y equipos:

Mantenimiento de la presa y embalse:

- Inspección y limpieza periódica de la presa, vertedero y estructuras asociadas.
- Monitoreo del nivel y calidad del agua del embalse.
- Mantenimiento de los sistemas de drenaje y control de erosión.

Mantenimiento de la casa de máquinas:

- Revisión y mantenimiento preventivo de las turbinas, generadores y sistemas auxiliares.
- Limpieza y lubricación de los equipos electromecánicos.
- Calibración y pruebas de los sistemas de control y monitoreo.

Mantenimiento de la línea de transmisión:

- Inspección y limpieza de los conductores, aisladores y accesorios.
- Poda y control de la vegetación en los derechos de vía.
- Revisión y reemplazo de estructuras y torres dañadas.
- Mantenimiento de los sistemas de protección y puesta a tierra.

Mantenimiento de instalaciones auxiliares:

- Revisión y mantenimiento de caminos de acceso, puentes y edificaciones.
- Limpieza y reparación de las plantas de tratamiento de aguas y residuos.
- Actualización y pruebas de los sistemas de seguridad y respuesta a emergencias.

Mantenimiento de equipos e instalaciones:

- Aceites y lubricantes usados.
- Materiales de limpieza y mantenimiento (trapos, latas, envases).
- Repuestos y partes reemplazadas.

Actividades administrativas y de personal:

- Residuos sólidos domésticos (papel, plásticos, orgánicos) generados en oficinas y campamentos.
- Aguas residuales domésticas provenientes de las instalaciones.
- Lodos y sedimentos de los sistemas de tratamiento de aguas.

5.5.2. Volumen y características de productos a ser utilizados en el mantenimiento de una planta hidroeléctrica.

Aceites lubricantes usados:

- **Volumen:** Almacenar en recipientes herméticos de 55 galones, llenados hasta el 90% de su capacidad total.
- **Características:** Resistente a golpes, abolladuras, perforaciones y con gran resistencia al ambiente.

Aceites y grasas para turbinas y generadores:

- **Volumen:** Renovación anual.
- **Características:** Productos específicos para soporte de turbinas y generadores.

Materiales absorbentes:

- **Volumen:** Mantener disponibles permanentemente.
- **Características:** Materiales absorbentes específicos para derrames de hidrocarburos.

Contenedores de desechos contaminados:

- **Volumen:** Bidones o baldes rotulados, capacidad de 55 galones.
- **Características:** Rotulados como aceites usados, desechos sólidos contaminados (bidón rojo con letras blancas), desechos absorbentes contaminados con hidrocarburos (bidón rojo con letras blancas).

5.6. Límites del área de influencia.

5.6.1. Área de influencia del proyecto.

Incluye las obras puntuales de construcción del reservorio, muro y casa de máquinas, consideradas como las más impactantes, y las obras lineales de construcción de la

tubería y túnel. Abarca además una cantidad de viviendas de un pequeño asentamiento con características de rural-concentrado que serán afectadas directamente por el proyecto de inundación, por lo que necesariamente deberán ser reubicadas.

5.6.2. Área de influencia directa.

Corresponde a las porciones de terreno o espacios que reciben los impactos de la actividad del proyecto en forma directa, como por ejemplo áreas afectadas por ruidos, generación de polvo, deforestación, remoción de tierras etc.

El área de influencia directa incluye las vías de acceso hacia la presa y las zonas periféricas desde donde es posible apreciar paisajísticamente al área directamente afectada o de las obras de construcción del proyecto. Abarca asimismo una cantidad de viviendas del asentamiento mencionado, si bien se ubican por encima del área de inundación del reservorio, serán directamente afectadas ésta.

5.6.3. Área de influencia indirecta.

Corresponde a las porciones de terreno o espacio que pueden recibir impacto de forma indirecta cuando el impacto directo del proyecto afecta áreas circundantes en diversos grados. Se incluye aquí desde otros asentamientos humanos cercanos al área del proyecto, pero no ubicados dentro del área de influencia indirecta, hasta otras áreas del municipio de san Rafael del norte, puesto que durante las labores de construcción serán afectadas por la circulación de transporte pesado que acarrearán los materiales a utilizarse en la edificación de la presa; y en el funcionamiento de esta se verán beneficiados por la generación de energía eléctrica de proyecto Porterillo. En la figura 10, se muestra la esquematización del área de influencia directa haciendo uso del método de superposición de planos.

cerca de la ciudad de Jinotega y circundante con las ciudades de Matagalpa y Estelí, se encuentra fuera de la depresión del cinturón de fuego del pacifico de Nicaragua, a 70 km aproximadamente al noroeste de la Boundary Fault, por lo tanto, es una zona sísmica de media-baja incidencia por su ubicación con la región Caribe (ver figura 11).

Figura 11. Sísmicidad en el departamento de emplazamiento del proyecto.



Nota: Adaptado de Martínez Bermúdez, 2004.

En el caso de la ciudad de Estelí, que dista 35 Km del proyecto Porterillo, las aceleraciones de pico de sismo con períodos de retorno de 100 500 y 1000 años son de 0.09, 0.13 y 0.15g respectivamente. En el caso de la ciudad de Matagalpa que dista 28 Km del proyecto Porterillo, la aceleración del pico del sismo con período de retorno de 100 años sólo es de 0.08 g.

5.7.1.2. Geomorfología.

La cuenca del río Viejo abarca aproximadamente 1495 km/s², lo que equivale cerca del 1% de la superficie (130 000 km²) de Nicaragua. La cuenca hidrográfica del lago de Managua tiene alrededor de 5700 km², incluyendo el lago de Apanás y el reservorio lago de Asturias, contiguo a las áreas de captación, desde las cuales el agua es transferida en el sistema del río Viejo. Así mismo, la superficie de la cuenca del río Viejo constituye cerca de 27 % de la captación del lago de Managua. (COINE ET BELLIER Ingenieros Consultores, 1984)

La geomorfología del área es típica de esta parte de la cuenca del río, debido a procesos endógenos (vulcanismo y actividad tectónica) y procesos exógenos representados por cambios bruscos en el sistema de drenaje tales como inundaciones asociadas con la evolución geológica del paisaje, así como por la actividad de procesos geomorfológicos que caracterizan el paisaje actual. El canal del río sigue la estructura de lecho rocoso y la pendiente del cañón está cubierta por coluviales. Análisis del paisaje a partir de fotografías aéreas, imágenes, satelitales, mapas cartográficos y levantamiento topográfico revelan al menos 5 grandes tipos de terrenos en el área del proyecto:

- Suelos de paisaje alto (curvas de elevado gradiente) con topografía ondulante
- Pendiente tectónica abrupta
- Suelos de paisaje alto (curvas de bajo gradiente), ondulante
- Cañón del río
- Flujos de depósitos aluviales.
- Río (Río Viejo)

La geomorfología del área de estudio se puede dividir en las secciones siguientes:

- Una sección del cañón corriente arriba, con lecho de roca abrupta o pendientes coluviales
- Una sección central amplia con deposición de depósitos aluviales
- Una sección del cañón corriente arriba de la pared del embalse.

En la siguiente figura se brinda una panorámica general de la geomorfología anteriormente descrita.

Figura 12. Suelos de paisaje alto (curvas de bajo gradiente), ondulante, donde se iniciará la construcción del proyecto.



5.7.1.3. Suelos.

Tres grupos de suelo han sido identificados en la zona de estudio, se han clasificado en base a la normativa USDA:

- Clase II, Suelos Aluviales.
- Clase IV, Suelos de paisaje intermedio.
- Clase VII, Suelos de paisaje alto.

Se caracterizó a través de las fichas técnicas del municipio y este tipo de suelo domina el área del futuro reservorio y sus alrededores; la clasificación de la capacidad de los suelos se muestra en la tabla 10.

Tabla 9. Clasificación (USDA) de los suelos que existen en el área del proyecto.

Clase USDA	Descripción
I	NO EXISTE EN LA ZONA
II	Moderadas limitaciones para el uso y para riesgos de daños. Limitaciones debido a una o combinación de: moderada susceptibilidad para erosión, menos ideal que suelos profundos, desfavorable estructura de suelo, problemas de salinidad, daño ocasional de humedad de los suelos.
III	
IV	Muy severas limitaciones sobre uso o riesgos de daños que restringen la opción de plantas, frialdad, poca profundidad, humedad, baja capacidad de retención de agua o salinidad.
V	No existe peligro de erosión, pero tiene limitaciones de humedad, frialdad e inundación.

Clase USDA	Descripción
VI	Severas limitaciones debido al gradiente, peligro de erosión, efectos de erosión pasada, frialdad, poca profundidad, humedad, baja capacidad de retención de agua o salinidad.
VII	Muy severas limitaciones para pastoreo y actividad forestal. Las mismas características que la clase VI, pero en forma más extrema.
VIII	Limitaciones extremas para cualquier tipo de uso de suelo excepto hábitat salvaje y áreas de reserva. Características de clase VI en forma extrema.

Nota: Adaptado de Martínez Bermúdez, 2004.

En la figura 13, se presenta el perfil de suelo en la zona de emplazamiento de las obras civiles

Figura 13. Perfil típico del suelo en la zona de estudio.



Nota: *Nótese el pequeño grosor de la capa edafizada del suelo, lo que hace imposible el crecimiento del radical de la vegetación y denota una baja calidad agrologica.*

5.7.1.4. Clima.

Los datos proceden por una parte del archivo del INE, datos oficiales de INETER y por otra del estudio de factibilidad del proyecto Larreynaga elaborado por COINÉ ET BELLIER. Dichos datos se basan en las medidas climatológicas e hidrológicas efectuadas en las estaciones ubicadas cerca del sitio de emplazamiento del proyecto, de las cuales se presentan sus coordenadas y elevaciones en la tabla 11.

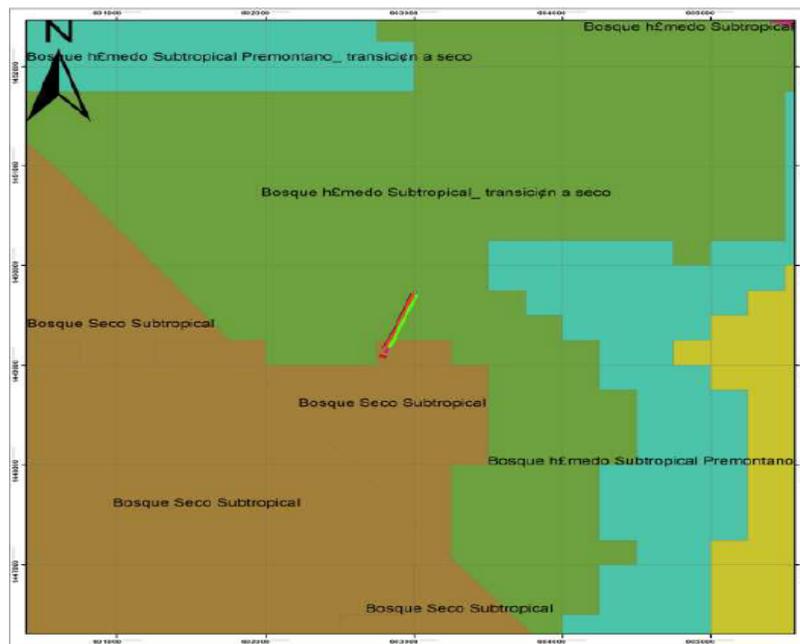
Tabla 10. Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas de la zona.

Nombre de la estación	Latitud N	Longitud W
Jinotega (N°. 055 020)	13° 05´	86° 00´
La Porfía (N°. 055 020)	13° 09´	86° 03´
Los Robles (N°. 055 020)	13° 10´	86° 57´

El clima del área de emplazamiento del proyecto es tropical, con dos estaciones, una estación húmeda de mayo a octubre y una seca de noviembre a abril. La mayor parte del área de captación del río Viejo tiene un clima tropical seco, con pequeñas extensiones de clima subtropical húmedo en la sección más septentrional (ver figura 14).

Existe tendencia a las precipitaciones que incrementan progresivamente desde el suroeste al noreste, por ejemplo, del lago de Managua al lago de Apanás. Casi todas las precipitaciones caen como lluvia convectiva durante la estación húmeda. Estas caen durante los primeros picos de la estación lluviosa (ejemplo, durante mayo-junio) un hecho que es vital para la erosión de los suelos y la producción de sedimento en el área de captación aguas arriba.

Figura 14. Mapa de zonas de vida según Holdridge para la zona de emplazamiento.



Nota: Adaptado de Barzev Radoslav et al, 2004.

- **Temperatura.**

La información disponible corresponde a las temperaturas medias mensuales observadas en las estaciones de Jinotega, la Porfía y los Robles que se presentan en el anexo 1, 2 y 3 respectivamente; el conjunto de dichos valores para cada una de las estaciones permitió proyectar a través de un modelo de tendencias y variaciones históricas la media anual, regido bajo una tendencia desigual, a través de la siguiente fórmula:

$$b = \frac{n \times \sum X \log Y - \sum \log Y \times \sum X}{n \times \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Ecuación 1

Los cálculos realizados mostraron que las temperaturas medias anuales bajan excepcionalmente a 17° C y suben al máximo hasta 22° C las medias mensuales varían entre un mínimo de 18. 5° C (enero) y 16° C (mayo).

- **Precipitaciones.**

Estas son muy útiles para estimar las aportaciones hidráulicas de corrientes y las crecidas, y también para apreciar las dificultades de operación y colocación de los terraplenes, así como de la ejecución de las excavaciones, ya que la dificultad aumenta con la importancia de las precipitaciones. Los datos disponibles son los registros diarios de las estaciones la Porfía, Jinotega y los Robles.

Esta información ha permitido proyectar la lluvia anual de cada una de las estaciones durante el período total de observación, que se presenta en la Tabla 12.

Tabla 11. Lluvia media anual en las estaciones climatológicas de la zona.

Estación	Lluvia media anual (mm)	Diferencia tipo (mm)
La Porfía	994	243
Jinotega	1214	241
Los Robles	1453	212

- **Humedad.**

Estos datos son muy importantes para apreciar la posibilidad de disminuir la humedad de los materiales arcillosos expuestos al aire, cuando dichos materiales están más

húmedos de lo que se desea. Este puede ser el caso de los materiales extraídos de la zona de préstamo. Los datos disponibles, presentados en anexo 4, 5 y 6, son valores medios mensuales observados en las tres estaciones de Jinotega, la Porfía y los Robles respectivamente. El anexo 4 presenta los valores medios anuales para cada una de las estaciones, analizados en la estación Jinotega. Las medias anuales están comprendidas entre 75% y cerca del 94%.

Las medias varían de 80% (abril) a 89% (Julio) durante el año; los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo presentan valores inferiores a 86-87%. Para los otros meses del año, la humedad relativa media está comprendida entre 88 y 89%. En cuanto a los valores de la diferencia tipo, ésta alcanza 7.4% en abril y se acerca al 3% entre junio y diciembre. Estos resultados muestran que será importante aprovechar los primeros 5 meses del año (enero a mayo incluido) para intentar sacar materiales arcillosos, si estos se revelan demasiado húmedos en operación en esta época también será prioridad realizar los trabajos de soldadura (ver en anexo 5 y 6)

- **Vientos.**

La información disponible, fue observada en la estación Jinotega, se refieren a las frecuencias medias mensuales por dirección, las velocidades medias mensuales por dirección y las velocidades máximas observadas cada mes durante el período de observación (ver en anexo 7 y 8).

La rosa de los vientos se obtuvo a través de la información disponible, la dirección dominante es el Norte (45% en frecuencia), seguida del Noreste y del Este (los dos con el 13% de frecuencia), la frecuencia y velocidad medias anuales de los vientos, tiene una incidencia directa en las obras civiles, ubicación de los edificios y equipos.

- **Evo Transpiración.**

La Evapotranspiración en el área de estudio varía entre 1060 y 1414 mm/año. (Coyne Et Bellier, 1979)

- **Calidad del Aire.**

La calidad del aire del área de influencia directa del Proyecto Central Hidroeléctrica Porterillo es considerada como buena, dadas las características naturales que la zona

posee. No se encuentran focos de contaminación relevantes que pudieran incidir sobre las condiciones primigenias del aire local, como lo sería la presencia de industrias o cualquier otra fuente generadora de contaminación.

El único problema que actualmente posee la zona es el polvo en suspensión que procede sobre todo de los caminos de tierra que cruzan este territorio, ya que no están recubiertos de ningún material. También inciden otras zonas deforestadas que presentan este mismo problema, el cual se agudiza en los meses de sequía cuando la velocidad del viento se incrementa hacia el suroeste.

5.7.1.5. Hidrología.

La hidrografía natural del río Viejo refleja un patrón de precipitación, que ha sido cambiado drásticamente por regulaciones del río aguas arriba del lago Apanás/planta Centroamérica. El patrón anual de escurrimiento está caracterizado por una elevada variación entre las estaciones seca y húmeda, y una descarga pico en febrero y junio. La descarga media computada, incluyendo la contribución actual del lago Apanás, en los Calpules (SweedPower/Norconsult 1994) ha sido estimado en 13.9 m³/s el cual puede ser comparado con la curva natural de duración del flujo. (COINE ET BELLIER Ingenieros Consultores, 1984)

Los datos hidrológicos comprenden los caudales y corrientes de los ríos Cacao y Viejo, los caudales excepcionales de las crecidas de los ríos Cacao, Salitre y Viejo y las aportaciones sólidas del río Cacao y procesos de erosión.

5.7.1.6. Hidrogeología

La región donde será emplazado el proyecto, de acuerdo a su fisiografía, geomorfología y geología, se caracteriza por conformar el macizo central montañoso que se caracteriza por la presencia de terrenos muy accidentados y originados por formaciones geológicas que van desde el paleozoico hasta el cuaternario reciente, dominando las rocas volcánicas con alguna presencia de rocas instructivas, sedimentarias y metamórficas, a excepción de los valles volcánicos que se caracterizan por la presencia de depósitos aluviales. (Coyne Et Bellier, 1979)

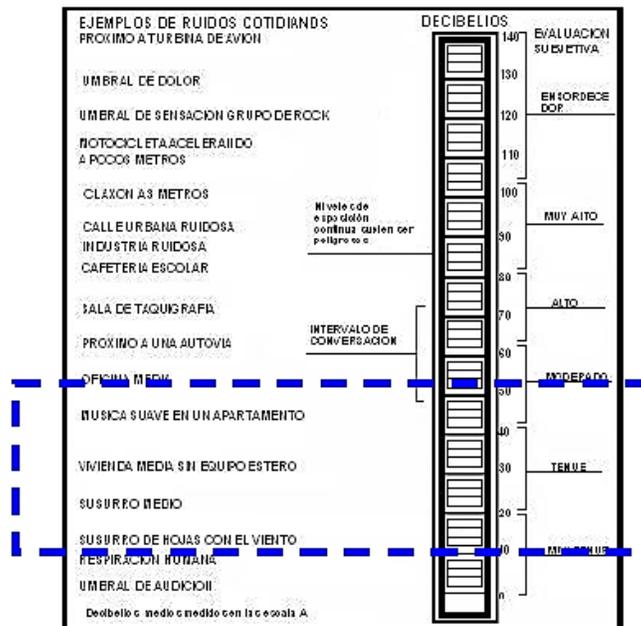
Ese mismo estudio muestra que el régimen de escurrimiento de la recarga subterránea drena en dirección a las dos salidas del acuífero, una siendo el curso del río Grande de Matagalpa por la que se escapan unos 16 MMC anuales, esta situación fue descubierta por Tahal y coincide que después de paso real, el río Grande deja de ser intermitente en la época lluviosa; a la salida por el río Viejo en el lago de la Virgen drena unos 5 MMC anuales. El volumen extraído en el año del estudio era de unos 21MMC anuales, sin embargo, con el incremento de las explotaciones de riego este aumento se ha cuadruplicado en la actualidad.

Es por eso la urgencia de actualizar el Balance Hídrico del valle tanto en la cuenca del río Viejo como en el Grande de Matagalpa, a fin de conocer la oferta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos y la demanda de los usuarios que utilizan las aguas para consumo humano y para la agricultura de riego. Es importante definir el consumo de agua en función de la importancia social, económica productiva y de la generación de energía para el desarrollo del país.

5.7.1.7. Ruido Ambiental.

Actualmente no existe un tráfico de vehículos constante, ni se localizan industrias, ni se realizan acciones humanas que sean capaces de producir alteraciones en los niveles bajos de ruido que posee el área de influencia del proyecto y de esta forma pudieran afectar directamente la tranquilidad de los pobladores del lugar. Cabe decir que los niveles de ruido en la zona se ubican en la escala de valoración subjetiva propuesta por CANTER 1997, entre los 15 a 50 decibeles (ver figura 15), que equivale desde el sonido tenue, generado por el susurro del viento en las hojas de los árboles, hasta un sonido moderado, similar al que se experimentaría dentro de una oficina de tamaño medio.

Figura 15. Niveles de ruido del área de incidencia directa del proyecto “central hidroeléctrica Porterillo”.



5.7.1.8. Calidad del Agua.

Los caudales del río Cacao, en el sitio de la presa del proyecto Porterillo son muy pequeños y no intervienen en la economía de dicho proyecto, destinado a returbinar los caudales vertidos por la planta Centroamérica. La cuenca vertiente controlada por la presa del proyecto Larreynaga tiene una superficie total de 11.2 km². Su caudal medio anual, evaluado en el estudio de factibilidad del proyecto es de 0.310 m³/s.

En el plan de manejo del agua durante la construcción se prevé mantener un caudal ecológico (mediante tuberías) de 0.5 m³/s. Ello implica una garantía que el proyecto no produciría ningún cambio significativo en caudal del río. En lo que se refiere a la cuenca vertiente del río Viejo, en el sitio de la planta del proyecto Porterillo, tiene una superficie de 380 km². Su caudal medio anual evaluado es de 5.0 m³/s aproximadamente.

Desde el punto de vista de los recursos, la sedimentación es un problema si causa una reducción significativa en el volumen útil de los embalses o si se necesita de tratamientos caros para potabilizar el agua. La sedimentación de los embalses, no obstante, puede ser un problema más significativo, en vista de que se carece de información confiable

que pueda reflejar la magnitud sobre el nivel de sedimentación que se experimenta en los embalses existentes.

5.7.1.9. Campos eléctricos y magnéticos.

Un estudio de impacto ambiental debe abordar exhaustivamente los campos eléctricos y magnéticos asociados con su operación. Los campos eléctricos se originan principalmente en las líneas de transmisión y equipos eléctricos empleados para la generación y distribución de energía. La intensidad y distribución de estos campos deben ser evaluadas para asegurar que cumplan con las regulaciones ambientales y de salud pública, minimizando cualquier posible efecto adverso en el entorno circundante y en las comunidades locales.

Por otro lado, los campos magnéticos son generados por la corriente eléctrica que fluye a través de las líneas de transmisión y equipos electromagnéticos dentro de la central hidroeléctrica. Estos campos, medidos en micro teslas (μT), deben ser cuidadosamente evaluados para comprender su impacto potencial en la salud humana y en el ambiente. Estrategias de mitigación pueden incluir el diseño adecuado de las líneas de transmisión, el uso de materiales de construcción que minimicen la dispersión de campos magnéticos y el monitoreo continuo para asegurar que los niveles de exposición estén dentro de los estándares aceptables. En conjunto, la evaluación rigurosa de estos factores electromagnéticos es esencial para garantizar que la central hidroeléctrica el Porterillo opere de manera segura y sostenible desde el punto de vista ambiental.

5.7.2. Medio biótico.

La construcción de la línea base ambiental para el medio biótico considero todos los aspectos relacionados a flora, fauna y atributos paisajísticos a través de un estudio de sus principales características, se establecieron una serie de relaciones ecológicas como escenarios de degradación y pérdida de bosques, todo esto, tomando como referencia los estudios de prefactibilidad realizados de previo en las cercanías del área de emplazamiento, fichas técnicas municipales, estudios de zonas de vida; sin embargo para veracidad y certeza se realizó un levantamiento forestal y estudio de la zona fáustica a través de la identificación de sus principales individuos.

5.7.2.1. Flora.

Solamente algunas pocas áreas en el drenaje dividido, algunas montañas y profundos cañones, son las excepciones. La historia que tiene el uso de la tierra, sin embargo, creó un paisaje cultural de gran valor medioambiental, ilustrando la interacción entre el hombre, la naturaleza y el uso de los recursos naturales. Este antiguo paisaje cultural, el cual en parte tiene un potencial de conservación por sí mismo, está ahora, cambiando rápidamente debido a la deforestación en combinación con el pastoreo intensivo.

Las zonas de vida identificadas en la cuenca del río y el área de influencia directa e indirecta del proyecto, de acuerdo con el sistema de clasificación Holdridge (1947), son:

- Bosque subtropical húmedo.
- Bosque subtropical seco.
- Bosque tropical muy seco.

Dentro del área de influencia se encuentra el ecosistema de bosque perennifolio premontano y bosque de coníferas (los robles y Yalí), los estratos de vida se pueden constatar en el anexo 9, 10 y 11.

Todas las asociaciones están relacionadas al clima y la altitud, excepto una adicional, la asociación azonal de bosques ribereños, los cuales se caracterizan particularmente por evidente inundación en la planicie del medioambiente ribereño a través del drenaje de la cuenca. (ver vegetación ribereña en el anexo 12).

Los prerrequisitos para una extensiva zona ribereña natural dentro del área del proyecto son escasos y primariamente localizados en el área de los Calpules y los Potrerillos. Sin embargo, debido a que estas áreas también comprenden las tierras más fértiles de la región ellas son exclusivamente usadas para la agricultura. Entre las especies predominantes en toda el área de estudio se pueden mencionar: Jiñocuabo (*Bursena simarouba*), Sacuanjoche (*Plumeria rubra*), Talalate (*Gyrocarpus americanus*), Guayabo (*Bourreria huanita*), Caraño (*Burseva graveolens*), y Quebracho (*Lysiloma divaricatum*). Estas especies logran alcanzar una altura promedio de 12 metros.

En los estratos intermedios las especies alcanzan alturas entre 5 y 7 metros, entre ellas se pueden mencionar: Pochote (*Bombacopsis quinata*), Copel (*Amphipterygium*

adstringens), Cornizuelo (*Acacia collinsii*), Copalchi (*Cortón spp.*), Chaperno (*Lonchocarpus spp.*), Vara blanca (*Casearia tremula*), y Leche de sapo (*Euphorbia schelectendalii*).

Los pinos perennifolios alcanzan alturas entre 20 a 30 cm (hasta 45 cm) de altura con un diámetro de 3 a 4 raramente de 2 o 5 gruesas rígidas, erectas, verdes amarillentos de 15 a 25 cm entre ellas se pueden mencionar: *Haematxylon*, *Curatella*, *Byrsonima crassifolia*, *Pinus oocarpa var*, *Quercus*, *Curatella americana*, *Calophyllum brasiliense*.

5.7.2.2. Fauna.

La mayoría de la vida acuática en el área del proyecto está influenciada por la regulación en la parte superior de la planta Centroamérica, cuyas aguas vienen de la parte extrema superior del río Tuma hacia el río Viejo. Actualmente no es la falta de agua o la reducción de torrentes naturales la que podría crear problemas ecológicos en el área de estudio. Por el contrario, el agua adicional es probablemente benéfica para muchas especies acuáticas.

Un factor adicional potencialmente negativo, particularmente para los peces puede ser un incremento en la carga de sedimentos proveniente de la captación. El cañón del río es un hábitat importante para varias especies de anfibios, aves y mamíferos. Además, de la nutria de la plata, tres especies de gatos, el tigrillo (*Feles Pardalis*), tigre (*Felis yagouarandi*) y el pequeño gato manchado (*Felis Tigrina*), son clasificados como vulnerables en la lista IUCN y también mencionados en apéndice I en CITES. De estos gatos solamente el pequeño gato manchado está limitado en los bosques ribereños y bosques húmedos subtropicales. Además, los otros dos habitan también en los hábitats circundantes, deteriorados por el hombre. Sin embargo, estas especies dependen indirectamente de los bosques ribereños y del río para refugiarse y en la abundancia adecuada de presas, así como también, el acceso al agua para tomar. En la figura 20, se puede observar un collage con algunas especies pertenecientes al componente faunístico para este proyecto.

Figura 16. Algunas especies pertenecientes al componente fauna.



Nota: Adaptado de MARENA, 2023.

Posiblemente los gatos, con excepción del tigre, están amenazados en el área por continuo deterioro del hábitat y la cacería. El puma (*Felis concolor*) y el jaguar (*Felis Pardus*) están extintos en esta área como resultado de estas actividades.

En conclusión, se puede afirmar que los escasos bosques ribereños incluyendo pocos sectores de bosques subtropicales húmedos en el cañón del río poseen los más diversos hábitats en el área de proyecto, tanto para animales como para las plantas. Estos también sirven como refugio para algunas especies de animales amenazados o en peligro; por su parte el proyecto no causará un impacto significativo con respecto a la situación actual y las medidas de reforestación previstas, tienden a mejorar la calidad de los hábitats anteriormente mencionados.

- **Paisaje.**

La evaluación del paisaje se hizo en base a los atributos paisajísticos en el área de estudio, dividiendo en tres grandes grupos paisajísticos:

Alta visibilidad.

Viene dada por las características geomorfológicas de la región de fuertes pendientes, valles y cañones dominados por el río. (COINE ET BELLIER Ingenieros Consultores, 1984)

Figura 17. Vista panorámica de un paisaje de alta visibilidad.



Mediana calidad paisajística.

Se contraponen elementos de alto valor paisajístico como lo es geomorfología montañosa, con grandes fondos escénicos, pero estos se encuentran unidos a elementos que degradan el valor del paisaje como lo es la escasa vegetación (deforestación) y alta intervención humana en el uso del suelo, que denotan monotonía en el color y ausencia de formas de agua.

Alta fragilidad.

Está dada fundamentalmente por las pendientes, la orientación de éstas, la escasez de vegetación, suelos descubiertos. Ello implica que deben cumplirse rigurosamente las medidas contempladas en el plan de manejo del suelo en cuanto a los bancos de préstamo y los cortes en la presa para evitar que aumente la fragilidad inducida por el proyecto. La presa o reservorio puede contribuir a mejorar la calidad escénica del Valle, también el proyecto de reforestación de la cuenca de captación puede mejorar considerablemente la calidad paisajística del área del proyecto.

Figura 18. Vista panorámica de un paisaje de alta fragilidad.



5.7.3. Medio socioeconómico.

La descripción del medio socioeconómico se realizó a través de estudios etnográficos, recopilación de información in situ, estudios arquitectónicos para evaluar a nivel general las características de la vivienda, entrevistas y grupos focales; sin embargo, la línea base ambiental para el factor socioeconómico y cultura no contempla diversos aspectos por tratarse de una zona rural.

5.7.3.1. Sistema de asentamientos.

La población del área de captación aguas arriba del proyecto, es muy poca. No existe censo real del área, sin embargo, algunos datos reflejan que el promedio de densidad poblacional en el área de captación de los ríos Viejo y Sinecapa fue estimada por el entonces instituto de recursos naturales y del ambiente (IRENA) en 1981 para un valor de 31 habitantes/km². La distribución regional se muestra en la siguiente tabla, la cual indica que poblaciones cada vez más pequeñas que el promedio en las áreas aguas arriba influyen el proyecto.

Tabla 12. Densidad población por distrito en la zona de influencia indirecta.

Distrito	Densidad de población/ km²	Población (% rural)
San Rafael del Norte	12	56
Larreynaga	21	73
Sébaco	28	100
San Isidro	28	100

Nota: Adaptado de Martínez Bermúdez, 2004.

Entre los poblados de Cuisila y Santa Bárbara se ubica el pequeño asentamiento humano conformado por aproximadamente 200 personas (a razón de 6 personas por cada unidad habitacional) que corresponde al área de influencia directa del proyecto. Este asentamiento posee características semi rurales, en estado concentrado ya que las viviendas no se encuentran tan dispersas unas de otras, aproximadamente a 30 metros. El nivel de escolaridad es primaria concluida.

5.7.3.2. Transporte y vialidad.

La accesibilidad hacia este pequeño asentamiento es muy fácil, realizándose a través de vías pavimentadas que se derivan de la carretera adoquinada de tipo privada que conduce a la presa Centroamérica o desde la vía principal Jinotega – San Rafael, a través de un camino de macadán (figura 23). La mayoría de estos caminos fueron mejorados gracias a un proyecto de rehabilitación, como el camino que lleva directamente a la nueva presa.

Figura 19. Camino de acceso al área de la presa.



Otros caminos de esta área no poseen revestimiento y se caracterizan por afloraciones rocosas que dificultan el tránsito de vehículos de poca altura, pero que no impiden la circulación de camiones y camionetas de doble tracción que son los vehículos que generalmente circulan. Se cuenta con transporte urbano colectivo desde la ciudad de Jinotega con dos terminales y cinco estaciones.

5.7.3.3. Acueducto y alcantarillado.

No poseen redes de agua potable comercial, el agua es proporcionada por la empresa nicaragüense de electricidad, es procedente de una planta de tratamiento que se realizó con financiamiento y asesoría técnica de la empresa nicaragüense de electricidad cuenta con un sistema de filtración en múltiple etapa y desinfección por hipoclorito de sodio, es procedente de fuente subterránea.

Existe un sistema de drenaje pluvial en la vía principal de acceso, pero no se cuenta puntualmente con una red de drenaje pluvial, por lo tanto, los pobladores desvían el agua pluvial de sus viviendas hacia la vía principal. No se cuenta con redes de drenaje sanitario, pero si con soluciones individuales como letrinas y fosas sépticas las aguas grises provenientes de la cocina y las aguas tinturadas producto de las actividades de limpieza y lavado son drenadas hacia la vía principal sin provocar olores desagradables.

5.7.3.4. Tratamiento de desechos sólidos.

No hay ingreso del tren de aseo municipal, el tratamiento de los desechos sólidos se realiza de forma individual con la quema al aire libre; las condiciones geológicas de los territorios aledaños al asentamiento favorecen a la construcción de un relleno sanitario. La forma de recolección adecuada debe ser sobre la vía principal con una frecuencia de dos veces a la semana como mínimo.

5.7.3.5. Hábitat.

Este asentamiento está conformado en su mayoría por viviendas cuya tipología es tradicional de los sectores semirurales, caracterizadas por cubierta de zinc, construidas principalmente de bloque de barro o concreto y combinada con madera (mixto o “minifalda”); se puede observar que tiene máximo dos ambientes y un tercero fuera de la vivienda que corresponde al área de la cocina o al baño. Cada casa está cercada por una barda de postes de madera y alambre de púas, que normalmente se combinan con árboles, para mayor precisión del esquema típico de vivienda en la zona, ver figura 24. El número de viviendas de esta zona que serán afectadas directamente por el proceso de construcción de la presa es de cuatro (4), esta población debe ser reasentada porque las mismas se ubican exactamente en el área de inundación (reservorio).

Figura 20. Viviendas en la zona.



Además de éstas, las viviendas ubicadas en el caserío de la parte superior alta del área de la presa, que aproximadamente suman 20 viviendas y es donde se concentra la mayoría de la población, quedarán afectadas por la inundación de sus parcelas en la parte baja por el reservorio en mención. Todas estas personas deberán ser indemnizadas por el ente ejecutor de la obra, en este caso además se deberá incorporar tanto a la vivienda como a las actividades económicas de sobrevivencia de éstas.

Las viviendas cuentan con un espacio de área verde en la zona de acceso de la vivienda con plantas ornamentales y de árboles frutales en la parte trasera, no se cuenta con un espacio destinado para parqueo, en algunos casos se utiliza la zona de acceso; se encuentran rodeadas de un paisaje septentrional con pendientes inclinadas y en una zona de alto valor ecológico.

5.7.3.6. Espacios públicos.

Se cuenta con un campo de béisbol como único espacio de recreación público; ese mismo sitio está destinado para realizar actividades políticas y religiosas.

5.7.3.7. Paisaje urbano.

No aplica porque se trata de una zona semirural.

5.7.3.8. Equipamiento de servicios.

Se detectaron redes telefónicas en el área de influencia directa, se cuenta con servicio de cable, ya se cuenta con el servicio de internet. Cuentan con un puesto de salud que

presta las condiciones adecuadas para atender a la pequeña cantidad de población asentada en esa localidad; el nivel de escolaridad es primaria concluida y se cuenta con una pequeña escuela capaz de atender a la población en edad escolar hasta nivel básico; se cuenta con una iglesia católica en la localidad.

5.7.3.9. Regulaciones urbanas y arquitectónicas.

El municipio no cuenta con un plan de regulaciones urbanas y arquitectónicas.

5.7.3.10. Salud.

El sistema de salud del municipio de Jinotega cuenta con un hospital departamental, un hospital primario, un centro de salud, 22 puestos de salud, 1 filial del instituto de medicina natural y terapias complementarias, 1 casa materna con 55 camas, 1 casa para personas con necesidades especiales, 1 clínica de atención de medicina natural y terapias complementarias, 1 clínica del manejo del dolor y 2 clínicas de salud mental.

Dispone 6 ambulancias por cada 10 000 habitantes hay 18 camas hospitalarias, 13 médicos, 8 enfermeras, 8 auxiliares de enfermería y 10 técnicos de la salud.

Enfermedades diarreicas, respiratorias, enfermedades de la piel, parásitos, control y desarrollo de embarazos. Las principales causas de morbilidad son: EDA (enfermedad diarreica aguda), ERA (enfermedad respiratoria aguda), Parasitosis, IVU (infección de vías urinarias), escabiosis, malaria y dengue clásico, pudiéndose observar que la mayoría están relacionadas con el acceso al suministro de agua potable y el saneamiento ambiental por factores como vectores, basura y excretas. (Ministerio de salud, 2023)

5.7.3.11. Calidad de vida.

No se realizó un estudio de la calidad de vida, por factor tiempo y limitaciones económicas por lo tanto es un componente que no se podrá evaluar a detalle.

5.7.3.12. Factores socioculturales.

No hay un inventario señalado para los elementos del patrimonio histórico, no hay zonas en estudio ni restringidas no ha sido identificado el patrimonio cultural y no hay presencia de comunidades indígenas en la zona de influencia.

Las conductas socialmente aprendidas en la zona del proyecto están relacionadas con el manejo de residuos sólidos, costumbres alimenticias, costumbres sociales, religión practicada, en este caso el catolicismo. Los domingos la mayoría de la población se concentra a primeras horas de la mañana en la iglesia católica de la localidad, seguido de esto en su mayoría los hombres asisten a juegos de béisbol en un campo que funciona como plaza para las actividades religiosas o congregaciones políticas.

5.7.3.13. Vulnerabilidad.

No se encuentra en una zona de riesgo sísmico, riesgos volcánicos o riesgos por tsunamis. La geomorfología del terreno hace casi imposible el riesgo por inundación sin embargo esta misma favorece en gran porcentaje el riesgo por deslizamiento.

5.7.3.14. Economía.

La población del área de afectación directa posee una economía agrícola de subsistencia, dedicándose mayoritariamente a la siembra de remolacha, zanahoria, lechuga, frijoles, maíz, cebolla, papas, sorgo y repollo. Hasta hace algunos años existía una considerable actividad ganadera en la zona, pero debido a las malas condiciones para la alimentación del ganado, tuvo que desplazarse esta actividad a otras zonas que facilitaran mejores condiciones, aunque se pudo observar la circulación de algunas reses.

La cantidad de parcelas por familia va de un cuarto (1/4) de manzana a cinco (5) manzanas o más, siendo la principal problemática que mientras más alejada se encuentra la parcela del río, mayores son las dificultades para el riego de los cultivos y los suelos son de poca capacidad para los cultivos de subsistencia, por lo que se debe recurrir a la compra de fertilizantes, el abuso de agroquímicos y pesticidas.

Entre la vegetación que más predomina en el área del futuro reservorio se encuentran especies de poco valor comercial y árboles frutales como el mango, mamón, cacao, plátano y limón dulce, entre otros. Se pudo observar cerca de la zona que para las labores agrícolas se aprovechan las aguas de la presa Centroamérica, las cuales son canalizadas por gravedad a través de gruesas mangueras, lo que podría sugerir que el

agua de este nuevo reservorio podría ser aprovechado para riego en las labores agrícolas locales.

En la zona de influencia del proyecto se observó en la obra de captación “río Cacao” una deforestación excesiva, actividad agrícola, asentamiento humano, uso de insumos químicos y aprovechamiento del cuerpo de agua, no se requiere de habilitar caminos solo de acondicionarlos, tienen línea de transmisión habilitada, crianza de porcina, planta procesadora de carne, acopio vegetal (repollo, zanahoria, papas), área turística (La Brellera), escuela e iglesia.

5.7.3.15. Dependencia de servicios.

La población debe migrar para obtener la educación a nivel medio o nivel superior a la ciudad de Jinotega o Matagalpa. No hay migración de la población en la búsqueda de trabajo pues la mayoría se dedican a la agricultura en las parcelas ubicadas en la zona.

Existe dependencia en los servicios de salud, cuando el centro ubicado en la localidad no puede dar una respuesta para las condiciones médicas los pacientes son trasladados al Hospital departamental de Jinotega ubicado a aproximadamente 40 kilómetros de la localidad.

5.7.3.16. Fuentes energéticas.

La zona se encuentra dotada de energía eléctrica en un 100% por una línea de alta tensión de la planta hidroeléctrica Centroamérica, la fuente de suministro de energía es directa y permanente. El nivel de consumo estimado es de 0,01 MV/h; la fuente productora se encuentra en excelente estado y no hay riesgos directos por contaminación electromagnética. (COINE ET BELLIER Ingenieros Consultores, 1984)

5.8. Identificación, evaluación y análisis de los impactos ambientales.

- **Identificación de impactos ambientales negativos para la etapa de construcción.**

En la tabla 14 se identifican los factores del medio ambiente que pueden verse afectados durante la etapa de construcción.

Tabla 13. Identificación de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de construcción.

Etapa del proyecto	Código	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental
CONSTRUCCIÓN	C1M2	Preliminares y Movimiento de tierra	Calidad de aire	Aumento de la presencia de material particulado
	C1M3		Ruido Ambiental	Aumento de los niveles de ruido
	C1M5-E1		Hidrología subterránea	Disminución de la infiltración por compactación de suelos
	C1M5-E2		Hidrología superficial	Cambio del régimen de escorrentía superficial
	C1M6		Suelo	Pérdida de suelos
	C1M7		Vegetación	Pérdida de cobertura vegetal
	C1M8		Fauna	Pérdida de hábitat
	C1M11		Sistema de asentamientos	Reasentamiento de la población
	C1M12		Transporte y viabilidad	Aumento de la circulación de vehículos y maquinarias
	C1M15		Tratamiento de desechos sólidos	Generación de desechos
	C1M25		Economía	Aumento del valor del suelo
	C2M2	Excavaciones	Calidad de aire	Aumento de la presencia de material particulado
	C2M3		Ruido Ambiental	Aumento de los niveles de ruido
	C2M4		Geomorfología y geomorfología	Riesgo de deslizamientos
	C2M5		Hidrología subterránea	Cambios en la estructura del acuífero
	C2M6		Suelos	Riesgos de derrumbes
	C2M7		Vegetación	Pérdida de la capa vegetal
	C2M8		Fauna	Pérdida del hábitat
	C2M9		Paisaje	Intrusión visual
	C2M12		Transporte y viabilidad	Aumento de la circulación vehicular y de maquinarias
	C2M15		Tratamiento de desechos sólidos	Generación de desechos
	C2M22		Calidad de vida	Molestias por excavaciones de maquinarias pesadas
	C3M2	Voladuras con explosivos	Calidad de aire	Aumento de la presencia de partículas de polvo en el aire
	C3M3		Ruido Ambiental	Aumento de los niveles de ruido
	C3M5		Hidrología subterránea	Cambios en la estructura del acuífero
	C3M6		Suelos	Riesgos de derrumbes
	C3M6		Vibraciones	Riesgos por deslizamientos
	C3M7		Vegetación	Perdida de la capa vegetal
	C3M8		Fauna	Perdida del hábitat
	C3M9		Paisaje	Intrusión visual
	C3M12		Transporte y viabilidad	Aumento de la circulación vehicular y de maquinarias
	C3M15		Tratamiento de desechos sólidos	Generación de residuos producto del uso de explosivos
	C3M22		Calidad de vida	Molestias el uso de explosivos
	C4M2	Construcción de muro y bocatoma	Calidad del Aire	Partículas en suspensión
	C4M3		Ruido Ambiental	Aumento de los niveles de ruido
	C4M5		Hidrología	Cambio del régimen de escorrentía superficial
	C4M8		Fauna	Pérdida del hábitat
	C4M12	Transporte y viabilidad	Aumento de la circulación de vehículos y maquinarias	
	C5M2	Recubrimiento de concreto	Calidad del Aire	Partículas en suspensión
	C5M3		Ruido Ambiental	Aumento de los niveles de ruido
	C5M5		Hidrología subterránea	Cambios en la estructura del acuífero
	C5M6		Vibraciones	Riesgos por deslizamientos
C5M9	Paisaje		Intrusión visual	
C5M12	Transporte y viabilidad		Incremento de la circulación de maquinaria pesada	
C5M15	Tratamiento de desechos sólidos		Generación de desechos de construcción	
C6M2	Impermeabilización y acabados	Calidad de Aire	Partículas en suspensión	
C6M3		Ruido Ambiental	Aumento de niveles de ruido	
C6M12		Transporte y viabilidad	Aumento de circulación vehicular y máquinas	

- **Matriz causa-efecto para la etapa de construcción.**

Esta matriz ayuda a visualizar las relaciones entre las actividades del proyecto y sus consecuencias sobre los factores ambientales identificados en la matriz anterior.

Tabla 14. Matriz causa-efecto de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el porterillo” en la etapa de construcción.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO CENTRAL HIDROELÉCTRICA							
MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS						M001	
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN					
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO					
		Preliminares y movimiento de tierra	Excavaciones	Voladuras con explosivos	Construcción de muro y bocatoma	Recubrimiento de concreto	Impermeabilización y acabados
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CLIMA	M1						
CALIDAD DEL AIRE	M2	X	X	X	X	X	X
RUIDO AMBIENTAL	M3	X	X	X	X	X	X
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4		X				
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5	X	X	X	X	X	
SUELO	M6	X	X	X	X	X	
VEGETACION	M7	X	X	X			
FAUNA	M8	X	X	X	X		
PAISAJE	M9		X	X		X	
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10						
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11	X					
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12	X	X	X	X	X	X
ACUEDUCTO	M13						
ALCANTARILLADO	M14						
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15	X	X	X		X	
HABITAT HUMANO	M16						
ESPACIOS PUBLICOS	M17						
PAISAJE URBANO	M18						
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19						
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20						
SALUD	M21						
CALIDAD DE VIDA	M22		X	X			
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23						
VULNERABILIDAD	M24						
ECONOMIA	M25	X					
RELACIONES DEPENDENCIA	M26						
FUENTES ENERGETICAS	M27						

- **Matriz de valoración de impactos ambientales para la etapa de construcción.**

Aquí se valoran cuantitativamente los impactos identificados y sus efectos en la matriz causa-efecto. Para ello, se asigna una puntuación a cada impacto.

Tabla 15. Valoración de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de construcción.

Tabla No.: Matriz de Valorización de Impactos Ambientales Negativos, generados durante la Construcción del Proyecto.														M002																								
I M P A C T O S	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																																					
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12																					
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Incierto	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo	Periférico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total	Importancia I ⁺ = (-3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + P.SI)	Valor Máximo de Importancia
	Naturaleza	Intensidad (grado)	Extensión (Área de)		Momento	Persistencia	Reversibilidad		Acumulación	Probabilidad	Efecto	Periodicidad	Percepción Social (Grado)		S	S																						
Signo	I	Ex		Mo	Pr	Rv		Ac	Pb	Ef	Pr	PS		S	S																							
C1M2	(-)	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	4	40	100																							
C1M3	(-)	4	2	4	2	2	2	2	2	4	2	4	38	100																								
C1M5	(-)	8	2	4	2	2	2	4	2	4	1	4	51	100																								
C1M6	(-)	1	2	2	2	4	2	2	1	4	1	2	25	100																								
C1M7	(-)	1	2	2	2	4	2	2	1	4	1	2	25	100																								
C1M8	(-)	2	2	2	4	4	2	2	4	1	2	2	31	100																								
C1M11	(-)	2	2	2	2	2	2	2	4	1	2	4	29	100																								
C1M12	(-)	2	1	4	2	2	2	1	4	1	4	2	28	100																								
C1M15	(-)	2	2	4	2	2	2	2	4	1	2	2	29	100																								
C1M25	(-)	2	4	4	2	2	2	2	4	4	2	2	36	100																								
C2M2	(-)	2	2	4	2	2	2	2	2	4	2	2	30	100																								
C2M3	(-)	4	2	2	4	4	4	4	2	4	2	4	42	100																								
C2M4	(-)	2	2	4	2	2	2	2	2	4	1	2	29	100																								
C2M5	(-)	4	2	2	4	4	4	4	2	4	2	2	40	100																								
C2M6	(-)	2	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2	28	100																								
C2M7	(-)	4	4	2	2	4	2	4	4	2	1	8	45	100																								
C2M8	(-)	8	1	4	4	4	1	1	4	1	4	4	49	100																								
C2M9	(-)	8	1	4	4	2	1	4	4	1	8	8	54	100																								
C2M12	(-)	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	34	100																								
C2M15	(-)	1	1	2	2	2	1	1	4	1	1	2	19	100																								
C2M22	(-)	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	4	32	100																								
C3M2	(-)	4	4	4	2	2	2	2	4	4	2	4	44	100																								
C3M3	(-)	8	4	4	2	2	2	1	4	4	1	8	58	100																								
C3M5	(-)	4	2	2	4	4	2	4	1	1	2	2	36	100																								
C3M6	(-)	4	2	2	2	2	2	2	4	4	1	2	35	100																								
C3M7	(-)	2	2	4	2	2	2	1	4	4	1	4	32	100																								
C3M8	(-)	8	2	4	4	4	2	4	4	1	2	2	53	100																								
C3M9	(-)	4	1	2	2	2	1	2	4	1	4	4	32	100																								
C3M12	(-)	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	4	19	100																								
C3M15	(-)	8	2	4	2	2	2	2	4	4	1	2	49	100																								
C3M22	(-)	2	2	4	2	1	2	2	4	1	8	8	34	100																								
C4M2	(-)	4	1	4	2	2	2	2	4	4	1	2	35	100																								
C4M3	(-)	2	1	4	2	1	1	4	4	1	2	2	27	100																								
C4M5	(-)	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	100																								
C4M8	(-)	4	2	2	4	4	4	2	4	4	4	4	44	100																								
C4M12	(-)	2	1	2	4	2	2	4	1	4	2	2	29	100																								
C5M2	(-)	4	2	2	2	2	2	4	4	2	4	4	38	100																								
C5M3	(-)	2	1	2	2	2	2	4	1	2	2	4	27	100																								
C5M5	(-)	8	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	68	100																								
C5M6	(-)	4	2	4	2	1	2	4	1	2	4	4	36	100																								
C5M9	(-)	12	4	2	4	4	4	4	4	4	4	8	78	100																								
C5M12	(-)	2	1	2	2	2	2	2	4	4	8	8	34	100																								
C5M15	(-)	4	2	2	2	2	4	4	1	4	4	4	39	100																								
C6M2	(-)	4	1	2	1	1	2	2	1	2	4	4	29	100																								
C6M3	(-)	2	1	2	2	1	1	2	1	2	4	4	23	100																								
C6M12	(-)	2	1	2	2	1	2	2	1	1	4	4	23	100																								

- **Matriz de importancia de impactos ambientales negativos para la etapa de construcción.**

La matriz de importancia se construye a partir de la matriz de valoración de impactos, dando un peso o jerarquización a cada impacto según su importancia relativa. El factor ambiental más impactado: Hidrología superficial y subterránea, y paisaje.

Tabla 16. Importancia de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de construcción.

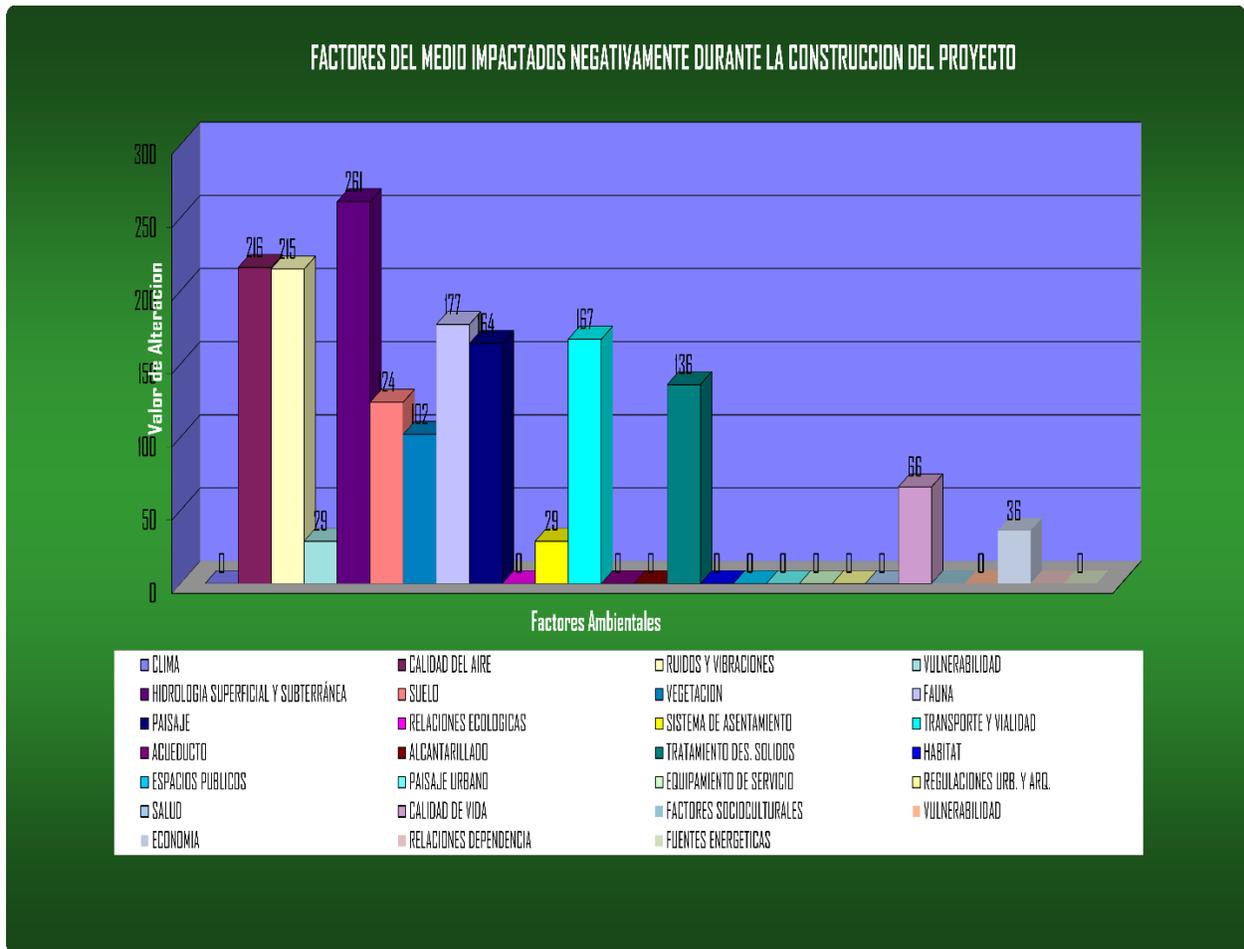
MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS								M003		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCION								
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO						Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
		Preliminares y Movimiento de tierra	Excavaciones	Voladuras con explosivos	Construcción de muro y bocanoma	Recubrimiento de concreto	Impermeabilización y acabados			
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6			
CLIMA	M1							0		
CALIDAD DEL AIRE	M2	40	30	44	35	38	29	216	600	36.00
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3	38	42	58	27	27	23	215	600	35.83
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4		29					29	100	29.00
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5	51	40	36	76	58		261	500	52.20
SUELO	M6	25	28	35		36		124	400	31.00
VEGETACION	M7	25	45	32				102	300	34.00
FAUNA	M8	31	49	53	44			177	400	44.25
PAISAJE	M9		54	32		78		164	300	54.67
RELACIONES ECOLOGICAS	M10							0		
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11	29						29	100	29.00
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12	28	34	19	29	34	23	167	600	27.83
ACUEDUCTO	M13							0		
ALCANTARILLADO	M14							0		
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15	29	19	49		39		136	400	34.00
HABITAT	M16							0		
ESPACIOS PUBLICOS	M17							0		
PAISAJE URBANO	M18							0		
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19							0		
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20							0		
SALUD	M21							0		
CALIDAD DE VIDA	M22		32	34				66	200	33.00
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23							0		
VULNERABILIDAD	M24							0		
ECONOMIA	M25	36						36	100	36.00
RELACIONES DEPENDENCIA	M26							0		
FUENTES ENERGETICAS	M27							0		
Valor Medio de Importancia				37.43						
Dispersión Típica				12.93						
Rango de Discriminación		24.50					50.36		26	
Valor de la Alteración		332	402	392	211	310	75	1722		
Máximo Valor de Alteración		1000	1100	1000	500	700	300		4600	
Grado de Alteración		33	37	39	42	44	25			
Valor por encima del rango										
Valor dentro del rango										
Valor por debajo del rango										

Valor por encima del rango		IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS CRÍTICOS
Valor dentro del rango		IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS MODERADOS
Valor por debajo del rango		IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS IRRELEVANTES

- **Histograma de los factores del medio impactados en la etapa de construcción.**

Finalmente, se construye un histograma para visualizar de manera grafica la importancia de los impactos sobre cada factor ambiental, esto facilita la interpretación y priorización de las medidas de mitigación.

Figura 21. Histograma de los factores del medio impactados de forma negativa durante la construcción



- **Identificación de impactos negativos para la etapa de operación.**

Esta estructura es útil para planificar y gestionar los impactos ambientales de un proyecto de operación, permitiendo identificar las áreas de mayor preocupación y las actividades que causan esos impactos.

Tabla 17. Identificación de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.

Etapa del proyecto	Código	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental
Operación	01M5-E1	Actividades básicas de oficina	Hidrología subterránea y superficial	Aporte de los residuos líquidos y sólidos peligrosos y no peligrosos en los acuíferos superficiales, subterráneos y escorrentía natural.
	01M6-E1		Suelo	Contaminación de suelos por generación de lixiviados o liberación paulatina de contaminantes.
	01M7-E1		Vegetación	Perdida de la cobertura vegetal.
	01M8-E1		Fauna	Perdida del recurso faunístico por el deterioro del componente abiótico.
	01M9-E1		Paisaje	Deterioro de la calidad visual.
	01M10-E1		Relaciones ecológicas	Modificación en las relaciones interespecíficas de los individuos.
	01M15-E1		Tratamiento de desechos sólidos	Generación de residuos con gestión especial.
	01M21-E1		Salud	Generación de vectores
	02M2-E2	Operación y mantenimiento preventivo general y correctivo de los equipos mayores, menores y auxiliares	Calidad de aire	Emisión de GEI por los motores de combustión interna y volatilización de compuestos aromáticos
	02M3-E2		Ruido Ambiental	Aumento de los niveles de ruido
	02M5-E1		Hidrología subterránea y superficial	Aporte de los residuos líquidos y sólidos peligrosos y no peligrosos en los acuíferos superficiales, subterráneos y escorrentía natural
	02M6-E2		Suelo	Contaminación de suelos por disposición final inadecuada de residuos sólidos y líquidos peligrosos y no peligrosos.
	02M7-E1		Vegetación	Perdida de la cobertura forestal
	02M8-E2		Fauna	Perdida de hábitat
	02M9-E1		Paisaje	Deterioro de la calidad visual.
	02M10-E2		Relaciones ecológicas	Modificación de flora y fauna debido a cambios en el hábitat
	02M12-E1		Transporte y Viabilidad	Deterioro de infraestructuras viales.
	02M15-E2		Tratamiento de desechos sólidos	Generación de Des. Sólidos no peligrosos y peligrosos
	02M21-E2		Salud	Riesgos de accidentes laborales
	02M22-E1		Calidad de vida	Desplazamiento de la población.

- **Matriz causa – efecto para la etapa de operación.**

Esta matriz proporciona una forma estructurada de evaluar los impactos ambientales negativos del proyecto durante su funcionamiento.

Tabla 18. Matriz causa-efecto de impactos ambientales negativos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS		M004		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: OPERACIÓN		
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO		
		Actividades básicas de oficinas	Operación y mantenimiento preventivo general y correctivo de los equipos mayores, menores y auxiliares	
FACTOR	COD	O1	O2	
CLIMA	M1			
CALIDAD DEL AIRE	M2		X	
RUIDO AMBIENTAL	M3		X	
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4			
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5	X	X	
SUELO	M6	X	X	
VEGETACION	M7	X	X	
FAUNA	M8	X	X	
PAISAJE	M9	X	X	
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10	X	X	
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11			
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12		X	
ACUEDUCTO	M13			
ALCANTARILLADO	M14			
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15	X	X	
HABITAT HUMANO	M16			
ESPACIOS PUBLICOS	M17			
PAISAJE URBANO	M18			
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19			
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20			
SALUD	M21	X	X	
CALIDAD DE VIDA	M22		X	
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23			
VULNERABILIDAD	M24			
ECONOMIA	M25			
RELACIONES DEPENDENCIA	M26			
FUENTES ENERGETICAS	M27			

- **Matriz de valoración de impactos ambientales para la etapa de operación.**

Permite identificar y evaluar los posibles impactos ambientales, así como proponer medidas preventivas para minimizar los impactos ambientales del proyecto.

Tabla 19. Valoración de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.

I M P A C T O S	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS												Importancia [I= (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia																									
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12																											
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica			Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Inclerto	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total
	Naturaleza	Intensidad (grado de beneficio)	Extensión (Area de influencia)		Momento (Plazo de Manifestación)	Persistencia (Permanencia del Efecto)	Reversibilidad (Recuperabilidad)	Acumulación (Incremento Progresivo)	Probabilidad (Certidumbre de Aparición)	Efecto (Relación Causa-Efecto)	Periodicidad (Regularidad de Manifestación)	Percepción Social (Grado de Percepción del Impacto por la Población)																											
	Signo	I	Ex	Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S			S																								
01M5-E1	(-)	2	2	4	2	4	4	2	4	2	1	33	100																										
01M6-E1	(-)	1	1	3	1	2	2	2	1	1	1	18	100																										
01M7-E1	(-)	2	2	4	4	4	4	2	4	2	4	38	100																										
01M8-E1	(-)	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	18	100																										
01M9-E1	(-)	2	2	3	2	4	4	2	1	2	2	30	100																										
01M10-E1	(-)	2	2	3	4	4	4	2	1	2	1	31	100																										
01M15-E1	(-)	4	2	4	1	1	1	4	4	2	1	34	100																										
01M21-E1	(-)	2	2	3	2	2	2	2	4	1	1	27	100																										
02M2-E2	(-)	1	1	3	2	1	2	4	4	2	1	24	100																										
02M3-E2	(-)	1	2	4	4	1	4	4	4	4	1	33	100																										
02M5-E1	(-)	2	2	4	2	4	4	2	4	2	1	33	100																										
02M6-E2	(-)	2	4	2	2	4	4	4	4	2	1	37	100																										
02M7-E1	(-)	2	2	4	4	4	4	2	4	2	4	38	100																										
02M8-E2	(-)	2	2	3	2	4	4	2	4	1	2	32	100																										
02M9-E1	(-)	2	2	3	2	4	4	2	1	2	2	30	100																										
02M10-E2	(-)	2	2	3	4	4	4	2	1	2	1	31	100																										
02M12-E1	(-)	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	48	100																										
02M15-E2	(-)	4	2	4	1	1	1	4	4	2	1	34	100																										
02M21-E2	(-)	4	1	4	4	4	4	2	4	4	2	42	100																										
02M22-E1	(-)	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	48	100																										

- **Matriz de importancia de impactos ambientales negativos para la etapa de operación.**

Esta matriz permite priorizar los factores ambientales que se verán más afectados durante la operación del proyecto.

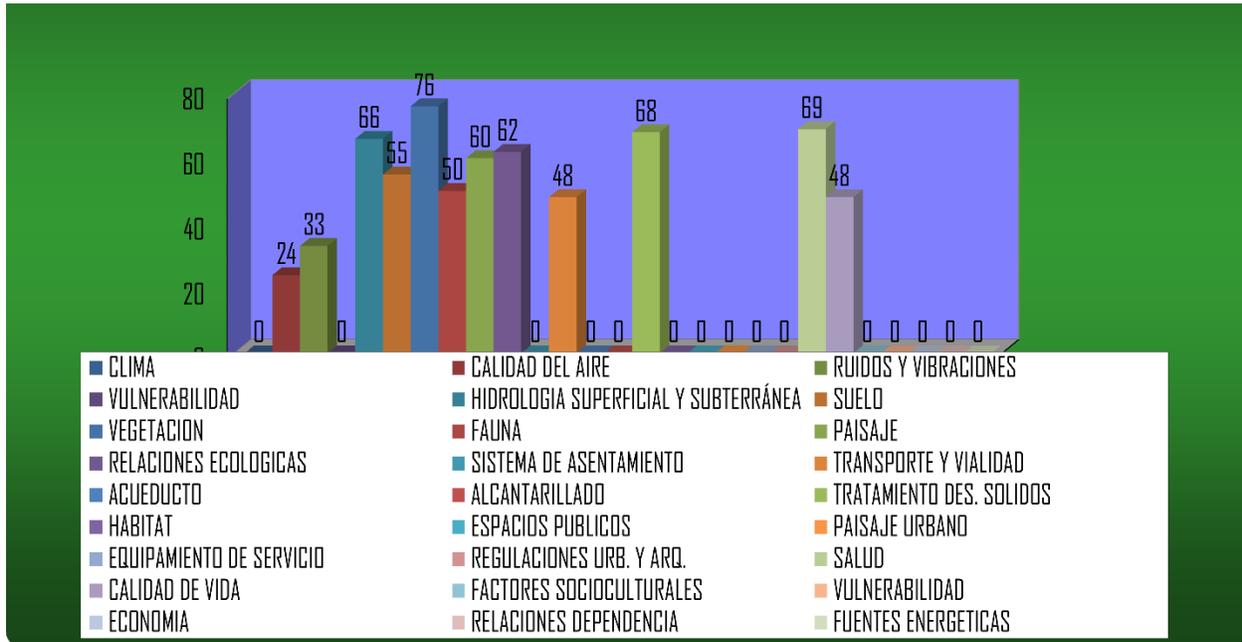
Tabla 20. Importancia de impactos para el proyecto “central hidroeléctrica el Porterillo” en la etapa de operación.

FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: OPERACIÓN							
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO					Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
		Actividades básicas de oficinas	Operación y mantenimiento preventivo general y correctivo de los equipos mayores,						
FACTOR	COD	O1	O2						
CLIMA	M1					0			
CALIDAD DEL AIRE	M2		24			24	100	24	
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3		33			33	100	33	
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4					0			
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5	33	33			66	200	33	
SUELO	M6	18	37			55	200	28	
VEGETACION	M7	38	38			76	200	38	
FAUNA	M8	18	32			50	200	25	
PAISAJE	M9	30	30			60	200	30	
RELACIONES ECOLOGICAS	M10	31	31			62	200	31	
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11					0			
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12		48			48	100	48	
ACUEDUCTO	M13					0			
ALCANTARILLADO	M14					0			
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15	34	34			68	200	34	
HABITAT	M16					0			
ESPACIOS PUBLICOS	M17					0			
PAISAJE URBANO	M18					0			
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19					0			
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20					0			
SALUD	M21	27	42			69	200	35	
CALIDAD DE VIDA	M22		48			48	100	48	
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23					0			
VULNERABILIDAD	M24					0			
ECONOMIA	M25					0			
RELACIONES DEPENDENCIA	M26					0			
FUENTES ENERGETICAS	M27					0			
Valor Medio de Importancia		32.95							
Dispersión Típica		8							
Rango de Discriminación		25.03		40.87		16			
Valor de la Alteración		229	430	0	0	659			
Máximo Valor de Alteración		800	1200	0	0		2000		
Grado de Alteración		29	36	0	0			33	
Valor por encima del rango								IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS CRÍTICOS	
Valor dentro del rango								IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS MODERADOS	
Valor por debajo del rango								IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS IRRELEVANTES	

- **Histograma de los factores del medio impactados en la etapa de operación.**

Este histograma ofrece una descripción general rápida de las principales preocupaciones ambientales que deben abordarse.

Figura 22. Histograma de los factores del medio impactados de forma negativa durante la operación.



5.9. Análisis de riesgo.

Se ha realizado un análisis de riesgos local, donde se fundamentan los diversos fenómenos naturales o antropogénicos que serán analizados en el plan; todo esto utilizando la metodología de la probabilidad de ocurrencia de los sistemas cartográficos de INETER e inspección en sitio para corroborar la información. Por la ubicación geográfica de nuestro país este es afectado constantemente por erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos y tormentas tropicales que han provocado efectos secundarios y directos como deslizamientos en las carreteras de acceso a central hidroeléctrica Porterillo. En caso de sismos, todo el país está expuesto a estos y pueden provocar daños estructurales de las instalaciones; la amenaza natural más probable es el paso de huracanes, el impacto de estos podría provocar en los alrededores de la planta inundaciones, deslizamientos de tierras y deslaves de laderas montañosas; no se identifican riesgos por erupciones volcánicas.

Aunque no existen estudios realizados sobre el estado en que quedaron las montañas que rodean a la planta hidroeléctrica Porterillo, algunas con pendientes mayores a los 45°, después del paso del huracán Mitch a finales de octubre de 1998, es de suponer la ocurrencia de deslizamiento de tierra ante un período lluvioso intenso, caso que se da con frecuencia actualmente cuando se da la presencia continua de tormentas tropicales.

Los fenómenos antropogénicos identificados por la misma naturaleza de la planta son inundaciones por la antropización del cauce natural de los ríos; el hecho de manipular de forma periódica en los mantenimientos trazas de hidrocarburos la hace susceptible a la contaminación de agua superficial y subterránea, incendios y/o explosión provocada, fuga o derrame de hidrocarburos u otra sustancia química. Ahora bien, si contemplamos los escenarios de cambio climáticos y la actividad agrícola de la zona se establecen medidas para la erosión de suelos cultivables por deforestación.

De acuerdo con el regente forestal, no se contempla la alteración del ecosistema por la presencia de plagas o epidemias forestales pues las áreas verdes ubicadas en la planta no son monocultivos, son bosques latifoliados heterogéneos caracterizados por el alto coeficiente de mezcla de especies, las que se hallan en diferentes grados de sucesión ecológica, predominando en áreas anexas a las plantas el que a su vez se distinguen por estratos de vegetación bien diferenciados.

No ha sido reportado la presencia de insectos plagas en los pinos, latifoliados y meliáceas como gorgojos descortezadores del pino (*Dendroctonus frontalis*), gusano de seda del roble (*Eutachyptera psidii* Salle) barrenador de las meliáceas (*Hypsipyra grandella*) y gusano barrenador del roble (*Tussock Moth*).

La contaminación directa por insumos químicos incluye los hidrocarburos de suministro, químicos abrasivos como limpiadores y solventes dieléctricos utilizados en los mantenimientos preventivos, generales y correctivos; las medidas ambientales para el almacenamiento, transporte y disposición final de estos productos desde el punto de vista de gestión ambiental son analizadas en el plan de gestión integral de residuos peligrosos.

El resto de los productos, insumos o desechos no representan un riesgo potencial para la salud y el medio ambiente y serán gestionados para su reutilización, reciclaje o

disposición final en el vertedero según la naturaleza fisicoquímica y biológica de estos los cuales son caracterizados y descritos en el plan de gestión integral de residuos no peligrosos.

Para el caso de los incendios las zonas con mayor potencial de riesgos en orden de importancia son:

- Generadores
- Sub-estación eléctrica

En vista de la potencial problemática ambiental que podría desencadenar un derrame por hidrocarburos se debe confirmar una brigada para atención de este incidente.

Dentro del plan de contingencia se describen algunas acciones y actividades desde el punto de vista de gestión ambiental para derrame de hidrocarburos o insumos químicos en los talleres de las actividades de mantenimiento en las turbinas y excitadores.

Como punto inicial cuando se tenga información sobre un derrame o fuga se debe notificar a lo inmediato, el comité atención de emergencias evaluará la situación y determinará los posibles daños que se puedan causar sobre los recursos hídricos, el suelo, biota y atmosfera.

- Mientras persista el derrame, se eliminarán todas las fuentes de ignición y se evitara cualquier acción que pueda incrementar la pluma de contaminación en el área, entre estas están:
 - No permite fumar.
 - No permite el actuar de interruptores eléctricos, ya sea por conexión o desconexión
 - Interrumpir parcialmente el flujo eléctrico en el área.
 - Limitar el acceso de vehículos.
 - No permite encender los motores de los vehículos localizados en el área bajo control.
 - Está terminantemente prohibido utilizar agua y químicos de limpieza (Detergente, jabón líquido, cloro o desinfectante) mientras no se haya contenido el derrame.

- Tratar que el producto derramado quede confinado dentro del área en la que se presentó el derrame, construyendo un cordón de seguridad con material de origen mineral, lignoceluloso o sintético (arena, aserrín o sicoaluminados) para evitar que fluya hacia otras zonas de cuerpos superficiales de agua, tierra o afecte de forma directa la biodiversidad.
- Realizar una selección apropiada del procedimiento de limpieza, disposición final del material contaminado y restauración del sitio, con las consideraciones que serán establecidas en el plan de manejo ambiental.
- Si el volumen derramado es pequeño (Menor a 42 galones por normativa internacional, ley de agencia internacional de seguridad industrial y protección al medio ambiente del sector hidrocarburo SEMARNAT DOF 11-05-2022) se deberá tratar el hidrocarburo o producto químico restante con el material absorbente indicado y ser almacenado temporalmente en recipientes de policloruro de vinilo PVC, con aireación parcial para evitar explosiones; la disposición final de este material deberá estar a cargo de una empresa debidamente certificada por el MEM, MARENA e INE.
- Solo se deberá reanudar la operación normal, cuando el área esté libre sustancias orgánicas volátiles, detectados a través de caracteres organolépticos en caso de la presencia, aunque se tratase de unas cuantas partes por millón.

5.10. Medidas ambientales.

El presente capítulo aborda las medidas ambientales que deben implementarse en el proyecto central hidroeléctrica “Porterillo” Jinotega, las que definen el uso de los recursos que se destinaron para ejecutar eficientemente el programa de gestión ambiental.

Las medidas ambientales tienen la finalidad de prevenir, reducir, corregir o compensar los efectos adversos del proyecto en el entorno, cualquiera sea su fase de ejecución.

Las medidas ambientales se centran en:

- Medidas que impidan o eviten completamente un efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción.

- Medidas que minimizan o disminuyen el efecto adverso o significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes.
- Medidas que reducen o eliminan el efecto adverso significativo mediante la implementación de acciones específicas.
- Medidas que compensan impactos ambientales que no pueden prevenirse o minimizarse.

Se presentan las principales medidas de mitigación, prevención y/o compensatorias, para los distintos impactos identificados en las diferentes etapas del proyecto.

a. Medida ambiental: Protección de taludes (Construcción).

Alcance: Proteger los taludes de las excavaciones ante el riesgo potencial de falla de talud y erosión moderada.

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Erosión del suelo, deslizamiento de suelo, riesgo a la integridad física de los trabajadores de construcción.

Acciones:

- Ademar las obras de excavación, con la finalidad de proteger al personal contra posible falla de talud, sobre todo a las profundidades en donde los suelos tienen una pobre compacidad.
- Controlar rigurosamente por parte de un especialista en geotecnia y materiales, la calidad de los materiales y el proceso constructivo durante la ejecución del proyecto.
- Sera obligación del contratista impartir un taller o semanario sobre buenas prácticas ambientales en la construcción dirigida específicamente al personal de la obra para despertar conciencia medioambiental.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

b. Medida ambiental: Manejo de las aguas pluviales (Construcción y operación).

Alcance: Construcciones de obras civiles para el área del proyecto.

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Erosión hídrica del suelo, inundaciones y/o afectaciones a la estabilidad de los taludes.

Acciones:

- Se colocarán canales pluviales de techo perimetral de PVC de 6" tipo AMANCO o equivalente aprobado con pendiente del 0.2% así como, bajantes pluviales de ø4" PVC SDR-32.5 en cada esquina en la casa de máquinas.
- Las aguas pluviales se conducirán por gravedad a través de un sistema de tubería de drenaje de PVC, y se interceptarán por medio de cajas pluviales con rejillas donde también descargarán los bajantes pluviales. Las cajas con rejillas tendrán las siguientes dimensiones: 0.90 m de ancho * 0.90 m de largo * profundidad variable. La compactación del fondo del terreno deberá hacerse al 90% Proctor y en capas no mayores de 0.15 m.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

c. Medida ambiental: Manejo de desmontes, descapote (Construcción).

Alcance: Reducir los impactos relacionados con la preparación del emplazamiento que ocupará el Proyecto, con miras a reducir el impacto sobre los recursos.

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Emisión de material particulado, generación de residuos sólidos, incremento de intensidad y frecuencia del ruido, afectación de la cobertura vegetal, impacto visual.

Descripción:

- El suelo orgánico (retiro de los primeros 30 cm) generado del descapote será almacenado temporalmente para ser reutilizado en la conformación de áreas verdes, y/o algún área de recuperación que tenga identificada y priorizada la municipalidad e Jinotega, dentro del área de incidencia directa e indirecta como medida de compensación.
- En el caso de algunos árboles que están en el área del camino de acceso donde se emplazará el proyecto y que se deben eliminar, de ser posible, se hará la tala a lo interno del área de forma manual, con motosierra y no con buldózer, para evitar daños al suelo y a la vegetación interna y cercana.

- La madera de los cortes, mayor a 10 cm de DAP, será reutilizada, en lo posible, en los trabajos requeridos por el proyecto (trinchos, formaletas, postes, otros) y el resto puede ser donado a la comunidad. Los árboles menores a 10 cm o no aprovechables serán picados e incorporados a áreas a restaurar o bien en fosas para propiciar su degradación o depositados en el vertedero municipal conforme autorización de la alcaldía.
- No se permitirá la quema de vegetación o del material de corte.
- No se permitirá el uso de defoliante para la remoción de la vegetación.
- La compensación se realizará en base a la disposición administrativa no. 69-2011 del INAFOR que aduce que por cada árbol cortado deberán reponerse 10 árboles plantados.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

d. Medida ambiental: Control de las emisiones de material particulado (Construcción y operación).

Alcance: Reducir las emisiones de partículas totales suspendidas a la atmosfera

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Reducir la contaminación atmosférica y los impactos sobre la salud de los trabajadores y la población circundante.

Descripción:

- Los movimientos de tierra se realizarán humedeciendo previamente la superficie del suelo, cuando sea necesario.
- Se cubrirán las tolvas de los camiones que transporten materiales.
- Se dispondrá de áreas específicas, debidamente señalizadas, para recibir y acopiar los escombros y otros residuos de construcción en el área de construcción de obras.
- No se permite la quema de ningún tipo de desecho de construcción.
- Los niveles de emisión de gases de la maquinaria utilizada estarán conforme a la normativa nacional, para esto la empresa supervisará o verificará el estado mecánico de los vehículos y maquinaria del contratista, a través de informes de mantenimiento.

- Durante la época seca se mantendrá la superficie de rodamiento de los caminos de acceso (interno y externo) al área del proyecto en buenas condiciones de humedad, mediante el uso de camiones cisterna, los que regarán periódicamente el tramo utilizado por los camiones o maquinaria que intervendrá en la etapa de construcción.
- De ser necesario, se mejorará la carpeta de rodado, colocando un estabilizador, de origen orgánico, que reducirá la suspensión de material particulado en caso de requerirse.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

e. Medida ambiental: Control de la alteración del suelo (Construcción).

Alcance: Las áreas donde se hará remoción de suelo se limitará a aquellas zonas donde sea estrictamente necesario.

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: erosión, pérdida de cobertura vegetal y suelo fértil en áreas no requeridas.

Descripción:

- Se construirán obras hidráulicas que eviten la generación de cárcavas y regueras (termino geomorfológico) por acción de la lluvia, contribuyendo de este modo a evitar la pérdida de los suelos.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL.

f. Medida ambiental: Manejo de la vegetación a cortar en los sitios de construcción de infraestructuras y camino de acceso (Construcción).

Alcance: áreas de construcción de infraestructuras y camino de acceso.

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Reducir los impactos sobre el recurso forestal existente.

Descripción:

- Los árboles por talarse serán utilizados en la instalación de cercas vivas, siempre y cuando cumplan con las condiciones bióticas necesarias, en caso contrario buscar otros usos que no sea la quema del material.
- Todo el material orgánico de desecho, proveniente de las operaciones de limpieza y desmonte o descapote en el área que se requiera, será apilado en el sector Sur del terreno, para ser finalmente depositado en el vertedero municipal.
- La tala de árboles se realizará a ras del suelo (destronque) para evitar el rebrote. Las ramas o fustes de diámetros pequeños se picarán y apilarán a fin de disminuir el riesgo de incendio.
- La caída de los árboles se hará en dirección a la brecha ya despejada, a fin de evitar el daño a los árboles adyacentes y atrofiar o destruir la regeneración natural de las especies circundantes que no serán intervenidas.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

g. Medida Ambiental: Manejo de combustibles (Construcción).

Alcance: obras del proyecto

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: contaminación de suelo, agua, peligro a la integridad física de los colaboradores.

Descripción:

- ENATREL cumplirá con las condiciones de seguridad dispuestas por el MEM e INE para Consumidores Directos en lo referente al transporte y almacenamiento de los hidrocarburos.
- El o los tanques de combustible metálicos en presentación de 20 o 60 ltrs. serán ubicados en un área impermeabilizada provista de un pallet plástico antiderrame o un dique de contención de geomembrana o concreto (berma con 110% de capacidad de almacenamiento).
- Los tanques de combustible deberán mostrar el rombo de seguridad según código de la NFPA, indicando grado de riesgo para la salud, inflamabilidad, reactividad y cuidados especiales.

- Se controlará estrictamente el almacenamiento de combustible en el área de operaciones.
- No deberá permitirse almacenar líquidos inflamables en recipientes abiertos, ni cerca de compuestos altamente oxidantes.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

h. Medida Ambiental: Manejo de productos químicos (Construcción y operación).

Alcance: Manejo de productos químicas en contenedores, bodega de almacenamiento

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Contaminación de suelo, aire, agua y riesgo a la salud humana.

Acciones:

La configuración de la bodega para el almacenamiento de los productos o insumos químicos se corresponde con un modelo de bodega especializada; se considera para su diseño los lineamientos de la normativa internacional IFC respectiva.

- Se agruparán las sustancias químicas de acuerdo con la clasificación por oxidante, reactivos, corrosivos y tóxicos, utilizando la metodología de la matriz de compatibilidad de la MSDS, el cual utiliza el código internacional de colores.
- Se construirá una bodega de almacenamiento temporal de 50 m² aproximadamente, dividida en 4 compartimentos; La selección del sitio para la construcción de la bodega respectiva debe cumplir con los siguientes requisitos:
 - Retiro de al menos 500 m con respecto a la vivienda más cercana, esto en cumplimiento de la ley 274 del MAGFOR.
 - Requisitos internacionales de almacenamiento de sustancias químicas (MSDS y SICSC).
- Todo el personal operativo de la instalación deberá conocer las principales normas relacionadas con el manejo de insumos y su cumplimiento.
- Los proveedores de productos químicos, calificados como peligrosos, deberán proporcionar con carácter obligatorio las precauciones y recomendaciones a seguir para el manejo seguro de sus productos, en una hoja de seguridad “MSDS”

(Material safety data Sheet). ENATREL debe solicitarla al proveedor en caso de que no se adjunten.

- Se debe revisar críticamente todas las especificaciones y precauciones de los insumos calificados como peligrosos.
- Los colaboradores que manipulen los insumos químicos utilizarán obligatoriamente equipos de protección personal especializados conforme riesgos expuestos, tales como lentes de protección, cascos, botas, otros.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

i. **Medida Ambiental:** Monitoreo de calidad de aire ambiente (Operación).

Alcance: Central hidroeléctrica

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: contaminación atmosférica, deterioro de la calidad de aire ambiente.

Descripción:

- Se implementará el monitoreo de calidad de aire ambiente en el área de influencia directa e indirecta de la central hidroeléctrica conforme puntos de monitoreo establecidos en el plan de manejo de emisiones del presente programa de gestión ambiental. Los parámetros por monitorear corresponden a los establecidos en la norma nacional de calidad de aire.
- Se monitoreará PM2.5 (fracción respirable) a lo interno de la casa de máquinas, anualmente.
- La información de cada monitoreo será registrada en una bitácora de control interno.
- Se remitirán los resultados obtenidos a las autoridades correspondientes como parte del seguimiento, como máximo 20 días posteriores a la entrega de resultados por parte del laboratorio. Remitiendo además un informe de análisis de comportamiento y cumplimiento de los parámetros con relación a estándares nacionales e internacionales.
- El monitoreo de calidad de aire será ejecutado por personal calificado del propio laboratorio a fin de contar con resultados confiables.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

j. Medida ambiental: Manejo de aguas residuales sanitarias (Operación).

Alcance: etapa de construcción y operación

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Contaminación de aguas subterráneas, aguas superficiales y suelo.

Descripción:

- En la etapa de construcción se hará uso de letrinas portátiles; 1 por cada 15 trabajadores, con limpieza semanal por empresa autorizada por ENACAL.
- La ubicación del sistema de tratamiento prefabricado cumplirá con las distancias de retiro obligatorias establecidas en la NTON 05 027-05 “norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento de aguas residuales y su reúso”.
- En la etapa de operación, las aguas residuales sanitarias serán tratadas en un sistema de tratamiento prefabricado conformado de tanque séptico seguido de filtro anaerobio de flujo ascendente, que según eficiencia de remoción teórica cumple con los límites máximos permisibles establecidos en el arto. 24 y 26 del decreto 21-2017. Las aguas tratadas serán vertidas en un pozo de infiltración.
- Se realizará monitoreo semestral de calidad de efluente, conforme parámetros del arto. 24 y 26 del decreto 21-2017, en la caja de registro ubicada a la salida del filtro anaerobio de flujo ascendente. Las muestras pueden ser recolectadas por un ingeniero químico independiente o por personal del laboratorio.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

k. Medida Ambiental: Manejo de grasas, aceites usados y material contaminado con hidrocarburo (Construcción).

Alcance: Casa de maquinas

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Contaminación de suelo, aguas superficiales y subterráneas.

Descripción:

- Se almacenarán temporalmente las grasas y aceites usados en recipientes rotulados, debidamente tapados.
- Se rotularán todos los recipientes con la frase “aceite usado” y con señal pictográfica referida a gota color negro con una equis blanca correspondiente a producto combustible conforme normativa nacional.
- Los materiales de los recipientes serán resistentes a golpes, abolladuras, perforaciones, con gran resistencia al ambiente industrial. Los recipientes deberán llenarse al 90% de su capacidad total para evitar derrames.
- Los aceites usados y los materiales contaminados con hidrocarburo serán entregados a una empresa autorizada por la autoridad ambiental, para el traslado y tratamiento de estos desechos sólidos peligrosos, según normativa vigente.
- Se establecerá un registro trimestral de entrega de recipientes o contenedores llenos con grasas y aceites usados o material contaminado con hidrocarburo.
- El aceite lubricante usado no debe mezclarse con otros residuos peligrosos, solventes, agua, refrigerantes y líquido de freno en ninguna de sus etapas de manejo.
- Se delimitará o establecerá un área para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos peligrosos, con los requisitos siguientes:
 - Piso impermeabilizado, fabricado de concreto.
 - Área alejada de fuentes de ignición, gases comprimidos y otros productos tóxicos, corrosivos e inflamables.
 - Área con perímetro de seguridad
 - Con canal perimetral para el drenaje de agua pluvial.
 - Acceso restringido para personal no autorizado
 - De fácil acceso para los vehículos encargados de su recolección
 - Los recipientes con aceites usados serán colocados sobre pallets antiderrame o el área de almacenamiento temporal contará con una berma de contención, el cual debe estar dimensionado de acuerdo con la capacidad nominal de almacenamiento del tanque superficial (110 % de la capacidad del tanque de

mayor volumen), tal como lo establece el NFPA 30 “Flammable and combustible Liquids Code.

- Los materiales impregnados con aceites lubricantes usados tales como los envases plásticos, filtros usados, hilazas, aserrín y cualquier otro desecho sólido será depositado en los contenedores rotulados.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

- I. **Medida ambiental:** Manejo adecuado de desechos y residuos sólidos no peligrosos (Construcción y operación).

Alcance: Central hidroeléctrica

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Contaminación ambiental sobre el recurso aire, suelo, agua, biodiversidad, paisaje y recurso humano.

Descripción:

- Todos los materiales residuales valorizables, tales como: recipientes, latas, envolturas de cualquier tipo, envases plásticos y otros residuos generados por las actividades de construcción e instalación del proyecto serán recolectados diariamente por el personal de acuerdo con lo establecido en la Norma técnica ambiental para el manejo de los residuos no peligrosos.
- Serán almacenados temporalmente en el sitio del proyecto y tres veces por semana trasladados al vertedero municipal o para reciclaje.
- El contratista será responsable de impartir charlas de capacitación sobre segregación de desechos y residuos a sus trabajadores, una vez al mes o cuando se verifiquen no conformidades en las inspecciones realizadas.
- No se permite la mezcla de desechos orgánicos con inorgánicos.
- Designar recipientes o contenedores de 55 glns. para residuos y desechos, debidamente rotulados y pintados preferiblemente con el código internacional de colores, como parte del manejo responsable. Los recipientes pueden ser metálicos o plástico de alta densidad, nuevos, pero preferiblemente reusados en buen estado.

- Las varillas y cualquier material ferroso generado en la construcción, que no sea utilizable para los fines requeridos, serán almacenado temporalmente y vendido a empresas acopiadoras de hierro para su reciclaje.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

m. Medida ambiental: Control de vehículos que ingresan al área del proyecto (Construcción).

Impacto que se pretende mitigar, corregir, compensar: Contaminación de suelo y aire.

Descripción:

- Todos los vehículos deben salir de la central hidroeléctrica por una salida única controlada;
- Se registrará la entrada y salida de todo vehículo, para contar con información del flujo vehicular.
- Se limitará la circulación de vehículos y personal a áreas estrictamente necesarias para el proyecto.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

n. Medidas generales de mitigación: Acciones de limpieza del área a ser afectada por la construcción del sistema y disposición de desechos (Construcción).

Durante la construcción de las obras se implementarán acciones y/o actividades que se enlistan a continuación:

- Los montículos de suelo removido o de material de construcción almacenado temporalmente en el sitio del proyecto, no superarán los 2 m de altura; se protegerán del viento para evitar su dispersión; así mismo se cumplirá con todas las disposiciones técnicas establecidas en la NTON 05-029-06 “norma técnica obligatoria nicaragüense para las actividades mineras no metálicas” enfocadas en los numerales 6.2 y 6.3.
- Se garantizará que los trabajadores dispongan los residuos sólidos domésticos que se generen, en los cestos indicados, para evitar que estos sean depuestos en

sitios no autorizados dentro y fuera del área del proyecto o puedan ser arrastrados por escorrentía superficial. Los desechos sólidos no peligrosos generados se trasladarán hacia el vertedero municipal, previamente coordinado y autorizado por la municipalidad.

Responsable de ejecución de la medida: Contratista con supervisión de ENATREL

5.11. Pronóstico de la calidad ambiental en el área de influencia.

El presente documento tiene como objetivo realizar un pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto hidroeléctrico el Porterillo, mediante un análisis comparativo de las condiciones ambientales actuales y las proyecciones bajo tres escenarios distintos: sin proyecto, con proyecto, y con proyecto implementando medidas ambientales. Este análisis es crucial para comprender los posibles impactos del proyecto y la efectividad de las medidas de mitigación propuestas.

➤ **Escenario sin proyecto.**

En el escenario sin proyecto, se asume que no se realizan las actividades relacionadas con el proyecto hidroeléctrico. Bajo estas condiciones, la calidad ambiental se mantendría en su estado actual, sin sufrir alteraciones significativas. Las principales características de este escenario incluyen:

- **Calidad del aire:** La calidad del aire se mantendría estable, sin incrementos en la concentración de contaminantes atmosféricos debido a la ausencia de maquinaria pesada y actividades de construcción.
- **Ruido:** Los niveles de ruido permanecerían en los rangos actuales, sin los aumentos que normalmente acompañan a las actividades de construcción y operación de un proyecto hidroeléctrico.
- **Hidrología y calidad del agua:** Los cuerpos de agua no experimentarían cambios en sus flujos ni en su calidad, ya que no habría actividades que pudieran alterar estos sistemas.
- **Suelo:** El suelo no sería perturbado por actividades de excavación ni por la deposición de residuos de construcción.
- **Fauna y flora:** Las especies presentes en el área de influencia continuarían en sus hábitats naturales sin nuevas perturbaciones o destrucciones de sus entornos.

- **Socioeconómico:** No se generarían nuevos empleos ni habría cambios significativos en la economía local, dado que no habría inversiones relacionadas con el proyecto.

➤ **Escenario con proyecto.**

En el escenario con proyecto, se contempla la realización del proyecto hidroeléctrico sin la implementación de medidas ambientales de mitigación. Esto resultaría en diversos impactos negativos en la calidad ambiental, tales como:

- **Calidad del aire:** Aumento de la contaminación atmosférica debido a las emisiones de maquinaria y vehículos utilizados durante la construcción y operación.
- **Ruido y vibraciones:** Incremento significativo en los niveles de ruido y vibraciones, afectando tanto a la fauna como a la población humana cercana.
- **Hidrología y calidad del agua:** Alteraciones en los flujos de agua y potencial contaminación de cuerpos de agua debido a actividades de construcción, vertidos y manejo inadecuado de residuos.
- **Suelo:** Contaminación del suelo por derrames de sustancias peligrosas y residuos sólidos generados durante las actividades del proyecto.
- **Fauna y flora:** Pérdida de hábitats y perturbación significativa de las especies locales, con posibles efectos negativos en la biodiversidad del área.
- **Socioeconómico:** Creación de empleos temporales durante la fase de construcción, pero con posibles impactos negativos en la salud y bienestar de la comunidad local debido a la falta de medidas de control ambiental.

➤ **Escenario con proyecto y medidas ambientales.**

Este escenario considera el desarrollo del proyecto hidroeléctrico con la implementación de todas las medidas ambientales de prevención, mitigación, corrección y compensación propuestas, con el objetivo de minimizar los impactos negativos. Los beneficios esperados incluyen:

- **Calidad del aire:** Monitoreo constante y control de emisiones para mantener la calidad del aire dentro de los estándares nacionales e internacionales, reduciendo el impacto de la maquinaria y vehículos.

- **Ruido y vibraciones:** Implementación de aisladores de sonido y barreras vivas, así como mantenimiento periódico de equipos, para minimizar el impacto del ruido y las vibraciones en el área de influencia.
- **Hidrología y calidad del agua:** Estrictos controles de vertidos y una gestión adecuada de residuos para prevenir la contaminación de cuerpos de agua y mantener la calidad hídrica.
- **Suelo:** Acciones de limpieza y disposición adecuada de desechos para reducir la contaminación del suelo, incluyendo la rehabilitación de áreas afectadas.
- **Fauna y flora:** Medidas de conservación y restauración de hábitats, como la creación de corredores ecológicos y programas de reforestación, para minimizar la pérdida de biodiversidad.
- **Socioeconómico:** Generación de empleos estables y mejoras en la infraestructura local, junto con programas de capacitación y salud, para mejorar el bienestar y la calidad de vida de la comunidad local.

El análisis comparativo de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto hidroeléctrico el Porterillo demuestra la importancia de implementar medidas ambientales para mitigar los impactos negativos. El escenario que incluye el proyecto junto con las medidas ambientales es el más favorable, ya que busca equilibrar el desarrollo económico y energético con la protección del medio ambiente y el bienestar de la comunidad local. Este enfoque holístico no solo reduce los riesgos ambientales, sino que también promueve un desarrollo sostenible y responsable del proyecto.

VI. Programa de gestión ambiental.

6.1. Introducción.

En la actualidad, la gestión ambiental en los proyectos de inversión de capital estatal nicaragüense representa grandes retos, sin embargo, es responsabilidad de cada empresa, pública o privada, el manejo eficiente, eficaz y oportuno de los aspectos e impactos ambientales identificados con alto nivel de relevancia o significancia, en concordancia con el principio de prevención de la ley 217 “ley general del medio ambiente y los recursos naturales”, que preceptúa que no podrá alegarse la falta de una certeza científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas en todas las actividades que impacten el ambiente.

El programa de gestión ambiental (PGA) está orientado a exponer las medidas de mitigación y prevención mediante las cuales ENATREL, como ejecutor del proyecto, se hace responsable de los impactos ambientales negativos, que pudiesen producirse durante la fase proyectada de construcción, operación, mantenimiento y cierre del proyecto de conformidad al “principio de responsabilidad compartida, mediante el cual, el estado y la ciudadanía, empresas y proyectos en alianza estratégica, unen esfuerzos para la prevención y mitigación de los impactos al ambiente, por medio de una decisión concertada”.

El programa contiene planes de acción ambiental que se ejecutarán a lo largo de las etapas de construcción, operación, mantenimiento y cierre del proyecto y que tienen por objeto servir como instrumento integral y sistemático para lograr un exitoso desempeño ambiental; estos planes de acción corresponden y dan respuesta a la evaluación de impacto ambiental desarrollada en acápite anteriores.

6.2. Objetivos.

Objetivo general del PGA.

- Ser un instrumento integral de gestión ambiental responsable que cumpla con la legislación nacional vinculante al proyecto de central hidroeléctrica.

Objetivos específicos del PGA.

- Cumplir con el marco legal ambiental nacional y municipal vigente
- Manejar los impactos ambientales relevantes o significativos de manera responsable conforme disponibilidad de alternativas del país debidamente autorizadas por MARENA.
- Manejar los impactos ambientales no relevantes, que son sujetos a regulación positiva.

6.3. Plan de implementación de medidas ambientales.

Tabla 21. Implementación de medidas ambientales de control de emisiones en la etapa de construcción del proyecto.

MEDIDAS AMBIENTALES							
VARIABLES DE MONITOREO: ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN							
No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Suelo: Mejoramiento del suelo (movimiento de suelo).	Contaminación atmosférica por las emisiones de material particulado	Riego con agua en el área de construcción, para evitar la suspensión de polvo.	Dos veces al día	Contratista y ENATREL	U\$ 1,200 / mensual	El costo, es estimado, ya que depende del precio del combustible y la renta x hora/pipa o cisterna.
2	Aire: Deterioro de la calidad de aire por emisiones vehiculares.	Contaminación con dióxido de carbono (CO ₂), monóxido de carbono (CO), de acuerdo con lo establecido en el decreto n° 32-97 decreto de emisiones vehiculares.	Camiones y vehículos en buen estado mecánico. - llevar al taller los camiones y vehículo liviano para el seguimiento mecánico.	La frecuencia de revisión de camiones debe ser semanal y vehículo liviano será quincenal.	Contratista y ENATREL	U\$ 2,500 / mensual	El costo, es estimado

Tabla 22. Implementación de medidas ambientales en la etapa de operación del proyecto con relación al control de emisiones.

MEDIDAS AMBIENTALES						
VARIABLES DE MONITOREO: ETAPAS DE OPERACIÓN						
No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados
1	Aire: Monitoreo de los parámetros de calidad de aire por emisiones	Las emisiones de material particulado (MP), dióxido de carbono (CO ₂), entre otros	Análisis de cumplimiento será conforme límites normados en la NTON 05 012-02; establecidos en el numeral 5.1 que dice textualmente: Las concentraciones de los contaminantes atmosféricos a los que se refiere la presente norma, no deberán superar los límites máximos permisibles establecidos en dicha Norma.	Anual, de acuerdo con la NTON 05 012-02.	ENATREL	U\$ 5,000 dólares. Sujeto al costo de proforma por el laboratorio de PIENSA-UNI.

Tabla 23. Implementación de medidas ambientales en la etapa de cierre del proyecto con relación a monitoreo de emisiones.

MEDIDAS AMBIENTALES							
VARIABLES DE MONITOREO: ETAPA DE CIERRE TEMPORAL O DEFINITIVO							
No.	Medida Ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos Asociados	Observaciones
	Suelo:						
1	Demoliciones de la infraestructura de la Central hidroeléctrica y obras conexas para dejar similar el sitio del proyecto.	Contaminación atmosférica por las emisiones de material particulado	Riego con agua en el área de demolición de la infraestructura vertical de la Central hidroeléctrica y obras conexas, para evitar la suspensión de polvo.	Dos veces al día	Contratista y ENATREL	U\$ 1,200 / mensual	El costo, es estimado, ya que depende del precio del combustible y la renta x hora/pipa o cisterna.

6.4. Plan de monitoreo ambiental.

6.4.1. Introducción.

El monitoreo ambiental se define como un “sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control” (Sors, 1987).

El monitoreo requiere la selección de los indicadores de impacto, siendo entre otros:

- Determinación de la frecuencia mínima necesaria de los muestreos, para el análisis de tendencias y correlación de causa – efecto.
- Selección de los puntos de monitoreo, tomando en cuenta la ubicación específica de las actividades que pueden generar impactos.
- Determinación del tipo de datos a obtener y su forma de almacenamiento y análisis.

Para fines del presente plan, se utiliza una matriz unificada que contiene indicadores, metas, responsable de ejecución de acciones o actividades encaminadas al seguimiento, control, monitoreo de las variables ambientales de interés conforme la evaluación de impactos realizada.

6.4.2. Objetivos.

Objetivo general.

- Monitorear las variables ambientales de interés con el propósito de dar seguimiento al desempeño ambiental de la central hidroeléctrica como parte de la mejora continua.

Objetivos específicos.

- Monitorear la calidad del aire ambiente conforme frecuencia establecida en el marco jurídico
- Monitorear las aguas residuales sanitarias
- Monitorear los aspectos de seguridad industrial e higiene ocupacional
- Dar seguimiento ambiental al proyecto mediante auditorías ambientales interno

Tabla 24. Plan de monitoreo y supervisión ambiental.

MEDIDAS AMBIENTALES							
PLAN DE MONITOREO Y SUPERVISIÓN AMBIENTAL							
No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Monitoreo de calidad de aire ambiente y laboral.	Calidad ambiental y seguridad laboral.	Ejecutar monitoreo de calidad de aire ambiente y laboral en puntos de incidencia del proyecto.	Anual y trimestral.	ENATREL		Elaborar informe de cumplimiento con evidencia fotográfica y verificación de cumplimiento.
2	Monitoreo de aguas residuales sanitarias	Calidad del agua	Ejecutar monitoreo de aguas residuales sanitarias.	Semestral	ENATREL		
3	Inspección como parte del seguimiento ambiental	Seguridad y cumplimiento ambiental	Realizar inspección como parte del seguimiento ambiental.	Mensual	ENATREL		Proponer metas con acciones correctivas de condiciones ambientales.
4	Inventario de flora a cortar	Conservación de la flora	Realizar inventario de flora a cortar	Antes de iniciar construcción	ENATREL		Emitir informe; realizar análisis de las especies más afectadas (removidas).

MEDIDAS AMBIENTALES

PLAN DE MONITOREO Y SUPERVISIÓN AMBIENTAL

No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
5	Supervisión del personal responsable de la manipulación de productos químicos	Seguridad laboral	Supervisión del personal		Diaria	Jefe de Seguridad Industrial	Implementar llamados de atención, amonestaciones verbales y monetarias al personal que no cumpla con las medidas de seguridad
6	Manejo de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos	Gestión de residuos	Manejo de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.	Conforme plan integral de manejo de residuos	ENATREL		Utilizar bitácora para el registro de actividades y no conformidades.

6.5. Plan de manejo de emisiones de gases.

Este plan de manejo representa especial interés considerando que los resultados de la evolución de impactos ambientales indicaron que, en todas las etapas de desarrollo del proyecto, el factor aire es afectado en forma moderada a severa. Por tanto, requiere ser considerado un punto importante de la gestión ambiental responsable y seguimiento continuo y estricto.

Responsables de ejecución del plan:

- La responsabilidad de ejecución física de las actividades está a cargo de ENATREL a través de la gerencia general.
- La responsabilidad de seguimiento del desarrollo de las actividades es de la autoridad ambiental.
- Es responsabilidad del gestor ambiental de ENATREL velar por el desarrollo y cumplimiento de las actividades por cada una de las partes.

6.5.1. Objetivos.

Objetivo general.

- Garantizar el manejo adecuado de las emisiones en la central hidroeléctrica, mediante la identificación y tratamiento de estos; basados en el cumplimiento a los rangos máximos permisibles en el marco jurídico vigente aplicable.

Objetivos específicos.

- Monitorear las emisiones de material particulado al aire
- Monitorear las emisiones de gases a la atmósfera
- Describir los criterios de selección de sitios para el monitoreo de la calidad de aire.
- Establecer los puntos de monitoreo de la calidad de aire
- Describir los parámetros básicos a monitorear de acuerdo con el marco legal vigente.

Tabla 25. Plan de manejo de las emisiones de gases.

MEDIDAS AMBIENTALES							
PLAN DE MANEJO DE LAS EMISIONES DE GASES							
No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Monitoreo de emisiones de material particulado al aire.	Calidad de aire.	Establecer y ejecutar el monitoreo de emisiones de material particulado al aire.	Anual	Gerencia General ENATREL		Utilizar bitácora para el registro y control de todos los monitoreos.
2	Monitoreo de emisiones de gases a la atmósfera	Aumento en la concentración de gases en la atmósfera	Establecer puntos de monitoreo para la toma de muestra de la calidad de aire, conforme a la NTON 05-012-02.	Anual	Gerencia General ENATREL		Registro de informes oficiales de monitoreo (laboratorio de calidad de aire) sellados y firmados.
3	Cumplimiento de parámetros establecidos en la NTON 05-012-02	Calidad de aire	Cumplir con los parámetros establecidos en la NTON 05-012-02 para la calidad del aire.	Continuo	Gerencia General ENATREL		
4	Reducción del riesgo de contaminación ambiental	Reducción de emisiones	Implementar medidas ambientales para reducir la contaminación del aire por emisiones de gases y vapores.	Continuo	Gerencia General ENATREL		

El presente plan será revisado anualmente como parte de la mejora continua. Se podrán realizar los cambios pertinentes en cuanto a los puntos de monitoreo justificando técnicamente la toma de decisión en base a los resultados obtenidos en el año de muestreo.

6.6. Plan de manejo integral de desechos y residuos sólidos, peligrosos y no peligrosos.

Tabla 26. Caracterización de los residuos y desechos generados en la etapa de construcción.

Residuo/desecho	Tipo	Manejo adecuado
Restos del desmonte: maleza, hojas, etc.	No peligroso	- Relleno sanitario municipal
Capa vegetal del suelo removida (30 cm de profundidad)	No peligroso	- Uso en la conformación de áreas verdes de la empresa. - Proceso de reforestación
Suelo estéril generado del corte. Restos de arena, piedrín	No peligroso	- Relleno sanitario de la municipalidad.
Bolsas desechadas de cemento (cartón)	No peligroso	- Relleno sanitario de la municipalidad.
Desperdicios de mezclas, bloques, similares	No peligroso	- Relleno sanitario de la municipalidad.
Restos de zinc, hierro, perlines, acero	No peligroso.	- Venta a empresas dedicadas a acopiar materiales ferrosos para reciclaje. - Uso de sobrantes de pintura a través de donación a los trabajadores o comunitarios.
Desperdicios de pinturas, envases vacíos de pinturas	Peligroso	- Venta a chatarrerías de envases vacíos aplicando triple lavado con thinner en caso de pinturas de aceite o anticorrosivas.
Sobrantes de varillas corrugadas	No peligroso.	- Venta a empresas dedicadas a acopiar materiales ferrosos para reciclaje.
Desperdicios de electrodos de soldadura	No peligroso.	- Venta a empresas dedicadas a acopiar materiales ferrosos para reciclaje.
Desechos de virutas metálicas generadas en el pulido de las piezas metálicas, Clavos, tornillos	No peligroso.	- Venta a empresas dedicadas a acopiar materiales ferrosos para reciclaje.

Residuo/desecho	Tipo	Manejo adecuado
Desperdicios de cables eléctricos	No peligroso.	- Venta a empresas dedicadas a acopiar materiales ferrosos para reciclaje.
Sobrantes de canales	No peligroso	- Donación a comunitarios. - Venta a empresas acopiadoras de plástico para reciclaje
Desperdicios de madera usadas en formaletas	No peligroso	- Donación a comunidad - Relleno sanitario de la comunidad
Desperdicios de cerámica	No peligroso, asimilable a urbano.	- Donación a comunidad - Relleno sanitario municipal - Reúso en áreas verdes para establecer áreas de paso.
Residuos domésticos (botellas plásticas, aluminio)	No peligroso	- Entrega a empresas acopiadoras de plástico y aluminio. - Relleno sanitario municipal

6.7. Plan de manejo de hidrocarburos.

6.7.1. Introducción.

El presente plan de manejo de hidrocarburos y los desechos o residuos contaminados con hidrocarburos se formula en cumplimiento a la NTON 05 032-10 “norma técnica obligatoria nicaragüense para el manejo ambiental de aceites lubricantes usados”.

Dicha normativa tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales para la regulación y control de las actividades de mantenimiento de equipos, así como la generación, almacenamiento, recolección, transporte, reciclaje, procesamiento, tratamiento, reúso y disposición final de los aceites lubricantes usados derivados de los procesos de mantenimiento, entre otros.

6.7.2. Objetivos.

Objetivo general.

- Garantizar que la manipulación, almacenamiento y manejo de residuos y desechos contaminados con hidrocarburos generados de las labores de mantenimiento de equipos y maquinarias cumplan con los criterios de manejo establecidos en la NTON 05-032-10.

Objetivos específicos.

- Cuantificar el requerimiento de lubricantes derivados de hidrocarburos a utilizar.
- Indicar las medidas ambientales que debe cumplir el área de almacenamiento de hidrocarburos.
- Brindar las medidas de manejo final de los desechos contaminados con hidrocarburos y medidas ambientales en caso de derrames.
- Proponer bitácoras para el mantenimiento de maquinarias y equipo.

Tabla 27. Variables de monitoreo: etapa de construcción y operación.

MEDIDAS AMBIENTALES							
VARIABLES DE MONITOREO: ETAPA DE CONSTRUCCION Y OPERACIÓN							
No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
			No se permite la quema de aceites lubricante usado, solamente la incineración según disposición de la NTON 05-032-10	Permanente	ENATREL		
1	Manejo y disposición final de aceites usados y lubricantes derivados del mantenimiento de los equipos y maquinarias.	Contaminación de suelo, agua, aire	Almacenar el aceite lubricante usado en recipientes herméticos con tapas. Resistentes a golpes, abolladuras, perforaciones, con gran resistencia al ambiente. Llenarse al 90% de su capacidad total. Los recipientes para almacenamiento de aceites o combustibles líquidos serán almacenados preferiblemente en recipientes con capacidad de 55 galones, que tengan tapa hermética. Se debe indicar la señalética conforme la hoja de seguridad del producto químico.	Permanente	ENATREL	\$20 dólar el contenedor con capacidad de 55 galones	Se retornará el recipiente a la central hidroeléctrica. Se mantendrá cronograma de mantenimiento preventivo en los vehículos de la central hidroeléctrica

MEDIDAS AMBIENTALES

VARIABLES DE MONITOREO: ETAPA DE CONSTRUCCION Y OPERACIÓN

No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Manejo y disposición final de aceites usados y lubricantes derivados del mantenimiento de los equipos y maquinarias.	Contaminación de suelo, agua, aire	En caso de brindar los mantenimientos en la central hidroeléctrica, el aceite lubricante usado no debe mezclarse con residuos peligrosos, solventes, agua, refrigerantes y líquido de freno en ninguna de sus etapas de manejo.	Permanente			Revisar hoja de capacitación de esta temática.
			Mantener los recipientes de almacenamiento bajo techo, sobre polines, con piso impermeable y sin ninguna conexión con la red interna del alcantarillado sanitario ni pluvial de la central hidroeléctrica. El área de almacenamiento cumplirá lo establecido en la NTON 05 032 10 sobre criterios del área.	Permanente			
			Tener permanentemente a su disposición los materiales absorbentes en caso de derrame y utilizar sus EPP.	Permanente			

MEDIDAS AMBIENTALES

VARIABLES DE MONITOREO: ETAPA DE CONSTRUCCION Y OPERACIÓN

No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Manejo y disposición final de aceites usados y lubricantes derivados del mantenimiento de los equipos y maquinarias.	Contaminación de suelo, agua, aire	<p>Los mantenimientos del equipo móvil se harán en talleres mecánicos que prestan el servicio y se garantizará entregar a empresas autorizadas para el tratamiento o reúso de estos (aceites usados, grasas, lubricantes y desechos contaminados).</p> <hr/> <p>Todos los trabajadores deberán hacer un uso adecuado de los contenedores y recipientes destinados para el almacenamiento de hidrocarburos. Preferiblemente se tendrán bidones o baldes rotulados como: aceites usados; desechos sólidos contaminados (bidón rojo, letras blancas); desechos absorbentes contaminados con hidrocarburos (bidón rojo, letras blancas).</p> <p>Se harán inspecciones durante el mantenimiento.</p>	<p>mensual, según requerimiento de evacuación</p> <hr/> <p>En correspondencia al plan de mantenimiento.</p>	<p>ENATREL.</p> <hr/> <p>ENATREL</p>	<p>\$4.00 dólar galón de aceite usado \$0.27 centavos dólar por libra de material contaminado</p> <hr/> <p>\$20 dólar el contenedor con capacidad de 55 galones.</p>	<p>Asegurar que la empresa prestadora del servicio este aprobada por MARENA.</p> <hr/> <p>Se implementará el plan de educación ambiental.</p> <p>Se debe indicar en el plan de mantenimiento anual.</p>

MEDIDAS AMBIENTALES

VARIABLES DE MONITOREO: ETAPA DE CONSTRUCCION Y OPERACIÓN

No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Manejo y disposición final de aceites usados y lubricantes derivados del mantenimiento de los equipos y maquinarias.	Riesgos a la salud humana	Todo trabajador que realice actividades de recolección y almacenamiento de los aceites usados lubricantes en la central hidroeléctrica está en la obligación de operar conforme las disposiciones establecidas en la NTON 05-032-10 debiendo respetar la integridad de estos residuos y realizar la manipulación adecuada mediante el cumplimiento estricto de las medidas o normas de higiene y seguridad.	Permanente	ENATREL		Charlas de capacitación en manejo adecuado para sensibilizar e implementar las medidas preventivas de control del riesgo ambiental y de exposición ocupacional.
		Contaminación de suelo y agua	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos livianos fuera del área del proyecto en centros automotrices autorizados	Conforme Plan y orden de mantenimiento preventivo.	Contratista con supervisión permanente de ENATREL		En anexo al presente plan se presenta bitácora de plan y orden de mantenimiento.

MEDIDAS AMBIENTALES

VARIABLES DE MONITOREO: ETAPA DE CONSTRUCCION Y OPERACIÓN

No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Manejo y disposición final de aceites usados y lubricantes derivados del mantenimiento de los equipos y maquinarias.	Contaminación de suelo y agua	<p>En la etapa de construcción se dispondrá en el sitio del proyecto de un taller de mecánica el cual asegurará el manejo de los residuos y desechos sólidos contaminados con hidrocarburos al momento de ejecutar el mantenimiento, así como responsabilidad de entregar a empresas autorizadas para su tratamiento. ENATREL deberá dar seguimiento al cumplimiento de la medida.</p> <hr/> <p>Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de equipo pesado en el área del proyecto, disponiendo plástico negro flexible en el suelo colocando aserrín o arena sobre el plástico al momento de realizar cambio de aceite o engrase</p>	Conforme plan y orden de mantenimiento preventivo.	Contratista con supervisión permanente de ENATREL	Asociados a construcción. \$3/yarda de plástico negro calibre 1000.	<p>Responsabilidad del contratista con supervisión de ENATREL</p> <hr/> <p>Aplica únicamente si se hace cambio de aceite o lubricantes en el área del proyecto, durante la fase de construcción y operación.</p>

6.8. Plan de manejo ambiental para la gestión de acuíferos superficiales y subterráneos.

6.8.1. Introducción.

El plan de manejo ambiental (PMA) para la gestión de acuíferos superficiales y subterráneos en la planta hidroeléctrica el Porterillo tiene como objetivo principal garantizar la sostenibilidad del embalse. Este no solo provee energía, sino que también sirve como reservorio de agua para consumo humano, animal y riego en cultivos agrícolas. La planta hidroeléctrica utiliza las aguas turbinadas de la planta hidroeléctrica Centroamérica, operando dentro de un área de 72 000 m² con una capacidad de almacenamiento de 179 440.34 m³. Es fundamental evaluar semestralmente la calidad del agua del embalse, siguiendo la ley No 1046 y otras normativas relevantes, para asegurar la mitigación de impactos ambientales y la preservación del recurso hídrico.

6.8.2. Objetivos.

Objetivo general.

- Garantizar la sostenibilidad del embalse mediante la implementación de medidas de manejo ambiental que se enfoquen en la prevención, mitigación y/o compensación de los impactos potenciales sobre el recurso hídrico.

Objetivos específicos.

- Evaluar las problemáticas y puntos críticos de los acuíferos superficiales y subterráneos en la zona de incidencia de la planta hidroeléctrica el Porterillo.
- Correlacionar las actividades económicas, sociales y culturales de la población con las problemáticas potenciales de calidad y disponibilidad del recurso hídrico.
- Establecer medidas específicas para la gestión de residuos sólidos y líquidos, tanto peligrosos como no peligrosos, para prevenir la contaminación del embalse y los acuíferos relacionados.

Tabla 28. Plan de manejo ambiental para la gestión de acuíferos superficiales y subterráneos.

MEDIDAS AMBIENTALES							
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN DE ACUÍFEROS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS							
No	Medida ambiental	Impacto que se pretende mitigar	Acciones para cumplir con la medida ambiental	Frecuencia de monitoreo	Responsable de ejecución	Costos asociados	Observaciones
1	Monitoreo y evaluación de la calidad del agua	Contaminación del recurso hídrico	Realizar análisis semestrales de la calidad del agua del embalse siguiendo la ley No 1046 y normativas relevantes.	Semestral	ENATREL	Determinados según contrato con laboratorios certificados.	Incluir resultados en informes de gestión ambiental.
2	Gestión de residuos sólidos y líquidos	Contaminación del embalse y acuíferos relacionados	Implementar programas de gestión de residuos, incluyendo recolección, almacenamiento y disposición final conforme a la normativa NTON 05-032-10.	Permanente	ENATREL	\$150 dólares por contenedor de 55 galones	Realizar capacitaciones a los trabajadores en manejo de residuos.
3	Promoción de prácticas sostenibles	Degradación de la fauna y flora acuáticas	Fomentar el uso de técnicas agrícolas sostenibles y la conservación de áreas naturales adyacentes al embalse.	Anual	ENATREL	Determinados según programas de conservación.	Coordinar con autoridades locales y organizaciones ambientales
4	Control de la erosión y sedimentación	Sedimentación y pérdida de calidad del agua	Implementar técnicas de control de erosión, como la revegetación de áreas desnudas y la construcción de barreras de sedimentación.	Permanente	ENATREL	Determinados según contrato con las técnicas utilizadas.	Realizar inspecciones regulares para evaluar la efectividad de las medidas.

6.9. Plan de reforestación.

6.9.1. Introducción.

El presente plan de reforestación plantea los lineamientos generales para el óptimo proceso de compensación forestal del área de influencia directa de la central hidroeléctrica y de los caminos de acceso que se requerirá abrir. Por tal motivo, considerando los criterios de desarrollo sostenible y en coherencia con el marco legal nacional e internacional, se hace necesaria la implementación de acciones dirigidas a la corrección o mitigación de la afectación generada, a fin de conservar y/o mejorar las condiciones ambientales dentro del área.

El plan de reforestación pretende aportar a la mejora del microclima del área, reducir la erosión hídrica y eólica, crear un efecto espejo y/o barrera natural que mitigue los efectos al paisaje del entorno, crear barreras vivas en dirección del viento que bloqueen el paso de material particulado hacia otras zonas aledañas.

6.9.2. Objetivo general.

- Establecer los lineamientos generales para el proceso de compensación forestal en la central hidroeléctrica en las diferentes etapas del proyecto.

6.9.3. Cálculo de especies.

El área por reforestar equivale a 50 ha. Se estima que por 1 ha se siembran 1111 plantas. Se utilizarán en la medida de lo posible las especies que se cortarán en el acondicionamiento del camino de acceso externo. Las especies faltantes serán adquiridas del vivero municipal de Jinotega y/o del vivero de MARENA. Se comprarán únicamente especies autóctonas de la zona. No se permite la siembra de Neem, ni de especies frutales, solo especies con fines de reforestación considerando el tipo de Proyecto a operar. Las especies propuestas son:

Tabla 29. Nombre de las especies.

Nombre de la Especie	Nombre común	Uso
<i>Swietenia humilis</i>	Caoba	Forestal
<i>Cordia dentata</i>	Tigüilote	Cercas vivas, leña
<i>Tecoma stans</i>	Sardinillo	Cercas vivas, leña

Nombre de la Especie	Nombre común	Uso
<i>Crescentia alata</i>	Jícara	Cercas vivas, leña
<i>Olea europea</i>	Aceituno	Cercas vivas, leña
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	Cercas vivas, leña
<i>Quararibea asterolepis</i>	Guacimo de molenillo	Forestal
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Poroporo	Cercas vivas, leña
<i>Ceiba pentandra</i>	Panama	Forestal
<i>Karwinskia calderonii</i>	Guiliguiste	Forestal
<i>Cautarea latiflora</i>	Copalchi	Forestal
<i>Tabebuia ochracea</i>	Cortez	Forestal

6.9.4. Requerimiento de los insumos.

Agua: Se requiere de 1 litro H₂O/planta. El volumen de agua total para 1111 plantas es de 401.5 m³, con un requerimiento de agua durante 365 días al año, para un total de 20 075 m³ de agua en 50 ha. Sin embargo, este consumo disminuirá en la época de invierno, requiriéndose regar únicamente durante los días de ausencia de lluvia.

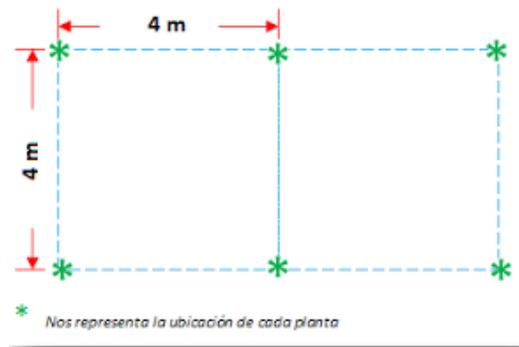
Suelo: El volumen de suelo orgánico requerido es de 8000 cm³ de suelo por planta (20cm * 20cm * 20cm). Para 1111 plantas, se requieren 8.9 m³ de suelo orgánico, el cual será provisto por el mismo suelo removido en la etapa de construcción. Esto se multiplica por las 50 ha que se reforestarán, necesitándose en total 445 m³ de suelo orgánico.

6.9.5. Metodología de siembra.

Se utilizarán dos tipos de trazado de siembra:

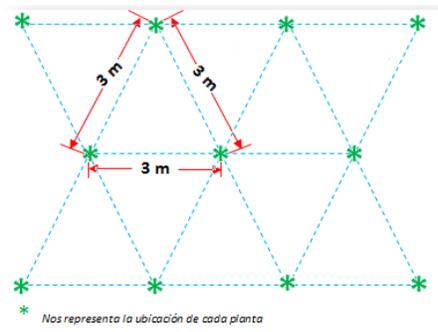
- En las zonas planas se utilizará el trazado en cuadro; siembra de plantas cada 4 metros. En la siguiente figura se observa la distribución de las plantaciones. Este sistema se maneja en topografía plana o con suaves pendientes de hasta 10%.

Figura 23. Trazado en cuadro.



- En las zonas con pendientes, se utilizará el trazado de siembra tipo Triangulo o de tres bolillos. Este sistema de trazado permite incrementar la población o la densidad de siembra en un 15% respecto al cuadrado. Este tipo de trazado se recomienda para pendientes fuertes. En la siguiente figura se observa la configuración de siembra.

Figura 24. Trazado triangulo o tres bolillos.



6.9.6. Inversión Estimada.

El cálculo de inversión se basa en mantenimiento por 3 años para alcanzar la estabilidad de la plantación y lograr los objetivos planteados.

Observación: El valor de la mano de obra está calculado a un contrato temporal con prestaciones de ley.

Tabla 30. Inversión estimada del transporte.

Transporte	Cantidad	Unidad de medida	C\$ individual	Costo	Veces/año	Costo año	Costo 3 año
Transporte (traslado de plantas)	4	horas	969	3876	1	3876	11 628

Tabla 31. Inversión estimada para la construcción.

Consolidado	Costo (C\$)	
	Año 1	Año 3
Materiales y herramientas	77 020.13	211 311.00
Mano de obra	24 350.53	73 051.58
Transporte	3876	11 628
Total (C\$)	105 246.65	295 990.58
Total (U\$)	4 127.32	11 607.47

Nota: se requieren \$11 607.47/ha, para una inversión total en reforestación de \$580 373.50 para los 3 años de mantenimiento de las 50 ha a reforestar.

6.10. Plan de capacitación y educación ambiental.

A fin de avanzar en el proceso de formulación de la política y estrategia nacional de educación ambiental se convocó a las instituciones, organismos y agrupaciones del estado y la sociedad civil involucrados en el quehacer de educación ambiental, realizando con ellos un conjunto de actividades que concluyeron con la elaboración de los lineamientos de política y estrategia de educación ambiental aprobado a través del acuerdo presidencial 19-2003.

Realizar una comunicación permanente para la sensibilización, reconstrucción de valores de respeto, dignificación, protección y amor por nuestra Madre Tierra, restituyendo los derechos de nuestras mujeres, niños, niñas, jóvenes, hombres, todos y todas por un ambiente sano, elemento fundamental del buen vivir.

Este propósito se logrará mediante el desarrollo de procesos educativos y campañas de comunicación directa y por los medios, que tomen en cuenta la problemática local, regional, nacional y global, fortaleciendo a los educadores/educadoras en contenidos ambientales y metodologías que les faciliten cumplir esta tarea de manera teórica y práctica, con proyección en la comunidad y con la comunidad, en una verdadera acción de democracia directa. Es el pueblo organizado y movilizado que puede avanzar hacia el bien común de la Madre Tierra y la Humanidad.

6.10.1. Objetivos.

Objetivo general.

- Promover en el personal que laborara en el proyecto la sensibilización y toma de conciencia con respecto a su entorno ambiental, los problemas que en él se manifiestan, sus causas y consecuencias, así como las posibles alternativas de solución y prevención de estos.

Objetivos específicos.

- Estimular la formación de valores, actitudes, normas de comportamiento, hábitos y costumbres, individuales y colectivas en todos los colaboradores que trabajen en el proyecto que favorezcan la preservación del medio ambiente y la utilización racional de los recursos naturales, incorporándolo como parte de sus manifestaciones culturales.
- Impulsar e incentivar la participación consciente, responsable y organizada del personal en las diferentes actividades y tareas orientadas a proteger y preservar el entorno natural y dar solución efectiva a cualquier contingencia ambiental que se pueda presentar durante el proyecto.

- Contar con trabajadores informados y sensibilizados en los riesgos que implica su quehacer diario en la empresa.
- Concientizar de la trascendencia del cumplimiento estricto del uso de los equipos de protección personal
- Capacitar en el trabajo responsable y disciplinado.

Unidad a cargo de la implementación: ENATREL debe contratar a un gestor ambiental con especialidad preferiblemente ingeniero ambiental para que garantice la implementación y cumplimiento a todas las medidas indicadas en el presente plan y que esté en la central hidroeléctrica de manera permanente.

Tabla 32. Implementación de medidas.

N°	Actividades	Medidas/observaciones
1	Incentivar una cultura ambiental en todos los trabajadores de la central hidroeléctrica	Capacitación en temáticas ambientales que incluyan el concepto de manejo de desechos y residuos sólidos no peligrosos y peligrosos, conservación de agua y energía. Incluir temáticas sobre implementación de 5 Rs (Reúsa, recicla, reduce, repara, rechaza).
2	Segregación diferenciada en el origen	Capacitación sobre segregación diferenciada de residuos y desechos y significado de los códigos de colores de los cestos para disposición temporal.
3	Implementación del PGA	Dar a conocer el plan de gestión ambiental
4	Protección de la integridad física ante riesgos	Garantizar que todos los trabajadores conozcan la importancia y uso adecuado de los equipos de protección personal.
5	Implementación de medidas de almacenamiento de residuos y desechos	Capacitación sobre medidas de almacenamiento de residuos y desechos.
6	Registro de capacitaciones ambientales	Garantizar el resguardo de evidencias de charlas ambientales las que serán de evidencia para auditorías, visitas de instituciones, etc.
7	Sensibilización del personal sobre la importancia de la sostenibilidad ambiental	Brindar anualmente charlas sobre efemérides ambientales nacionales e internacionales. Garantizar los registros de asistencias.

N°	Actividades	Medidas/observaciones
8	Capacitar en manejo adecuado de insumos químicos	Capacitación en el uso adecuado de los productos químicos para reducir riesgos de accidentes o incidentes por desconocimiento de los riesgos.
9	El personal a cargo del riego de áreas verdes será capacitado en métodos de optimización de agua	Se adquirirán mangueras con sistemas a presión que ayudan a la reducción del consumo de agua. No podrá regarse en horas de la tarde considerando el alto porcentaje de evapotranspiración en esas horas. Todo riego será en la mañana antes de las 10 am.
10	Capacitación en casos de emergencias naturales	Se desarrollará simulacros semestrales o anuales conforme los riesgos identificados en el análisis de riesgo y plan de contingencia. Haciendo énfasis en las rutas de evacuación, responsables de brigada, etc.
11	Capacitación a la población circundante	Se debe elaborar un plan de información vinculante y continuo con la población aledaña. Este deberá ser impartido en lenguaje sencillo, claro. Informando de los riesgos y de todas las medidas de seguridad que implementa la central hidroeléctrica para proteger la salud de los trabajadores, del medio ambiente y de la comunidad. El responsable sería la unidad de gestión ambiental de ENATREL. Usar una bitácora de registro de las personas que asisten a las capacitaciones, indicando fecha, hora, nombre completo, si es posible incluir cédula y firma.

6.10.2. Seguimiento a la ejecución del plan.

Con el propósito de mantener una revisión continua de los aspectos del plan de capacitación y educación ambiental se deberá tener una memoria de las charlas, talleres, semanarios impartidos. En los informes trimestrales deben indicarse las horas de capacitación brindadas al personal del proyecto. Las frecuencias de simulacros son:

Tabla 33. Frecuencia de simulacros.

Tipo de simulacro	Frecuencia tentativa
Sismos	Semestralmente considerando el nivel alto de riesgo en la zona
Inundación	Anualmente, principalmente previo al invierno.
Deslizamiento	Anualmente, principalmente previo al invierno.
Incendio	Semestralmente.

Tipo de simulacro	Frecuencia tentativa
Derrame de electrolito	Trimestralmente

6.11. Plan de contingencia.

6.11.1. Introducción.

Las contingencias ambientales pueden ocurrir por factores operacionales o naturales en cualquiera de las etapas del proyecto. Por lo tanto, ENATREL garantizará que en todos los procesos se integre la aplicación de técnicas de diseño, construcción de obras y la evaluación del riesgo que conlleva desarrollarlas. Añadido a las condiciones provocadas por factores antrópicos, también debe considerarse las amenazas por inundaciones, movimientos telúricos que puedan incidir en el área de la central hidroeléctrica y provocar afectaciones ambientales o a la salud de los trabajadores y de la comunidad.

6.11.2. Objetivos.

Objetivo general.

- Identificar posibles riesgos antrópicos o naturales que puedan generar algún incidente en la central hidroeléctrica, afectación a la salud de los trabajadores o al medio ambiente.

Objetivos específicos.

- Establecer una estructura o comité de atención a emergencias que se presenten.
- Hacer coordinaciones con la estructura de prevención y atención a riesgos de la Municipalidad de Jinotega e integrar o establecer mecanismos de comunicación con los mismos.
- Orientar la participación del personal que ejecutará las obras y acciones que dependen de la comunidad en las actividades de prevención y atención de emergencias, como parte de un proceso educativo permanente.

Alcance del Plan: El plan de contingencia está orientado a la ejecución de las acciones preventivas y de control de emergencias a implementar durante cualquier riesgo identificado.

6.11.3. Ámbito de aplicación.

El plan de contingencias será aplicable a todo el ámbito del proyecto. Los eventos de origen natural o antrópico que podrían ocurrir deberán tener acciones de respuesta en las diferentes etapas del proyecto, teniendo en cuenta las prioridades siguientes:

- Garantizar la integridad física de los colaboradores y de los pobladores de las comunidades rurales dentro del área de influencia del proyecto.
- Minimizar los efectos ambientales al entorno.
- Se debe orientar la conformación de la brigada de atención a emergencias que debe ser liderada por un jefe de brigadas, quien implementara las acciones contempladas en el plan de contingencias.
- Recursos necesarios
- La brigada de emergencias debe tener conocimientos básicos de primeros auxilios
- La brigada de incendios debe tener conocimientos básicos de operación de extintores según sea el requerimiento.
- Debe garantizarse un botiquín de primeros auxilios que contenga medicamentos básicos pero que debe ser administrado por personal que oriente su uso correcto.
- Se debe contar con extintores de incendios acorde a las sustancias químicas que se manipulan y almacena en la central hidroeléctrica y áreas de apoyo.
- Se debe contar con una guía telefónica de contactos del Centro de Salud más cercano, y miembros de brigada de emergencias para establecer contacto cuando se requiera.
- Se debe mantener como mínimo un medio de transporte para utilizarlo en caso de emergencias.

ENATREL designará una brigada de emergencia, que comprenderá las brigadas de primeros auxilios, de respuesta contra incendios y de evacuación. Cada brigada estará conformada por cinco (05) personas, incluido el chofer de la unidad vehicular, además del personal responsable de las áreas con mayor potencial de riesgos de la central hidroeléctrica, conforme los resultados del análisis de riesgo bajo metodología del panorama de factores de riesgos ocupacionales u otra metodología que ENATREL

considere una vez iniciadas las operaciones. Estas brigadas actuarán bajo la supervisión y dirección del jefe de Brigada.

La brigada tiene como fin la protección de la vida humana, por ello se encargará de lo siguiente:

- Llevar a las personas accidentadas a lugares seguros, prestándole los primeros auxilios rápida y eficientemente. En caso de que la situación lo amerite, los accidentados serán conducidos a los establecimientos de salud más cercanos del municipio de Jinotega (públicos o privados).
- Establecer el alcance de posibles daños ocasionados por el evento.
- Constituirse en el lugar del siniestro o eventualidad.
- Ordenar evacuación de personal en caso de ser necesario.
- Informar y solicitar apoyo externo a través del comité de emergencia (jefe de obra /jefe de operaciones). Establecer contacto con las instituciones de apoyo ante la ocurrencia de emergencias (Policía, municipalidad, centro de salud y SINAPRED entre otros).

Procedimiento a seguir frente una emergencia.

Al momento de presentarse una emergencia, deben verificarse las condiciones acontecidas en el sitio para aplicar las medidas necesarias y enfocadas al fin presentado.

Dichas acciones tendrán las siguientes prioridades:

- Preservar la integridad física de las personas.
- Preservar o minimizar la alteración o daño de áreas que afecten las necesidades básicas de las poblaciones colindantes.
- Preservar el medio ambiente.

La respuesta durante la ejecución del plan será llevada a cabo en colaboración con el personal presente, por la brigada de emergencia y bajo la supervisión del jefe de Brigada.

Riesgos que puedan provocar contingencias por eventos naturales.

El presente plan establece medidas de prevención, control y respuesta que son factibles de aplicar y que permiten salvaguardar y/o minimizar los daños a la integridad física del

personal y terceros por ocurrencia de sismos, deslizamientos, inundación en el área del proyecto.

Los riesgos que pueden presentarse durante las diferentes etapas que conlleva el proyecto son muy similares, las variaciones están dadas por la probabilidad de ocurrencia debido a las actividades que se desarrollen y la magnitud con la que ocurran. En este sentido, es importante tener en cuenta que el análisis que se presenta a continuación es general y se basa en las diferentes tareas que conlleva el Proyecto independientemente de la etapa en la que se ejecuten.

- **Simulacros:** Al menos cada 6 meses deben ejecutarse simulacros sobre ocurrencia de sismos, incendios, inestabilidad de ladera, inundaciones y evaluar los mecanismos de actuación y comunicación que persistieron durante la ejecución de los simulacros.
- **Evaluación y seguimiento:** Concluidas las operaciones de respuesta, se evaluará el plan de contingencias, y se elaborarán las recomendaciones que permitan su mejor desarrollo, como parte de la mejora continua. Es importante que en los simulacros y su evaluación estén integrados miembros del comité municipal de emergencia, por tanto, ENATREL deberá notificar e invitar a miembros activos.

Los distintos riesgos asociados que pueden ocurrir durante la operación del proyecto son los siguientes:

- **Riesgos naturales:** Los riesgos naturales pueden ser incendios forestales, sismos, inestabilidad o derrumbe de los taludes, afectaciones eléctricas y de operación por inundación o crecida de la presa. Estos riesgos naturales pueden provocar otros riesgos como:
 - Riesgos operacionales
 - Accidentes laborales
 - Intoxicación por humo, en caso de incendio.
 - Riesgo por uso de equipos mecánicos
 - Riesgo eléctrico
 - Riesgo por mordedura y/o picaduras de animales e insectos

Medidas contempladas en el plan de contingencia: atención de incendios.

Esta sección del plan de contingencias tiene su mecanismo de activación en el momento en que se inicie un incendio. Para la prevención de incendios se recomienda:

- Controlar las fuentes de ignición para los equipos eléctricos, las fricciones mecánicas, los materiales extraños, las flamas abiertas o chispas, no se debe fumar en los lugares en los cuales se almacenan sustancias inflamables, controlar la electricidad estática, los derrames pequeños de combustible que pueden ocurrir.
- Se deberá realizar un mantenimiento periódico y programado de todo el sistema (maquinarias, herramientas, equipos), de tal manera que no se vea afectada la salud o la integridad física de los trabajadores.
- El personal será instruido, mediante programas de capacitación y simulación, sobre la forma de combatir los incendios, de acuerdo con la clase de fuego que se pueda presentar.
- Los extintores se instalarán en diferentes áreas de la central hidroeléctrica con énfasis en el área de la casa de máquinas, área bodega de almacenamiento de sustancias o insumos químicas, área de administración, entre otras.

Caso de incendios forestales aledaños al área.

- Si el personal de la central hidroeléctrica detecta fuego o incendios en predios vecinos lo comunicará en el acto a los propietarios.
- Si el incendio o el conato de incendio es muy próximo a los linderos del proyecto, colaborar en la extinción del fuego, si lo amerita la situación.
- Si el incendio o conato de incendio es en las áreas verdes de la empresa, se prepararán las condiciones para suspender operaciones en cualquier momento y colaborar en la extinción del fuego.
- Si el incendio es en los edificios de la central hidroeléctrica, se evacuará inmediatamente al personal de la nave hacia el área de evacuación establecida en el plano de conjunto. Quedando únicamente el personal de la brigada contra incendio.

Riesgo por inestabilidad de laderas.

Medidas de prevención.

- Identificar las zonas susceptibles a deslizamientos y establecer las zonas de seguridad. En caso de ocurrir un deslizamiento en los cerros aledaños, el encargado del frente de trabajo evaluará el área afectada, y seguirá el siguiente procedimiento:
- Si se produce durante la construcción y operación del proyecto, realizar un conteo del personal para identificar personal y maquinaria afectada.
- Establecer si existen heridos en el personal observado, comunicar al responsable del proyecto y entidades municipales.
- Observar y evaluar el estado de los taludes
- Coordinar con el responsable del proyecto acerca del movimiento de tierras para evaluar la zona y prevenir cualquier evento similar antes de iniciar la limpieza del área afectada.
- Preparar un informe de la ocurrencia, indicando causas y condiciones bajo las cuales ocurrió el deslizamiento, tipo de terreno afectado.

Riesgo por derrames de sustancias químicas en el área de bodega de almacenamiento.

Las buenas prácticas laborales pueden facilitar la reducción de exposiciones peligrosas, por lo que se recomienda:

Medidas de prevención.

- Familiarizarse con los equipos de seguridad que hay disponibles para la protección contra los peligros identificados.
- El supervisor de seguridad tiene la responsabilidad de vigilar que se usen y de capacitar al personal sobre el uso y manejo de éstos. Conocer los procedimientos que se emplean para manejar los equipos.
- Todo personal que manipule sustancias químicas debe contar con equipo de protección personal especializado.

- El personal que manipule sustancias químicas debe estar capacitado y autorizado para realizar las tareas designadas. Es importante saber qué equipos de protección personal son necesarios y cuándo son necesarios.
- Contar con un kit de emergencia para absorber derrames pequeños de sustancias químicas. El material contaminado deberá disponerse en contenedores rotulados y en buen estado físico.
- Contar con equipo de comunicación radial que facilite y agilice los canales de comunicación en casos de emergencia.

Medidas a tomar en caso de mordeduras de serpientes.

- Al tratar con un encuentro directo, es mejor permanecer quieto e inmóvil. Si la serpiente aún no ha huido, es importante alejarse lentamente y con precaución.
- Se aconseja no meter las manos ciegamente en troncos huecos, ni de dar la vuelta a rocas de gran tamaño cuando se realice limpieza de las áreas verdes ornamentales o de reforestación.
- Es deseable contener el veneno en la región de la mordedura, por medio de inmovilización por presión.
- La identificación de la serpiente es importante en la planificación del tratamiento por tanto se recomienda identificarla. No se recomienda tratar de capturar o matar a la serpiente y arriesgar sufrir mordeduras adicionales o retrasar el tratamiento médico adecuado
- Proteger a la persona y los demás de mordeduras adicionales.
- Mantenga calma a la persona. Reacción de estrés agudo aumenta el flujo sanguíneo y pone en peligro a la persona. Pánico es contagioso y afecta el buen juicio.
- Pedir ayuda para organizar el transporte a la sala de emergencia del centro de salud o clínica más cercana, donde a menudo se dispone de sueros antiofídicos para las serpientes comunes a la zona.
- Asegúrese de mantener la extremidad mordida en una posición funcional y por debajo del nivel del corazón de la víctima, a fin de minimizar que la sangre vuelva al corazón y otros órganos del cuerpo.

- No administre estimulantes o medicamentos para el dolor a la víctima, a menos de que se lo indique específicamente un médico.
- Retire cualquier objeto o ropa que podría constreñir la extremidad mordida si se hincha (anillos, pulseras, relojes, calzado, etc.).
- Mantenga a la persona lo más quieto posible.
- No haga una incisión en el sitio de la mordedura.

Inventarios de recursos.

- En la central hidroeléctrica se dispondrá de un vehículo en excelentes condiciones mecánicas para el traslado de personas afectadas en caso de una eventualidad. Este estará definido y señalizado a fin de facilitar su ubicación en caso de emergencias.
- Equipo de protección personal nuevo almacenado en bodega de equipos para usarse en caso de emergencia.
- Un botiquín de primeros auxilios, guardado en un lugar de fácil acceso, con sueros antifídicos, gasas estéril individuales, esparadrapo (cinta adhesiva), curas, vendas en rollo, alcohol al 70%, solución antiséptica (como peróxido de hidrógeno), acetaminofén (paracetamol) (como tylenol) e ibuprofeno, medicamento para combatir malestares de estómago y todo medicamento básico, una tijera, un termómetro, guantes de plástico (por lo menos 2 pares). Se recomienda consultar al centro de salud por cualquier medicamento especial que se sugiera.
- Disponible las hojas MSDS emplastadas en cada área conforme manipulación de sustancias respectivas.
- Disponible lista de instituciones claves en caso de emergencia, incluir personal de contacto, teléfonos convencionales y celulares de ser posible.

Señalización de la central hidroeléctrica.

Los carteles de seguridad alertan a la gente sobre las prácticas inseguras o el manejo de actividades riesgosas. Se deberán señalar todas las áreas de la central hidroeléctrica incluyendo el área administrativa y de aseo personal de los trabajadores. Se dispondrán los tipos de rótulos y en cantidades necesarias que garanticen que los

trabajadores visualicen y entienda las señales de riesgos, obligaciones, restricciones y recomendaciones en cada área.

La ubicación de los carteles debe ser seleccionada cuidadosamente. Deben colocarse en lugares visibles y no deben obstruir o dificultar el tráfico. Deben colgarse a la altura de la vista, aproximadamente 1.60 m del suelo, en lugares bien iluminados (de ser posible, con iluminación propia). Nunca debe usarse una luz intermitente en una zona de producción.

El tamaño ideal para colocar el tablero del cartel es de 56 cm de ancho por 76 cm de alto. También puede ser apenas lo suficientemente grande para dar cabida a un solo cartel. Los tableros y los marcos para los carteles deben ser pintados en colores atractivos.

Los carteles deben exhibirse solos y estar libres de otro material publicitario. Se recomienda cambiarlos frecuentemente. La selección y rotación de los carteles debe estar a cargo del departamento de seguridad industrial. El uso intensivo de carteles relacionados con ciertas prácticas inseguras puede ser eficaz para producir impactos en lugares del departamento donde hay peligros excepcionales.

El presente plan será modificado y personalizado una vez iniciadas las actividades de construcción y operación, a fin de dejar establecidos los sitios más adecuados para la señalización, ubicación exacta de extintores, tipos de extintores según el riesgo existente en cada área, ubicación del botiquín de primeros auxilios y la lista de contactos conformadas las brigadas de emergencia.

VII. CONCLUSIÓN.

Se realizó un estudio de impacto ambiental para la ejecución del proyecto “central hidroeléctrica El Porterillo 20 MW”, este generará 46 impactos ambientales negativos, 0 impactos ambientales positivos en la etapa de construcción y en la etapa de operación generará 20 impactos ambientales negativos, 0 impactos ambientales positivos, sin embargo estos pueden ser prevenidos, mitigados y compensados a través de la ejecución de las respectivas medidas ambientales y el programa de gestión ambiental con sus planes específicos.

El estudio de impacto ambiental de la central hidroeléctrica El Porterillo ha permitido desarrollar un instrumento de gestión ambiental que cumple con la normativa nacional de Nicaragua, asegurando que las actividades de construcción, operación y mantenimiento se ajusten al marco legal y optimicen el uso de los recursos naturales, causando las afectaciones mínimas a los diversos factores ambientales afectados por el proyecto “central hidroeléctrica El Porterillo 20 MW”.

En el estudio de impacto ambiental se identificaron y cuantificaron los principales impactos ambientales, y se diseñaron planes de gestión, planes de manejo y programas específicos que incluyen medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación. Estos planes no solo buscan reducir al mínimo los impactos negativos, sino también contribuir positivamente a la calidad ambiental en aspectos clave como la calidad del agua, la biodiversidad y la conservación del paisaje.

El proyecto “central hidroeléctrica El Porterillo 20 MW”, es ambientalmente viable, gracias a la implementación de un programa de gestión ambiental y de medidas de manejo específicas. A través de estas acciones, los impactos ambientales potenciales pueden ser gestionados de manera efectiva, permitiendo que el proyecto no solo minimice sus impactos negativos, sino que también contribuya al desarrollo sostenible y a la protección de los recursos naturales en la región. Esta planificación integral reafirma el compromiso del proyecto con el desarrollo responsable, demostrando que es posible llevar a cabo proyectos de generación de energía renovable que respeten el entorno y cumplan con los estándares ambientales establecidos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Arango, L. F. (15 de Agosto de 2023). *Energía solar: definición, características y ventajas de esta energía limpia*. Obtenido de Alcaldía de Medellín: <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/energia-solar-definicion-caracteristicas-y-ventajas-de-esta-energia-limpia/>
- Asamblea Nacional. (1987, 9 de enero). *Constitución Política de Nicaragua*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/bbe90a5bb646d50906257265005d21f8/8339762d0f427a1c062573080055fa46>
- Asamblea Nacional. (1988, 21 de octubre). *Norma Regional Capre*. Managua: La Gaceta. Obtenido de https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Normas_oficiales_para_la_calidad_del_agua_nicaragua.pdf
- Asamblea Nacional. (1989, 22 de marzo). *Convenio de Basilea*. Basilea: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Instrumentos.nsf/d9e9b7b996023769062578b80075d821/5991af09d1ea416b06257386007309c2?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (1991, 4 de noviembre). *Decreto 42-91: Declaración de Áreas Protegidas en Varios Cerros Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/8f7597505b329eb0062570a10057d908?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (1996, 29 de agosto). *Reglamento de la Ley General del Ambiente (Decreto No. 89-95)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/164aa15ba012e567062568a2005b564b/29b81609b8726f49062570bc005fbb2c?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (1996, 6 de junio). *Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley No. 217)*. Managua, Nicaragua: La Gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/1B5EFB1E58D7618A0625711600561572](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/1B5EFB1E58D7618A0625711600561572)
- Asamblea Nacional. (1998, 1 de abril). *Ley No. 271 (Ley de Hidrocarburos)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/d0c69e2c91d9955906256a400077164a/df81a795f789fbf4062570a100577787?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (1998, 6 de febrero). *Ley 277: Ley de Suministro de Hidrocarburos, sus reformas y adiciones*. Managua: La Gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/CC5FAB07BCB8F3AD062570A100584EE3?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/CC5FAB07BCB8F3AD062570A100584EE3?OpenDocument)
- Asamblea Nacional. (2000, 7 de abril). *Ley 337: Ley creadora del sistema nacional para la prevención, mitigación y atención de desastres*. Managua: La Gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/297E6E70F4940832062572020059E4CD?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/297E6E70F4940832062572020059E4CD?OpenDocument)

- Asamblea Nacional. (2001, 23 de mayo). *Convenio de Estocolmo*. Estocolmo: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Instrumentos.nsf/bde7f9f0e2863496062578b80075d822/c2053060e459fdef06257370006265e6?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2002, 24 de mayo). *NORMA TÉCNICA N°. NTON 05 014-02: Norma técnica ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/3d7b0c9bf4c186790625764e005d16f4?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2002, 5 de noviembre). *NORMA TÉCNICA N°. NTON 05 015-02: Norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/bbe90a5bb646d50906257265005d21f8/f124ab4e19e485950625728a005c2c3f?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2004, 27 de diciembre). *Ley de Pesca y Acuicultura (Ley No. 489)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(All\)/1A666D4D9929B0F6062570A100583F5F?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/(All)/1A666D4D9929B0F6062570A100583F5F?OpenDocument)
- Asamblea Nacional. (2005, 27 de mayo). *Ley de Promoción de Generación Eléctrica con Fuentes Renovables (Ley No. 532)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/525593f05f79d1bd062570a100584921?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2006, 21 de junio). *Ley Forestal (Ley No. 585)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/7af3d5a2687b48940625755b0076a8dd?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2007, 4 de septiembre). *Ley general de Aguas Nacionales (Ley No. 620)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/COC1931F74480A55062573760075BD4B](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/COC1931F74480A55062573760075BD4B)
- Asamblea Nacional. (2008, 2 de julio). *Resolución Ministerial No. 122-2008*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/0/c505ff5bfbd6c478062574f2007946dc?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2010, 10 de agosto). *Reglamento de la Ley General de Aguas Nacionales (Decreto No. 44-2007)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/4c9d05860ddef1c50625725e0051e506/9f2f848b62c936d1062577b2005f30a9?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2011, 26 de mayo). *Ley de Sanidad Vegetal y Animal (Ley No. 747)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/cf820e2a63b1b690062578b00074ec1b>

- Asamblea Nacional. (2017, 29 de noviembre). *Decreto 20-2017: Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Indice.nsf/e9401134d79412cc06257d02006fe1d8/37aac90289fde9ba062583520056e2f1?OpenDocument>
- Asamblea Nacional. (2017, 30 de noviembre). *Decreto 21-2017: Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales*. Managua: La Gaceta. Obtenido de Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales.
- Asamblea Nacional. (2017, 5 de julio). *Ley de la Industria Eléctrica (Ley No. 272)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/bdeb0ea8e8bce359062581520061e492?OpenDocument#:~:text=272%2C%20LEY%20DE%20LA%20INDUSTRIA%20EL%3%89CTRICA&text=Que%20de%20conformidad%20con%20el,la%20distribuci%C3%B3n%20de%2>
- Asamblea Nacional. (2021, 11 de enero). *Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica (Decreto No. 42-98)*. Managua: La Gaceta. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/f32c01dface8f3f30625865a006e811d?OpenDocument>
- Ayudalegalpr. (12 de Agosto de 2022). *Las plantas electricas: riesgos, leyes y convivencia*. Obtenido de Ayudalegalpr.org: <https://ayudalegalpr.org/resource/las-plantas-elctricas-riesgos-leyes-y-convivencia>
- Barzev , R. (2004). *Documento de consultoria: Valoracion Economica de la Cuenca del Rio Viejo- Propuesta de sistema de Pago por Servicios Ambientales Hidricos*. Servicios Internacionales en Economia y Medio Ambiente (SIEM).
- Bembibre, C. (Julio de 2011). *Definición de Estudios de Impacto Ambiental*. Obtenido de Significado.com: <https://significado.com/estudiosimpactoambiental/>
- Benedetti, A. (12 de Octubre de 2023). *Palabras clave para el estudio de las fronteras*. Obtenido de Ambiente: https://www.iusc.es/recursos/ecologia/documentos/c6_fact_amb.htm
- Ceruti Andrés, A. (16 de Abril de 2016). *Las 10 maneras en las que los ingenieros químicos pueden salvar el mundo*. Obtenido de Wwww.uv.es: <https://www.uv.es/uvweb/master-ingenieria-quimica/es/master-ingenieria-quimica/10-maneras-ingenieros-quimicos-pueden-salvar-mundo-1285932027708/GasetaRecerca.html?id=1285962702602>
- Clean Air Task Force. (1 de junio de 2004). *Aire sucio, energia sucia: Mortalidad y daños a la salud debidos a la contaminacion atmosfericas de las centrales eléctricas*. Obtenido de Clean Air Task Force: <https://www.catf.us/es/resource/dirty-air-dirty-power-mortality-and-health-damage-due-to-air-pollution-from-power-plants/#:~:text=Ataques%20de%20asma%2C%20enfermedades%20respiratorias,contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20del%20sector%20el%C3%A9ctrico.>

- COINE ET BELLIER Ingenieros Consultores. (1984). *Estudio de Factibilidad de la Ampliacion de la Planta Hidroeléctrica Centroamerica y revision del Estudio de Factibilidad del proyecto Larreynaga*. (Vol. 5).
- Coral-Themes. (22 de mayo de 2017). *Desarrollo de la energía hidráulica*. Obtenido de Expo Energia: <https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/desarrollo-energia-hidraulica.php?m=>
- Coyne Et Bellier, I. C. (1979). *Estudio de prefactibilidad del proyecto hidroeléctrico larreynaga*.
- Editorial. (Julio de 2016). *Importancia de la Energía Hidroeléctrica*. Obtenido de Significado.com: <https://significado.com/im-energia-hidroelectrica/>
- Empresa Nicaraguense de Electricidad (ENEL). (20 de Enero de 2022). *Acciones de mitigación del impacto ambiental en el proyecto hidroeléctrico El Barro*. Obtenido de ENEL: <https://enel.gob.ni/acciones-de-mitigacion-del-impacto-ambiental-en-el-proyecto-hidroelectrico-el-barro/>
- Federovisky, S. (2007). *Historia del medio ambiente*. Buenos Aires: Capital Intelectual.
- Foro Nuclear. (13 de mayo de 2020). *¿Qué es una central hidroeléctrica?* Obtenido de Foronuclear.org: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-una-central-hidroelectrica/>
- Gardey, A., & Pérez Porto, J. (20 de Mayo de 2024). *Medio ambiente - Qué es, características, importancia y elementos*. Obtenido de Definición.de: <https://definicion.de/medio-ambiente/>
- Global Energy Monitor. (23 de Marzo de 2022). *Global Energy Monitor*. Obtenido de Perfil energético: Nicaragua - Global Energy Monitor: https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Nicaragua
- González, I., & Garcia Zarate, M. A. (2019). La energía geotérmica para reducir emisiones de gases a la atmósfera. *ResearchGate*, 4. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/333772900_La_energia_geotermica_para_reducir_emisiones_de_gases_a_la_atmosfera
- Grupo Luxun. (10 de marzo de 2024). *Energía Limpia Vs. Energía Renovable ¿Cuál es la Diferencia?* Obtenido de es.linkedin.com: <https://es.linkedin.com/pulse/energ%C3%ADa-limpia-vs-renovable-cu%C3%A1l-es-la-diferencia-grupoluxun-l7utc>
- Hermógenes, G. (15 de Marzo de 2024). *¿Qué es la energía hidroeléctrica? Características y ventajas principales*. Obtenido de Híbridos y Eléctricos: https://www.hibridosyelectricos.com/s/que-es-energia-hidroelectrica-caracteristicas-ventajas-principales_71320_102.html
- Hlcsistemas. (7 de Enero de 2022). *El futuro son las plantas hidroeléctricas, conoce por qué*. Recuperado el 4 de Abril de 2024, de HLC Ingeniería y Construcción: <https://www.hlcsac.com/noticias/el-futuro-son-las-plantas-hidroelectricas-conoce-por-que/>
- Ingeoexpert. (13 de mayo de 2020). *Cómo funciona una central hidroeléctrica y cuál es su estructura interna*. Obtenido de Ingeoexpert: <https://ingeoexpert.com/2018/03/22/como-funciona-una-central-hidroelectrica>
- INIDE. (2005). *Ficha técnica municipal de Jinotega y sus comunidades*.

- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua . (6 de Junio de 2021). *La energía hidroeléctrica en el contexto del cambio climático*. Obtenido de gob.mx: <https://www.gob.mx/imta/articulos/la-energia-hidroelectrica-en-el-contexto-del-cambio-climatico?idiom=es#:~:text=El%20desarrollo%20hidroel%C3%A9ctrico%2C%20tanto%20en,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero>.
- Legislacion Asamblea. (1996). *Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales*. Managua, Nicaragua: La Gaceta. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/1B5EFB1E58D7618A0625711600561572](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/1B5EFB1E58D7618A0625711600561572)
- MARENA. (2021). Anexo 6. Guía para la Elaboración del Programa de Gestión Ambiental para los Proyectos Categoría III.
- Martínez Bermudez. (2004). *Seismilogical Study: Final Report, Proyecto Río Viejo. Official and Private document*.
- Melfosur - Montajes Eléctricos y Fomentos del Sur. (14 de febrero de 2019). *La Biomasa Como Fuente De Energía Renovable*. Obtenido de Melfosur.es: <https://www.melfosur.es/biomasa-energia-renovable/>
- Ministerio de salud. (31 de Diciembre de 2023). *MINSA*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2024, de Municipio Jinotega: <https://mapasalud.minsa.gob.ni/mapa-de-padecimientos-de-salud-municipio-de-jinotega-jinotega/>
- Oviedo Ocaña, E. R. (23 de Julio de 2018). Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental. *Revista de la Universidad Industrial de Santander/Salud UIS*, 50(3), 191-192. doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v50n3-2018003>
- Redbioética UNESCO. (18 de Enero de 2023). *Centrales hidroeléctricas y contaminación ambiental*. Obtenido de Redbioética/UNESCO: <https://redbioetica.com.ar/centrales-hidroelectricas-y-contaminacion-ambiental/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (13 de agosto de 2018). *Definición y objetivo de la evaluación del impacto ambiental*. Obtenido de gob.mx: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/definicion-y-objetivo-de-la-evaluacion-del-impacto-ambiental>
- Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. (13 de Agosto de 2018). *gob.mx*. Obtenido de Impacto ambiental y tipos de impacto ambiental: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>
- Solaun, O., Bald, J., & Borja, A. (1 de enero de 2003). Protocolo para la realización de los estudios de impacto ambiental en el medio marino. *ResearchGate*, 9. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/235988516_Protocolo_para_la_realizacion_de_los_estudios_de_impacto_ambiental_en_el_medio_marino

- Structuralia Blog. (7 de Agosto de 2023). *Impacto ambiental de la energía eléctrica: secuelas y medio ambiente*. Obtenido de Structuralia.com: <https://blog.structuralia.com/impacto-ambiental-de-la-energia-electrica>
- Umaña, L. (20 de Enero de 2023). *Planta Centroamérica contribuye a la generación de energía limpia en Nicaragua*. Obtenido de El 19 digital: <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:136139-planta-centroamerica-contribuye-a-la-generacion-de-energia-limpia-en-nicaragua>
- United Nations Climate Change. (2016). *El Acuerdo de París*. Paris: unfccc. Obtenido de <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- United Nations Climate Change. (22 de Noviembre de 2018). *Cómo la energía hidroeléctrica puede ayudar a la acción climática*. Obtenido de Unfccc.int: <https://unfccc.int/es/news/como-la-energia-hidroelectrica-puede-ayudar-a-la-accion-climatica#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20hidroel%C3%A9ctrica%20mantiene%20una,la%20quemada%20de%20combustibles%20f%C3%B3siles>.
- Viña, D. A. (29 de Octubre de 2023). *Nuevas tecnologías para transformar las hidroeléctricas*. Obtenido de El País: <https://elpais.com/extra/energia/2023-10-29/nuevas-tecnologias-para-transformar-las-hidroelectricas.html>

IX. ANEXOS.

Criterios para la evaluación de las afectaciones y/o impactos ambientales.

Según Conesa (1993) se propone una clasificación de los impactos ambientales de mayor ocurrencia sobre el medio ambiente, diferenciándolos por su intensidad, por la valoración de la calidad ambiental, por su extensión, persistencia, momento, en que se manifiestan, por su capacidad de recuperación, por su periodicidad y por la relación causa-efecto, entre otros.

Naturaleza (N) (impacto perjudicial e impacto beneficioso): Clasificación del impacto como negativo (perjudicial) o positivo (beneficioso) para el medio ambiente o la sociedad.

Intensidad (IN): Grado de magnitud del impacto, que puede variar desde un cambio leve hasta una alteración significativa del entorno.

- **Baja (1):** Leve, cambios pequeños o imperceptibles.
- **Media (2):** Moderada, cambios evidentes, pero no críticos.
- **Alta (4):** Significativa, cambios notables y potencialmente dañinos.
- **Muy alta (8):** Muy significativa, cambios muy notables y críticos.
- **Total (12):** Extrema, cambios extremos y transformadores.

Extensión (EX) (área de influencia): Dimensión espacial del impacto, que puede ir desde una escala local hasta una escala global.

- **Puntual (1):** El efecto se detecta en un área muy pequeña y localizada, sin que exista posibilidad de expansión.
- **Parcial (2):** El efecto supera los límites del proyecto, pero sin alcanzar una extensión generalizada, siendo su influencia limitada a un ámbito espacial concreto y determinado.
- **Extenso (4):** El efecto se manifiesta de manera generalizada o extensa a toda o gran parte del entorno considerado.
- **Total (8):** El efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado o en una gran parte de este.
- **Critica (12):** El efecto alcanza una extensión total. Se trata de un efecto muy grave y con consecuencias irreversibles que afectan de manera crítica a todo el entorno.

Momento (MO) (plazo de manifestación): Tiempo en el que el impacto comienza a manifestarse desde el inicio de la actividad que lo causa, que puede ser inmediato o diferido en el tiempo.

- **Largo plazo (1):** El impacto se manifiesta después de un largo período.
- **Medio plazo (2):** El impacto se manifiesta en un período intermedio.
- **Inmediato (4):** El impacto se manifiesta inmediatamente después de la actividad.

Persistencia (PE) (permanencia del efecto): Duración del impacto en el tiempo, indicando si es temporal, de mediano plazo o permanente.

- **Fugaz (1):** El impacto dura muy poco tiempo.
- **Temporal (2):** El impacto dura un período de tiempo limitado.
- **Permanente (4):** El impacto tiene una duración indefinida o permanente.

Reversibilidad (RV) (recuperabilidad): Capacidad del entorno afectado para retornar a su estado original después de cesar la actividad causante del impacto, indicando si el efecto es reversible o irreversible.

- **Recuperable a corto plazo (1):** El entorno puede recuperarse rápidamente.
- **Recuperable a medio plazo (2):** El entorno puede recuperarse en un período intermedio.
- **Irrecuperable (4):** El entorno no puede recuperarse a su estado original.

Sinergia o Riesgo del impacto (SI): Expresa la probabilidad de ocurrencia de dos o más efectos simples.

- **Bajo:** No existe la certeza de que el impacto se produzca, es una probabilidad.
- **Medio:** La condición intermedia de duda de que se produzca o no el impacto.
- **Alto:** Existe la certeza de que el impacto se produzca en forma real.

Acumulación (Ac) (incremento progresivo): Propiedad del impacto de intensificarse o sumarse con el tiempo debido a la repetición o continuidad de la actividad generadora.

- **Simple (sin sinergia) (1):** El impacto no se intensifica con el tiempo.
- **Sinérgico (2):** El impacto se intensifica debido a la interacción con otros impactos.

- **Acumulativo (4):** El impacto se incrementa progresivamente con el tiempo.

Efecto (Ef) (relación causa-efecto): Relación directa o indirecta entre la acción que causa el impacto y el impacto mismo, indicando si es un efecto primario o secundario.

- **Indirecto (1):** El impacto es una consecuencia indirecta de la actividad.
- **Directo (4):** El impacto es una consecuencia directa de la actividad.

Periodicidad (Pr) (regularidad de manifestación): Frecuencia con la que se presenta el impacto, que puede ser ocasional, periódica o continua.

- **Irregular y discontinuo (1):** El impacto se presenta de manera esporádica.
- **Periódico (2):** El impacto se presenta a intervalos regulares.
- **Continuo (4):** El impacto se presenta de manera constante.

Recuperabilidad (MC): Es la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana.

- **Inmediata (1):** El medio puede recuperar totalmente sus condiciones iniciales de forma inmediata, una vez finalizada la acción que provocó el daño.
- **Mediano plazo (2):** El medio puede recuperar sus condiciones iniciales a medio plazo, sin necesidad de actuaciones correctoras y/o protectoras intensivas.
- **Mitigable (4):** La recuperación del medio requiere cierto tiempo y de la aplicación de medidas correctoras y/o protectoras. La recuperación es parcial.
- **Irrecuperable (8):** La alteración o pérdida es imposible de reparar, ya sea por la acción natural o por la acción humana.

Importancia (IM): Evaluación de la relevancia del impacto en términos ambientales, sociales y económicos, considerando su significancia y la necesidad de gestión, se expresa de la siguiente manera, por Conesa (1993):

$$IM = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Anexo 1. Temperaturas medias mensuales en °C (Estación Jinotega).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1970	19.8	18.9	20.3	21.9	22.2	22.0	21.1	21.6	21.4	21.5	19.1	19.1	20.7
1971	18.6	19.3	20.3	21.2	21.5	21.0	20.6	20.9	20.5	21.2	20.2	19.5	20.4
1972	19.4	19.4	20.7	21.9	22.1	21.9	22.3	21.3	21.7	21.1	21.0	19.8	21.1
1973	19.6	19.6	21.6	22.7	22.4	21.4	21.1	21.3	21.3	21.4	20.5	18.4	20.9
1974	18.7	18.4	19.9	21.1	22.1	21.5	21.3	21.0	20.9	20.4	20.0	19.4	20.1
1975	18.8	19.5	21.0	21.6	22.7	21.8	20.6	20.8	20.7	20.7	20.1	18.1	20.5
1976	18.2	18.6	19.4	21.0	21.7	21.6	21.4	21.4	21.9	21.4	20.6	20.0	20.6
1977	18.5	19.9	21.0	22.3	22.1	21.5	21.9	21.6	21.7	21.8	19.7	20.0	21.0
1978	19.4	19.8	21.2	22.3	23.2	21.4	21.0	21.6	21.4	21.4	21.2	20.0	21.2
1979	19.8	20.4	21.4	22.6	-	-	-	21.7	21.2	21.4	20.5	19.8	21.0
1980	19.9	19.7	21.3	22.5	23.5	22.2	21.7	21.5	21.8	21.6	20.7	19.2	21.3
1981	18.4	19.1	20.8	20.6	21.6	21.0	21.0	20.7	20.4	20.5	19.9	19.8	20.3
1982	20.0	20.5	20.9	21.9	22.4	22.0	21.9	21.8	21.7	21.8	20.6	19.7	21.2
1983	19.9	20.8	22.1	23.0	24.5	23.2	22.0	21.9	21.9	21.4	21.1	20.0	21.8
1984	19.0	19.8	20.6	22.2	22.4	21.1	20.1	20.2	20.2	20.3	18.7	18.5	20.2
Número	15	15	15	15	14	14	14	15	15	15	15	15	15
Media	19.2	19.6	20.8	21.9	22.4	21.7	21.3	21.3	21.2	21.2	20.3	19.4	20.8
Diferencia tipo	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
Coef. De variación	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 2. Temperaturas medias mensuales en °C (Estación la Porfía).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1972	19.7	19.4	20.6	22.6	22.7	21.9	21.7	21.8	22.4	22.0	21.1	20.6	21.4
1973	20.2	20.4	22.6	23.8	23.3	22.5	22.1	22.7	22.1	22.0	21.0	19.2	21.8
1974	19.6	19.2	20.2	21.4	22.8	22.2	21.7	21.8	21.5	21.2	20.4	19.4	21.0
1975	19.5	19.7	21.8	22.4	22.8	22.0	21.6	22.4	21.5	20.0	19.2	19.0	21.0
1976	20.4	20.0	21.1	21.8	22.6	21.7	21.4	21.2	22.0	21.4	21.0	22.0	21.4
1977	20.8	20.0	21.6	22.4	22.6	21.8	22.2	22.0	22.0	21.6	21.4	20.4	21.6
1978	19.3	20.5	21.7	23.1	24.2	22.3	21.3	22.0	22.3	22.2	21.7	20.7	21.8
1979	20.2	21.1	22.0	22.8	-	22.2	22.4	-	22.0	21.8	20.9	20.4	21.6
1980	20.3	20.5	22.0	23.8	23.9	22.1	21.4	21.7	22.0	21.6	20.9	19.0	21.7
1981	19.2	20.6	22.4	21.6	22.8	22.6	23.4	22.7	23.6	22.5	20.4	21.0	21.9
1982	20.6	21.5	22.4	22.9	23.2	22.9	21.6	22.3	22.4	21.9	21.2	20.4	21.9
1983	-	21.5	22.6	23.8	24.2	23.6	22.1	22.5	22.4	22.0	21.3	20.5	22.4
1984	19.4	20.5	21.6	22.7	23.1	22.6	21.8	21.8	22.4	21.7	20.0	19.6	21.4
1985	19.1	20.5	20.8	22.2	23.1	22.3	-	-	-	-	-	-	-
Número	13	14	14	14	13	14	14	12	13	13	13	13	13

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
Media	19.9	20.4	21.7	22.7	23.2	22.3	21.9	22.1	22.2	21.7	20.8	20.2	21.6
Diferencia tipo	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	0.4
Coef. De variación	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 3. Temperaturas medias mensuales en °C (Estación los Robles).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1955	-	-	-	-	-	21.0	19.2	19.6	19.9	19.8	18.0	18.2	-
1956	18.5	18.7	19.8	20.1	20.8	21.1	18.6	18.7	19.6	19.3	18.1	17.4	19.2
1957	20.5	20.4	19.4	19.4	20.4	20.5	19.2	20.3	20.6	20.2	18.6	18.2	19.8
1958	18.5	17.8	19.1	20.6	21.4	20.7	19.4	19.4	20.6	20.2	18.9	18.4	19.6
1959	17.6	18.0	18.6	19.3	20.6	20.6	19.3	19.4	19.5	20.2	18.9	17.8	19.2
1960	17.5	18.0	-	18.6	21.1	19.2	19.1	19.2	19.1	19.8	18.4	17.6	18.9
1961	17.7	18.4	19.7	20.6	21.4	21.5	21.2	19.3	19.2	18.2	17.7	17.6	19.4
1962	16.9	16.6	17.1	17.5	17.7	17.7	17.2	17.6	17.5	17.4	17.4	17.4	17.3
1963	17.4	17.6	17.9	17.9	17.8	17.6	18.2	18.4	17.7	17.5	17.5	17.4	17.7
1964	18.1	17.8	18.0	17.9	18.4	17.7	17.8	18.4	17.5	17.6	17.4	17.9	17.9
1965	18.0	18.2	17.6	18.0	18.6	19.3	17.8	17.9	18.3	17.8	17.6	18.5	18.1
1966	20.0	19.8	20.0	21.2	21.8	22.3	22.4	22.1	22.5	22.2	19.7	19.2	21.1
1967	19.5	19.3	19.5	21.5	22.0	22.2	21.2	20.8	21.5	21.5	20.7	21.0	20.9
1968	19.6	19.0	20.0	20.6	22.8	22.1	21.4	21.6	21.8	22.7	21.4	19.3	21.0
1969	18.9	18.6	21.1	21.9	23.3	22.0	-	21.3	21.6	21.3	19.5	18.7	20.7
1970	18.7	18.1	20.1	21.2	21.7	21.6	20.6	20.9	20.9	20.8	19.1	18.6	20.2
1971	18.6	18.6	19.1	20.2	21.2	21.0	20.5	21.2	20.8	21.2	20.4	19.4	20.2

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1972	19.2	19.4	20.7	21.6	22.0	21.6	21.5	20.6	21.3	21.2	20.4	19.4	20.7
1973	18.2	19.0	20.8	22.1	22.2	21.3	20.6	21.2	21.1	21.5	20.6	17.8	20.5
1974	18.6	17.6	19.0	20.3	20.9	20.9	20.6	20.6	21.0	20.1	20.4	18.6	19.8
1975	17.9	17.9	18.7	20.0	21.9	21.6	19.6	20.8	20.9	21.7	19.8	17.7	19.9
1976	17.9	18.2	19.4	20.6	21.0	21.4	20.8	21.0	21.3	21.1	20.2	19.6	20.2
1977	18.3	18.4	20.3	21.5	21.8	21.0	21.1	21.5	21.4	21.2	20.3	19.1	20.5
1978	18.3	19.2	20.8	21.5	22.7	21.6	21.0	21.4	21.2	21.0	20.6	19.5	20.7
1979	18.6	19.3	22.3	22.3	22.6	22.5	21.8	21.6	21.6	20.8	20.2	-	21.2
1980	18.9	19.4	20.9	22.9	23.0	22.3	21.4	21.2	24.3	21.2	20.8	19.2	21.3
1981	18.4	19.7	21.4	21.2	22.6	22.2	21.5	21.8	20.6	20.3	19.4	18.6	20.6
1982	-	20.0	20.0	21.0	22.5	21.8	20.0	20.0	20.5	20.3	19.9	19.5	20.5
1983	19.4	20.2	21.6	23.4	24.3	23.7	21.9	21.8	22.0	21.3	20.5	19.8	21.7
1984	18.8	19.5	20.5	21.7	22.1	22.1	21.2	21.2	21.6	21.1	19.2	19.4	20.7
Número	27	28	27	29	29	29	29	30	29	29	29	28	29
Media	18.5	18.7	19.8	20.6	21.4	21.1	20.2	20.4	20.6	20.3	19.4	18.6	20.0
S	0.8	0.9	1.3	1.5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.6	1.4	1.2	0.9	1.13
Coef. De variación	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 4. Humedad relativa en porcentaje (Estación Jinotega).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1970	78	76	75	69	79	85	86	86	85	85	84	83	81
1971	81	76	67	73	70	76	78	78	86	86	84	78	78
1972	82	79	73	71	78	83	77	80	82	82	82	81	79
1973	76	72	62	60	69	78	78	79	80	82	80	76	74
1974	86	79	74	71	70	78	75	90	88	87	83	85	80

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1975	86	78	74	71	70	77	75	85	88	88	88	81	80
1976	83	78	74	71	81	86	85	81	87	81	85	84	81
1977	84	82	76	70	82	87	84	87	86	84	83	83	82
1978	79	78	77	70	78	85	80	85	85	84	84	85	82
1979	81	79	78	82	-	-	-	90	94	93	91	92	87
1980	86	82	79	73	73	88	83	85	82	88	84	84	82
1981	76	80	73	79	85	88	81	85	80	85	80	83	81
1982	82	80	78	73	82	86	85	86	86	87	87	87	83
1983	84	80	71	74	72	82	82	85	84	84	80	82	80
1984	81	80	76	70	78	83	84	85	88	87	86	85	82
Número	15	15	15	15	14	14	14	15	15	15	15	15	15
Media	81.7	78.9	73.8	71.8	76.2	83	81	84.5	85.4	85.5	84.1	83.3	80.8
Diferencia tipo	3.3	25	4.5	4.8	5.4	4.2	3.8	3.6	3.6	3.0	3.1	3,7	2.8
Coef. De variación	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 5. Humedad relativa en porcentaje (Estación la Porfía).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1972	77	67	59	60	76	81	81	83	83	80	85	83	76
1973	78	70	62	59	70	-	-	90	85	90	84	78	77
1974	81	80	74	71	74	77	79	82	84	84	81	84	79
1975	77	68	71	82	77	83	85	83	85	89	91	89	82
1976	92	95	90	91	91	86	90	89	91	90	85	83	89
1977	75	75	76	72	82	93	87	89	90	91	89	88	84
1978	85	83	85	67	77	86	91	85	-	86	82	85	83
1979	79	80	91	-	78	89	-	-	-	86	84	85	-

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1980	78	73	71	-	74	88	89	90	88	91	90	88	84
1981	84	88	83	77	83	88	83	86	86	87	84	87	85
1982	84	80	74	70	81	86	88	87	88	88	89	86	83
1983	85	80	73	69	67	85	87	86	86	85	87	87	81
1984	85	85	80	77	81	86	89	89	89	91	85	87	85
1985	88	84	76	74	74	87	-	-	-	-	-	-	-
Número	14	14	14	12	14	13	11	12	11	13	13	13	12
Media	82	79.1	76.1	72.4	77.5	85.8	86.3	86.4	86.8	87.5	85.8	85.4	82.3
Diferencia tipo	4.9	7.9	9.3	8.9	6.0	3.9	3.8	3.1	2.6	3.3	3.1	2.9	3.6
Coef. De variación	0.06	0.1	0.12	0.12	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 6. Humedad relativa en porcentaje (Estación los Robles).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1955	-	-	-	-	-	82	87	87	84	82	87	86	-
1956	88	95	90	87	91	92	87	85	89	82	90	89	89
1957	86	82	73	76	82	81	88	85	86	85	90	93	84
1958	86	93	94	92	94	93	96	94	91	92	97	92	93
1959	92	93	89	86	87	90	91	92	92	92	93	94	91
1960	94	93	92	90	92	93	93	92	91	88	87	91	91
1961	88	86	91	90	93	98	99	94	92	92	91	91	92
1962	91	91	91	90	90	90	91	91	91	91	90	86	90
1963	91	90	90	90	90	91	87	88	89	91	91	90	90
1964	90	90	90	87	87	91	91	88	89	90	88	89	89
1965	83	86	85	80	82	85	86	82	86	88	86	87	85
1966	85	84	83	82	82	86	85	86	88	88	88	87	85

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
1967	85	83	84	85	82	88	88	87	87	90	87	90	86
1968	86	83	83	77	84	89	89	88	90	89	86	94	86
1969	88	83	80	79	73	86	86	88	87	89	86	86	84
1970	84	83	77	76	77	86	86	86	86	87	85	86	83
1971	84	84	78	77	79	87	87	88	89	90	89	90	85
1972	88	85	73	74	82	82	88	87	89	86	88	88	85
1973	86	81	76	74	79	86	89	90	91	90	87	85	84
1974	87	83	82	77	79	88	89	90	87	89	85	86	85
1975	89	83	77	70	69	86	87	90	91	90	90	91	84
1976	91	90	86	80	83	86	91	88	93	90	87	87	88
1977	82	85	74	75	81	87	85	87	85	86	86	88	83
1978	85	83	77	67	82	92	93	93	93	93	91	92	87
1979	90	87	91	88	92	96	95	93	92	94	95	95	92
1980	91	90	88	82	78	88	88	96	88	90	86	86	88
1981	80	82	74	80	86	88	88	87	87	85	85	88	84
1982	87	81	77	72	79	86	89	86	87	86	87	88	84
1983	89	83	74	71	69	82	87	86	86	87	87	85	82
1984	84	83	78	67	78	86	89	89	87	86	85	86	83
Número	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	29
Media	87.2	86.0	83.0	80.0	82.8	88.0	89.2	88.8	88.8	88.6	88.3	88.9	86.6
Diferencia Tipo	3.3	4.1	6.8	7.4	6.6	4.0	3.3	3.2	2.5	3.0	3.0	2.9	3.2
Coef. De variación	0.04	0.05	0.08	0.09	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 7. Velocidades mensuales por dirección en m/s.

Dirección	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Media
N	4.1	3.9	3.6	3.5	2.8	2.8	3.2	3.0	2.6	3.0	3.4	3.8	3.3
NE	3.8	3.8	3.5	3.3	2.8	3.0	3.4	3.2	2.7	2.6	2.8	3.6	3.2
E	3.8	3.6	3.9	3.8	3.4	3.4	3.4	3.2	3.1	2.8	2.7	3.4	3.4
SE	1.9	1.8	1.4	2.2	2.2	1.7	1.7	1.0	1.0	0	0	0	1.1
S	0	1.0	1.4	1.2	1.4	1.2	0	0	0	0.7	0	0	0.7
SW	0	0	0	1.2	1.3	1.2	0	0	0	0.7	0	0	0.5
SW	2.8	2.5	2.5	2.7	2.5	1.9	2.0	2.0	1.9	3.2	2.2	2.3	2.4

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 8. Velocidades máximas observadas en m/s (Estación Jinotega).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Año
1970	26.5	22.5	21.0	20.0	15.0	15.0	14.5	12.0	10.0	12.0	15.2	16.2	26.5
1971	16.5	17.0	14.8	15.7	-	-	-	-	12.5	11.5	18.1	19.7	19.7
1972	23.1	30.5	22.2	19.0	17.7	25.0	21.3	18.8	20.0	16.5	20.8	22.0	30.5
1973	26.2	23.2	17.3	20.0	18.0	17.2	15.7	13.2	14.4	15.0	26.3	20.8	26.3
1974	17.3	21.7	19.4	13.7	10.5	10.0	15.6	15.2	11.2	15.5	-	22.0	22.0
1975	19.6	21.5	17.7	18.6	11.7	19.0	13.2	14.2	14.5	12.6	19.0	17.7	21.5
1976	22.5	23.0	18.0	16.2	16.8	18.0	18.0	15.5	12.8	16.0	19.8	17.7	21.5
1977	18.0	18.1	19.3	17.5	13.7	15.0	17.6	13.2	15.	16.2	21.2	18.2	23.0
1978	17.8	19.7	21.0	12.1	17.7	14.4	15.0	15.0	13.0	12.9	-	-	21.0
1979	18	16.3	18.0	18.7	-	-	-	13.6	9.2	10.1	12.7	14.2	18.7
1980	17.8	16.8	16.5	14.8	12.0	12.9	12.4	12.5	15.2	12.0	13.5	15.5	17.8
1981	12.5	15.1	11.0	12.0	8.8	13.1	18.0	18.0	13.7	14.7	19.9	24.9	24.9
1982	22.6	17.4	17.6	16.2	13.0	16.9	17.1	16.4	14.9	18.3	18.8	17.3	22.6

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Año
1983	21.9	20.3	14.3	15.6	15.7	15.7	15.9	14.7	13.5	14.5	15.7	22.2	22.2

Nota: Adaptado de Coine et bellier, 1984.

Anexo 9. *Bosque húmedo.*



Anexo 10. *Bosque seco.*



Anexo 11. *Bosque muy seco.*



Anexo 12. *Vitalidad en las orillas del agua.*

