



PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL VOLUMEN III DE V CAPÍTULO 4

DOCUMENTO 2148-04-EV-ST-020-04

REVISIÓN No. 0

Revisión	Modificaciones	Fecha
0	Emisión Original	2012-03-30

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 EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

CONTENIDO GENERAL

VOLUMEN I	
Descripción	Documento
Resumen ejecutivo	2148-04-EV-ST-020-00
Capítulo 1 – Generalidades	2148-04-EV-ST-020-01
Capítulo 2 – Descripción del Proyecto	2148-04-EV-ST-020-02
VOLUMEN II	
Capítulo 3 – Caracterización del área de influencia del Proyecto	2148-04-EV-ST-020-03
VOLUMEN III	
Capítulo 4 – Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	2148-04-EV-ST-020-04
Capítulo 5 – Evaluación ambiental	2148-04-EV-ST-020-05
Capítulo 6 – Zonificación de manejo ambiental del Proyecto	2148-04-EV-ST-020-06
Capítulo 7 – Plan de manejo ambiental	2148-04-EV-ST-020-07
Capítulo 8 – Plan de seguimiento y monitoreo del Proyecto	2148-04-EV-ST-020-04
Capítulo 9 – Plan de contingencia	2148-04-EV-ST-020-09
Capítulo 10 - Plan de abandono y restauración final	2148-04-EV-ST-020-10
Capítulo 11 - Plan de inversión del 1%	2148-04-EV-ST-020-11
Bibliografía	2148-04-EV-ST-020-12
VOLUMEN IV	
Anexos	2148-04-EV-ST-020-13
VOLUMEN V	
Planos	2148-04-EV-ST-020-14

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
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 6.	4-4
4.1.3	Quebrada 5.	4-4
4.2	OCUPACIÓN DE CAUCE	4-4
4.2.1	Obras en el río San Matías	4-4
4.2.1.1	Obras de captación	4-4
4.2.1.2	Estructura de descarga al río San Matías	4-5
4.2.2	Corrientes menores	4-5
4.2.2.1	Quebradas en las vías de acceso proyectadas	4-5
4.2.2.2	Quebrada en el canal de descarga	4-7
4.2.3	Estudios hidráulicos	4-7
4.2.3.1	Obras en el río San Matías en zona de captación	4-8
4.2.3.2	Obras en el río San Matías en zona de descarga	4-9
4.2.3.3	Corrientes menores	4-10
4.2.4	Socavación	4-11
4.2.5	Dinámica fluvial de sectores intervenidos	4-12
4.2.5.1	Obras en el río San Matías en zona de captación	4-12
4.2.5.2	Quebradas en las vías de acceso proyectadas	4-12
4.3	VERTIMIENTOS	4-13
4.4	APROVECHAMIENTO FORESTAL	4-17
4.5	EMISIONES ATMOSFÉRICAS	4-21
4.6	RESIDUOS SÓLIDOS	4-22
4.7	MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN	4-22
4.8	ZONAS DE DEPÓSITO	4-22

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
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: Caudal de garantía ambiental y niveles requeridos en el vertedero rectangular mes a mes	4-3
Tabla 4-4: Resultados diseño de alcantarillas para vías proyectadas Tr = 10 años	4-6
Tabla 4-5: Dimensiones de la batea.....	4-7
Tabla 4-6: Caudales de diseño en río San Matías y corrientes que interceptan las vías del proyecto hidroeléctrico El Molino.....	4-8
Tabla 4-7: Niveles en el río San Matías	4-9
Tabla 4-8: Caudales modelados en el río San Matías en el sitio de descarga.....	4-10
Tabla 4-9: Niveles y velocidad del flujo en confluencia del canal de descarga con el río San Matías.....	4-10
Tabla 4-10: Resultados diseño alcantarillas Tr = 10 Años para vías proyectadas	4-11
Tabla 4-11: Localización de vertimientos en el proyecto hidroeléctrico El Molino	4-16
Tabla 4-12. Especies registradas para el bosque denso de Guadua	4-17
Tabla 4-13. Especies registradas para el bosque abierto.....	4-17
Tabla 4-14. Especies registradas para la vegetación secundaria alta	4-18
Tabla 4-15. Especies registradas para la vegetación secundaria baja	4-19
Tabla 4-16. Especies registradas para los pastos limpios.....	4-19
Tabla 4-17. Especies registradas para los pastos arbolados	4-20
Tabla 4-18. Especies registradas para los pastos enmalezados	4-20
Tabla 4-19. Estimaciones de área basal y volúmenes por cobertura en el área de intervención del proyecto.	4-21
Tabla 4.20. Coordenadas de localización de las plantas de trituración.....	4-21
Tabla 4.21. Depósitos de material sobrante de excavación.....	4-22

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTADO DE FIGURAS

	Pag
Figura 4-1: Curva de calibración de vertedero rectangular	4-3
Figura 4-2: Cruce de quebrada 8 y canal de descarga	4-7
Figura 4-3: Esquema general del sistema de tratamiento.....	4-13
Figura 4-4: Esquema Trampa de grasa---vertimiento	4-14
Figura 4-5: Esquema sedimentador-vertimiento.....	4-14

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
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 EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

LISTADO DE PLANOS

2148-04-CV-DW-017.	Localización de corrientes menores
2148-04-CV-DW-022.	Captación - Planta y secciones
2148-04-CV-DW-023.	Desarenador - Planta y secciones
2148-04-CV-DW-052.	Canal de descarga - Planta - Perfil
2148-04-CV-DW-76.	Depósitos - Localización general
2148-04-CV-DW-77.	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 El Molino, que será del tipo filo de agua sin embalse, tendrá una capacidad de 21 MW, para un caudal de diseño de 10 m³/s y un salto neto de 238,4 m. Las obras de conducción tienen aproximadamente 3,4 km de longitud total.

El caudal medio estimado del río en el sitio de captación 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
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

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
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

Antes de captar las aguas para la generación, se deberá garantizar el paso del caudal ecológico o caudal de garantía ambiental (CGA), por medio de la obra descrita en el numeral 2.2.2.1

Dado que el CGA, cuyo cálculo se encuentra en el capítulo 7 de este estudio, está propuesto como un caudal que varía mes a mes, se han dispuesto unos elementos reguladores y de medida que permitan dar cumplimiento al CGA definido cada mes. Para esto se ha dispuesto que el caudal que sale por el orificio previsto para tal fin, continúe hacia un tanque amortiguador, en el cual se encuentra un vertedero de tipo rectangular, que permitirá medir el caudal que se entregará al río. El vertedero rectangular tiene una longitud de 1,50 m y una altura de vertimiento de 1,0 m. El caudal que pasa por el orificio, será regulado por una compuerta de iguales dimensiones, que permite hacer los ajustes mes a mes.

Para la determinación correcta de la apertura, se ha dispuesto después del orificio un vertedero rectangular de cresta delgada, un sensor de nivel y mira para lectura directa. El vertedero se escogió por ser este tipo de elemento muy reconocido para la medición de caudales, siendo su uso muy extensivo en los laboratorios de hidráulica donde se requieren medidas precisas del caudal. La calibración del vertedero se presenta en la Figura 4-1

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

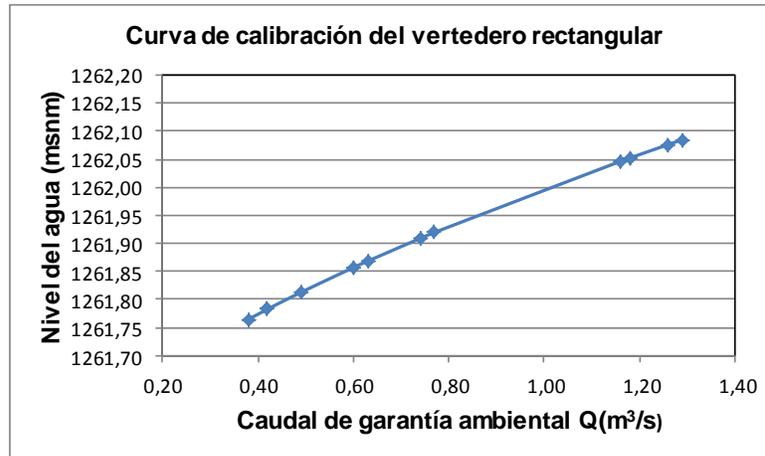


Figura 4-1: Curva de calibración de vertedero rectangular

Se puede observar que la altura necesaria para el nivel en el cual se da el caudal máximo que es 1,29 m³/s es de 0,60 m, y el vertedero tiene una altura de vertimientos de 1,00 m, es decir, trabaja adecuadamente para los caudales aprobados.

Como ya se dijo, en el tanque se dispondrá un sensor de nivel y una mira o regla que permita realizar un monitoreo de niveles e ir ajustando el caudal entregado al río. Se realizará un reporte semestral de niveles y caudales, el cual servirá a la Corporación para facilitar la verificación. En la Tabla 4-3 se presenta, para cada mes, el caudal de garantía ambiental propuesto y el nivel requerido en el vertedero rectangular para cada uno de estos caudales.

Tabla 4-3: Caudal de garantía ambiental y niveles requeridos en el vertedero rectangular mes a mes

Mes	Caudal (m ³ /s)	Niveles de agua (msnm)
Enero	0,60	1261,86
Febrero	0,49	1261,81
Marzo	0,77	1261,92
Abril	1,16	1262,05
Mayo	0,74	1261,91
Junio	0,63	1261,87
Julio	0,38	1261,76
Agosto	0,42	1261,78
Septiembre	0,42	1261,78
Octubre	1,29	1262,09
Noviembre	1,26	1262,08
Diciembre	1,18	1262,05

La planta y sección de la obra de CGA se presenta en el plano 2148-04-CV-DW-023.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Para la construcción de las obras, se requiere 20 l/s del río San Matías en la zona de captación, en un sector del río definido por las siguientes coordenadas

880.463 E	1.162.735 N
880.829 E	1.162.570 N

4.1.2 Quebrada 6.

Durante el proceso de construcción, en el frente de trabajo de la almenara y en la salida del túnel de conducción, para la operación de la planta trituradora, así como para la construcción del túnel, se requiere un caudal de 3,0 l/s, el cual se tomará de la quebrada 6, cuya captación estará en el tramo definido por las siguientes coordenadas

882.142 E	1.160.492 N
882.192 E	1.160.716 N

El caudal de esta quebrada, de un período de retorno de 2,33 años, en el tramo donde puede quedar la captación, varía entre 440 l/s y 450 l/s.

4.1.3 Quebrada 5.

Para la construcción de las obras localizadas en el frente de casa de máquinas, 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.

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

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 El Molino, las cuales son objeto del permiso de ocupación de cauces.

4.2.1 Obras en el río San Matías

4.2.1.1 Obras de captación

Las obras de derivación o captación se ubicarán en las coordenadas 880.829 E y 1.162.570 N, cota 1.260 msnm, donde el cauce del río San Matías presenta condiciones favorables para la ubicación de estas estructuras.

La derivación de caudales se hará a partir de la construcción de un azud de concreto de aproximadamente 4,0 m de altura y 39,0 m de longitud, con cresta en la cota 1.264 msnm, el cual contará, en el lado derecho, con una descarga de fondo conformada por una compuerta radial de 5,0x5,0 m. El área que ocupará el pondaje generado por el azud, será de 1,2 ha. La planta y perfil del azud se presentan en el plano 2148-04-CV-DW-022.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

La sección vertedora del azud permitirá el paso de una creciente de 1.246 m³/s, correspondiente a un período de retorno de 100 años.

Para la captación se ha dispuesto una toma del tipo lateral en el lado derecho del azud, conformada por aberturas rectangulares dimensionadas para derivar el caudal hacia el sistema de conducción. Pasada las aberturas de ingreso se llega a un canal que funciona como trampa de gravas que conecta con el canal de conducción a través de unas segundas aberturas u orificios. El primer sistema de aberturas está conformado por dos orificios de 2,50 m de ancho y 2,15 m de altura, y el segundo sistema por tres orificios de 1,80 m de ancho y 1,70 m de altura. Al final del canal desgravador se ha dispuesto una compuerta de 2,50 m de ancho y 2,50 m de alto.

En el plano 2148-04-CV-DW-023 se presenta la planta y las secciones de la captación.

4.2.1.2 Estructura de descarga al río San Matías

Las obras de descarga del proyecto están conformadas por un tanque de aquietamiento de 2 m de longitud y 8 de ancho que recibe las aguas del canal – tanque ubicado en la casa de máquinas por medio de un vertedero de control. Posterior al tanque se tiene prevista una rampa ascendente de 1 m de altura para luego continuar con un box culvert de 163 m que lleva las aguas al río San Matías en condiciones hidráulicas a flujo libre.

El box culvert se divide en cinco tramos con pendientes del 9,9% en 15,7 m de longitud, 28,5% en 17,7 m, 9,4% en 36,4 m, 72,7% en 52,9 m y 95,9% en 40,5 m. El box culvert será cuadrado con 1,5 m de lado y el régimen de flujo en el mismo será supercrítico con velocidades entre los 10 m/s en el tramo inicial (menor pendiente) y 25 m/s en el tramo final (mayor pendiente).

El box culvert contará con llaves de anclaje en toda su longitud cada 10 m y sobre el tercer tramo se conformará un viaducto de 8 m de luz que permitirá cruzar un corriente menor. En dicho viaducto el box culvert estará apoyado en dos pilas de 1,2 m de diámetro con apoyo en roca. Sobre la parte final de la estructura de descarga se tiene previsto un enrocado que permitirá el apoyo de la estructura de concreto en forma de salto de esquí, el cual expulsará las aguas al río San Matías sobre la cota 947,0 msnm, en el punto de coordenadas 883.034 E y 1'160.806 N, medidas en la intersección del eje del canal y la orilla del río (véase el plano 2148-04-CV-DW-052).

4.2.2 Corrientes menores

En las corrientes menores existentes que cruzan las vías de acceso al proyecto y el canal de descarga, se harán obras de drenaje tipo alcantarillas de cajón y circulares, ponton y una batea. En el plano 2148-04-CV-DW-017 se presenta la localización y numeración de las quebradas en la zona de influencia del proyecto.

4.2.2.1 Quebradas en las vías de acceso proyectadas

En los cruces de las vías de acceso del proyecto con las quebradas, se construirán alcantarillas de cajón y circulares de diferentes dimensiones y una batea. Los diseños de las alcantarillas se calcularon para un período de retorno de 10 años, como se explicará en el numeral 4.2.3.3 de estudios hidráulicos.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En la Tabla 4-4 se presentan los resultados del diseño de las alcantarillas proyectadas y en la Tabla 4-5 se presenta las dimensiones de la batea.

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

Abscisa	Vía	Coordenadas		
		Punto	X(E)	Y(N)
K 0+159.65	A casa de máquinas	1	884.034	1.160.105
		2	884.036	1.160.097
		3	884.061	1.160.103
		4	884.059	1.160.111
K 0+481.41	A casa de máquinas	1	883.810	1.160.171
		2	883.816	1.160.165
		3	883.832	1.160.172
		4	883.828	1.160.178
K 0+714.75	A casa de máquinas	1	883.665	1.160.256
		2	883.667	1.160.245
		3	883.694	1.160.260
		4	883.688	1.160.271
K 2+086.89	A casa de máquinas	1	882.897	1.160.538
		2	882.903	1.160.528
		3	882.932	1.160.538
		4	882.924	1.160.551
K 1+382.86	A almenara	1	882.202	1.160.552
		2	882.207	1.160.550
		3	882.216	1.160.566
		4	882.209	1.160.569
K 1+585.42	A almenara	1	882.215	1.160.577
		2	882.222	1.160.573
		3	882.229	1.160.587
		4	882.225	1.160.589
K 1+795.71	A almenara	1	882.229	1.160.600
		2	882.235	1.160.599
		3	882.242	1.160.612
		4	882.236	1.160.613
k 2+958.63	A captación	1	881.339	1.162.427
		2	881.146	1.162.420
		3	881.174	1.162.451
		4	881.167	1.162.456

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 4-5: Dimensiones de la batea

Abscisa	Vía	Coordenadas		Quebrada - Punto	Longitud (m)	Ancho (m)
		X(E)	Y(N)			
K 1 + 373.78	A casa de máquinas	883.326	1.160.473	Quebrada 4	7,00	4,00
		883.335	1.160.4607			
		883.353	1.160.484			
		883.344	1.160.494			

4.2.2.2 Quebrada en el canal de descarga

La quebrada 8 es cruzada por el canal de descarga en las coordenadas 882.963 E y 1'160.737 N.

El canal de descarga pasa 1,8 m por encima del lecho de la quebrada, y se apoyará en dos pilas separadas 8,0 m, como se presenta en la Figura 4-2. La separación entre las pilas se diseñó teniendo en cuenta la altura de la lámina de agua (0,25 m) para un período de retorno de 100 años, como se explicará en el numeral 4.2.3.3 de estudios hidráulicos.

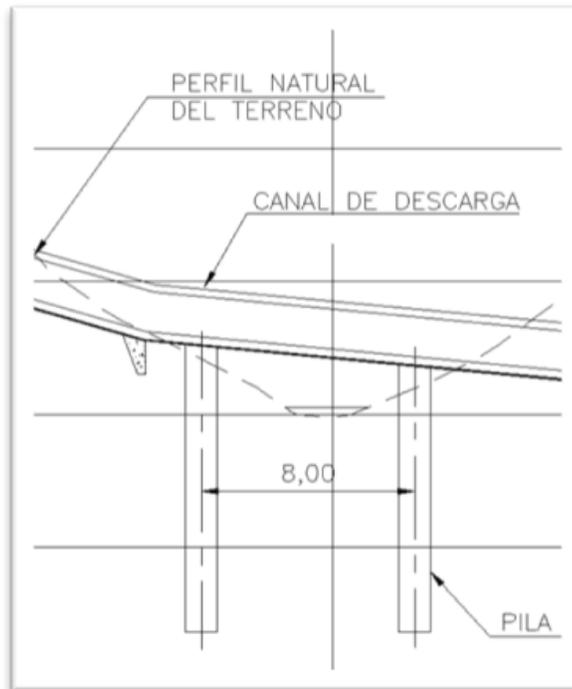


Figura 4-2: Cruce de quebrada 8 y canal de descarga

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

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

de distintos períodos de retorno y con éstas se verificó el funcionamiento de las estructuras que intervienen los cauces (ver Tabla 4-6).

Tabla 4-6: Caudales de diseño en río San Matías y corrientes que interceptan las vías del proyecto hidroeléctrico El Molino

Río/Quebrada	Punto	Vía/Sitio del Proyecto	Período de retorno Tr (años)					
			2,33	5	10	25	50	100
Río San Matías	-	Captación	329	447	580	799	1003	1246
	-	Descarga	347	467	602	822	1026	1268
Quebrada 1		Vía a casa de máquinas	6.97	8.78	10.60	13.90	17.02	21.09
Quebrada 2		Vía a casa de máquinas	0.26	0.33	0.40	0.52	0.64	0.79
Quebrada 3		Vía a casa de máquinas	5.09	6.42	7.75	10.16	12.44	15.41
Quebrada 4		Vía a casa de máquinas	3.02	3.81	4.59	6.02	7.37	9.14
Quebrada 5		Vía a casa de máquinas	4.24	5.35	6.45	8.46	10.36	12.84
Quebrada 6	A	Vía a almenara	0.44	0.55	0.67	0.87	1.07	1.33
Quebrada 6	B	Vía a almenara	0.46	0.58	0.70	0.92	1.13	1.40
Quebrada 6	C	Vía a almenara	0.50	0.63	0.77	1.00	1.23	1.52
Quebrada 7		Vía a captación	0.68	0.85	1.03	1.35	1.65	2.05
Quebrada 8		Canal de descarga	0,34	0,43	0,52	0,68	0,84	1,04

4.2.3.1 Obras en el río San Matías en zona de captación

Se presenta la modelación hidráulica de la captación en dos escenarios: las condiciones existentes, es decir, sin la proyección de ninguna estructura y las condiciones proyectadas que incluyen el azud, la captación y el desarenador.

Por la importancia de las estructuras a emplazar en este río, se utilizó el programa HEC-RAS 3.1.3 desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, para determinar los niveles de agua asociados a crecientes con un período de retorno determinado y así predimensionar y ubicar las estructuras hidráulicas para el buen funcionamiento del proyecto. Para el coeficiente de rugosidad se usó un valor de $n = 0,035$, excepto en las secciones modeladas en la presa en donde se utilizó $n = 0,015$ (concreto liso).

Los niveles del río San Matías con y sin las estructuras a construir para periodos de retorno de 50 y 100 años, se presentan en la Tabla 4-7.

Al observar los niveles de la Tabla 4-7 y los niveles tope de las estructuras se concluye:

- En el azud los muros laterales y de protección se elevan hasta la cota 1.270,70 msnm y el nivel, para un período de retorno de 100 años, alcanza los 1.268,70 msnm, manteniéndose un borde libre de 2,00 m, que se considera seguro y adecuado para la operación de este tipo de estructuras.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 4-7: Niveles en el río San Matías

Niveles en el río San Matías en las secciones con estructuras			
Estructura		Periodo de retorno	
		50 años	100 años
Azud	Sin	1263,28	1263,78
	Con	1268,06	1268,70
Canal de conducción	Sin	1264,77	1265,37
	Con	1262,82	1263,21
Desarenador	Sin	1263,53	1264,30
	Con	1263,50	1264,18
Nota: <ul style="list-style-type: none"> • Sin: se refiere a las condiciones naturales del río sin ningún tipo de estructura. • Con: con las estructuras hidráulicas construidas 			

- Para el canal que llevará las aguas entre la captación y el desarenador, el nivel de las aguas en el río se ubica en la cota 1.263,21 msnm y el muro lateral de este canal se encuentra en la cota 1.263,55 msnm, que se encuentra por encima del nivel de creciente. En caso de presentarse crecientes con períodos de retorno mayores a 100 años, el nivel del río podría sobrepasar los muros del canal, pero la central se encontraría parada. Una vez pase la creciente, se procederá a efectuar la limpieza de este canal y continuar con la operación de la central.
- Igualmente, el muro lateral del desarenador llega a la cota 1.265,0 msnm y el nivel de la creciente a la cota 1.264,18, manteniéndose un borde libre de 0,82 m.

4.2.3.2 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. Las obras de descarga del proyecto están conformadas por un tanque de quietamiento de 2 m de longitud y 8 de ancho, que recibe las aguas del canal – tanque ubicado en la casa de máquinas por medio de un vertedero de control. Posterior al tanque, se tiene prevista una rampa ascendente de 1 m de altura para luego continuar con un box culvert de 163 m que lleva las aguas al río San Matías en condiciones hidráulicas a flujo libre.

El box culvert se divide en cinco tramos con pendientes del 9,9% en 15,7 m de longitud, 28,5% en 17,7 m, 9,4% en 36,4 m, 72,7% en 52,9 m y 95,9% en 40,5 m. El box culvert será cuadrado con 1,5 m de lado y el régimen de flujo en el mismo será supercrítico con velocidades entre los 10 m/s en el tramo inicial (menor pendiente) y 25 m/s en el tramo final (mayor pendiente).

El box culvert contará con llaves de anclaje en toda su longitud cada 10 m y sobre el tercer tramo se conformará un viaducto de 8 m de luz que permitirá cruzar un corriente menor. En dicho viaducto el box culvert estará apoyado en dos pilas de 1,2 m de diámetro con apoyo en roca. Sobre la parte final de la estructura de descarga se tiene previsto un enrocado que permitirá el apoyo de la estructura de concreto en forma de salto de esquí, el cual expulsará las aguas al río San Matías sobre la cota 947,0 msnm, en el punto de coordenadas

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

883.034 E y 1'160.806 N, medidas en la intersección del eje del canal y la orilla del río (véase el plano 2148-04-CV-DW-052).

El modelo hidráulico se realizó empleando el software HEC-RAS 4.0 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-escorrentia propuesto por el Soil Conservation Service (SCS). En la Tabla 4-8 se presentan los caudales para diferentes períodos de retorno en el río San Matías.

Tabla 4-8: Caudales modelados en el río San Matías en el sitio de descarga

Tr (años)	2,33	5	10	25	50	100
Q (m³/s)	347	467	602	822	1.026	1.268

Gracias al diseño del salto de esquí, se garantiza una leve influencia sobre la dinámica río San Matías como se puede observar en la Tabla 4-9, 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 4-9: 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	1.062	1.072	14,89	14,88	944,89	944,91
100	1.268	1.278	15,89	14,89	945,22	945,23

4.2.3.3 Corrientes menores

- **Quebradas en vías de acceso proyectadas**

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

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-10: Resultados diseño alcantarillas Tr = 10 Años para vías proyectadas

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+159.65	A casa de máquinas	10.60	Quebrada 1	Alcantarilla en cajón	0.83	0.41	0.39
				Ancho B(m)=2,0			
				Profundidad H (m)=2,0			
K 0+481.41	A casa de máquinas	0.40	Quebrada 2	Alcantarilla circular ø(m)=0,90	0.24	0.27	0.16
K 0+714.75	A casa de máquinas	7.75	Quebrada 3	Alcantarilla en cajón	0.87	0.44	0.42
				Ancho B(m)=1,50			
				Profundidad H (m)=2,0			
K 2+086.89	A casa de máquinas	6.45	Quebrada 5	Alcantarilla en cajón	0.76	0.42	0.40
				Ancho B(m)=1,50			
				Profundidad H (m)=1,80			
K 1+382.86	A almenara	0.67	Quebrada 6 - A	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	0.28	0.24	0.12
K 1+585.42	A almenara	0.70	Quebrada 6 - B	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	0.29	0.24	0.13
K 1+795.71	A almenara	0.77	Quebrada 6 - C	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	0.30	0.25	0.14
k 2+958.63	A captación	1.03	Quebrada 7	Alcantarilla circular ø(m)=1,20	0.35	0.29	0.19

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.

Se prevé que las estructuras que están sometidas a socavación son aquellas que no queden cimentadas en la roca que aflora en el cauce.

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 los varios resultados.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

La socavación máxima esperada en la captación es de 1,0 m y en el desarenador 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.

En el azud y en la estructura de descarga no se tiene prevista socavación, debido a que estarán fundadas en roca. En el caso de que las estructuras presentarán socavación, se tomarán las siguientes medidas:

- A continuación del deflector del azud se contempla como medida preventiva, la construcción de una losa de 5,0 m de longitud y 0,40 m de espesor, en el caso de que la roca de cimentación se encontrase muy fracturada o con sectores meteorizados.
- Para garantizar la estabilidad de la estructura de descarga, ésta se fundará en roca sana y en caso de encontrar zonas de roca meteorizada o muy fracturada, se harán tratamientos como pernos de anclajes, losas de protección y llaves de concreto.

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.

4.2.5.1 Obras en el río San Matías en zona de captación

Para el análisis de los cambios en la dinámica fluvial en el sitio donde se ubicará el azud, se corrieron las condiciones existentes actualmente en el río y las condiciones posteriores, una vez se construya la estructura.

El régimen de flujo del río en condiciones existentes es supercrítico, y en general la velocidad se incrementa con la construcción del azud. Para crecientes normales, el salto de esquí levanta el agua al aire, disipando en parte la energía extra que obtuvo por la sobreelevación que causa el azud y posteriormente al caer en las rocas, se disipa la gran mayoría de esta energía. En el caso de las crecientes de período de retorno como 50 y 100 años, el salto de esquí se ahoga y simplemente hay una variación local que implica una aceleración del flujo y una especie de resalto ahogado inmediatamente aguas abajo del mismo. En ambas situaciones, una vez sale de la zona del azud, se inicia una reducción de la velocidad por mayor fricción en piso y paredes, hasta llegar a las velocidades naturales para tales condiciones.

4.2.5.2 Quebradas en las vías de acceso proyectadas

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.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

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 4-3 y para las aguas residuales industriales se utilizará trampa de grasas (ver Figura 4-4) y sedimentadores (ver Figura 4-5).

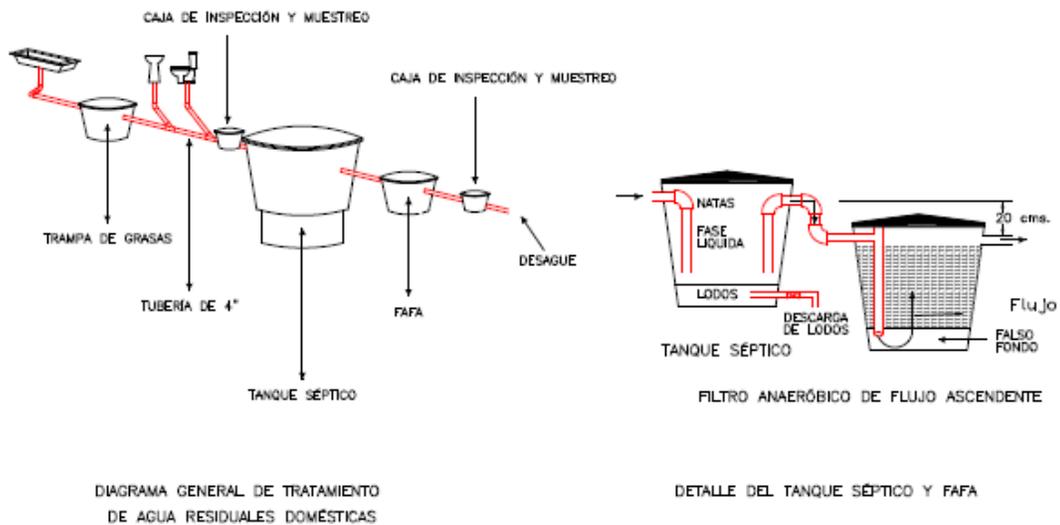


Figura 4-3: Esquema general del sistema de tratamiento

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

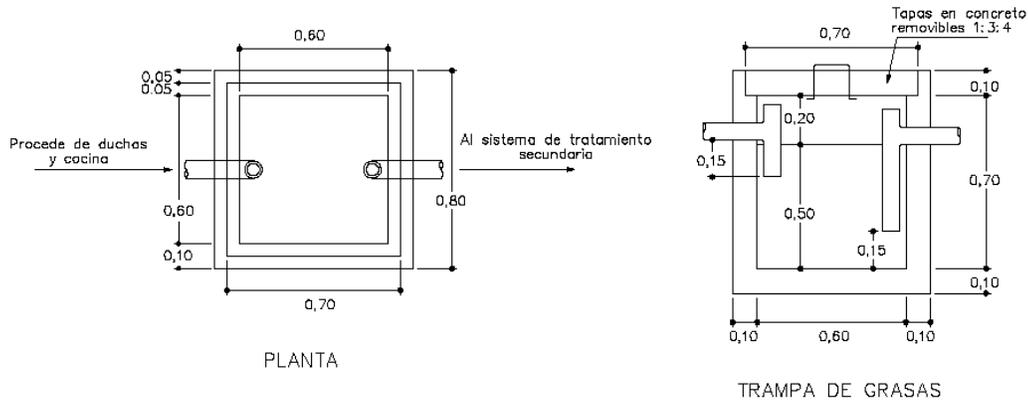


Figura 4-4: Esquema Trampa de grasa---vertimiento

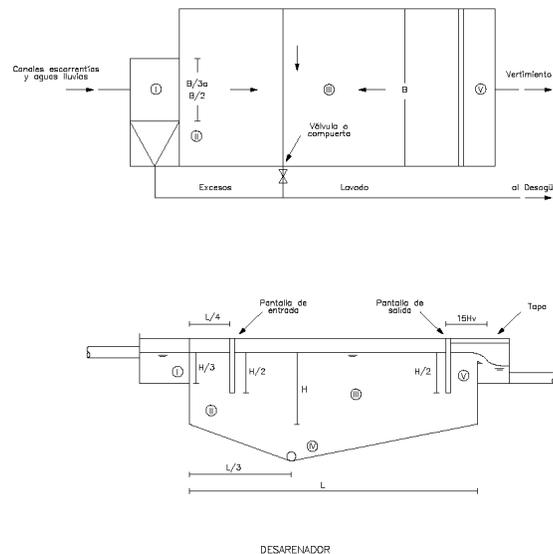


Figura 4-5: Esquema sedimentador-vertimiento

• **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.

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

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

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

- ϕ : Diámetro de la partícula a remover
- ts: 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 4-11 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 El Molino, así como la profundidad útil y la profundidad de la zona de sedimentos, suponiendo lo siguiente:

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-11: Localización de vertimientos en el proyecto hidroeléctrico El Molino

Infraestructura	Corriente	Sistema	Coordenadas del tramo		Profundidad útil (m)	Profundidad zona de sedimento (m)	Caudal (l/s)
			X (Este)	Y (Norte)			
Captación – Depósito M5	Río San Matías	Tanque séptico, filtro anaeróbico, trampa de grasas, sedimentador	880.829 881.150	1.162.570 1.162.650	2	0,75	4,6
Depósito M3	Quebrada NN	sedimentador	880.685 880.837	1.161.959 1.162.207	1,5	0,75	0,1
Portal de salida del túnel - Almenara	Quebrada 6	Tanque séptico, filtro anaeróbico, trampa de grasas, sedimentador	882.188 882.204	1.160.538 1.160.684	1,5	1,5	0,7
Zona casa de máquinas	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 SM4	Río San Matías	sedimentador	883.365 882.545	1.160.695 1.160.585	1,5	0,75	0,1
Depósito SM2	Río San Matías	sedimentador	883.832 883.985	1.160.397 1.160.327	1,5	0,75	0,1
Depósito SM3	Quebrada 4	sedimentador	883.275 883.616	1.160.457 1.160.527	1,5	0,75	0,1
Campamento, taller, zona industrial	Río Cocorná	Tanque séptico, filtro anaeróbico, trampa de grasas, sedimentador	884.794 885.025	1.159.159 1.159.471	1,5	1,5	1,5

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

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En el Anexo 15 se presentan los formularios para los permisos de vertimientos, y en el Anexo 16 se observar un sistema de tratamiento prefabricado, que se podría utilizar en las zonas de captación, casa de máquinas y portal de salida del túnel..

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 4-12 a la Tabla 4-18, se encuentran las especies registradas en cada una de las coberturas identificadas.

Tabla 4-12. 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 4-13. Especies registradas para el bosque abierto

Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
<i>Pourouma hirsutipetiolata</i>	Urticaceae	Cirpo	26
<i>Hedyosmum racemosum</i>	Chloranthaceae	Silbasilba, granizo	27
<i>Euterpe precatória</i>	Arecaceae	Palmiche, macana	15
<i>Cecropia angustifolia</i>	Urticaceae	Yarumo, Yarumo negro	4
<i>Miconia elata</i>	Melastomataceae	Mortiño colorado	2
<i>Miconia decurrens</i>	Melastomataceae	Mortiño blanco	4
<i>Hyptidendron arboreum</i>	Lamiaceae	Aguanoso, gallinazo blanco y negro, borrajo	2
<i>Cupania cinerea</i>	Sapindaceae	Mantequillo, cariseco, guacharaco, mestizo	1
<i>Ficus sp. 2</i>	Moraceae	Sueldo	1
<i>Myrcia sp. 2</i>	Myrtaceae		1

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-13. Especies registradas para el bosque abierto. (Continuación)

Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
<i>Eugenia florida</i>	Myrtaceae		1
<i>Ocotea macropoda</i>	Lauraceae	Laurel	1
<i>Tetrorchidium robledoanum</i>	Euphorbiaceae		1
<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Yarumo	1
<i>Cordia sp.</i>	Boraginaceae		1
Total			88

Tabla 4-14. Especies registradas para la vegetación secundaria alta

Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
<i>Pourouma hirsutipetiolata</i>	Urticaceae	Cirpo	38
<i>Hedyosmum racemosum</i>	Chloranthaceae	Silbasilba, granizo	9
<i>Hasseltia sp.</i>	Salicaceae		10
<i>Vismia sp. 2</i>	Hypericaceae	Punta lanza	6
<i>Castilla elastica</i>	Moraceae	Caucho negro, caucho hembra	7
<i>Gutteria boliviana</i>	Annonaceae	Garrapato	5
<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	Gallinazo, mulato, cenizo	5
<i>Miconia decurrens</i>	Melastomataceae	Mortiño blanco	5
<i>Miconia elata</i>	Melastomataceae	Mortiño colorado	6
<i>Inga thibaudiana</i>	Fabaceae		4
<i>Cordia dwyeri</i>	Boraginaceae	Brazo de tigre, pata de gallina	4
<i>Hyptidendron arboreum</i>	Lamiaceae	Aguanoso, gallinazo blanco y negro, borrajo	3
<i>Vismia macrophylla</i>	Hypericaceae	Siete cueros	2
<i>Ficus nymphaeifolia</i>	Moraceae	Caucho	1
<i>Cecropia angustifolia</i>	Urticaceae	Yarumo, Yarumo negro	3
<i>Gloeospermum sp.</i>	Violaceae		2
<i>Guadua angustifolia</i>	Poaceae	Guadua	3
<i>Vismia baccifera</i>	Hypericaceae	Carate, lacre	2
<i>Nectandra sp. 1</i>	Lauraceae		1
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Lauraceae	Laurel perillo, laurel, aguacatillo	2
<i>Rollinia edulis</i>	Annonaceae	Majagüa	1
<i>Unonopsis sp.</i>	Annonaceae		1
<i>Indet. 2</i>	Indet. 2		1
<i>Inga alba</i>	Fabaceae	Churimo	1

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-14. Especies registradas para la vegetación secundaria alta. (Continuación)

Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
<i>Bellucia pentamera</i>	Melastomataceae	Coronillo, guayabo de pava, guayabo de monte, guayabo de mico	1
<i>Welfia regia</i>	Arecaceae	Mil pesos, San Juan	1
<i>Miconia dolichorrhyncha</i>	Melastomataceae	Mortiño blanco	1
<i>Ocotea macropoda</i>	Lauraceae	Laurel	1
<i>Hieronyma sp.</i>	Phyllanthaceae	Leño	1
<i>Alchornea megalophylla</i>	Euphorbiaceae		1
<i>Casearia arborea</i>	Salicaceae	Nigüito, Escobo, Espadero	1
<i>Inga sp. 8</i>	Fabaceae		1
<i>Erythroxylum citrifolium</i>	Erythroxylaceae	Coca	1
<i>Euterpe precatória</i>	Arecaceae	Palmiche, macana	1
<i>Lacistema aggregatum</i>	Lacistemataceae	Café de monte	1
Total			133

Tabla 4-15. Especies registradas para la vegetación secundaria baja

Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	Gallinazo, mulato, cenizo	11
<i>Vismia baccifera</i>	Hypericaceae	Carate, lacre	9
<i>Miconia elata</i>	Melastomataceae	Mortiño colorado	3
<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Primulaceae	Espadero	1
<i>Vismia macrophylla</i>	Hypericaceae	Siete cueros	1
<i>Cupania cinerea</i>	Sapindaceae	Mantequillo, cariseco, guacharaco, mestizo	1
Total			26

Tabla 4-16. Especies registradas para los pastos limpios

Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
<i>Miconia elata</i>	Melastomataceae	Mortiño colorado	3
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Guayabo	2
<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae	Algarrobo, pecueca, algarroba	1
<i>Schefflera morototoni</i>	Araliaceae	Arracacho	1
<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	Gallinazo, mulato, cenizo	1
<i>Ficus popayanensis</i>	Moraceae	Sueldo	1
<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Primulaceae	Espadero	1
Total			10

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 4-17. 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

Tabla 4-18. Especies registradas para los pastos enmalezados

Nombre científico	Nombre común	Familia	Número de individuos
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Myrtaceae	5
<i>Schefflera morototoni</i>	Arracacho	Araliaceae	5
<i>Myrsine pellucidopunctata</i>	Espadero	Primulaceae	3
<i>Miconia dolichorrhyncha</i>	Mortiño blanco	Melastomataceae	3
<i>Miconia elata</i>	Mortiño colorado	Melastomataceae	2
<i>Vismia macrophylla</i>	Siete cueros	Hypericaceae	2
<i>Piptocoma discolor</i>	Gallinazo, mulato, cenizo	Asteraceae	1
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Aceite, Aceite maria, barcino	Calophyllaceae	1
<i>Marila geminata</i>		Calophyllaceae	1
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Laurel perillo, laurel, aguacatillo	Lauraceae	1
<i>Cespedesia spathulata</i>	Paco, Pedro tomin, Alejandro, lengua e' vaca	Ochnaceae	1
<i>Vismia sp. 2</i>	Punta lanza	Hypericaceae	1
Total			26

En la Tabla 4-19 se muestran las estimaciones de volúmenes por hectárea y a extraerse, y en el Anexo 17 se presenta la solicitud de aprovechamiento forestal

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 4-19. 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 de tierra firme	1,46	0,10	0,41	0,21	0,04	4,12	2,15	0,45	6,04	3,14	0,65
Bosque denso de guadua	0,41	0,10	0,42	0,01	0,04	4,21	0,11	0,41	1,71	0,05	0,17
Vegetación secundaria alta	3,43	0,20	0,20	0,01	0,02	0,98	0,06	0,12	3,38	0,20	0,41
Vegetación secundaria baja	3,21	0,20	0,03	0,01	0,005	0,15	0,05	0,02	0,47	0,15	0,08
Pasto arbolado	7,61	0,40	0,03	0,02	0,005	0,08	0,04	0,01	0,63	0,31	0,10
Pasto enmalezado	1,99	0,30	0,01	0,01	0,002	0,05	0,02	0,01	0,09	0,04	0,02
Pasto limpio	10,72	0,50	0,01	0,002	0,001	0,01	0,00	0,00	0,11	0,04	0,02
Total	28,82	1,80	1,11	0,27	0,12	9,61	2,43	1,02	12,43	3,93	1,44

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 El Molino, las concretadoras serán de dos sacos cada una, con capacidad de mezcla útil de 255 l, y se ubicarán en la zona de captación, portal del túnel de acceso y 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; la primera localizada en la zona de captación, que tendrá una capacidad de triturar 7.500 m³, y la segunda instalada en el sector de casa de máquinas, la cual podrá triturar 6.500 m³.

Las áreas donde se ubicarán estos equipos están definidas por las coordenadas que se presentan en la Tabla 4.20

Tabla 4.20. Coordenadas de localización de las plantas de trituración

Planta Trituradora	X(E)	Y(N)
Captación (concretadora y trituradora)	880.792	1.162.487
	880.840	1.162.424
	881.005	1.162.508
	881.048	1.162.545
Casa de máquinas (concretadora)	882.864	1.160.706
	882.856	1.160.593
	882.990	1.160.588
	889.984	1.160.725
Salida del túnel de conducción (trituradora)	882.314	1.160.602
	882.391	1.160.596
	882.402	1.160.529
	882.312	1.160.529

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

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

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 20.000 m³ y se procesará en dos plantas trituradoras localizadas en la zona de la salida del túnel de conducción y en la zona de captación; cada una podrá triturar hasta 6.500 m³.

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.

Se estima una demanda total de 6.000 m³ de arena, 8.000 m³ de agregado para concretos y 5.600 m³ de material de base granular para las vías.

4.8 ZONAS DE DEPÓSITO

Los sitios de depósito seleccionados para el proyecto hidroeléctrico El Molino se presentan en la Tabla 4.23, y su diseño se presenta en los Planos 2148-04-CV-DW-76 y 2148-04-CV-DW-77

Tabla 4.21. Depósitos de material sobrante de excavación

Depósito	Localización	Capacidad (m ³)
M1	Se encuentra en la parte alta de la colina, en la margen derecha de la vía que conduce a la vereda El Molino, a menos de 300 m del inicio de la vía a la captación. se utilizará para materiales provenientes de la excavación de la excavación de la vía de acceso al portal de salida del túnel y del túnel de conducción	200.000
M2	Está ubicado al sur de la vereda el Molino y al oriente del depósito M1. Se utilizará para materiales provenientes de la excavación de la vía de acceso al portal de salida del túnel y del túnel de conducción	230.000
M3	Está ubicado en la abscisa 0+690 de la vía de acceso a la captación, y está recibirá materiales provenientes de la excavación de esta vía y de los materiales de descapote	235.000
M4	Está ubicado en la abscisa 1+100 de la vía de acceso a la captación y se llenará con materiales provenientes de las excavaciones de las obras de captación	120.000
M5	Se utilizará para materiales provenientes de la excavación del túnel, y está al lado del portal de entrada del túnel	65.000

	PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL MOLINO	Doc.: 2148-04-EV-ST-020-04	
		Rev. No.:0	2012-03-30
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 4.21. Depósitos de material sobrante de excavación. (Continuación)

Depósito	Localización	Capacidad (m³)
SM2	Almacenará materiales provenientes de la excavación de la vía y de los materiales de descapote y está ubicado hacia la parte inferior de la vía de casa de máquinas, cerca de la abscisa 0+400	23.000
SM3	Se dispondrán materiales provenientes de la excavación de la adecuación en la zona de casa de máquinas y está ubicado hacia la parte superior de la vía a casa de máquinas, cercano a la abscisa 0+750.	100.000
SM4	Se encuentra en la vía a casa de máquinas, cercana a la abscisa 1+490, y se dispondrán materiales provenientes de las excavaciones de esta vía, de la adecuación de la plazoleta de casa de máquinas y de la subestación	85.000