



PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL VOLUMEN I DE VI CAPÍTULO 2

DOCUMENTO 2148-12-EV-ST-010-02

REVISIÓN No. 0

Revisión	Modificaciones	Fecha
0	Emisión Original	2012-04-13

Elaboración – Revisión – Aprobación

Revisión	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma
0	SAG/HMV		HMV		HMV	

Los derechos de autor de este documento son de HMV INGENIEROS LTDA., que queda exonerada de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

CONTENIDO GENERAL

VOLUMEN I	
Descripción	Documento
Resumen ejecutivo	2148-12-EV-ST-010-00
Capítulo 1 – Generalidades	2148-12-EV-ST-010-01
Capítulo 2 – Descripción del Proyecto	2148-12-EV-ST-010-01
VOLUMEN II	
Capítulo 3 – Caracterización del área de influencia del Proyecto	2148-12-EV-ST-010-03
VOLUMEN III	
Capítulo 4 – Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	2148-12-EV-ST-010-12
Capítulo 5 – Evaluación ambiental	2148-12-EV-ST-010-05
Capítulo 6 – Zonificación de manejo ambiental del Proyecto	2148-12-EV-ST-010-06
Capítulo 7 – Plan de manejo ambiental	2148-12-EV-ST-010-07
Capítulo 8 – Plan de seguimiento y monitoreo del Proyecto	2148-12-EV-ST-010-12
Capítulo 9 – Plan de contingencia	2148-12-EV-ST-010-09
Capítulo 10 - Plan de abandono y restauración final	2148-12-EV-ST-010-10
Capítulo 11 - Plan de inversión del 1%	2148-12-EV-ST-010-11
Bibliografía	2148-12-EV-ST-010-12
VOLUMEN IV	
Anexo 1 a Anexo 12	2148-12-EV-ST-010-13
VOLUMEN V	
Anexo 13 a Anexo 17	2148-12-EV-ST-010-13
VOLUMEN VI	
Planos	2148-12-EV-ST-010-14

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

TABLA DE CONTENIDO

		Pag
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2-1
2.1	LOCALIZACIÓN	2-1
2.2	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	2-1
2.2.1	Obras de toma	2-1
2.2.2	Obras de conducción	2-2
2.2.2.1	Túnel de conducción	2-2
2.2.2.2	Tubería de presión	2-3
2.2.3	Casa de máquinas	2-3
2.2.3.1	Equipos principales	2-5
2.2.3.2	Equipos auxiliares	2-5
2.2.4	Obras de descarga	2-6
2.2.5	Conexión al sistema interconectado	2-6
2.2.6	Vías de acceso	2-6
2.2.6.1	Criterios de diseño	2-7
2.2.6.2	Longitudes y volúmenes de excavación	2-7
2.2.7	Campamentos	2-8
2.2.8	Zonas de préstamo y sitios de depósito de materiales	2-8
2.2.8.1	Zonas de préstamo	2-8
2.2.8.2	Sitios de depósito de materiales	2-9
2.2.9	Volúmenes de descapote, cortes y llenos	2-9
2.2.10	Energía para construcción	2-10
2.2.11	Agua para construcción	2-11
2.3	Proceso constructivo	2-11
2.3.1	Diseño y licitación de construcción	2-11
2.3.2	Movilización	2-11
2.3.3	Adecuaciones iniciales	2-11
2.3.4	Movimientos de tierra	2-12
2.3.5	Construcción de vías de acceso	2-12
2.3.6	Excavación de túneles	2-12
2.3.7	Construcción y montaje de la tubería a presión y de alivio	2-13
2.3.8	Construcción de Toma	2-13
2.3.9	Construcción de la casa de máquinas	2-13
2.3.10	Requerimientos de equipo a emplear	2-14
2.3.10.1	Concretadoras	2-14
2.3.10.2	Trituradora	2-14
2.4	PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO	2-14
2.4.1	Cronograma de construcción	2-14
2.4.2	Presupuesto del Proyecto	2-18
2.5	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA HIDROELÉCTRICA	2-18
2.5.1	Operación	2-18
2.5.2	Mantenimiento	2-19

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

	Pag
2.5.3 Descripción de las características técnicas de la operación	2-19
2.5.3.1 Campamentos, oficinas, bodegas y talleres requeridos durante la operación	2-19
2.5.3.2 Toma del agua	2-21
2.5.3.3 Generación de energía	2-21
2.5.3.4 Descarga de aguas al río San Matías	2-22
2.5.3.5 Agua para operación	2-22
2.5.3.6 Mantenimiento de vías de acceso	2-22
2.5.3.7 Inspección y mantenimiento del revestimiento interior del túnel de conducción y la almenara	2-22
2.5.3.8 Verificación del estado de la caseta de válvulas y la válvula de control	2-23
2.5.3.9 Verificación del estado de la casa de máquinas	2-23
2.5.3.10 Verificación del estado de los sistemas de control y medida, sistemas eléctricos, de iluminación y refrigeración	2-23
2.5.3.11 Verificación del estado del equipo turbogenerador en casa de máquinas	2-23
2.5.3.12 Verificación de la subestación eléctrica	2-23
2.5.3.13 Verificación del estado estructural del canal de descarga y obras de protección en la margen del río	2-23
2.5.3.14 Mano de obra requerida	2-24
2.5.3.15 Costo anual de operación	2-24

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTADO DE TABLAS

	Pag
Tabla 2-1: Criterios de diseño para las vías de acceso.....	2-7
Tabla 2-2: Longitudes, cortes y llenos de vías	2-8
Tabla 2-3: Mano de obra para construcción.....	2-8
Tabla 2-5: Volúmenes de excavación y lleno	2-10
Tabla 2-6: Especificaciones técnicas de las concretadoras	2-14
Tabla 2-7: Especificaciones técnicas de planta trituradora primaria.....	2-15
Tabla 2-8: Especificaciones técnicas de zaranda o criba.....	2-16
Tabla 2-9: Especificaciones técnicas del cono de trituración	2-16
Tabla 2-10: Costos del Proyecto.....	2-18

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTADO DE FIGURAS

	Pag
Figura 2-1: Cronograma de construcción.....	2-17
Figura 2-2: Corte tanque séptico.....	2-20
Figura 2-3: Corte tanque séptico.....	2-20

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTADO DE PLANOS

2148-12-CV-DW-010	Localización general del Proyecto
2148-12-CV-DW-011	Plano general de obras
2148-12-CV-DW-012	Localización oficinas, campamentos y plantas
2148-12-CV-DW-013	Localización de corrientes menores
2148-12-CV-DW-020	Tanque de aquietamiento y canal de conducción
2148-12-CV-DW-021	Túnel de conducción - Planta y perfil
2148-12-CV-DW-022	Túnel de conducción - Secciones típicas
2148-12-CV-DW-030	Tubería de presión- Perfil y secciones
2148-12-CV-DW-040	Casa de máquinas - Adecuación
2148-12-CV-DW-041	Casa de máquinas – Planta y secciones
2148-12-CV-DW-042	Canal de descarga
2148-12-CV-DW-051	Vía portal de salida túnel
2148-12-CV-DW-052	Vías - Obras típicas
2148-12-CV-DW-060	Depósitos - Localización general
2148-12-CV-DW-061	Depósitos – Planta y perfil
2148-12-EL-DW-020	Línea de transmisión

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN

El Proyecto Hidroeléctrico San Matías (antes denominado El Molino II) se localiza en el oriente del departamento de Antioquia, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción de los municipios de Cocorná y Granada, en las veredas Los Mangos y la Inmaculada del primer municipio; y en las veredas La Arenosa y Las Faldas de Granada. En el Plano 2148-12-CV-DW-010 se presenta la localización general del proyecto.

2.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto hidroeléctrico San Matías se ubica inmediatamente después del proyecto hidroeléctrico El Molino (antes denominado El Molino I); ambos hacen parte de un sistema en cadena sobre el río San Matías.

El Proyecto Hidroeléctrico San Matías se abastecerá con el agua turbinada del proyecto hidroeléctrico El Molino, la cual capta un porcentaje del caudal del río San Matías para la generación de energía eléctrica.

A la salida de la casa de máquinas del proyecto hidroeléctrico El Molino se ubicará un tanque que tendrá dos funciones, la primera es aquietar el agua turbinada para llevarla al canal de descarga de la central El Molino en caso de que la central San Matías no esté en funcionamiento (tanque de aquietamiento) y la segunda función es abastecer al proyecto San Matías, como se puede ver Plano 2148-12-CV-DW-020.

El Proyecto Hidroeléctrico San Matías tendrá una capacidad de 21 MW, para un caudal de diseño de 10 m³/s y un salto neto de 239,2 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,4 km de longitud total.

En términos generales, el proyecto consta de: tanque de aquietamiento, un box culvert, un túnel de conducción, una almenara, una casa de válvulas, la tubería de presión, la casa de máquinas superficial y finalmente un canal de descarga para entregar las aguas turbinadas al río San Matías, elementos que se describen con mayor detalle más adelante. El esquema general de las obras se puede ver en el plano 2148-12-CV-DW-011.

2.2.1 Obras de toma

El tanque de aquietamiento que garantiza el nivel de sumergencia de las turbinas en el proyecto hidroeléctrico El Molino, será a su vez el tanque de carga del proyecto hidroeléctrico San Matías. Dicho tanque tiene 31,7 m de longitud, 8,0 m de ancho, un nivel normal de aguas en la cota 1.016,8 msnm y un nivel de piso en la cota 1.011,3 msnm, mientras que los muros del tanque están previstos hasta la cota 1.018,2 msnm (ver plano 2148-12-CV-DW-20).

El tanque de aquietamiento está acondicionado para recibir las aguas turbinadas del proyecto hidroeléctrico El Molino (10 m³/s) ya sea por medio del paso del agua por las turbinas, o por la apertura de la válvula de alivio alojada en la casa de máquinas del proyecto El Molino, la cual operará cuando la o las unidades del proyecto El Molino no generen. Cuando El proyecto San Matías no opere y el proyecto El Molino si lo haga, las aguas serán

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

entregadas al canal de descarga del proyecto El Molino. El tanque estará ubicado en las coordenadas 882.957 E y 1.160.679 N.

En uno de los extremos del tanque, existe una rampa descendente con pendiente 2 H:1 V, con el fin de pasar de la cota 1011,3 msnm a la cota 1010,7 msnm en 1,2 m de longitud, y de esta manera garantizar un nivel de sumergencia para evitar el desarrollo de vórtices sobre la entrada al sistema de presión.

2.2.2 Obras de conducción

2.2.2.1 Túnel de conducción

La conducción inicia en un extremo del tanque de aquietamiento por medio de un box culvert cuadrado de 3,9 m de lado, 15,8 m de longitud y pendiente longitudinal del 0,8%. Dicho box culvert o galería de conducción cruza perpendicularmente a lo ancho la casa de máquinas del Proyecto El Molino, pasando por debajo de la sala de montaje.

Los últimos dos metros del box culvert están conformados por una transición de 2,0 m de longitud, pasando de una sección cuadrada de 3,9 m de lado a una sección en herradura modificada de 3,1 m de diámetro de excavación. El túnel tendrá 2.249,6 m de longitud y una pendiente del 0,8%. Los primeros 100 m del túnel tendrán revestimiento en concreto hidráulico reforzado, conformando una sección circular efectiva de 2,5 m de diámetro (ver plano 2148-12-CV-DW-021).

En la abscisa 2.020 se inicia un tramo con revestimiento en concreto hidráulico reforzado de 180 m de longitud, que luego continúa con un tramo de 50 m de longitud, con blindaje en acero de 1,60 m de diámetro hasta la casa de válvulas, donde se alojará la válvula mariposa para aislar el túnel con la tubería a presión en casos de mantenimiento.

Antes del tramo con revestimiento en concreto hidráulico reforzado, se construirá una trampa de gravas de 8,0 m de longitud y 1,65 m de profundidad, para evitar el paso de piedras o pedazos de roca que eventualmente se desprendan de las paredes del túnel durante su operación.

Dependiendo de las condiciones de la roca en los diferentes tramos del túnel, será necesaria la incorporación de soportes temporales como concreto lanzado, pernos de acero o entibado metálico (ver plano 2148-12-CV-DW-022).

La almenara, cuya función será la de amortiguar las sobrepresiones generadas en régimen transitorio debido al golpe de ariete, así como garantizar mejores condiciones para la regulación de las turbinas, consistirá en una tubería de alivio en Glass Reinforced Polyester (GRP), la cual se desprenderá del túnel falso sobre la abscisa 2.248,58 y tendrá una longitud total de 150 m con diámetros internos de 1,8 y 2,2 m.

La almenara (tubería de alivio) será enterrada en toda su longitud, en los puntos de inflexión horizontal y vertical tendrá anclajes para controlar las fuerzas hidráulicas que se generan y constará de tres tramos característicos: el primero será una tubería de 1,8 m de diámetro con orientación perpendicular al túnel de conducción y que servirá de conexión entre el túnel de conducción y la tubería principal de oscilación, será horizontal y de 10,6 m de longitud; el segundo tramo también servirá de conexión entre el túnel de conducción y la tubería principal de oscilación y una longitud 29,7 m, un diámetro de 1,8 m y un ángulo de inclinación de 15,6°, y el tercer tramo, que tendrá una orientación casi paralela al túnel de conducción,

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

será de 102,0 m de largo, un diámetro de 2,2 m y un ángulo de inclinación de 15,6°. Al final de la tubería se tiene previsto una tubería de aireación en sentido vertical de 1 m de diámetro y aproximadamente 8,0 m de longitud (ver plano 2148-12-CV-DW-021).

2.2.2.2 Tubería de presión

Luego del túnel, la conducción continúa con una tubería a presión de Glass Reinforced Polyester (GRP) de 1.131,6 m de longitud, que se inicia en el portal de salida del túnel de conducción y desciende por la ladera natural hacia la casa de máquinas. La tubería estará enterrada en casi todo su recorrido y tendrá un primer tramo de 1,90 m de diámetro interno y 865,2 m de longitud, seguida de un tramo de 266,4 m de longitud y 1,80 m de diámetro.

Los primeros 125 m de longitud de tubería estarán enterrados sobre una nariz topográfica natural, hasta llegar al talud de corte de la plazoleta del portal de salida del túnel de conducción del Proyecto Hidroeléctrico Popal, zona donde la tubería será superficial. A partir de allí, el alineamiento es nuevamente enterrado y paralelo al alineamiento de la tubería a presión de dicho proyecto. En el tramo final, ambos alineamientos se separan en dirección a su respectiva casa de máquinas.

En su extremo final, la tubería GRP estará empalmada con una tubería de acero de 1,80 m de diámetro y 10,0 m de longitud, al final de la cual estará la bifurcación hacia las dos turbinas de la casa de máquinas. Cada ramal de la bifurcación tendrá 1,20 m de diámetro y 21,9 m y 20,3 m de longitud, hasta llegar a cada válvula mariposa.

En los quiebres de alineamiento horizontal y vertical, la tubería tendrá anclajes para controlar las fuerzas hidráulicas que se generan allí. Todo el alineamiento de la tubería estará situada en la vereda La Inmaculada del municipio de Cocorná. En el plano 2148-12-CV-DW-030 se presenta la planta y el perfil de la tubería a presión.

2.2.3 Casa de máquinas

La casa de máquinas será superficial y está proyectada en una zona altiplana, conformada en la confluencia del río San Matías con el río Cocorná, sobre una plazoleta en la cota 768,00 msnm, en un punto donde se pueden obtener buenas condiciones de fundación, tanto para la casa de máquinas como para los equipos principales, y con excavaciones moderadas para la plazoleta y la subestructura. El edificio de la casa de máquinas se definió como una continuación de la casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrica El Popal, actualmente en construcción. El acceso se realizará por una carretera de unos 3,3 km que se desprende de la llamada autopista Medellín - Bogotá, a unos 95 km de la ciudad de Medellín, en jurisdicción del municipio de Cocorná. El sistema de descarga de las aguas turbinadas se realizará a un canal a flujo libre, para llevarlas nuevamente al río San Matías en la cota 752,0 msnm. En el plano 2148-12-CV-DW-040 se muestra la planta general de la casa de máquinas y el canal.

El esquema de la casa de máquinas está compuesto por un edificio con dos galerías adyacentes, donde en la primera o principal, se alojan dos unidades generadoras equipadas con turbinas tipo Francis de eje horizontal de 10,5 MW cada una, con sus correspondientes generadores sincrónicos y válvulas de admisión. En la segunda galería se acomodan la sala de servicios auxiliares, la sala de control y la oficina, cocineta y servicios sanitarios. En los

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

planos 2148-12-CV-DW-041, hojas 1 a 3, se muestran las principales características de los concretos y la distribución de los equipos principales de la casa de máquinas.

La galería principal para la zona de unidades se encuentra adyacente a la sala de montaje del Proyecto Hidroeléctrica El Popal, para aprovechar esta misma área. Su configuración se realizó de la siguiente manera: Con base en los estudios de salto y caudal propios del Proyecto, se determinaron las características de los equipos principales (ver numeral siguiente) y los espacios requeridos para su instalación y operación, quedando definida una galería de 24,4 m de largo, 12,5 m de ancho y 13,4 m de altura, medidos entre el nivel del piso de máquinas y el nivel superior de la cubierta. La separación entre los ejes de las unidades se definió en 11 m, determinada por los requerimientos de instalación de los conjuntos turbina-generator y por los espacios de circulación entre ellos.

Como ya se indicó, la zona de la sala de montaje es la misma del Proyecto Hidroeléctrica El Popal y se encuentra en uno de los extremos del edificio de la casa de máquinas, en el lado sureste de ésta y sobre la cota 768,20 msnm. Es el sitio de llegada y de descargue de todos los equipos principales de la Central y lugar de montaje y mantenimiento de los equipos antes de su instalación en los recintos que los alojarán durante la operación.

La zona de unidades o sala de máquinas se encuentra a continuación de la sala de montajes, en un nivel a unos tres metros por debajo de ésta, sobre la cota 765,25 msnm. En ella se conforman las estructuras que soportarán y anclarán los dos conjuntos de válvulas de admisión, turbinas, generadores y tubos de aspiración y descarga. Además, se disponen algunos de los principales equipos auxiliares mecánicos y electromecánicos y las escaleras para acceder entre los pisos.

Sobre el nivel de la cota 765,25 msnm y a lo largo de la galería principal, en ambas paredes laterales y cubriendo las zonas de unidades, se disponen sendos pórticos de concreto para instalar un puente-grúa con una capacidad de 500 kN, para el manejo de los equipos.

La galería auxiliar, adyacente a la galería principal, se configuró al mismo nivel del piso de la sala de montajes, de tal manera que permite la ubicación de las áreas para la cocineta, para los servicios sanitarios, para la oficina y para los cuartos de baterías, de tableros de servicios auxiliares eléctricos y sala de control.

La arquitectura de toda la Central es sencilla y está conformada mediante muros de mampostería en adobes de ladrillo, ventanería en aluminio y vidrio y cubierta en teja de barro.

La descarga de cada unidad se hace a través del tubo de aspiración y de un canal – tanque que garantiza la sumergencia requerida por la turbina. Estas estructuras entregan las aguas a un canal de descarga, de donde pasan luego al río San Matías en la cota 752,0 msnm, en el punto de coordenadas 885.088 E y 1.159.736 N, medidas en la intersección del eje del canal y la orilla del río.

El suministro de agua para servicios generales y para el sistema contra-incendios, se hará mediante un almacenamiento en tanques de concreto, alimentados desde la tubería de presión e instalados en el exterior de la casa de máquinas y a suficiente altura para garantizar la presión requerida. El agua potable para consumo humano se llevará en botellones, o se instalará una pequeña planta de tratamiento de aguas.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

En el caso de un derrame accidental del aceite de los transformadores, cada celda estará configurada con un foso recolector del aceite, el cual se conecta mediante una tubería a un tanque separador de agua y aceite. El tanque separador de agua y aceite retendrá la totalidad del aceite de un transformador, permitiendo únicamente el paso de las aguas que en él ingresen hacia un drenajes natural. El aceite recogido en el separador se extraerá con una bomba manual y será dispuesto y tratado según normas de seguridad y ambientales.

Las aguas servidas provenientes de los servicios sanitarios y de la cocineta se llevarán a un sistema de tratamiento, conformado por un tanque séptico y un filtro anaeróbico.

2.2.3.1 Equipos principales

La casa de máquinas quedaría equipada con dos conjuntos de unidades generadoras, las cuales se definieron con base en un salto neto de diseño de 240,0 m y un caudal unitario de 10 m³/s y usando métodos estadísticos e información de otras centrales similares ya construidas.

De esta manera, los equipos electromecánicos principales para cada unidad quedarían conformados por:

- Una válvula mariposa de admisión de 1,2 m de diámetro.
- Una turbina tipo Francis de eje horizontal de 10,5 MW, cuya velocidad de rotación sería de 900 RPM.
- Un generador sincrónico con una capacidad nominal de 11,5 MVA, con factor de potencia de 0,90, un voltaje nominal de 13,8 kV y frecuencia de 60 Hz.
- Un transformador trifásico con una capacidad nominal de 11,5 MVA, cuyo voltaje de baja será de 13,8 kV y el voltaje de alta será de 110 kV.

Adicionalmente, para el manejo de los equipos, la casa de máquinas estaría dotada con un puente grúa con una capacidad de 500 kN.

2.2.3.2 Equipos auxiliares

Para el enfriamiento del aceite de los cojinetes de las unidades y del aire de los generadores, se ha considerado el uso de un sistema de refrigeración por agua de doble circuito; uno cerrado de agua tratada y uno abierto de agua cruda, que se alimenta y descarga en el tanque de descarga; ambos circuitos pasan por un sistema de intercambiadores de calor del tipo placa.

Para el vaciado del agua de cada unidad durante un mantenimiento y para el bombeo del agua de filtración y de mantenimiento, se ha previsto el equipamiento de un sistema de bombas con capacidades de acuerdo con cada uso.

Se ha considerado el uso de un sistema de aire comprimido para los reguladores de la turbina y para servicios generales.

Los servicios auxiliares eléctricos estarán conformados por servicios auxiliares propios de cada unidad, servicios generales de la Central, servicios de corriente continua conectados a bancos de baterías, servicios auxiliares de respaldo provenientes de fuentes externas y servicios de respaldo a control y comunicaciones mediante sistemas de UPS.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Los sistemas de control y supervisión de la Central estarán conformados por sistemas de control jerarquizado.

Los sistemas de protección estarán conformados por relés de protección y relés auxiliares del tipo digital.

Las comunicaciones se harán a través de cableados de fibra óptica y cableado estructurado.

2.2.4 Obras de descarga

Las aguas turbinadas se entregarán al río San Matías en el sitio con coordenadas 885.088 E y 1.159.736 N, y en la cota 752,0 msnm. Inicialmente las aguas serán conducidas por dos box culvert de 15,6 m y 5,7 m de longitud y 2,8 m de ancho y 2 m de altura, uno por unidad y con pendiente del 0,2%. Aguas abajo del punto de conexión entre los dos box culvert, el agua será conducida por un box culvert cuadrado de 1,8 m de lado y pendiente del 1 %, en una longitud de 268,8 m, con funcionamiento a flujo libre y régimen supercrítico.

El siguiente tramo será un canal abierto de 11,8 m con una pendiente del 0,4%, donde se tiene previsto la formación de un resalto hidráulico y el establecimiento de un flujo en régimen subcrítico antes la estructura de descarga, la cual consta de una transición a un canal abierto de 5 m de ancho, una rampa descendente de 4,0 m, una piscina de aquietamiento de 5,0 m y una estructura de disipación de energía de 30,4 m, con pendiente del 50% y en cuya base se tienen previstos una serie de tacos o bloques de concreto para la disipación de la energía (véase plano 2148-12-CV-DW-042).

2.2.5 Conexión al sistema interconectado

El proyecto se conectará a la subestación Nueva Cocorná mediante dos circuitos aéreos a 110 kV de 80 m de longitud, que se desprenderán de los transformadores. Esta subestación de conexión al SIN se localiza en inmediaciones de la casa de máquinas y será propiedad del Operador de Red o del designado por la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME–, con excepción de las bahías de llegada de las líneas, que serán propiedad del proyecto. El área requerida para esta subestación fue presentada en el estudio de impacto ambiental del Proyecto Hidroeléctrico El Popal, el cual cuenta con licencia ambiental otorgada por CORNARE.

2.2.6 Vías de acceso

Para acceder a la zona del Proyecto, se cuenta en la actualidad con la autopista Medellín - Bogotá en inmediaciones del municipio de Cocorná.

Para llegar hasta la zona de entrada al túnel de conducción, teniendo en cuenta que la toma de agua para la generación de energía de la central San Matías corresponde a las aguas turbinadas del proyecto El Molino, y al portal de entrada del túnel de conducción, se utilizará la vía proyectada por el proyecto hidroeléctrico El Molino, que va hacia la casa de máquinas del mismo.

Para llegar hasta la zona de casa de máquinas, se utilizará la vía de acceso construida previamente para el proyecto El Popal, que se desprende desde la Autopista Medellín – Bogotá, en el sitio conocido como la Mañosa.

En el plano 2148-08-CV-DW-011, se pueden ver estas vías

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

El Proyecto sólo requerirá la construcción de 610 m de vía hacia el portal de salida del túnel de conducción, la cual partirá del portal de salida del túnel de conducción del proyecto El Popal, con una pendiente media del 11%. De acuerdo con las características del tránsito que va a soportar durante toda la vida útil del Proyecto, las especificaciones son de vía secundaria. Los estudios y trabajos realizados para esta vía de acceso incluyen la fijación de los parámetros de diseño y la determinación de los aspectos más importantes, como estructuras y obras de arte, zonas de depósito y volúmenes.

El diseño de la vía se realizó con base en la topografía de campo escala 1:1.000, elaborada en junio de 2011.

La vía se presenta en el plano 2148-12-CV-DW-051.

2.2.6.1 Criterios de diseño

Los criterios de diseño para esta vía se presentan en la Tabla 2-1, los cuales están enfocados a vías en terrenos escarpados, con especificaciones funcionales necesarias para la construcción y operación del Proyecto. El diseño se ha orientado a obtener el menor movimiento de tierra posible.

Tabla 2-1: Criterios de diseño para las vías de acceso

Criterio	Vía secundaria
Tipo de terreno	Escarpado
Velocidad de diseño (km/h)	20
Clase de pavimento	Afirmado
Ancho la calzada (m)	4,00
Bombeo	-2,0% / 2,0%
Radio mínimo de curva (m)	10,00
Tipo de curvas	Circulares
Pendiente máxima	14%
Pendiente mínima	0,5%
Longitud mínima de curva vertical (m)	10,00
Ancho de cunetas de concreto (m)	0,60
Taludes en corte	1V:0,5H hasta 8,00 m
Taludes en lleno	1V:1,5H

Para la estimación y diseño de las obras hidráulicas de las corrientes que cruzan la vía, se utilizó cartografía en escala 1:10.000 para la delimitación de las cuencas de las quebradas. Los caudales se determinaron utilizando el Método Racional y modelos lluvia-escorrentía, según el caso.

2.2.6.2 Longitudes y volúmenes de excavación

Definidos los alineamientos horizontal y vertical de la vía y las secciones típicas, con la ayuda del programa Autocad Civil 3D, se obtuvieron los volúmenes de excavación, llenos y longitud de la vía, los cuales se presentan en la Tabla 2-2.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-2: Longitudes, cortes y llenos de vías

Vía	Longitud (m)	Volumen (m ³)	
		Corte	Lleno
Vía de acceso a portal de salida de túnel	610	15.610	520
Subtotal	610	15.610	520
TOTAL	610	15.610	520

2.2.7 Campamentos

Para la construcción del Proyecto se utilizarán con los campamentos construidos por el proyecto hidroeléctrico El Molino, tanto para el contratista como para la interventoría, los cuales son suficientes para alojar y atender el personal vinculado a la construcción de ambos Proyectos, de acuerdo con la magnitud de las obras a desarrollar y con la experiencia reciente sobre el número de personas requeridas para la construcción de proyectos similares.

Los campamentos están situados en la margen derecha del río Cocorná, en el costado derecho de la vía proyectada por el proyecto El Popal y que va desde la autopista Medellín – Bogotá hasta la casa de máquinas de este proyecto. Para oficinas, almacén y talleres en la zona de casa de máquinas habrá otra área de 0,2 ha.

La localización precisa de estas instalaciones puede consultarse en el plano 2148-12-CV-DW-012.

En la Tabla 2-3 se presenta el personal estimado requerido para la construcción del Proyecto en su momento de demanda máxima. Se considera que el personal No Calificado puede ser de la zona y por lo tanto no requerirá alojamiento.

Tabla 2-3: Mano de obra para construcción

Ubicación	Calificado	No Calificado	Total
Personal contratista			
Túnel	100	30	130
Casa de máquinas	15	30	45
Total	115	60	175
Personal del Propietario (Administración e Interventoría)			
Todo el Proyecto	10	5	15
Total	10	5	15

2.2.8 Zonas de préstamo y sitios de depósito de materiales

2.2.8.1 Zonas de préstamo

El material grueso-granular y fino-granular necesario para la construcción de las obras que conforman el Proyecto provendrá principalmente de las explotaciones legalmente constituidas en la zona y que tengan sus licencias y permisos mineros y ambientales vigentes. Adicionalmente, se aprovechará parte del material grueso-granular obtenido en las

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

excavaciones subterráneas del Proyecto, el cual se estima en 10.000 m³ y se procesará en una planta trituradora localizada en el sector de entrada al túnel de conducción.

Se estima una demanda total de 5.500 m³ de arena y 7.000 m³ de agregado.

2.2.8.2 Sitios de depósito de materiales

El proyecto hidroeléctrico San Matías se encuentra en una zona de laderas de pendiente media a alta, existiendo pocos espacios disponibles para el almacenamiento de grandes cantidades de material.

Por las condiciones del proyecto, los materiales sobrantes de las excavaciones serán almacenados en un solo depósito, ubicado en la vía de acceso al portal de salida del túnel.

A continuación se hace una descripción de la ubicación y de las principales características del depósito de materiales SM1:

- **Zona de depósito SM1**

Este depósito se encuentra en la parte media de la colina, en la margen izquierda de la vía que conduce al portal de salida del túnel, a 500 m de donde se desprende esta vía de la de casa de máquinas. El volumen de almacenamiento es de aproximadamente 158.000 m³. El área de descapote del depósito será de 30.000 m². Se conformarán los taludes con una pendiente 2H:1V empezando en la cota 882 msnm hasta la cota 912 msnm y se construirán dos bermas de 5,0 m cada 10 m de altura.

En el plano 2148-12-CV-DW-061, se presenta la planta y las secciones del depósito de materiales SM1.

2.2.9 Volúmenes de descapote, cortes y llenos

Los volúmenes de descapote, cortes y llenos del Proyecto se calcularon con base en los diseños de cada una de las estructuras proyectadas, como se indica en la Tabla 2-4. Con esta información se determinaron los requerimientos de fuentes externas de materiales.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-4: Volúmenes de excavación y lleno

Estructura	Descapote	Corte		Lleno
		Suelo	Roca	
Casa de máquinas	648	10.700	1.300	600
Túnel de conducción	0	2.919	16.542	0
Almenara	216	5.772	0	1.071
Portal entrada	0	8.000	2.000	0
Portal salida	450	4.665	1.162	0
Canal descarga	405	7.041	0	4.381
Vía de acceso	1.833	16.367	1.561	520
Tubería de presión	2.038	49.502	0	9.181
Adecuación zonas de depósito	7.800	0	0	0
Subtotal	13.390	104.968	22.565	15.752
Imprevistos	1.339	10.497	2.256	1.575
Total	14.729	115.464	24.821	17.327
Total expandido	18.411	144.330	37.232	17.327

Debido a que sólo una parte del material de excavación cumple con los requerimientos técnicos para su uso como material de lleno o elaboración de concretos, el resto del material necesario será adquirido en las canteras autorizadas para tal fin. El material sobrante se dispondrá en las zonas de depósito.

No se tiene programado abrir nuevos frentes de explotación en la zona, ni realizar extracción de material de arrastre en los cauces de las corrientes hídricas.

Cuando se requiera acopiar material para las obras, éste se cubrirá con geotextiles, plásticos u otro tipo de material. Con el fin de reducir la emisión de sólidos particulados, las pilas de material deberán ser cubiertas de manera permanente.

2.2.10 Energía para construcción

Se ha estimado que la construcción de las obras subterráneas, conjuntamente con las obras de conducción y las obras de casa de máquinas, demandará 400 kVA para cada frente, la cual será suministrada a través de la prolongación del sistema de distribución local existente de 13,2 kV. Además, se contará con una planta diesel de respaldo de una potencia de 300 kVA, tanto en la zona de entrada al túnel de conducción, como en la zona de casa de máquinas.

Una vez construido el proyecto, durante operación, esta misma energía será utilizada para alimentar los diferentes equipos, como compuertas, sensores, servicios auxiliares de casa de máquinas, iluminación, entre otros.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.2.11 Agua para construcción

Se tiene proyectado utilizar durante la construcción y la operación del proyecto los acueductos ubicados en las zonas de casa de máquinas de los proyectos El Molino y El Popal, el primero para la zona de toma y el segundo para la zona de máquinas.

2.3 PROCESO CONSTRUCTIVO

Para la construcción del Proyecto San Matías se prevén las siguientes actividades:

2.3.1 Diseño y licitación de construcción

Los diseños que se presentan en los planos anexos a este estudio, serán precisados para llevarlos a detalle de planos de construcción.

Con los diseños de detalle de construcción, se realizará la licitación para la construcción de las obras civiles y el suministro de los equipos, cuyos pliegos contendrán las obligaciones establecidas en el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto.

2.3.2 Movilización

Las labores se iniciarán con la actividad que se denomina movilización, cuya duración se estima en tres meses aproximadamente, y consiste en llegar a la zona, construir las instalaciones temporales para campamentos, almacén, talleres y oficinas, que se ubicarán en las zonas previstas.

Las oficinas y campamentos serán tipo contenedor o se construirán obras temporales en madera, plástico reforzado o usando otros materiales, siguiendo mínimos requerimientos para un adecuado confort de los trabajadores que allí laborarán. Así mismo, se adecuarán los casinos, los dispensarios y los almacenes de herramientas y repuestos.

2.3.3 Adecuaciones iniciales

Antes de iniciar los movimientos de tierra, se adecuarán las zonas de depósito para que estén preparadas para recibir los materiales de excavación. Además, las zonas de trabajo se aislarán mediante malla de cerramiento o cerca de alambre de púa.

Los primeros movimientos de tierra se harán en las vías de acceso a los principales frentes de trabajo: portal de entrada del túnel de conducción, portal de salida y casa de máquinas. Posteriormente se conformarán las zonas de plazoletas, tanto en el sitio de casa de máquinas, como en el portal del túnel.

Se ha previsto que las obras exteriores se ejecuten con equipo convencional de movimiento de tierras, como son bulldozer, retroexcavadoras, volquetas doble troque, perforadoras neumáticas, bombas de achique.

Es probable que se requieran realizar algunas voladuras controladas para excavaciones en roca. Antes de su ejecución, se suspenderá todo tráfico y se pondrá a resguardo cualquier peatón en la zona de riesgo.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.4 Movimientos de tierra

Una de las principales actividades en los frentes de trabajo del Proyecto serán las excavaciones hasta las cotas de desplante de las obras, las cuales se ejecutarán con equipo pesado fabricado para tal fin. Las excavaciones menores y los perfilados finales para el cimiento de las obras, se realizarán con procedimientos manuales.

Toda la excavación se hará fundamentalmente con retroexcavadoras, que depositarán el material en las volquetas que lo transportarán a las zonas de depósito; además se utilizarán perforadoras neumáticas para voladuras de rocas. El vaciado de los concretos requerirá bombas de achique, bombas de concreto, herramienta para fabricación de formaletas y carros para el transporte del concreto entre la planta de producción y las obras.

Los llenos se realizarán descapotando previamente el terreno y colocando capas de material seleccionado, que se compactará de acuerdo con las recomendaciones geotécnicas.

Los taludes de corte se empradizarán y aquellos con altura mayor de 5,0 m o donde los materiales sean muy susceptibles a la erosión, se colocarán agromantos o se implementarán otras técnicas para revegetalizar el terreno. También se construirán rondas de coronación y cunetas de concreto en vías y plazoletas.

2.3.5 Construcción de vías de acceso

Las vías de acceso se localizarán en campo, poniendo los chaflanes de demarcación, que servirán para delimitar la zona donde se realizará la excavación. Después de los procesos de excavación convencionales, se regará el material de base para la rodadura. Las obras de drenaje como tuberías, pontones, box culverts, filtros y protección de taludes con agromantos y cunetas, complementarán los trabajos para asegurar la estabilidad de la obra y minimizar impactos ambientales.

2.3.6 Excavación de túneles

Se prevé que los túneles serán excavados con el procedimiento convencional de voladura y rezaga, que consiste en perforar huecos de hasta 3,0 m aproximadamente en el frente del túnel, mediante excavadoras neumáticas, instalar los explosivos, hacer la voladura controlada, retirar material, colocar soportes temporales en caso de requerirse y comenzar de nuevo el ciclo con nuevas perforaciones.

Para estos trabajos se requiere que el túnel tenga instalados equipos y ductos de ventilación para sacar los humos de las voladuras y renovar el aire, equipos auxiliares como compresores de aire para los equipos neumáticos de perforación, bombas de agua y tuberías para achique de las aguas de infiltración. Igualmente se requiere la instalación de equipo eléctrico para iluminación. El Contratista deberá garantizar un mínimo contenido de oxígeno del 19% en todos los frentes de trabajo. La salida del ducto de aire deberá mantenerse a no menos de 10 m de cada frente de avance.

Los materiales de voladura serán retirados mediante volquetas y serán llevados a las zonas de depósito o a la planta de trituración, dependiendo de la calidad del material.

Durante la excavación se mantendrá un adecuado drenaje del túnel. En el caso del túnel excavado por el portal de entrada, será necesaria la construcción de nichos para recolectar las aguas de infiltración, en caso de que estas se presenten, y colocar allí bombas de

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

drenaje que mediante tuberías adosadas a la pared, llevará las aguas hasta la superficie. Para el túnel excavado por el portal de salida o las ventanas de construcción, se adecuará una cuneta provisional que evacuará las aguas hasta la salida.

En los portales del túnel se dispondrá un sedimentador, que tendrá incorporado una trampa de aceite. Posteriormente el agua será conducida hacia los colectores de aguas lluvias y luego conducida hacia un punto en la quebrada número uno, en las coordenadas 884.036 E y 1.159.119 N. Los lodos y arenas depositadas y los aceites resultantes, se dispondrán de acuerdo con los requerimientos del Plan de Manejo Ambiental del proyecto para estos tipos de elementos.

2.3.7 Construcción y montaje de la tubería a presión y de alivio

Inicialmente se adecuará la banca de la tubería, mediante procedimientos y equipos de excavación convencional ya citados. Luego se construyen los anclajes y llenos, según los requerimientos del diseño.

Finalmente se instala la tubería de presión o de alivio (almenara) de acuerdo con planos, y se vacían, de requerirse, los concretos secundarios de los anclajes y silletas o los llenos en los tramos con tubería enterrada.

2.3.8 Construcción de Toma

La aducción inicia en el tanque de aquietamiento ubicado después de la casa de máquinas del proyecto El Molino. La finalidad de esta estructura es regular la cantidad de agua que necesitan las turbinas para la generación de energía y establecer la sumergencia hidráulica requerida para la entrada al túnel de conducción carga del Proyecto Hidroeléctrico San Matías. Este tanque será construido por el proyecto hidroeléctrico El Molino, durante la construcción de la casa de máquinas de este proyecto.

2.3.9 Construcción de la casa de máquinas

Se hará la adecuación de la zona donde se construirá la casa de máquinas, para lo cual se utilizarán los equipos mencionados anteriormente como bulldozer, retroexcavadora y volquetas. Es posible que se requiera la utilización de dinamita para realizar algunas voladuras en zonas con roca buena o moderadamente fracturada.

Luego se construirá los filtros y sistemas de drenaje y se iniciarán los vaciados de los concretos, utilizando para ello una pequeña planta dosificadora de mezclas. El concreto será movilizado a los sitios de vaciado mediante una torre – grúa, que igualmente será el medio de transporte de hierros, agregados y demás materiales de construcción.

Para el montaje de los equipos como turbina y generador, se utilizará un puente grúa, que para tal fin se instalará en la casa de máquinas. También se utilizará una grúa menor, montada en un monorriel instalado en una de las vigas del puente grúa, para el montaje de equipos menores.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.10 Requerimientos de equipo a emplear

2.3.10.1 Concretadoras

Las concretadoras serán de dos sacos cada una, con capacidad de mezcla útil de 255 l, se ubicarán en la zona de entrada del túnel de conducción, portal del túnel de salida y casa de máquinas. Sus especificaciones técnicas se presentan en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5: Especificaciones técnicas de las concretadoras

Sistema de tres aspas internas
Chasis fabricado en acero estructural y caja porta motor en lámina calibre 18 y puerta l para evitar accidentes de trabajo
Sistema de freno tipo pedal para poder operar el volante con ambas manos para lograr mayor eficiencia y seguridad
Velocidad de giro del tambor 33 RPM
Equipada con motor diesel, marca KAMA de 6.1 HP a 1800 RPM

2.3.10.2 Trituradora

Se ubicarán dos plantas trituradoras, una en la zona de entrada del túnel de conducción y en la zona de la salida del túnel. Cada planta estará compuesta de dos trituradoras, una primaria y una secundaria. La primaria, cuyas especificaciones técnicas se presentan en la Tabla 2-6, estará compuesta de una tolva de recepción de material y una trituradora de mandíbula que trabaja en piedras y rocas.

Luego de pasar por la trituradora primaria, los agregados irán a través de las bandas transportadoras a la planta secundaria, que está compuesta por una criba o zaranda vibratoria y un cono.

La zaranda vibratoria, cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 2-7, se usa con el fin de clasificar y filtrar los materiales ya triturados.

Finalmente, los agregados después de ser clasificados, pasan a un cono de trituración que se adapta para triturar diversos tipos de rocas. Sus especificaciones técnicas se presentan en la Tabla 2-8.

Las áreas de beneficio para las plantas trituradoras serán de 3.000 m² para la zona de entrada del túnel de conducción y 2.500 m² para la zona de la salida del túnel.

2.4 PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA DEL PROYECTO

2.4.1 Cronograma de construcción

De acuerdo con las características del Proyecto, se estima que su construcción se realice en 28 meses, entrando la primera unidad al sistema en el mes 26, y la segunda en el mes 28. La duración de las actividades se estimó a partir de rendimientos de obras similares ejecutadas o que actualmente se construyen, teniendo en cuenta la interrelación que tiene las actividades entre sí. En la Figura 2-1 se presenta el cronograma de construcción del Proyecto.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-6: Especificaciones técnicas de planta trituradora primaria

<p>1. Alimentador vibratorio de barras tamaño 46" X 16'.</p> <p>Especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo VGF ("VIBRATING GRIZZLY FEEDER") Marca TRIO • Para uso pesado (HEAVY DUTY) • Motor de 25 HP, Poleas y bandas en V
<p>2. Trituradora de quijadas Marca TRIO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tamaño 24" X 36" para piedra de hasta 19", para uso pesado • Motor de 100 HP, 440 v, 3 fases con sus poleas y bandas en V • Montado en chasis de dos ejes, con transportador de salida, debajo de la trituradora primaria, tolva de alimentación
<p>3. Transportador de 24" de ancho x 70' de largo con estaciones de carga de tres rodillos a 35 grados, con las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor de 10 HP, reductor tipo Dodge • Banda transportadora de dos lonas • Rodillos de las estaciones de carga de 4" • Polea motora con cubierta de hule • Polea de cola, tipo araña con chumaceras tipo "ajustable" o take up (3 productos finales y salida de las barras de alimentación)
<p>4. Transportador de 36" de ancho x 70' de largo con estaciones de carga de tres rodillos a 35 grados y rodillos de impacto de hule, con las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor de 10 HP, reductor tipo Dodge • Banda transportadora de tres lonas • Rodillos de las estaciones de carga de 4" • Polea motora con cubierta de hule • Polea de cola, tipo araña con chumaceras tipo "ajustable" o take up (retorno y criba de primaria)
<p>5. Arrancador suave SIEMENS para motor de 100 HP para uso en trituradora primaria</p>

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2-7: Especificaciones técnicas de zaranda o criba

Zaranda Clasificadora Trio de 3 pisos de 6' X 20'
Tamaño 6' x 20' de 3 pisos
Rodamientos para uso pesado
Motor eléctrico de 40HP
Guardas de seguridad
Caja de alimentación en acero antidesgaste tipo AR-400
Labios de descarga de 6" en cada piso
Transportador para finos debajo de la zaranda de 42" de ancho con motor de 10 HP, 1800 RPM, TEFC. Guardas y accesorios de seguridad. Rodillos de 5" de diámetro CEMA C. Polea motora con cubierta de hule para mejorar la tracción. Descargará a un lado de la planta.
Transportador debajo del Triturador de Cono de 36" de ancho con motor de 10 HP, 1800 RPM. Guardas y accesorios de seguridad. Rodillos de 5" de diámetro CEMA C. Polea motora con cubierta de hule para mejorar la tracción. Descargará por la parte trasera de la planta.

Tabla 2-8: Especificaciones técnicas del cono de trituración

Cono ARM Symons 4' STD
Motor eléctrico de 200 HP, 1200 RPM
Permiten una operación más eficiente
Disminuye la generación de calor, lo cual elimina el uso de enfriadores
Permite trabajar a bajas temperaturas durante más tiempo y con mucho menos fricción

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.4.2 Presupuesto del Proyecto

- **Cantidades de obra**

Las cantidades de las obras y los equipos principales se calcularon a partir de los diseños del Proyecto, tomando ítems menores en forma global, como un porcentaje de los ítems principales de los que hacen parte.

Los precios unitarios se tomaron a partir de la información que HMV posee para proyectos similares que actualmente están en construcción o recientemente inaugurados, actualizados con el IPP.

- **Presupuesto del Proyecto**

El costo total del Proyecto se estimó en USD 36.425.203, distribuido para cada una de los ítems como se presenta en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9: Costos del Proyecto

Ítem	Costo (USD)
Estudios previos (identificación, preingeniería y licencias ambientales)	404.942
Tierras y servidumbres	314.607
Plan de Manejo Ambiental	1.724.150
Inversión del 1% (Ley 99/1993 - Artículo 43)	185.208
Obras civiles	18.206.228
Equipos electromecánicos	14.189.098
Ingeniería, Interventoría y Gerencia	1.400.969
TOTAL	36.425.203

El costo del Proyecto para la inversión del 1% en la cuenca, de acuerdo con la Ley 99 de 1993 y su Decreto reglamentario el Decreto 1900 de 2006, es de US\$ 185.208, que corresponde a la inversión en adquisición de tierras, constitución de servidumbres, obras civiles y adquisición y alquiler de maquinaria y equipos utilizados en la obra civil.

2.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA HIDROELÉCTRICA

2.5.1 Operación

La operación de la Central Hidroeléctrica San Matías, como parte de un mercado de energía mayorista establecido en Colombia, y conectada a un Sistema de Transmisión Nacional (STN), deberá cumplir con ciertas condiciones de tipo técnico impuestas por el Centro Nacional de Despacho (CND) y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), tal como lo estipula la Ley 143 de 1994.

Adicionalmente a estas condiciones externas, la operación de la Central se realiza de acuerdo con las condiciones de hidrología existentes en la zona. Durante las épocas de invierno se busca tener la máxima generación, es decir 21 MW y en las épocas de verano el control de la generación se realizará de forma manual o automática, donde los niveles de generación varían de acuerdo con los caudales disponibles. Esta consigna operativa

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

obedece al compromiso social y ambiental de garantizar el caudal ecológico durante todo el tiempo por parte de la central.

Para tal efecto, la central contará con un ingeniero encargado (quien hará visitas periódicas), dos operadores en turnos de ocho horas y cuya función principal es monitorear y operar todos los equipos electromecánicos asociados a ésta. Igualmente, se contará con tres auxiliares de operación (bocatmeros) quienes seguirán las instrucciones del operador de turno con respecto a la limpieza de las rejillas y tanques, además de la apertura y cierre de las compuertas.

2.5.2 Mantenimiento

El mantenimiento que se realizará en la central está caracterizado por la búsqueda de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallas, y a su vez disminuir las consecuencias de las mismas, considerando todos los factores de riesgo. El mantenimiento busca asegurar el servicio de la central de manera continua, aprovechando de forma eficiente los recursos hídricos.

Los tipos de mantenimiento que se realizan en las centrales son el mantenimiento preventivo y el correctivo. El mantenimiento preventivo busca, mediante inspecciones periódicas, determinar cuándo cambiar o reconstruir un equipo o alguna parte de éste, con relación a su estado actual, mientras que el mantenimiento correctivo consiste en la restitución del equipo al estado operativo óptimo, después de la ocurrencia de una falla.

Todas las actividades de mantenimiento serán coordinadas con el jefe de operación y mantenimiento y serán programadas oportunamente. Para estas actividades se contará con la total disponibilidad del personal que labora en la central.

Se tendrán mantenimientos cada seis meses de manera preventiva, aunque se realizan inspecciones diarias, semanales y mensuales a los equipos electromecánicos, siguiendo las recomendaciones establecidas por los fabricantes.

2.5.3 Descripción de las características técnicas de la operación

2.5.3.1 Campamentos, oficinas, bodegas y talleres requeridos durante la operación

Para la etapa de operación en la casa de máquinas se alojará el personal encargado de esta edificación.

Para el manejo de los residuos líquidos domésticos provenientes de la casa de máquinas, se contará con un pozo séptico (ver Figura 2-2 y Figura 2-3), que descargará sus aguas posteriormente al río Cocorná. El manejo de los residuos sólidos domésticos cumplirá con lo establecido en el Plan de Manejo de este estudio.

El almacén y taller se ubicarán en la margen izquierda de la del río Cocorná, en el costado derecho de la vía proyectada por el proyecto El Popal. El taller contará con sitio de acopio de aceites, grasas, baterías, y canales perimetrales de control de derrames. Los residuos líquidos que se recolecten en los canales perimetrales, serán almacenados temporalmente y posteriormente entregados a un operador autorizado.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

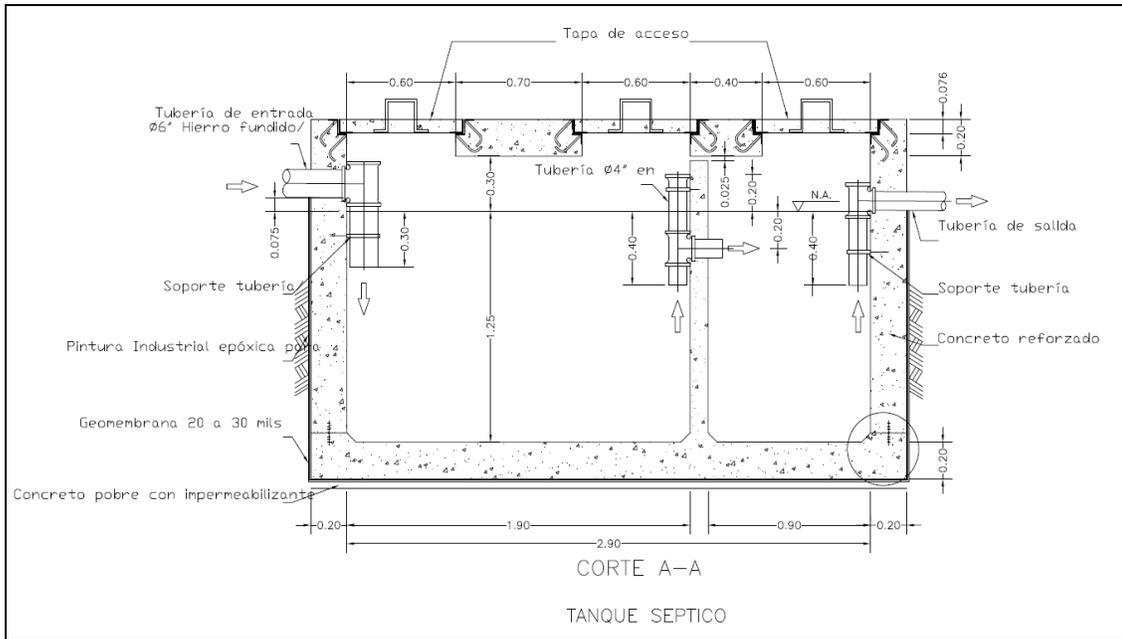


Figura 2-2: Corte tanque séptico

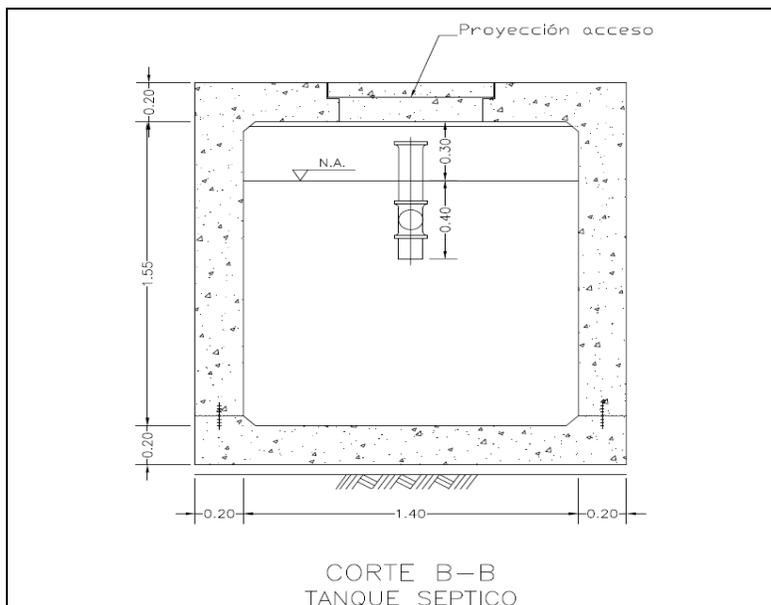


Figura 2-3: Corte tanque séptico

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.5.3.2 Toma del agua

Como ya se ha mencionado, el agua requerida para la generación de energía del Proyecto Hidroeléctrico San Matías, corresponde a las aguas turbinadas que provienen del proyecto El Molino. El caudal nominal para generación es de 10 m³/s.

El sistema de generación será controlado mediante sensores dispuestos en el tanque de aquietamiento ubicado en la casa de máquinas del proyecto hidroeléctrico El Molino, los cuales restringirán los niveles de operación y permitirán determinar la correspondencia entre los caudales aportados por el proyecto hidroeléctrico El Molino y los turbinados por el proyecto hidroeléctrico San Matías. Las variaciones de nivel estarán monitoreadas por el sistema de control, permitiendo ajustar el caudal a turbinar según los aportes del río, y a la vez manteniendo los niveles en los rangos estimados para la operación.

Si el caudal turbinado del proyecto hidroeléctrico El Molino excede el caudal de generación del proyecto hidroeléctrico San Matías, estas aguas serán descargadas al río San Matías por el canal de descarga del proyecto hidroeléctrico El Molino hasta el río San Matías.

Estos reguladores hacen parte del sistema de control de las turbinas y el operador, normalmente, no ejerce funciones distintas a la supervisión.

2.5.3.3 Generación de energía

Durante su operación, en la central hidroeléctrica San Matías, se producirá una continua conversión de energía hidráulica en energía mecánica en la turbina, y de energía mecánica en energía eléctrica en el generador.

El proceso de generación de energía se produce en lo que se denomina grupo turbogenerador, que consiste en una turbina y un generador eléctrico acoplados por el mismo eje; este grupo turbogenerador se encuentra ubicado en la casa de máquinas.

En este caso, la turbina es tipo Francis de eje horizontal (turbina de reacción, de flujo mixto centrípeto, admisión total y radial). Esta turbina tiene tres elementos básicos que son el distribuidor (direcciona y regula el agua hacia el rodete), el difusor (salida del fluido, tiene forma de tubo de aspiración) y el rodete (compuesto de álabes móviles).

La turbina recibe el flujo de agua a gran presión hacia sus álabes a través de la tubería de carga y aprovecha la energía cinética y potencial del agua para producir un movimiento de rotación que, transferido mediante un eje, mueve directamente el generador, que a su vez transforma la energía mecánica en eléctrica.

El generador, por su parte, se compone del rotor (parte giratoria) y el estator (parte estática), que produce un campo magnético que atraviesa las bobinas del rotor, conformadas por arrollamientos de alambres de cobre, los cuales van conectados entre sí, y de las cuales finalmente se genera la energía eléctrica, que tiene como parámetros básicos de salida un voltaje y una corriente eléctrica en función del tiempo, que se transmitirá a la subestación eléctrica del proyecto. Esta última tiene como función elevar el voltaje de salida del generador, para poder reducir la cantidad de corriente generada; no obstante, la energía seguirá siendo aproximadamente la misma cantidad. Este proceso se realiza con el objeto de poder transmitir la energía a grandes distancias.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.5.3.4 Descarga de aguas al río San Matías

Las aguas turbinadas que salen de la casa de máquinas de la Central Hidroeléctrica San Matías, que corresponden al caudal nominal aportado por el proyecto hidroeléctrico El Molino ($10 \text{ m}^3/\text{s}$), serán entregadas al río San Matías por medio del canal de descarga, cuyo trazado se ha dispuesto para conducir las aguas al río con la menor velocidad posible, la cual es reducida mediante la implementación de estructuras de disipación de energía para lograr entregar las aguas al río con una velocidad mínima, evitando la socavación en las orillas y lecho del río, producto de la energía y velocidad acumulada por el desnivel que existe entre la casa de máquinas y el río en el punto de la descarga.

La carga de sedimentos de esta agua se espera que sea mínima, ya que éstos serán retenidos en el desarenador del proyecto hidroeléctrico El Molino; además, el uso industrial en la generación de energía, no adiciona contaminantes al agua.

2.5.3.5 Agua para operación

El agua requerida durante la etapa de operación será obtenida de la siguiente manera:

Se tiene proyectado utilizar durante la operación, los acueductos construidos en las zonas de casa de máquinas de los proyectos El Molino y El Popal, el primero para la zona de toma y el segundo para la zona de máquinas, de donde se tomaría el agua necesaria tanto en construcción como en operación

2.5.3.6 Mantenimiento de vías de acceso

El mantenimiento de las vías de acceso durante la etapa de operación, garantiza el adecuado transporte del personal operativo y de materiales y equipos para el mantenimiento del sistema o una eventual reparación en caso de daños.

Para ello se contará con personal no calificado para reparar y hacer limpieza periódica de las cunetas de drenaje.

El material que sea removido como resultado de estas actividades, así como de eventuales deslizamientos ocurridos en los taludes de las vías de acceso durante la operación, podrá ser entregado a terceros para su disposición final.

2.5.3.7 Inspección y mantenimiento del revestimiento interior del túnel de conducción y la almenara

Esta actividad consiste en efectuar un control de los datos de instrumentación para medir la turbiedad del agua, control de los caudales tanto a la salida como a la entrada del túnel, y otras actividades desarrolladas para establecer un control visual del estado de los revestimientos, mediante equipo de cámaras de televisión de accionamiento remoto. En caso de presentarse mayores problemas, deberá ingresar personal para efectuar una inspección visual detallada, identificando los tramos afectados del revestimiento interior, para posteriormente hacer una planeación de los trabajos de reparación y mantenimiento, y efectuar pruebas de estanqueidad, tomando lecturas de presión y caudal a la entrada y salida de la conducción.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.5.3.8 Verificación del estado de la caseta de válvulas y la válvula de control

Esta actividad consiste básicamente en verificar periódicamente el estado general de la caseta de válvula (aspecto estructural y de acabados). En cuanto a la válvula, se verificará su mecanismo de apertura y cierre mecánico y de accionamiento remoto. Es importante verificar su estanqueidad permanente, para detectar y reparar cualquier posibilidad de fugas en el sistema.

2.5.3.9 Verificación del estado de la casa de máquinas

Se realizará verificación técnica y visual del estado general de la casa de máquinas, incluyendo su aspecto estructural, estado de los anclajes y puntos de apoyo de los equipos y sistemas eléctricos, instalaciones hidráulicas y desagües, entre otros.

2.5.3.10 Verificación del estado de los sistemas de control y medida, sistemas eléctricos, de iluminación y refrigeración

Esta actividad consiste en la revisión, remota o manual, realizada por el jefe de planta con ayuda del personal de operación y mantenimiento, de los valores suministrados en los tableros y sistemas de control y medida, y en lo detectado por el Control Lógico de Programación (PLC) del sistema computarizado de la Central. Se confirmará en el sitio, posibles fugas de los líquidos del sistema primario y de los mecanismos de operación del conjunto turbogenerador, dispositivos complementarios y auxiliares, entre otros.

2.5.3.11 Verificación del estado del equipo turbogenerador en casa de máquinas

Se tendrán en cuenta, principalmente, las recomendaciones operativas y de mantenimiento dadas por los fabricantes del turbogenerador, siguiendo una bitácora de mantenimiento. De acuerdo con el número de horas de servicio al año, se deberá verificar con los instrumentos de control y medida las vibraciones, la temperatura de funcionamiento, el estado de operación de los equipos auxiliares, de los sistemas de protección en caso de sobrevoltaje, emergencia y salto de línea y su posterior embalamiento o sobre velocidad.

2.5.3.12 Verificación de la subestación eléctrica

Para el buen funcionamiento del sistema de transmisión y distribución eléctrica, se verificará el estado general de la subestación eléctrica en forma visual, comprobando los dispositivos de control y medida, para detectar las anomalías producidas en el sistema, atendiendo las recomendaciones de los fabricantes de los equipos. Cuando ocurran daños ocasionados por saltos de línea y sobrevoltaje o caídas de rayos en el sistema, los ingenieros electricistas efectuarán labores de verificación visual y mantenimiento.

2.5.3.13 Verificación del estado estructural del canal de descarga y obras de protección en la margen del río

Se verificará periódicamente el buen estado del canal de descarga y las obras de protección en la margen del río San Matías, puesto que sus condiciones de operación pueden verse afectadas por la estabilidad de las masas de suelo circundante a la estructura y la calidad de los materiales de cimentación.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS	Doc.: 2148-12-EV-ST-010-02	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.5.3.14 Mano de obra requerida

Para la fase de operación comercial se estima la creación de alrededor de 14 puestos de trabajo para las labores operativas. Se considera que una parte importante de estos puestos pueden ser cubiertos por personal de la zona.

2.5.3.15 Costo anual de operación

Los costos de administración, operación y mantenimiento se toman como un valor proporcional a la potencia nominal, dado que el tamaño de los equipos es el factor más importante por su influencia en los gastos de mantenimiento. En la central se instalarán equipos para generación hidroeléctrica de 21 MW, por lo que se estima que el costo anual por administración, operación y mantenimiento es del orden de US \$ 700.000.