



PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN MATÍAS

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL VOLUMEN III DE VI CAPÍTULO 4

DOCUMENTO 2148-12-EV-ST-010-04

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-010-04

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-010-02
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-010-04
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-010-04
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-010-04	
		Rev. No.:0	2012-04-13
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			


TABLA DE CONTENIDO

		Pag
4	DEMANDA DE RECURSOS NATURALES	4-1
4.1	CONCESIÓN DE AGUAS	4-1
4.1.1	Río San Matías	4-1
4.1.2	Quebrada 5.	4-3
4.1.3	Quebrada NN.	4-3
4.1.4	Río Cocorná	4-3
4.2	OCUPACIÓN DE CAUCE	4-3
4.2.1	Obras en el río San Matías – estructura de descarga	4-3
4.2.2	Corrientes menores en la vía de acceso a portal de salida del túnel de conducción	4-4
4.2.3	Estudios hidráulicos	4-4
4.2.3.1	Obras en el río San Matías en zona de descarga	4-5
4.2.3.2	Corrientes menores en vías de acceso proyectadas	4-5
4.2.4	Socavación	4-6
4.2.5	Dinámica fluvial de sectores intervenidos	4-6
4.3	VERTIMIENTOS	4-6
4.4	APROVECHAMIENTO FORESTAL	4-10
4.5	EMISIONES ATMOSFÉRICAS	4-14
4.6	RESIDUOS SÓLIDOS	4-15
4.7	MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN	4-15
4.8	ZONAS DE DEPÓSITO	4-15

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


LISTADO DE TABLAS

	Pag
Tabla 4-1: Valores obtenidos para las variables físicas y químicas del agua	4-1
Tabla 4-2: Cálculo del índice NSF - WQ para el río San Matías.....	4-2
Tabla 4-3: Resultados diseño de alcantarillas para vías proyectadas Tr = 10 años	4-4
Tabla 4-4: Caudales de diseño en río San Matías y corrientes que interceptan las vías del proyecto hidroeléctrico San Matías	4-4
Tabla 4-5: Caudales modelados en el río San Matías en el sitio de descarga.....	4-5
Tabla 4-6: Niveles y velocidad del flujo en confluencia del canal de descarga con el río San Matías.....	4-5
Tabla 4-7: Resultados diseño alcantarillas Tr = 10 Años para la vía proyectada.....	4-5
Tabla 4-8: Localización de vertimientos en el proyecto hidroeléctrico San Matías	4-9
Tabla 4-9. Especies registradas para el bosque denso.....	4-10
Tabla 4-10. Especies registradas para el bosque denso de Guadua	4-11
Tabla 4-11. Especies registradas para el bosque abierto.....	4-11
Tabla 4-12. Especies registradas para la vegetación secundaria alta	4-11
Tabla 4-13. Especies registradas para la vegetación secundaria baja	4-12
Tabla 4-14. Especies registradas para los pastos limpios	4-13
Tabla 4-15. Especies registradas para los pastos arbolados	4-13
Tabla 4-16. Especies registradas para los pastos enmalezados	4-14
Tabla 4-17. Estimaciones de área basal y volúmenes por cobertura en el área de intervención del proyecto.	4-14
Tabla 4.18. Coordenadas de localización de las plantas de trituración y concretadoras	4-15

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


LISTADO DE FIGURAS

	Pag
Figura 4-3: Esquema general del sistema de tratamiento	4-7
Figura 4-4: Esquema Trampa de grasa---vertimiento.....	4-7
Figura 4-5: Esquema sedimentador-vertimiento	4-8

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

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 13. Formulario de concesión de agua
- Anexo 14. Formulario de permiso de ocupación de cauce
- Anexo 15. Formulario para los permisos de vertimientos
- Anexo 16. Sistema de tratamiento prefabricado.
- Anexo 17. Solicitud de aprovechamiento forestal

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

LISTADO DE PLANOS)

2148-12-CV-DW-013.	Localización de corrientes menores
2148-12-CV-DW-042.	Canal de descarga - Planta - Perfil
2148-12-CV-DW-061.	Depósitos - Planta y perfil

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4 DEMANDA DE RECURSOS NATURALES

4.1 CONCESIÓN DE AGUAS

4.1.1 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 del proyecto hidroeléctrico 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

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.

El caudal medio estimado del río San Matías en el sitio de captación del proyecto hidroeléctrico El Molino es de 9,54 m³/s, de un agua con calidad buena, como se puede observar en la Tabla 4-1 y la Tabla 4-2.

Tabla 4-1: Valores obtenidos para las variables físicas y químicas del agua

Variable	Sitio de muestreo río San Matías						
	Sitio 1 - CAP		Sitio 2 – MED1		Sitio 3 – MED 2	Sitio 4 -DES	
	Muestreo verano	Muestreo invierno	Muestreo verano	Muestreo invierno	Muestreo verano	Muestreo verano	Muestreo invierno
Temperatura del aire (°C)	24,00		25,00		26,00	25,00	
Temperatura del agua (°C)	22,70	22,50	22,00	22,00	22,40	21,40	20,20
Conductividad eléctrica (µS/cm)	43,90	33,80	45,00	28,00	45,00	38,70	43,90
Turbiedad (NTU)	2,50	96,90	2,21	315,00	2,30	24,70	27,00
Sólidos totales (mg/l)	56,00	154,00	57,00	512,00	52,00	76,00	88,00
Sólidos suspendidos (mg/l)	<7	111,00	<7	477,00	<7	34,00	39,00
Sólidos sedimentables (ml/l)	<0,1	43,00	<0,1	35,00	<0,1	0,10	49,00
% de Saturación de OD	89,50	67,03	92,00	70,95	94,00	95,20	81,74
Oxígeno disuelto (OD) (mg O ₂ /l)	7,69	5,90	8,40	6,30	8,10	8,42	7,50
pH	7,65	7,23	7,40	7,32	7,42	7,35	7,26
Fósforo total (mg P/l)	<0,020	<0,015	<0,020	0,71	<0,020	0,05	<0,015
Fósforo orgánico (mg P/l)	<0,020		<0,020		<0,020	<0,020	
Ortofosfatos totales (mg PO ₄ ³⁻ /l)	<0,150	0,30	<0,150	0,30	<0,150	<0,150	0,09
Nitrógeno amoniacal (mg N-NH ₃ /l)	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitratos (mg N-NH ₃ /l)	<1,50	<0,9	<1,50	<0,9	<1,50	<1,50	<0,9

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-1: Valores obtenidos para las variables físicas y químicas del agua. (Continuación)

Variable	Sitio de muestreo río San Matías						
	Sitio 1 - CAP		Sitio 2 – MED1		Sitio 3 – MED 2	Sitio 4 -DES	
	Muestreo verano	Muestreo invierno	Muestreo verano	Muestreo invierno	Muestreo verano	Muestreo verano	Muestreo invierno
Nitrógeno Kjeldahl (mg N/l)	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /l)	<3,00	5,00	<3,00	5,00	<3,00	<3,00	9,00
Hierro total (mg Fe/l)	0,22	3,13	0,19	1,64	0,23	1,24	1,40
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /l)	21,00	26,00	21,40	23,00	22,70	20,50	27,00
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	14,40	24,00	14,50	16,00	15,70	16,30	20,00
DBO ₅ total (mg O ₂ /l)	<4,00	<2,43	<4,00	<2,43	<4,00	<4,00	<2,43
DBO ₅ soluble (mg O ₂ /l)	<4,00		<4,00		<4,00	<4,00	
DQO total (mg O ₂ /l)	<12,0	<12,9	<12,0	17,00	<12,0	<12,0	<12,9
Coliformes (NMP/100 ml)	60 x 10 ³	>2419,6	25 x 10 ⁴	>2419,6	160 x 10 ³	14 x 10 ⁴	>2419,6
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	3,5 x 10 ²	>2419,6	1,3 x 10 ²	866,40	2 x 10 ²	0,2 x 10 ⁴	648,80
Detergentes (mg SAAM/l)	<0,100	0,34	<0,100	0,41	<0,100	<0,100	0,11


Tabla 4-2. Cálculo del índice NSF - WQ para el río San Matías

Variable	Peso	Sitio 1- Captación		Sitio 2 – tramo medio1		Sitio 3 – Tramo medio 2	Sitio 4 -descarga	
		Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Verano	Invierno
Oxígeno Disuelto	0,17	95	87	97	91	98	98	93
Coliformes	0,16	32	17	41	23	37	18	26
pH	0,11	92	92	93	93	93	93	93
DBO	0,11	>61	93	>61	93	>61	>61	93
Temperatura	0,1	93	85	93	80	93	93	85
Ortofosfatos	0,1	>94	81	>94	42	>94	>94	96
Nitratos	0,1	>96	97	>96	96	>96	>96	97
Turbiedad	0,08	92	19	92	5	92	57	55
Sólidos	0,07	87	78	87	20	87	85	84
NFS-WQI		>79,85	71	>81,74	63	63	>75,29	78

Para la construcción de las obras ubicadas en el portal de entrada del túnel de conducción, se requiere 20 l/s del río San Matías, en un sector del río definido por las siguientes coordenadas

882.885 E
883.231 E

1.160.988 N
1.160.785 N

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

4.1.2 Quebrada 5.

Además, para complementar el agua captada del río San Matías, en el frente del portal de entrada del túnel, se requiere un caudal de 3,0 l/s, el cual se tomará de la quebrada 5, en un sector definido por las siguientes coordenadas:

882.659 E	1.160.473 N
883.016 E	1.160.637 N

El caudal de esta quebrada, de un período de retorno de 2,33 años, en el tramo donde puede quedar la captación, es de 4,24 m³/s.

4.1.3 Quebrada NN.

Para el frente de obras localizado en el portal de salida del túnel de conducción, se requiere un caudal de 3,0 l/s, el cual se tomará de una quebrada sin nombre, que será cruzada por la vía de acceso a este frente de obras; la captación estará localizada en un sector definido por las siguientes coordenadas:

883.785 E	1.159.092 N
883.951 E	1.159.101 N

El caudal de esta quebrada, de un período de retorno de 2,33 años, en el tramo donde puede quedar la captación, es de 1,18 m³/s.

En el Anexo 13 se presentan los formularios de solicitud de las concesiones de agua.

4.1.4 Río Cocorná

Para el frente de obra localizado en la casa de máquinas, se captará 3,0 l/s del río Cocorná, en un sector definido por las siguientes coordenadas:

884.872 E	1.159.383 N
885.093 E	1.159.503 N


El caudal medio del río Cocorná en este tramo es de 20,57 m³/s

4.2 OCUPACIÓN DE CAUCE

A continuación se describe cada una de las obras que intervendrán los cauces del río San Matías y las corrientes menores para el desarrollo del proyecto hidroeléctrico San Matías, las cuales son objeto del permiso de ocupación de cauces. Se resalta el hecho que este proyecto no tendrá captación localizada en el río.

4.2.1 Obras en el río San Matías – estructura de descarga

Las aguas turbinadas se entregarán al San Matías, en el sitio con coordenadas 885.088 E y 1.159.736 N, y en la cota 752 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.

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

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 de 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 (ver plano 2148-12-CV-DW-042).

4.2.2 Corrientes menores en la vía de acceso a portal de salida del túnel de conducción

En las corrientes menores existentes, que son transversales a las vías de acceso al proyecto, se harán obras de drenaje tipo alcantarillas circulares. En el plano 2148-12-CV-DW-013 se presenta la localización y numeración de las quebradas en la zona de influencia del proyecto.

Los diseños de las alcantarillas se calcularon para un período de retorno de 10 años, como se explicará en el numeral 4.2.3.

En la Tabla 4-3 se presentan los resultados del diseño de las alcantarillas proyectadas.

Tabla 4-3: Resultados diseño de alcantarillas para vías proyectadas Tr = 10 años


Abscisa	Vía	Coordenadas		Quebrada - Punto	Tipo de obra	Longitud (m)	Pendiente (%)
		X(E)	Y(N)				
K 0+155.67	A portal de salida del túnel	884.089 884.135	1.159.155 1.159.165	Quebrada 1 - A	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	10	2.00
K 0+298.44	A portal de salida del túnel	884.029 884.067	1.159.108 1.159.149	Quebrada 1 - B	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	7	2.00

4.2.3 Estudios hidráulicos

Con el objeto de determinar las dimensiones de las estructuras a diseñar y su correcto funcionamiento hidráulico, con la información de los caudales máximos y las secciones del río San Matías y las corrientes intervenidas, se procedió a revisar los niveles para crecientes de distintos periodos de retorno y con éstas se verificó el funcionamiento de las estructuras que intervienen los cauces (ver Tabla 4-4).

Tabla 4-4: Caudales de diseño en río San Matías y corrientes que interceptan las vías del proyecto hidroeléctrico San Matías

Río/Quebrada	Punto	Vía/Sitio del Proyecto	Período de retorno Tr (años)					
			2,33	5	10	25	50	100
Río San Matías	-	Descarga	366	488	623	845	1.050	1.291
Quebrada 1	A	A portal de salida del túnel	1,33	1,67	2,02	2,64	3,24	4,01
Quebrada 1	B	A portal de salida del túnel	1,18	1,49	1,8	2,36	2,89	3,58

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

4.2.3.1 Obras en el río San Matías en zona de descarga

En este numeral se presenta la verificación hidráulica del canal de descarga hacia el río San Matías.

El modelo hidráulico se realizó empleado el software HEC-RAS 4.0 ambos de US Army Corps of Engineers. El canal de descarga fue modelado considerando un n de Manning de 0,014, mientras que la rugosidad del río San Matías se estableció en 0,035.

El caudal en el canal de descarga es 10 m³/s, correspondiente al caudal de diseño del proyecto, mientras que para el río San Matías se evaluaron diferentes caudales asociados a diferentes períodos de retorno estimados con base en el modelo lluvia-escorrentía propuesto por el Soil Conservation Service (SCS).

En la Tabla 4-5 se presentan los caudales para diferentes períodos de retorno en el río San Matías.

Tabla 4-5: Caudales modelados en el río San Matías en el sitio de descarga

Tr (años)	2,33	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	366	488	623	845	1.050	1.291

Gracias al diseño de la estructura de disipación de energía al final del canal de descarga, se garantiza una leve influencia sobre la dinámica río San Matías como se puede observar en la Tabla 4-6, en la cual se muestran los niveles y velocidades del río con y sin proyecto en el sitio de confluencia con el canal de descarga.

Tabla 4-6: Niveles y velocidad del flujo en confluencia del canal de descarga con el río San Matías


Tr (años)	Caudal (m ³ /s)		Velocidad (m/s)		Nivel del agua (msnm)	
	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto
50	1.050	1.060	7,41	7,38	759,17	759,19
100	1.291	1.301	8,02	7,99	759,40	759,41

4.2.3.2 Corrientes menores en vías de acceso proyectadas

En la Tabla 4-7 se presentan los resultados del diseño de las obras para la nueva vía del proyecto, para caudales con período de retorno de 10 años.

Tabla 4-7: Resultados diseño alcantarillas Tr = 10 Años para la vía proyectada

Abscisa	Vía	Caudal de diseño Q ₁₀ (m ³ /s)	Quebrada - Punto	Tipo de Obra / Dimensión	Tirante Y(m)	y/do	Q/QII
K 0+155.67	A portal de salida del túnel	2.02	Quebrada 1 - A	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	0.50	0.42	0.37
K 0+298.44	A portal de salida del túnel	1.80	Quebrada 1 - B	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	0.47	0.39	0.33

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

4.2.4 Socavación

Con el objeto de evaluar la seguridad de las estructuras por los efectos de la socavación, se determinó la posible profundización de nivel del fondo del cauce, donde se emplazan las estructuras.

La socavación se calculó como la suma de la erosión general y la erosión debida a la contracción en el cauce. Para este fin se aplicaron procedimientos alternativos y se obtuvieron promedios de todos resultados.

La socavación máxima en la estructura de descarga es de 2,0 m, debido a que rápidamente se espera encontrar el sustrato de roca. Estas socavaciones corresponden al efecto de las crecientes si no se efectuaran medidas de control. Dependiendo de dichas medidas, las socavaciones pueden disminuir.

4.2.5 Dinámica fluvial de sectores intervenidos

A continuación se hace una evaluación de cada una de las estructuras que se analizaron en el presente numeral, desde el punto de vista de las modificaciones que se pueden presentar en la dinámica fluvial.

En general los criterios de diseño buscaron controlar la velocidad a la salida de las obras, para evitar procesos de socavación remontante por efecto de las altas velocidades en las descargas.

Las obras propuestas corresponden a corrientes permanentes, desde el punto de vista de la dinámica fluvial, y en ninguna de ellas se modificó el alineamiento, por lo tanto, la descarga se hace a los lechos naturales con materiales competentes.

Las estructuras de disipación tipo dentadas en cada una de las obras, garantizan que las velocidades en las entregas en condición de crecientes, sean tolerables por el material del lecho.

Los regímenes de flujo son supercríticos turbulentos en todas las obras para las corrientes existentes; las pendientes con que se diseñaron las alcantarillas de cajón y circulares proyectadas, también generan regímenes de este mismo tipo en todas las obras. No se dan cambios en la dinámica fluvial de las corrientes por efecto de las alcantarillas proyectadas.

En el Anexo 14 se presentan los formularios de permisos de ocupación de cauce.

4.3 VERTIMIENTOS

Antes de ser vertidas las aguas residuales domésticas e industriales, se realizarán tratamientos por medio de trampas de grasa, desarenadores, tanques sépticos y filtros anaeróbicos, que permitirán la disminución de la carga contaminante del agua residual y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente (artículo 72 del Decreto 1594 de 1984).

Los tratamientos de las aguas residuales domésticas generadas en las oficinas será un sistema compuesto de tanque séptico y filtro anaeróbico, cuyo esquema se presenta en la Figura 4-1 y para las aguas residuales industriales se utilizará trampa de grasas (ver Figura 4-2) y sedimentadores (ver Figura 4-3).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

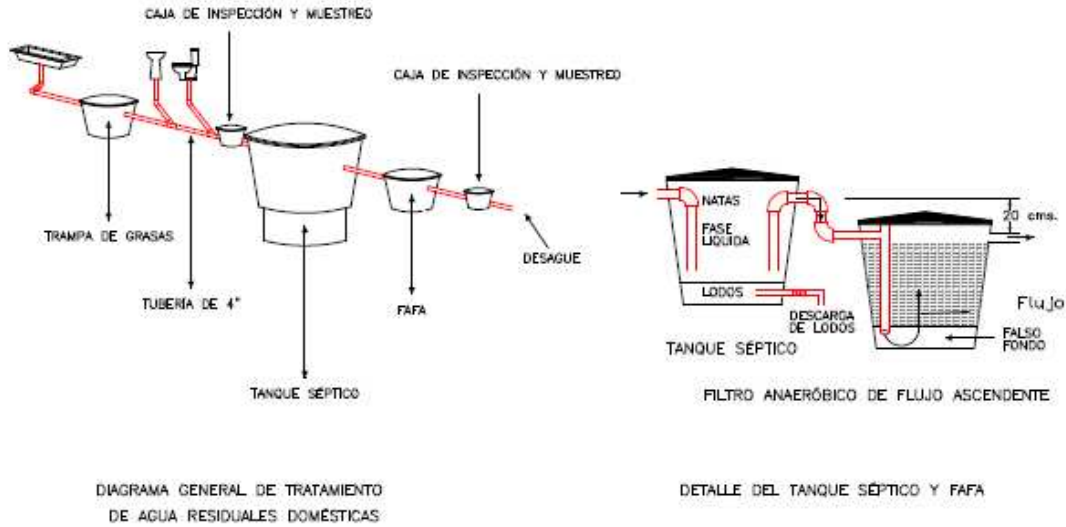


Figura 4-1: Esquema general del sistema de tratamiento

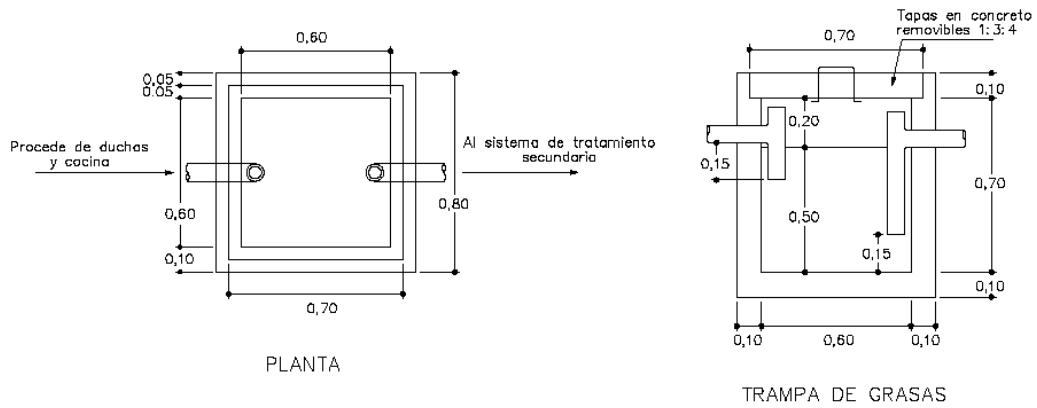


Figura 4-2: Esquema Trampa de grasa---vertimiento

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

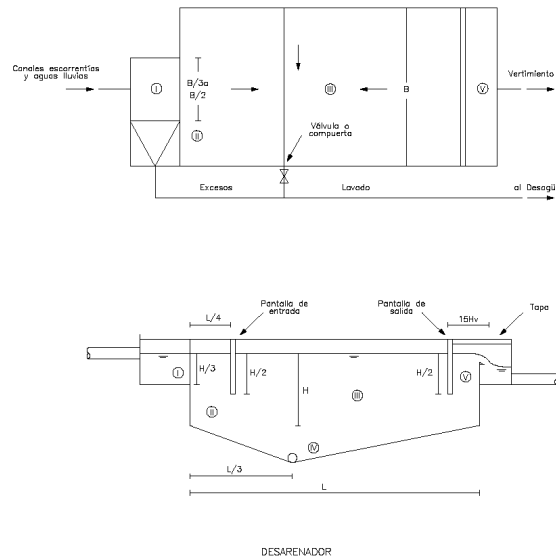


Figura 4-3: Esquema sedimentador-vertimiento

• **Diseño del sedimentador**

Para definir las dimensiones de los sedimentadores se trabajará con lo definido en el RAS 2000, con lo cual se garantiza el cumplimiento de lo establecido cuyos parámetros son:

- **Velocidad de sedimentación.** Definida por la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{(\rho_s - \rho)gd^2}{18\mu}, \text{ donde}$$

- ρ_s : Peso específico de la arena.
- ρ : Peso específico del agua.
- g = gravedad.
- μ : Viscosidad cinemática
- d = diámetro partícula.


- **Tiempo de sedimentación.** El cual se estima de la siguiente manera:

$$t_s = \frac{h}{V_s}, \text{ donde}$$

- h : profundidad útil del sedimentador
- V_s : velocidad de sedimentación

- **Tiempo de retención Hidráulico.** El cual se expresa mediante la siguiente expresión:

$$TRH = \phi \times t_s, \text{ donde}$$

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

- Φ : Diámetro de la partícula a remover
- t_s : Tiempo de sedimentación
- **Volumen del tanque.** El cual se calcula así:

$$v = Q \times TRH, \text{ donde}$$

- Q: caudal de diseño
- TRH: Tiempo de retención hidráulico
- **Área Superficial.** Que se calcula mediante la expresión

$$A_s = \frac{v}{H}, \text{ donde}$$

- v: Volumen del tanque
- H: Profundidad útil del tanque
- **Ancho del tanque.** Calculado por medio de la ecuación:

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

donde A_s es el área superficial

- **Longitud del tanque.** Se estima con la relación L: B, 4:1

En la Tabla 4-8 se presentan las coordenadas del tramo de las corrientes donde se harán los vertimientos de las aguas residuales generadas durante la construcción y operación del Proyecto Hidroeléctrico San Matías, así como la profundidad útil y la profundidad de la zona de sedimentos, suponiendo lo siguiente:

Tabla 4-8: Localización de vertimientos en el proyecto hidroeléctrico San Matías

Infraestructura	Corriente	Sistema	Coordenadas del tramo		Profundidad útil (m)	Profundidad zona de sedimento (m)	Caudal (l/s)
			X (Este)	Y (Norte)			
Zona portal de entrada túnel de conducción	Río San Matías	Tanque séptico, filtro anaeróbico, trampa de grasas, sedimentador	882.998 883.198	1.160.908 1.160.822	1,5	1,0	0,7
Depósito SM1	Quebrada NN	Sedimentador	884.218 884.367	1.159.576 1.159.751	1,5	0,75	0,1
Portal de salida del túnel - Almenara	Quebrada NN	Tanque séptico, filtro anaeróbico, trampa de grasas, sedimentador	884.029 884.067	1.159.108 1.159.149	1,5	1,5	0,7
Casa de máquinas	Río Cocorná	Tanque séptico, filtro anaeróbico, trampa de grasas, sedimentador	884.891 885.142	1.159.398 1.159.537	1,5	1,5	1,5

- Temperatura del agua: 22°C.
- Diámetro de la partícula a remover: 0.005 cm
- % remoción= 87.5%

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

– Longitud del sedimentador: 4 m

Las dimensiones propuestas pueden cambiar, si el constructor cambia la relación Largo – Ancho. Aunque siempre deberá cumplir con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984, en cuanto a las características del efluente, definidas en el Artículo 72.

Además para estimar los caudales a verter se supone que:

- Para el agua residual doméstica se supone un coeficiente de retorno del 80%, para una población cuya demanda de agua es de 140 l-hab/día.
- Se supone que el 90% del agua de lavado de la arena y la grava retornan como agua residual.
- El 40% del agua utilizada para la humectación de vías, lavado de vehículos y mantenimiento de áreas de trabajo, regresará como agua residual
- El 80% del agua utilizada para la construcción del túnel y de la ventana retornará como agua residual.

En el Anexo 15 se presentan los formularios para los permisos de vertimientos, y en el Anexo 16 se observa un sistema de tratamiento prefabricado, que se podría utilizar en los portales de los túneles y en casa de máquinas.

4.4 APROVECHAMIENTO FORESTAL

En el área de influencia del proyecto se identificaron las coberturas de Bosque abierto de tierra firme, Bosque denso de guadua, Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Pasto arbolado, Pasto enmalezado, Pasto limpio.

De la Tabla 4-9 a la Tabla 4-16, se encuentran las especies registradas en cada una de las coberturas identificadas.

Tabla 4-9. Especies registradas para el bosque denso

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Goethalsia meiantha</i>	Combo	Malvaceae	8
2	<i>Miconia trinervia</i>	Tuno blanco	Melastomataceae	14
3	<i>Pourouma hirsutipetiolata</i>	Cirpo	Urticaceae	4
4	<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo blanco	Urticaceae	4
5	<i>Chrysochlamys weberbaueri</i>		Clusiaceae	3
6	<i>Euterpe precatoria</i>	Palmiche	Arecaceae	3
7	<i>Ficus sp. 1</i>	Sueldo	Moraceae	1
8	<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	1
9	<i>Rollinia edulis</i>	Majagüa	Annonaceae	1
10	<i>Inga sp. 2</i>	Guamo	Fabaceae	1
11	<i>Psychotria capitata</i>		Rubiaceae	1
12	<i>Casearia silvestris</i>		Salicaceae	1
13	<i>Casearia mariquitensis</i>		Salicaceae	1
14	<i>Gloeospermum sphaerocarpum</i>	Guayabito de mico	Violaceae	1
Total General				44

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-10. Especies registradas para el bosque denso de Guadua

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	Poaceae	138
2	<i>Miconia elata</i>	Mortiño colorado	Melastomataceae	6
3	<i>Cupania cinerea</i>	Cariseco, mestizo	Sapindaceae	1
4	<i>Persea americana</i>		Lauraceae	1
5	<i>Ocotea macropoda</i>	Laurel	Lauraceae	1
6	<i>Rollinia edulis</i>	Majagüa	Annonaceae	1
7	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Laurel perillo	Lauraceae	1
8	<i>Ficus maxima</i>	Caucho	Moraceae	1
9	<i>Miconia decurrens</i>	Mortiño blanco	Melastomataceae	1
Total General				151

Tabla 4-11. Especies registradas para el bosque abierto

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Euterpe precatoria</i>	Palmiche	Arecaceae	20
2	<i>Goethalsia meiantha</i>	Combo	Malvaceae	6
3	<i>Pourouma hirsutipetiolata</i>	Cirpo	Urticaceae	6
4	<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	4
5	<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Espadero	Primulaceae	4
6	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Aceite maria	Calophyllaceae	3
7	<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo	Asteraceae	2
8	<i>Abarema jupunba</i>	Carbonero	Fabaceae	2
9	<i>Iryanthera sp.</i>		Myristicaceae	3
10	<i>Cyathea andina</i>	Sarro	Cyatheaceae	2
11	<i>Pseudelephantopus spiralis</i>	Suelda	Asteraceae	1
12	<i>Indet. 3</i>		Indet. 3	1
13	<i>Vismia macrophylla</i>	Siete cueros	Hypericaceae	1
14	<i>Graffenrieda galeottii</i>	Nigüito blanco	Melastomataceae	1
15	<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo blanco	Urticaceae	1
16	<i>Erythroxylum citrifolium</i>	Coca	Erythroxylaceae	1
17	<i>Cupania cinerea</i>	Cariseco	Sapindaceae	1
18	<i>Dendropanax arboreus</i>	Platero	Araliaceae	1
19	<i>Rollinia edulis</i>	Majagüa	Annonaceae	1
20	<i>Miconia decurrens</i>	Mortiño blanco	Melastomataceae	1
Total General				62

Tabla 4-12. Especies registradas para la vegetación secundaria alta

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Pourouma hirsutipetiolata</i>	Cirpo	Urticaceae	38
2	<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	15
3	<i>Bellucia pentamera</i>	Guayabo de mico	Melastomataceae	8
4	<i>Hedyosmum racemosum</i>	Silbo silbo	Chloranthaceae	9
5	<i>Hasseltia sp.</i>		Salicaceae	10
6	<i>Vismia sp. 2</i>	Puntae´ lanza	Hypericaceae	6

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-12. Especies registradas para la vegetación secundaria alta. (Continuación)

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
7	<i>Castilla elastica</i>	Caucho negro	Moraceae	7
8	<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo	Asteraceae	7
9	<i>Miconia elata</i>	Mortiño colorado	Melastomataceae	7
10	<i>Vismia macrophylla</i>	Siete cueros	Hypericaceae	5
11	<i>Guatteria boliviana</i>	Garrapato	Annonaceae	5
12	<i>Miconia decurrens</i>	Mortiño blanco	Melastomataceae	5
13	<i>Inga thibaudiana</i>		Fabaceae	4
14	<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	Poaceae	5
15	<i>Cordia dwyeri</i>	Brazo de tigre	Boraginaceae	4
16	<i>Hyptidendron arboreum</i>	Aguanoso	Lamiaceae	3
17	<i>Ficus nymphaeifolia</i>	Caucho	Moraceae	1
18	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Laurel perillo	Lauraceae	3
19	<i>Cecropia angustifolia</i>	Yarumo negro	Urticaceae	3
20	<i>Rollinia edulis</i>	Majagüa	Annonaceae	2
21	<i>Inga alba</i>	churimo	Fabaceae	2
22	<i>Gloeospermum sp.</i>		Violaceae	2
23	<i>Jacaranda copaia</i>	Chingalé	Bignoniaceae	2
24	<i>Vismia baccifera</i>	Carate	Hypericaceae	2
25	<i>Nectandra sp. 1</i>		Lauraceae	1
26	<i>Unonopsis sp.</i>		Annonaceae	1
27	<i>Indet. 2</i>		Indet. 2	1
28	<i>Solanum cyathophorum</i>		Solanaceae	1
29	<i>Welfia regia</i>	Mil pesos	Arecaceae	1
30	<i>Miconia dolichorrhyncha</i>	Mortiño blanco	Melastomataceae	1
31	<i>Ocotea macropoda</i>	Laurel	Lauraceae	1
32	<i>Miconia affinis</i>	Nigüito	Melastomataceae	1
33	<i>Hieronyma sp.</i>	Leño	Phyllanthaceae	1
34	<i>Alchornea megalophylla</i>		Euphorbiaceae	1
35	<i>Casearia arborea</i>	Escobo	Salicaceae	1
36	<i>Inga sp. 8</i>		Fabaceae	1
37	<i>Erythroxylum citrifolium</i>	Coca	Erythroxylaceae	1
38	<i>Euterpe precatoria</i>	Palmiche	Arecaceae	1
39	<i>Lacistema aggregatum</i>	Café de monte	Lacistemataceae	1
Total General				170

Tabla 4-13. Especies registradas para la vegetación secundaria baja

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Tococa guianensis</i>	Hormiguero	Melastomataceae	11
2	<i>Vismia baccifera</i>	Carate	Hypericaceae	6
3	<i>Vismia sp. 2</i>	Punta ´e lanza	Hypericaceae	6
4	<i>Miconia decurrens</i>	Mortiño blanco	Melastomataceae	4
5	<i>Miconia theaezans</i>	Nigüito	Melastomataceae	4
6	<i>Bellucia pentamera</i>	Guayabo de mico	Melastomataceae	2

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-13. Especies registradas para la vegetación secundaria baja. (Continuación)

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
7	<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Espadero	Primulaceae	2
8	<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo	Asteraceae	2
9	<i>Vismia macrophylla</i>	Siete cueros	Hypericaceae	1
10	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae	1
11	<i>Miconia elata</i>	Mortiño colorado	Melastomataceae	1
12	<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo blanco	Urticaceae	1
13	<i>Indet. 4</i>		Indet. 4	1
14	<i>Cecropia angustifolia</i>	Yarumo negro	Urticaceae	1
Total General				43

Tabla 4-14. Especies registradas para los pastos limpios

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae	5
2	<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Espadero	Primulaceae	3
3	<i>Miconia elata</i>	Mortiño colorado	Melastomataceae	3
4	<i>Hymenaea courbaril</i>	Algarrobo	Fabaceae	1
5	<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo	Asteraceae	1
6	<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	1
7	<i>Miconia trinervia</i>	Tuno blanco	Melastomataceae	1
8	<i>Ficus popayanensis</i>	Sueldo	Moraceae	1
9	<i>Jacaranda copaia</i>	Chingalé	Bignoniaceae	1
10	<i>Pera arborea</i>	Cucharo	Euphorbiaceae	1
11	<i>Ficus sp. 2</i>	Lechudo	Moraceae	1
Total General				19

Tabla 4-15. Especies registradas para los pastos arbolados

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo	Asteraceae	46
2	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae	6
3	<i>Jacaranda copaia</i>	Chingalé	Bignoniaceae	7
4	<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	2
5	<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Espadero	Primulaceae	2
6	<i>Vismia baccifera</i>	Carate	Hypericaceae	1
7	<i>Hymenaea courbaril</i>	Algarrobo	Fabaceae	1
8	<i>Vismia sp. 2</i>	Punta e lanza	Hypericaceae	1
9	<i>Nectandra cuspidata</i>	Laurel pavito	Lauraceae	1
10	<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i>		Lauraceae	1
11	<i>Vismia macrophylla</i>	Siete cueros	Hypericaceae	1
12	<i>Bellucia pentamera</i>	Guayabo de mico	Melastomataceae	1
Total General				70

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-16. Especies registradas para los pastos enmalezados

#	Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
1	<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	5
2	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae	2
3	<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Espadero	Primulaceae	2
4	<i>Vismia macrophylla</i>	Siete cueros	Hypericaceae	2
5	<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo	Asteraceae	1
6	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Laurel perillo	Lauraceae	1
7	<i>Cespedesia spathulata</i>	Pacó	Ochnaceae	1
8	<i>Vismia sp. 2</i>	Puntae´lanza	Hypericaceae	1
Total General				15

En la Tabla 4-17 se muestran las estimaciones de volúmenes por hectárea y a extraerse, y en el Anexo 17 se presenta la solicitud de aprovechamiento forestal

Tabla 4-17. Estimaciones de área basal y volúmenes por cobertura en el área de intervención del proyecto.

Cobertura	AID	Valores Inventariados				Valores por Hectárea			Valores a Extraer		
		AIM	VT	VC	AB	VT	VC	AB	VT	VC	AB
Bosque abierto	0,570	0,10	0,57	0,33	0,05	5,74	3,32	0,50	3,27	1,89	0,29
Bosque denso	0,080	0,10	0,98	0,63	0,07	9,84	6,30	0,72	0,79	0,50	0,06
Vegetación secundaria alta	3,080	0,30	0,16	0,09	0,02	0,55	0,30	0,07	1,69	0,93	0,21
Vegetación secundaria baja	1,310	0,20	0,03	0,02	0,01	0,16	0,08	0,03	0,22	0,10	0,04
Pasto limpio	4,320	0,60	0,03	0,02	0,01	0,06	0,03	0,01	0,24	0,11	0,04
Pasto arbolado	2,140	0,40	0,03	0,02	0,01	0,08	0,04	0,01	0,18	0,09	0,03
Pasto enmalezado	1,520	0,20	0,01	0,01	0,00	0,06	0,03	0,01	0,09	0,04	0,02
Bosque denso (Guadua)	0,210	0,10	0,42	0,01	0,04	4,21	0,11	0,41	0,88	0,02	0,09
Total	13,23	2,00	2,25	1,12	0,20	20,70	10,20	1,76	7,35	3,69	0,76

Donde: AID: área a afectar en ha, AIM: área inventariada en el muestreo en ha, AB= área basal expresada en metros cuadrados; VC= volumen comercial en metros cúbicos; VT= volumen total en metros cúbicos.

4.5 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Para la construcción del proyecto hidroeléctrico San Matías, las concretadoras serán de dos sacos cada una, con capacidad de mezcla útil de 255 l, y se ubicarán en la zona de los portales del túnel de conducción y en el sector de casa de máquinas.

El material grueso-granular necesario para la construcción provendrá de las excavaciones subterráneas del proyecto, el cual se procesará en dos plantas trituradoras, ubicadas en cada uno de los portales del túnel de conducción.

Las áreas donde se ubicarán estos equipos están definidas por las coordenadas que se presentan en la Tabla 4.18


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

Tabla 4.18. Coordenadas de localización de las plantas de trituración y concretadoras

Planta Trituradora	X(E)	Y(N)
Portal de entrada del túnel de conducción (concretadora y trituradora)	882.961	1.160.648
	882.963	1.160.650
	882.922	1.160.692
	882.961	1.160.693
Casa de máquinas (concretadora)	884.895	1.159.535
	884.880	1.159.581
	884.921	1.159.600
	884.944	1.159.567
Portal de salida del túnel de conducción (trituradora y concretadora)	883.908	1.159.241
	883.923	1.159.265
	883.948	1.159.250
	883.942	1.159.231
	883.917	1.159.228

Estas plantas, generalmente funcionan mediante energía eléctrica. El material procesado será humectado para controlar las emisiones

4.6 RESIDUOS SÓLIDOS

La disposición final de cada tipo de residuo se ajustará a lo señalado en la normatividad colombiana: los residuos no reciclables se depositarán en el relleno sanitario del municipio de Cocorná; para los residuos peligrosos se cumplirá con lo establecido en el Decreto 4741 de 2005.

4.7 MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN


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 excavaciones subterráneas del Proyecto, el cual se estima en 10.000 m³ y se procesará en dos planta trituradoras localizadas en los portales del túnel de conducción.

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

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.

4.8 ZONAS DE DEPÓSITO

Para la construcción del proyecto hidroeléctrico San Matías se utilizará un depósito que 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 conformaran 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.

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

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