



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE

**VALIDACIÓN TECNOLÓGICA DEL SISTEMA COMBINADO
ANAEROBIO-AEROBIO PARA TRATAMIENTO DE
RESIDUALES DOMÉSTICOS EN UNA
ZONA DE PÁRAMO ALTO ANDINO,
SAN GERARDO- AZUAY**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIÓLOGA**

AUTORA:
CARLA MONSERRATTE CÁRDENAS LITUMA

DIRECTOR:
DR. GUSTAVO CHACÓN VINTIMILLA

MARZO 2008

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que han estado conmigo en los momentos más duros y que fueron mi soporte para continuar en este nuevo camino. Con sus palabras de aliento me dieron la fuerza necesaria para continuar con el reto.

A mis amigos Gustavo Chacón, Jorge Barreno, Edwin Naranjo, Edison Cadena, Jorge Ortiz, Jim Narváez, Jorge García, Juan Carlos Giacometti, Rubén Carranco, Manuel Lappo, Kléber Ortiz, Juan Calderón, Viviana Hernández, Franklin Viera, Vicente Jaramillo, Germán Naranjo y July Montenegro, personas excepcionales que confiaron en mí y siempre estuvieron cerca para darme una palabra de aliento y apoyar mis ideas. Y a los trabajadores del proyecto Quimsacocha, que me ayudaron en la construcción con su duro trabajo y buen ánimo.

Sin ustedes AMIGOS creo que esto no hubiera sido posible. Para todos ustedes el más sincero agradecimiento, los quiero mucho y siempre van ser parte de mi vida. Que Dios los bendiga y haga que sus sueños se materialicen así como Ustedes ayudaron a materializar los míos.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos quienes conforman la compañía IAMGOLD Ecuador S.A. por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo; al Parque Metropolitano de la Habana por su apoyo científico en el proceso de validación tecnológica. Y a la Universidad del Azuay por sentar las bases para mi crecimiento profesional, pero sobre todo personal.

RESUMEN

Se buscó validar la implementación de sistemas combinados de tratamiento de líquidos residuales domésticos en páramo alto andino (parroquia de San Gerardo – provincia del Azuay), mediante la construcción y operación de un reactor UASB y un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial. La evaluación se la realizó seis meses después del inicio de su funcionamiento por un lapso de seis meses. Se determinaron remociones de catorce parámetros físico-químicos y bacteriológicos, encontrando remociones de DBO_5 y DQO del 84% y sólidos sedimentables del 99,81%. Los reactores UASB y los Humedales Artificiales Subsuperficiales (HFS) son una buena opción para el tratamiento de residuales domésticos en zonas con climas fríos y grandes alturas.

ABSTRACT

In the present work, the set up of a combined system for treating domestic waste waters in Ecuadorian highlands (San Gerardo - Azuay) is presented. A UASB reactor and an artificial wetland with artificial underground flow was constructed and operated to validate this system. The evaluation was performed six months after the operation of the system, during a six months time period. Fourteen physical – chemical and bacteriological water parameters were determined. Our results shows a removal of 84% OBD's and OCD's; and 99,81% of sediments. The UASB reactor and the artificial wetland with artificial underground flow is an adequate system to treat domestic waste waters from high altitude and cold weather areas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y PROBLEMÁTICA	
1.1 Generalidades	1
1.2 Tratamiento	3
1.3 Antecedentes	4
1.4 Objetivos	5
1.5 Procedimiento metodológico	7
1.6 Cronograma general de actividades	9
1.7 Cronograma detallado de construcción	10
CAPÍTULO II: MARCO LÓGICO	
2.1 Tipos de contaminación del agua	12
2.2 Sustancias contaminantes del agua	13
2.3 Métodos de purificación de aguas residuales	14
2.3.1 Cinética y predicción de eficiencia de remoción	15
2.3.2 Cinética del proceso biológico	16
2.3.3 Clasificación bacteriana	17
2.3.4 Microorganismos del reactor	18
2.4 Mantos de lodos anaerobio de flujo ascendente (UASB)	19
2.4.1 Principios de Purificación Biológica	20
2.4.2 Manejo de lodos	24
2.5 Humedales artificiales de flujo subsuperficial	25
2.5.1 Material vegetal	27
2.5.2 Principios de purificación biológica	29
2.6 Metodologías de Laboratorio	32
2.7 Normativa legal sobre aguas residuales	33
2.7.1 Marco legal para la prevención y control de	33
la contaminación ambiental en el Ecuador	
CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTAL	
3.1 Descripción del sitio de estudio	36
3.1.1 Ubicación geográfica	36
3.2 Descripción detallada de actividades	37
3.3 Área de influencia	39
3.4 Línea base o inventario ambiental	39
3.4.1 Medio biofísico	39
3.4.2 Medio biótico	45
3.4.3 Componente socio-económico	51
3.4.4 Componente social y de paisaje	52

3.5 Espacios frágiles.....	52
3.6 Identificación y valoración de impactos.....	53
3.7 Evaluación de impactos.....	55
3.7.1 Impactos sobre el componente Biofísico.....	57
y Biótico	
3.7.2 Análisis de resultados.....	59
3.8 Medidas de atenuación.....	59
3.9 Conclusiones.....	62

CAPÍTULO IV: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1 Parámetros de diseño.....	63
4.1.1 Manto de lodos anaerobio.....	63
4.1.2 Humedal artificial subsuperficial.....	64
4.2 Construcción del manto de lodos UASP.....	66
4.2.1 Limpieza y desmonte.....	66
4.2.2 Replanteo y nivelación.....	67
4.2.3 Excavación y compactación.....	67
4.2.4 Estructuras y mamposterías.....	68
4.2.5 Impermeabilización.....	70
4.2.6 Desagües y ventilación.....	71
4.2.7 Transporte de materiales y maquinarias.....	71
4.2.8 Llenado y arranque de las bacterias.....	72
4.2.9 Manejo del gas metano.....	72
4.3 Construcción del humedal artificial subsuperficial.....	73
4.3.1 Limpieza y desmonte.....	73
4.3.2 Replanteo y nivelación.....	73
4.3.3 Muros de contención.....	73
4.3.4 Conformación y compactación.....	74
4.3.5 Relleno de piedra.....	75
4.3.6 Estructuras de entrada y salida.....	75
4.3.7 Desagües y ventilación.....	76
4.3.8 Material vegetal.....	77
4.3.9 Observaciones generales.....	78
4.4 Conclusiones.....	79

CAPÍTULO V: PARÁMETROS HIDRÁULICOS

5.1 Caudales.....	81
5.2 Carga orgánica y tiempo de retención.....	84
5.2.1 Manto de lodos.....	84
5.2.2 Humedal artificial.....	84
5.3 Carga hidráulica.....	85
5.4 Coeficiente de velocidad de degradación del sistema (k).....	86
5.5 Población equivalente.....	86
5.6 Conclusiones.....	87

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y FUNCIONAMIENTO

6.1 Introducción.....	88
6.2 Disminución del grado de contaminación de las aguas.....	90
6.2.1 Sólidos totales.....	92

6.2.2 Sólidos sedimentables.....	97
6.2.3 Sólidos disueltos.....	102
6.2.4 Sólidos fijos.....	107
6.2.5 Sólidos suspendidos.....	110
6.2.6 Sólidos volátiles.....	114
6.2.7 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	118
6.2.8 Demanda química de oxígeno (DQO).....	123
6.2.9 Nitrógeno amoniacal.....	129
6.2.10 Nitrógeno total.....	134
6.2.11 Fósforo total.....	139
6.2.12 Potencial hidrógeno (pH).....	143
6.2.13 Sustancias solubles al hexano.....	147
6.2.14 Coliformes totales.....	151
6.2.15 Coliformes fecales.....	155
6.2.16 Hongos.....	159
6.2.17 Color y Turbiedad.....	161
6.3 Lodos.....	162
6.4 Microorganismos presentes en los reactores.....	163
6.5 Quebrada Jordanita.....	166
6.6 Entorno.....	172
6.6.1 Suelos.....	172
6.6.2 Ambiente Aéreo.....	173
6.6.3 Vegetación.....	174
6.6.4 Fauna.....	176
6.6.5 Salud.....	179
6.6.6 Paisaje.....	180
6.6.7 Ecosistema.....	180
6.7 Costos de implementación.....	181
6.8 Conclusiones.....	182
6.8.1 Parámetros físico-químicos.....	182
6.8.2 Parámetros microbiológicos.....	183
6.8.3 Lodos.....	183
6.8.4 Afección a la quebrada Jordanita.....	184
6.8.5 Entorno.....	184
6.8.9 Aspectos económicos.....	184

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entorno.....	185
Diseño e hidráulica.....	185
Funcionamiento.....	186
De carácter general.....	188
Recomendaciones.....	188

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS

TABLAS	Pág.
Tabla 1.1 Cronograma General de Actividades.....	9
Tabla 1.2 Cronograma General de Actividades.....	9
Tabla 1.3 Cronograma General de Actividades.....	10
Tabla 1.4 Cronograma General de Actividades.....	10
Tabla 1.5 Cronograma detallado de construcción.....	10
Tabla 1.6 Cronograma detallado de construcción.....	11
Tabla 2.1 Principales constituyentes de interés en el tratamiento de.....	12
aguas residuales	
Tabla 2.2 Composición típica del agua residual doméstica cruda.....	13
Tabla 2.3 Mecanismos de depuración en manto de lodos.....	22
Tabla 2.4 Características física y químicas de los lodos.....	24
Tabla 2.5 Mecanismos de depuración en humedales.....	30
Tabla 2.6 Metodologías de laboratorio aguas.....	32
Tabla 2.7 Metodologías de laboratorio lodos.....	33
Tabla 2.13 Factores indicativos de contaminación.....	37
Tabla 2.16 Límites máximos permisibles para el reuso de aguas.....	39
Residuales	
Tabla 2.19 Indicadores de contaminación fecal máxima admisible en.....	41
los cuerpos receptores según su clasificación cual itativa	
Tabla 3.1 Coordenadas de muestreo aguas.....	45
Tabla 3.2 Especies dentro del área de influencia directa.....	47
Tabla 3.3 Especies dentro del área de influencia indirecta.....	48
Tabla 3.4 Fauna en el área de influencia directa.....	49
Tabla 3.5 Fauna en el área de influencia indirecta.....	50
Tabla 3.7 Indicadores de impacto.....	54
Tabla 3.8 matriz de identificación de impactos ambientales.....	55
Tabla 3.9 Correlaciones para evaluar la importancia de los im pactos.....	57
Tabla 4.1 Características del material de soporte.....	66
Tabla 6.2 Composición del agua residual cruda que ingresa.....	92
a tratamiento	
Tabla 6.6 Concentraciones de DQO en la salida y rendimientos.....	128
de depuración (De Lucas, et al. 2005)	
Tabla 6.7 Concentraciones de NT en la salida y rendimiento.....	139
de depuración (De Lucas, et al. 2005)	
Tabla 6.8 Concentraciones de PT en la salida y rendimientos.....	143
de depuración (De Lucas, et al. 2005)	
Tabla 6.9 Análisis de lodos del reactor UASB.....	163
Tabla 6.10 Parámetros evaluados en el lodo residual no.....	164
estabilizado (Blanco et al., 2005)	
Tabla 6.11 Microorganismos presentes en lodo.....	164
Tabla 6.12 Microorganismos presentes en las aguas del USAB.....	165
Tabla 6.13 Microorganismos presentes en las aguas del humedal.....	165
Tabla 6.15 Especies dentro del área de influencia directa.....	175
Tabla 6.17 Resumen de costos de implantación.....	181

FIGURAS	Pág.
Figura 2.1 Vías para la producción de metano y dióxido de carbono..... 21 a partir de la digestión anaerobia de sustratos orgánicos	21
Figura 2.2 Procesos de depuración que se dan dentro de un.....24 sistema de manto de lodos	24
Figura 2.3 Esquema del proceso de aireación de la rizósfera de las.....28 macrófitas emergentes en los humedales	28
Figura 2.4 Procesos de depuración de los humedales artificiales.....32	32
Figura 3.1 Mapa de ubicación de la planta de tratamiento.....37	37
Figura 3.2 Buffer de zonas de influencia directa e indirecta 40	40
Figura 3.3 Mapa de temperatura promedio..... 41	41
Figura 3.4 Mapa de precipitación promedio..... 41	41
Figura 3.5 Geología regional escala 1:200.000.....42	42
Figura 3.6 Índice de Simpson.....51	51
Figura 3.7 Índice RBP Protocolo II.....51	51
Figura 3.8 Índice ABI (Andean Biotic Index).....52	52
Figura 3.11 Ubicación de zonas frágiles..... 53	53
Figura 4.2 Diagrama del sistema de manto de lodos.....65	65
Figura 4.5 Diagrama del humedal artificial subsuperficial..... 67	67
Figura 4.6 Distribución del sistema de tratamiento de residuales.....67	67
Figura 4.7 Cubiertas y deflectores..... 70	70
Figura 4.8 Esquema de impermeabilización con Sika..... 71	71
Figura 4.9 Desagües y ventilación..... 72	72
Figura 4.10 Arranque de bacterias.....73	73
Figura 4.11 Esquema de corte y relleno..... 74	74
Figura 5.1 Variación diaria de caudales en ingreso p or hora y..... 82 según litros por segundo	82
Figura 5.1 Variación diaria de caudales en efluente de UASB por.....83 hora y según litros por segundo	83
Figura 5.1 Variación diaria de caudales en efluente de humedal y.....84 según litros por segundo	84
Figura 6.3 Remoción de sólidos totales en UASB por fecha..... 93 de muestreo y según porcentaje	93
Figura 6.4 Remoción de sólidos totales en HFS por fecha de..... 93 muestreo y según porcentaje	93
Figura 6.5 Remoción de sólidos totales por fecha de muestreo.....94 y según porcentaje	94
Figura 6.6 Regresión lineal de por sólidos totales y según..... 95 sólidos disueltos en el efluente	95
Figura 6.7 Límites de descarga de sólidos totales por fecha..... 96 de muestreo y según mg/L	96
Figura 6.8 Sólidos totales antes y después del tratamiento por fecha..... 98 de muestreo y según mg/L	98
Figura 6.9 Remoción de sólidos sedimentables en UASB por fecha.....98 de muestreo y según porcentaje	98
Figura 6.10 Remoción de sólidos sedimentables en HFS por fecha.....99 de muestreo y según porcentaje	99
Figura 6.11 Remoción de sólidos sedimentables por fecha de.....100 muestreo y según porcentaje	100

Figura 6.12 Límites de descarga de sólidos sedimentables por.....	101
fecha de muestreo y según ml/L	
Figura 6.13 Sólidos sedimentables antes y después del tratamiento.....	102
por fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.14 Remoción de sólidos disueltos en UASB por fecha de.....	103
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.15 Remoción de sólidos disueltos en HFS por fecha de.....	103
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.16 Remoción de sólidos disueltos por fecha de muestreo y.....	104
según porcentaje	
Figura 6.17 Niveles de sólidos disueltos para uso agrícola la por fecha.....	105
de muestreo y según mg/L	
Figura 6.18 Restricciones de sólidos disueltos para uso agrícola por.....	106
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.19 Sólidos disueltos antes y después del tratamiento por.....	107
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.20 Remoción de sólidos fijos en UASB por fecha de muestreo...108	
y según porcentaje	
Figura 6.21 Remoción de sólidos fijos en HFS por fecha de muestreo y....108	
según porcentaje	
Figura 6.22 Remoción de sólidos fijos por fecha de muestreo y según.....109	
porcentaje	
Figura 6.23 Sólidos fijos antes y después del tratamiento por fecha de.....110	
muestreo y según mg/L	
Figura 6.24 Remoción de sólidos suspendidos en UASB por fecha de.....111	
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.25 Remoción de sólidos suspendidos en HFS por fecha de..... 111	
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.26 Remoción de sólidos suspendidos por fecha de muestreo y....112	
según porcentaje	
Figura 6.27 Límite de descarga de sólidos suspendidos por fecha de.....113	
muestreo y según mg/L	
Figura 6.28 Sólidos suspendidos antes y después del tratamiento por.....115	
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.29 Remoción de sólidos volátiles en UASB por fecha de..... 115	
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.30 Remoción de sólidos volátiles en HFS por fecha de.....116	
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.31 Remoción de sólidos volátiles por fecha de muestreo..... 116	
y según porcentaje	
Figura 6.32 Regresión lineal por sólidos volátiles y según sólidos fijos.....117	
en el afluente	
Figura 6.33 Regresión lineal por sólidos volátiles y según solubles al.....117	
hexano en el afluente	
Figura 6.34 Sólidos volátiles antes y después del tratamiento por.....118	
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.35 Remoción de DBO ₅ en UASB por fecha de muestreo y..... 119	
según porcentaje	
Figura 6.36 Remoción de DBO ₅ en HFS por fecha de muestreo y..... 119	
según porcentaje	

Figura 6.37 Remoción de DBO ₅ por fecha de muestreo y según porcentaje	120
Figura 6.38 Regresión lineal por DBO ₅ y según DQO en el afluente	121
Figura 6.39 Regresión lineal por DBO ₅ y según DQO en el efluente	121
Figura 6.40 Límite de descarga de DBO ₅ por fecha de muestreo y según mg/L	122
Figura 6.41 DBO ₅ antes y después del tratamiento por fecha de muestreo y según mg/L	123
Figura 6.42 Remoción de DQO en UASB por fecha de muestreo y según porcentaje	124
Figura 6.43 Remoción de DQO en HFS por fecha de muestreo y según porcentaje	125
Figura 6.44 Remoción de DQO por fecha de muestreo y según porcentaje	125
Figura 6.45 Regresión lineal por DQO y según DBO ₅ en el afluente	126
Figura 6.46 Regresión lineal por DQO y según Nitrógeno total en el afluente	126
Figura 6.47 Regresión lineal por DQO y según DBO ₅ en el efluente	127
Figura 6.48 Límite de descarga de DQO por fecha de muestreo y según mg/L	127
Figura 6.49 DQO antes y después del tratamiento por fecha de muestreo y según mg/L	129
Figura 6.50 Remoción de Nitrógeno amoniacal en UASB por fecha de muestreo y según porcentaje	130
Figura 6.51 Remoción de Nitrógeno amoniacal en HFS por fecha de muestreo y según porcentaje	131
Figura 6.52 Remoción de Nitrógeno amoniacal por fecha de muestreo y según porcentaje	131
Figura 6.53 Regresión lineal por Nitrógeno amoniacal y según Nitrógeno total en el afluente	132
Figura 6.54 Regresión lineal por Nitrógeno amoniacal y según Solubles al hexano en el efluente	132
Figura 6.55 Restricción de Nitrógeno amoniacal para riego por fecha de muestreo y según mg/L	133
Figura 6.56 Nitrógeno amoniacal antes y después del tratamiento por fecha de muestreo y según mg/L	134
Figura 6.57 Remoción de Nitrógeno total en UASB por fecha de muestreo y según porcentaje	135
Figura 6.58 Remoción de Nitrógeno total en HFS por fecha de muestreo y según porcentaje	135
Figura 6.59 Remoción de Nitrógeno total por fecha de muestreo y según porcentaje	136
Figura 6.60 Regresión lineal por Nitrógeno total y según Nitrógeno amoniacal en el afluente	137
Figura 6.61 Regresión lineal por Nitrógeno total y según DQO en el afluente	137
Figura 6.62 Límites de descarga de Nitrógeno total por fecha de muestreo y según mg/L	138
Figura 6.63 Nitrógeno total antes y después del tratamiento por fecha de muestreo y según mg/L	139

Figura 6.64 Remoción de Fósforo total en UASB por fecha de.....	140
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.65 Remoción de Fósforo total en HFS por fecha de.....	140
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.66 Remoción de Fósforo total por fecha de muestreo y.....	141
según porcentaje	
Figura 6.67 Límites de descarga de Fósforo total por fecha de.....	142
muestreo y según mg/L	
Figura 6.68 Nitrógeno total antes y después del tratamiento por.....	144
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.69 Variaciones de pH en UASB por fecha de muestreo y.....	144
según potencial hidrógeno	
Figura 6.70 Variaciones de pH en HFS por fecha de muestreo y.....	145
según potencial hidrógeno	
Figura 6.71 Límites de pH para descarga por fecha de muestreo y.....	145
según potencial hidrógeno	
Figura 6.72 Niveles de pH para uso agrícola por fecha de muestreo.....	146
y según potencial hidrógeno	
Figura 6.73 Restricciones en niveles de pH por fecha de muestreo y.....	146
según potencial hidrógeno	
Figura 6.74 pH antes y después del tratamiento por fecha de.....	147
muestreo y según mg/L	
Figura 6.75 Remoción de Solubles al hexano en UASB por fecha.....	148
de muestreo y según porcentaje	
Figura 6.76 Remoción de Solubles al hexano en HFS por fecha de.....	148
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.77 Remoción de Solubles al hexano por fecha de muestreo.....	149
y según porcentaje	
Figura 6.78 Límite de descarga de Solubles al hexano por fecha de.....	150
muestreo y según mg/L	
Figura 6.79 Niveles de Solubles al hexano para uso agrícola por fecha.....	150
de muestreo y según mg/L	
Figura 6.80 Solubles al hexano antes y después del tratamiento por.....	151
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.81 Remoción de Coliformes totales en UASB por fecha de.....	152
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.82 Remoción de Coliformes totales en HFS por fecha de.....	153
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.83 Remoción de Coliformes totales por fecha de muestreo.....	153
y según porcentaje	
Figura 6.84 Niveles de Coliformes totales para uso agrícola por.....	154
fecha de muestreo y según NMP/100ml	
Figura 6.85 Coliformes totales antes y después del tratamiento por.....	155
fecha de muestreo y según NMP/100ml	
Figura 6.86 Remoción de Coliformes fecales en UASB por fecha.....	156
de muestreo y según porcentaje	
Figura 6.87 Remoción de Coliformes fecales en HFS por fecha de.....	157
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.88 Remoción de Coliformes fecales por fecha de muestreo.....	157
y según porcentaje	

Figura 6.89 Niveles de Coliformes fecales para preservación por fecha.....	158
de muestreo y según NMP/100ml	
Figura 6.90 Coliformes fecales antes y después del tratamiento.....	159
por fecha de muestreo y según NMP/100ml	
Figura 6.91 Remoción de Hongos y Levaduras por fecha de.....	160
muestreo y según porcentaje	
Figura 6.92 Hongos y Levaduras antes y después del tratamiento.....	161
por fecha de muestreo y según UFC/ml	
Figura 6.93 Variación de Sólidos suspendidos en la quebrada Cristal.....	167
por fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.94 Variación de DBO ₅ en la quebrada Cristal por fecha de.....	168
muestreo y según mg/L	
Figura 6.95 Variación de DQO en la quebrada Cristal por fecha de.....	169
muestreo y según mg/L	
Figura 6.96 Variación de Nitrógeno amoniacal en la quebrada.....	169
Cristal por fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.97 Variación de Fósforo total en la quebrada Cristal por.....	170
fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.98 Variación de pH en la quebrada Cristal por fecha.....	170
de muestreo y según potencial H	
Figura 6.99 Variación de Solubles al hexano en la Q. Cristal.....	171
por fecha de muestreo y según mg/L	
Figura 6.100 Variación de Turbiedad en la quebrada Cristal por.....	171
fecha de muestreo y según NTU	
Figura 6.101 Variación de Hierro en la quebrada Cristal por fecha.....	172
de muestreo y según µg/L	
Figura 6.102 Variación de Coliformes totales en la quebrada Cristal.....	172
por fecha de muestreo y según NMP/100ml	
Figura 6.103 Variación de Coliformes fecales en la quebrada Cristal.....	173
por fecha de muestreo y según NMP/100ml	
Figura 6.104 Índice de Simpson por estación y según puntuación.....	178
Figura 6.105 Índice RBP Protocolo II por estación y según puntuación.....	179
Figura 6.106 Índice ABI (Andean Biotic Index) por estación y según.....	179
Puntuación	
Figura 6.107 Comparación de costos de diferentes plantas.....	181

FOTOGRAFÍAS	Pág.
Fotografía 1.1 Campamento Pinos (personal).....	4
Fotografía 1.2 Campamento Pinos (perforistas).....	4
Fotografía 1.3 Poza sin impermeabilización.....	5
Fotografía 1.4 Fuga en fosa.....	5
Fotografía 1.5 Construcción del filtro UASP.....	7
Fotografía 1.6 Construcción de Humedal Artificial.....	7
Fotografía 1.7 Charla sobre la importancia del agua y su tratamiento.....	7
Fotografía 1.8 Charla sobre la importancia del agua y su tratamiento.....	7
Fotografía 2.1 <i>Scirpus rigidus</i>	28
Fotografía 3.1 Horizontes de suelo.....	43
Fotografía 3.2 Muestreo de suelos.....	44
Fotografía 3.3 Punto de muestreo M1.....	45
Fotografía 3.4 Punto de muestreo M2.....	45
Fotografía 3.5 Páramo herbáceo.....	46
Fotografía 3.6 <i>Microrhizomys sp.</i>	49
Fotografía 3.7 <i>Silvylagus brasiliensis</i>	49
Fotografía 3.8 <i>Eleutherodactylus sp.</i>	50
Fotografía 3.9 <i>Pseudalopex culpaeus</i>	50
Fotografía 3.10 Punto de muestreo M1.....	52
Fotografía 3.11 Punto de muestreo M2.....	52
Fotografía 4.1 Retiro de chambas.....	68
Fotografía 4.2 Replanteo y nivelación del terreno.....	68
Fotografía 4.3 Excavación para enterrado de tanque.....	69
Fotografía 4.4 Cimentación del tanque.....	69
Fotografía 4.5 Levantamiento de paredes.....	70
Fotografía 4.6 Canal de entrada al sistema.....	71
Fotografía 4.7 Zanja de lodos.....	71
Fotografía 4.8 Transporte de materiales.....	72
Fotografía 4.9 Evidencia de gas metano en el sistema.....	73
Fotografía 4.10 Muro de contención.....	75
Fotografía 4.11 Forma del muro de contención.....	75
Fotografía 4.12 Construcción de bordes.....	75
Fotografía 4.13 Apisonado de material arcilloso en humedal.....	76
Fotografía 4.14 Colocación de material pétreo.....	76
Fotografía 4.15 Caja de revisión con tapa de tool.....	77
Fotografía 4.16 Flauta para distribución de residual.....	77
Fotografía 4.17 Recolección de totora.....	78
Fotografía 4.18 Siembra de totora.....	78
Fotografía 4.19 Geomembrana que contiene fuga en el humedal.....	79
Fotografía 4.20 Antes de la construcción.....	79
Fotografía 4.21 Después de la construcción.....	79
Fotografía 6.1 Alpacas alimentándose de <i>Polylepis sp.</i>	90
Fotografía 6.2 Muestreo de residuales en humedal artificial.....	96
Fotografía 6.3 Muestreo de residuales al ingreso.....	106
Fotografía 6.4 Muestreo de residuales en manto de lodos.....	114
Fotografía 6.5 Muestreo de lodos.....	163
Fotografía 6.6 Muestreo para identificación de organismos.....	164

Fotografía 6.7 Zona de riego con aguas residuales tratadas.....	174
Fotografía 6.8 Cobertura en humedal artificial.....	176
Fotografía 6.9 Siembra de chilca.....	176
Fotografía 6.10 Cobertura en ingreso.....	176
Fotografía 6.11 <i>Silvylagus brasiliensis</i>	177
Fotografía 6.12 Lepidóptero.....	177
Fotografía 6.13 Muestreo de macroinvertebrados en M1.....	178
Fotografía 6.14 Colonia de bacterias acidófilas en M2.....	180
Fotografía 6.15 Uso de guantes quirúrgicos.....	180
Fotografía 6.16 Panorámica de la planta de tratamiento.....	181

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Material de capacitación	
Folleto de capacitación.....	3
Diapositivas de capacitación.....	4
Anexo 2: Criterios de calidad de aguas y límites de descarga	
Figura 2.1 Metodología para identificación de algas, hongos.....	8
y bacterias.	
Tabla 2.8 Criterios de calidad admisibles para la preservación.....	14
de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y	
en aguas marinas y de estuario	
Tabla 2.9 Criterios de calidad admisibles para aguas de uso.....	16
agrícola	
Tabla 2.10 Parámetros de los niveles guía de la calidad.....	17
del agua para riego	
Tabla 2.11 Límites de descarga al sistema de alcantarillado.....	18
público	
Tabla 2.12 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	20
Anexo 3: Análisis para Evaluación de Impacto Ambiental	
Figura 3.6 Resultados análisis de suelos en zona.....	23
no influenciada	
Figura 3.7 Resultados de análisis en Quebrada Jordanita.....	24
o Cristal (24-Nov-06)	
Tabla 3.6 Listado de macroinvertebrados encontrados.....	26
en la quebrada Jordanita	
Tabla 3.10 Limpieza y desmonte.....	28
Tabla 3.11 Replanteo y nivelación.....	28
Tabla 3.12 Conformación y compactación.....	29
Tabla 3.13 Estructuras.....	29
Tabla 3.14. Impermeabilización.....	30
Tabla 3.15 Desagües y ventilación.....	30
Tabla 3.16 Relleno de piedra.....	31
Tabla 3.17 Material vegetal.....	31
Tabla 3.18 Transporte de materiales y maquinaria.....	32
Tabla 3.19 Mantenimiento del sistema.....	32
Tabla 3.20 Funcionamiento.....	33
Anexo 4: Planos de construcción del sistema de tratamiento	
Anexo 4.1 Corte A-A, corte B-B y vista planta de manto.....	35
de lodos	
Anexo 4.3 Vista planta del humedal artificial.....	36
Anexo 4.4 Corte transversal humedal artificial.....	37
Anexo 5: Mediciones de caudal	
Tabla 5.1 Día primero.....	39
Tabla 5.2 Día segundo.....	41

Tabla 5.3 Día tercero.....	43
Anexo 6: Resultados de laboratorio	
Figura 6.1 Resultados de análisis físico-químicos de la planta.....	46
de tratamiento	
Tabla 6.1 Resultados de análisis físico-químicos de la planta.....	58
de tratamiento	
Figura 6.2 Resultados microbiológicos de la planta de.....	65
tratamiento	
Tabla 6.3 Resultados de Test T para muestras Pareadas.....	81
Tabla 6.4 Análisis de Correlación de parámetros al.....	129
ingreso del sistema	
Tabla 6.5 Análisis de Correlación de parámetros a la.....	141
salida del sistema	
Figura 6.93 Microorganismos presentes en los reactores.....	149
Figura 6.94 Resultados de laboratorio de análisis en quebrada.....	155
Cristal	
Tabla 6.14 Límite máximo permisible para aguas de	171
consumo humano	
Figura 6.104 Resultados de análisis de suelos en zona de.....	173
influencia	
Tabla 6.16 Listado de macroinvertebrados encontrados.....	174
Figura 6.105 Proforma para planta de tratamiento ARCOIL.....	176

Cárdenas Lituma Carla Monserratte

Trabajo de Graduación

Gustavo Chacón Ph.D.

Marzo 2008

**VALIDACIÓN TECNOLÓGICA DEL SISTEMA COMBINADO
ANAEROBIO-AEROBIO PARA TRATAMIENTO DE RESIDUALES
DOMÉSTICOS EN UNA ZONA DE PÁRAMO ALTO ANDINO
SAN GERARDO- AZUAY**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y PROBLEMÁTICA

1.1 Generalidades

El agua a pesar de constituir aproximadamente el 75% de la superficie de nuestro planeta, solo un 2,5% es dulce y de esta el 0.94% esta disponible para el uso humano (Lane, 1995). El uso indiscriminado y su mal manejo, a lo largo de la historia, unido al desarrollo y crecimiento demográfico han provocado su drástica disminución. Por ello se considera necesario el tratamiento de las aguas servidas antes de su vertimiento a las cuencas hídricas, para su posterior uso en la agricultura o incluso para su potabilización (García, 2003).

En Latinoamérica menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento, de acuerdo al International Development Research Center en Ottawa, Canadá. Y por lo general son vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales (Reynolds, 2002).

En nuestro Ecuador la casi totalidad de los centros poblados del país se han desarrollado en las cercanías de ríos y otros recursos acuíferos, que han sido utilizados como fuentes de abastecimiento para uso doméstico y al mismo tiempo como receptores de aguas servidas (Da Ros, 1995).

Es importante dar una definición de contaminación que, según Da Ros (1995) dice: “el agua se considera contaminada cuando se altera su composición o condición natural por una degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser apta para el uso previsto”.

De acuerdo a esto podemos aseverar que en la actualidad, la contaminación de las aguas es uno de los problemas de mayor preocupación y uno de los temas en los que más se ha avanzado en el campo de la ingeniería del medio ambiente (Fortúrbel & Ibáñez, 2004). Y que actualmente está considerado en la normativa legal ecuatoriana como se mostrará en el siguiente capítulo.

De esta forma en el Ecuador uno de los problemas ambientales más serios es la utilización de los cauces, estuarios y lagos como receptores de descargas de alcantarillados municipales, efluentes domésticos, industriales y desperdicios agrícolas sin tratamiento previo alguno (Da Ros, 1995).

La compleja pregunta acerca de qué contaminantes contenidos en el agua residual –y a que nivel- deben ser eliminados de cara a la protección del entorno, requiere una respuesta específica en cada caso concreto. Para establecer dicha respuesta es preciso analizar las condiciones y necesidades locales en cada caso, y aplicar tanto los conocimientos científicos como la experiencia previa e ingeniería, respetando la legislación y las normas existentes para la regulación de la calidad del agua (Metcalf and Eddy, 1995).

En la mayoría de los casos, la cantidad y tipo de productos vertidos superan la capacidad de auto-depuración de los cuerpos receptores, creando así serios problemas de contaminación en los recursos hídricos (Da Ros, 1995). La descomposición de las aguas residuales domésticas, que por su naturaleza orgánica es fácil, puede resultar positiva para la vida acuática, pues dicho proceso (aún acompañado por un alto consumo de oxígeno) produce un aumento significativo de proteínas y otras sustancias a los tejidos de los diferentes microorganismos existentes (Da Ros, 1995).

No obstante, por el hecho de estar depositados en alcantarillas y sitios donde el volumen de agua es mínimo o está estancado, su descomposición es de enorme peligro para la salud humana. La escasez de oxígeno en estos sitios, conlleva a un proceso denominado fermentación anaerobia, mucho más lenta y acompañada de gases malolientes (Da Ros, 1995).

Estas condiciones son propicias para la germinación de bacterias y protozoarios, así como para la proliferación de insectos y roedores que son los agentes patógenos de transmisión de enfermedades infecto-contagiosas como tifoidea, cólera y amebiasis; bastante difundidas en la región (Da Ros, 1995). A más de estos, se producen problemas medioambientales y económicos como (García, 2003):

- Disminución y/o desaparición de la vida acuática,
- Deterioro de la calidad de un curso de agua con fines recreativos,
- Ruptura del equilibrio ecológico y
- Elevación de los costos de potabilización.

1.2 Tratamientos

Los primeros diseños de procesos y plantas de tratamiento, pioneros en la descontaminación de aguas, estaban basados en el empleo secuencial de métodos físicos y químicos, por medio de los cuales se conseguía remover gran parte de los contaminantes en aguas servidas, eutrofizadas o receptoras de desechos industriales, relaves, etc. Estas tecnologías de descontaminación fisicoquímica son costosas y requieren de infraestructura especial para realizarse, por ello muchas veces no es factible realizarlas por la elevada inversión requerida (Fortúrbel e Ibáñez, 2004). Por ello, se hace necesaria la búsqueda de técnicas de bajo costo de inversión y bajo consumo energético que solucionen de forma óptima este problema .

Así, como alternativa se han desarrollado una serie de sistemas basados en los mecanismos de depuración existentes en la naturaleza, denominados por esta causa “sistemas de tratamiento naturales”, estos sistemas requieren la misma cantidad de energía por cada kilogramo de contaminante degradado que las tecnologías convencionales, sin embargo, esta fuente es tomada de la naturaleza como energía solar, energía cinética del viento, la energía potencial acumulada en la biomasa y en el suelo, etc. Reduciendo de manera significativa los costos del tratamiento y siendo por tal motivo accesibles para pequeñas comunidades o casas particulares (Cárdenas, 2005). Además la experiencia reciente ha podido demostrar que los procesos biológicos constituyen un medio fiable y efectivo para eliminar nitrógeno y fósforo (Metcalf and Eddy, 1995).

Entre estos sistemas se encuentran los humedales artificiales y los UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed) o mantos de lodos. Estos no son más que ecosistemas en los que juegan un papel protagónico determinadas plantas y microorganismos, cuya acción biológica y eficiente simbiosis (en el caso de humedales) permiten la eliminación de las cantidades excesivas de nutrientes esenciales, materia orgánica, trazas de metales pesados y agentes patógenos presentes en las aguas residuales. En estos sistemas también se dan procesos físicos y químicos tales como filtración, absorción, sedimentación, adsorción, foto-oxidación, fotosíntesis, etc. que contribuyen en conjunto a su acción depuradora (Cárdenas, 2005).

1.3 Antecedentes

Las aguas residuales ya tratadas no deben ser consideradas como un residuo a eliminar, sino como un recurso (Metcalf and Eddy, 1995).

Bajo la firma del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Universidad del Azuay y la Compañía IAMGOLD Ecuador S.A., y debido al interés que presentan las dos partes por precautelar la calidad ambiental, apoyar al desarrollo de proyectos científicos, el desarrollo de tecnologías innovadoras y aportar nuevos conocimientos en nuestra sociedad. En el campamento Pinos de la empresa IAMGOLD (Fotografía 1 y 2), se construyó un sistema integrado de manto de lodos y humedal artificial, que disminuya el grado de contaminación de las aguas hasta un nivel en el cual puedan ser utilizadas para el riego de especies forestales, favoreciendo así a la creación de un pequeño bosque de *Polylepis sp.* en la parte baja de la planta de tratamiento y mejorando de esta forma la ecología del sector.



Fotografía 1.1 Campamento Pinos (personal)



Fotografía 1.2 Campamento Pinos (perforistas)

En el campamento antes mencionado se encontraban trabajando un aproximado de 40 personas cuyos residuales líquidos estaban siendo descargados de manera separada en dos fosas no impermeables de dos metros de profundidad y sin cobertura alguna (Fotografía 2 y 3); una era para residuales de cocina y otra para los residuales de las duchas y lavabos. Los residuales de los baños se conducían hacia una fosa séptica



Fotografía 1.3 Poza sin impermeabilización



Fotografía 1.4 Fosa séptica

La necesidad de implementar un sistema como este, se da debido a que estas aguas podían llegar a contaminar, por infiltración, una pequeña naciente cercana al campamento y que es un afluente de la quebrada Cristal o Alumbre cuyas aguas se utilizan para riego y uso pecuario en la zona baja .

Además con ello se proporcionan conocimientos sobre las posibilidades reales de depuración de residuales domésticos bajo estas condiciones climáticas y se evalúan los costos de implementación, permitiendo de esta manera tener bases claras para replicar este tipo de sistemas en las comunidades de la zona baja del proyecto como San Gerardo, Chumblín y San Fernando que poseen un clima similar y cuya economía es limitada; logrando así proteger la calidad de las aguas de las quebradas al menor costo posible.

1.4 Objetivos

De acuerdo a lo planteado anteriormente los motivos que me llevaron a investigar sobre este tema son los pocos estudios en el Ecuador sobre este tipo de sistemas de tratamiento a grandes alturas. Y la necesidad del tratamiento a bajo costo de las aguas residuales en las zonas rurales de la provincia del Azuay (San Gerardo, Chumblín, San Fernando) para no afectar la ecología del lugar y buscar el adecuado

uso de los residuales tratados, como el riego de especies forestales nativas como *Polylepis sp.* Planteando como objetivos generales:

- Tratar los residuales domésticos del campamento Pinos de IAMGOLD en la zona de Colesquinuas (provincia del Azuay) usando manto de lodos y un humedal artificial de bajo costo, para disminuir el grado de contaminación de las aguas.
- Proporcionar conocimientos sobre las posibilidades reales de depuración de residuales domésticos mediante estos sistemas en las condiciones climáticas de Quimsacocha.
- Conocer la factibilidad de utilizar este tipo de sistemas en reemplazo de los convencionales de acuerdo a los costos de implementación y operación .
- Proporcionar información que pueda ser utilizada en el diseño de estos sistemas en sectores con condiciones climáticas similares.
- Capacitar al personal de campo sobre la importancia del agua y su necesidad de tratamiento.

Y como objetivos específicos:

- Construcción del sistema integrado de tratamiento.
- Realizar muestreos para determinar el funcionamiento del manto de lodos y humedal artificial de acuerdo a las características químicas y biológicas de los residuales a la entrada y salida.
- Realizar la caracterización de las aguas del riachuelo, en el punto donde son tomadas para el uso del campamento y determinar el grado de afección después de su uso.
- Establecer, de acuerdo a las características del agua y las normas establecidas en el Ecuador, su posible uso para el riego de productos agrícolas o forestales.
- Comparar los costos de implantación de sistemas naturales como este, con los de un sistema convencional.
- Capacitar al personal de campo, mediante charlas y folletos, sobre la importancia del tratamiento de los residuales, construcción y mantenimiento de este tipo de sistemas.

1.4 Procedimiento metodológico

Se desarrolló el diseño tanto del manto de lodos como del humedal artificial, luego se realizó una evaluación de impactos previa la construcción del sistema y se dio inicio a su construcción en un sitio preestablecido de acuerdo a los requerimientos del diseño y los resultados de la evaluación de impacto.

La construcción estaba prevista para dos meses, pero esta duró un aproximado de nueve meses, ya que el sitio establecido para la construcción está a 150 metros del campamento y no existe la posibilidad de un acceso vehicular y además para causar el menor daño posible, la remoción de material para el terraplén y el transporte de materiales se realizó manualmente por los obreros que trabajan en el proyecto de exploración minera Quimsacocha y no siempre había personal disponible para ello.



Fotografía 1.5 Construcción del filtro UASB



Figura 1.6 Construcción de Humedal Artificial

Durante el primer mes de construcción se realizó una charla sobre la importancia del agua, el funcionamiento, manejo y mantenimiento de la planta (Fotografía 5 y 6). Se adjuntan los documentos entregados y las diapositivas presentadas (Anexo 1).



Fotografía 1.7 y 1.8. Charla sobre la importancia del agua y su tratamiento

Para tener una idea del funcionamiento inicial del sistema a los tres meses de su puesta en marcha se tomaron muestras puntuales en las salidas del manto de lodos y humedal. El volumen de muestras tomado en cada punto fue de cuatro litros; las muestras para análisis físico-químico fueron tomadas en frascos de polietileno y para análisis microbiológicos frascos de polietileno de 100ml esterilizados.

De igual forma, se realizó una primera toma de muestras en la quebrada Río Falso que recibe en última instancia el efluente del sistema de tratamiento. Desde el mes de diciembre de 2006 se muestreó mensualmente esta quebrada hasta el término del estudio.

A partir del sexto mes de funcionamiento se procedieron a realizar muestreos semanales durante tres meses y bimensuales en los siguientes tres meses como estaba previsto en el diseño de tesis. Todos los muestreos de la planta de tratamiento fueron puntuales (11h00) por la dificultad para realizar muestreos integrados debido a que el aporte de residuales al sistema no es permanente. En todos los muestreos se consideraron las condiciones climáticas de la zona.

El traslado de las muestras al laboratorio se lo realizó de forma inmediata y en hieleras a 4°C para inhibir la actividad bacteriana y los procesos químicos como la hidrólisis y volatilización de constituyentes. Los análisis físico-químicos y biológicos realizados a las aguas fueron pH, DBO₅, DQO, Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal, Fósforo total, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos, Sólidos Fijos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Volátiles, Sustancias Solubles al Hexano, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y en algunos casos Hongos y Levaduras.

Solo fue posible realizar un muestreo de lodos del sistema anaerobio al año de su funcionamiento pues la cantidad de lodo existente en el manto era baja. Los análisis químicos y biológicos realizados a la muestra fueron Nitrógeno total, Fósforo total, pH, DBO₅, DQO, Sólidos Totales, Alcalinidad y Sustancias Solubles al Hexano.

En las aguas del humedal y en las aguas y lodos del UASB se realizó un muestreo para identificar los géneros de bacterias, hongos y algas presentes.

Debo aclarar que debido a cuestiones ajenas a mi voluntad (vacaciones, fechas cívicas, fiestas del novato, capacidad de recepción de muestras, etc.) el calendario se vio alterado parcialmente. Los análisis físico-químicos de las muestras del sistema fueron realizados en el Laboratorio de Química de la Universidad del Azuay y los análisis microbiológicos en los laboratorios de ETAPA, ANNCY y Gruentec. Todos los análisis de la quebrada Río Cristal fueron realizados en el laboratorio de ETAPA.

No fue posible realizar una medición de olores por detectabilidad e intensidad debido a que los laboratorios del país no realizan este tipo de análisis.

También se realizaron gráficos de la variación diaria de caudales y se desarrollaron varios análisis para determinar el correcto funcionamiento hidráulico del sistema y determinar si los cálculos iniciales fueron los correctos.

1.5 Cronograma general de actividades (Tablas 1.1 – 1.4)

AÑO 2006						
ACTIVIDAD	MES					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Revisión bibliográfica	■	■	■			
Diseño del sistema	■	■	■			
Charlas capacitación		■				
Construcción		■	■	■	■	■

AÑO 2006						
ACTIVIDAD	MES					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Revisión bibliográfica			■	■	■	■
Construcción	■	■	■			
Inicio de funcionamiento			■			
Muestreo humedal						■
Muestreo manto lodos						■
Muestreo toma de agua (para Evaluación de Impacto Ambiental)					■	
Análisis de laboratorio					■	■
Evaluación de resultados						■

AÑO 2006						
ACTIVIDAD	MES					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Evaluación de resultados						
Muestreo manto de lodos						
Muestreo humedal						
Muestreo toma de agua						
Análisis de laboratorio						

AÑO 2006						
ACTIVIDAD	MES					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Evaluación de resultados						
Muestreo manto de lodos						
Muestreo humedal						
Muestreo toma de agua						
Muestreo de lodos						
Análisis de laboratorio						
Medición de H ₂ S						
Análisis costo-beneficio						
Entrega del proyecto						

1.6 Cronograma detallado de construcción (Tablas 1.5 – 1.6)

AÑO 2006						
ACTIVIDAD	MES					
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Excavación humedal						
Excavación manto lodos						
Muro contención humedal						
Fundición y paredes de manto de lodos						
Enlucidos, empastados y accesorios						
Tanques de revisión						
Pendiente 2% y chaflanes en humedal						
Totoras en prueba de sobrevivencia						
Impermeabilización con arcilla en humedal						

CAPÍTULO II

MARCO LÓGICO

2.1 Tipos de contaminación del agua

Existen tres tipos de contaminación: física, química y biológica; todas ellas se originan por las descargas de desechos líquidos o sólidos en el agua.

- Las alteraciones físicas corresponden a variaciones en la calidad natural de las aguas que influyen en parámetros como color, olor, turbidez, sabor, temperatura, conductividad, etc. (Da Ros, 1995)
- Las alteraciones químicas pueden ser de origen orgánico e inorgánico; algunos de los principales contaminantes químicos son la materia orgánica, proteínas, hidratos de carbono, grasas, aceites, agentes tensoactivos, contaminantes prioritales, compuestos orgánicos volátiles, pesticidas y productos químicos de uso agrícola (Metcalf y Eddy, 1995). Las sustancias inorgánicas (metales pesados, calcio, hierro, azufre; etc.) son las más dañinas pues aceleran o retardan reacciones de tipo orgánico en el sistema (Da Ros, 1995).
- Y las alteraciones biológicas se ocasionan por la presencia de microorganismos patógenos (Da Ros, 1995).

Tabla 2.1 Principales constituyentes en el tratamiento de aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2004)

Constituyentes	Razones de interés
Sólidos suspendidos totales	Formación de depósitos de lodos y condiciones anaerobias
Compuestos orgánicos biodegradables	Agotamiento del O ₂ en fenoles naturales y desarrollo de condiciones sépticas
Constituyentes inorgánicos disueltos	Constituyentes inorgánicos adicionados por el uso. Aplicaciones en el reciclaje y en la reutilización de aguas residuales
Metales pesados	Constituyentes metálicos adicionados por el uso. Muchos metales se clasifican como polutantes de prioridad
Nutrientes	Crecimiento excesivo de la vida acuática indeseable, eutrofización, concentración de nitratos en aguas de consumo.
Patógenos	Transmisión de enfermedades
Polutantes orgánicos prioritarios	Sospechosos de ser carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos o de toxicidad aguda alta. Muchos polutantes prioritarios son resistentes a los métodos de tratamiento convencionales.

Esta claro que el grado de contaminación va a depender de la cantidad y concentración de los elementos perjudiciales vertidos (Da Ros, 1995); considerando que la calidad del agua está directamente relacionada con sus usos.

Además es importante presentar la composición de las aguas residuales domésticas crudas y separarlas de acuerdo a la variación en la concentración (Metcalf y Eddy, 1995; Crites et al.; 1994).

Tabla 2.2 Composición típica del agua residual doméstica cruda (Crites y Tchobanoglous, 2004)

Contaminantes	Unidades	Intervalo	Valor usual
Sólidos totales	mg/L	350 - 1200	700
Sólidos totales disueltos	mg/L	280 - 850	500
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100 - 350	210
Sólidos sedimentables	mg/L	5 - 20	10
Sólidos fijos	mg/L	145 - 525	300
Sólidos volátiles	mg/L	105 - 325	200
Demanda bioquímica de O ₂	mg/L	110 - 400	210
Demanda química de O ₂	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 - 85	35
Amoníaco libre	mg/L	12 - 50	22
Fósforo	mg/L	4 - 15	7
Grasas	mg/L	50 - 150	90
Coliformes totales	Nº/100ml	10 ⁶ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸
Coliformes fecales	Nº/100ml	10 ³ -10 ⁷	10 ⁴ -10 ⁵

2.2 Sustancias contaminantes del agua

Las sustancias contaminantes en el agua pueden ser clasificadas de dos formas (Chudoba, et al. 1986):

- Suspendidas y disueltas

Las sustancias suspendidas son aquellas cuyo estado de división motiva a que estén en suspensión y sean visibles en el agua a simple vista; estas sustancias pueden separarse del agua por métodos físicos o físico-químicos. Se las puede clasificar en (Chudoba, et al. 1986):

- Sedimentables: están constituidas por la fracción de sólidos suspendidos cuya masa y tamaño es suficiente para que sedimenten en un período determinado.

- Coloidales o No Sedimentables: están constituidas por aquellos sólidos que no siendo sedimentables tampoco se encuentran disueltos. Las sustancias disueltas están conformadas por sólidos cuyo estado de división es tal, que se constituyen en una sola fase homogénea con el agua. Estas sustancias son más difíciles de remover que las suspendidas y se requiere el empleo de métodos más complejos (Chudoba, et al. 1986).

- Orgánicas e inorgánicas

Los sólidos orgánicos pueden ser de origen animal, vegetal o sintético; son sustancias que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno; pudiendo o no estar combinados con nitrógeno, azufre o fósforo. Los más abundantes en las aguas de desecho son las proteínas, hidratos de carbono y grasas. Estos sólidos pueden ser degradados por acción de bacterias y otros organismos vivos, aunque se conoce un gran número de compuestos orgánicos que no son biodegradables (Chudoba, et al. 1986).

Los sólidos inorgánicos están constituidos por compuestos inertes desde el punto de vista biológico y no están sujetos a la degradación por microorganismos. Muchos de estos compuestos tiene n carácter tóxico (cobre, cromo, cianuro, etc.) y requieren tratamientos químicos y físico-químicos para su eliminación (Chudoba, et al. 1986).

2.3 Métodos de purificación de aguas residuales

Existen muchos métodos o procesos para la purificación de aguas residuales, pero para la selección del proceso adecuado a ser utilizado se tienen en consideración varios factores como (Chudoba, et al. 1986):

- Características de la contaminación
- Costo de construcción y operación
- Consumo de energía
- Disponibilidad de equipos

Y los requerimientos fundamentales de cualquier proceso son:

- Ser efectivos
- Relativamente poco costosos
- Energéticamente aceptable
- Introducir un mínimo de impurezas adicionales en el agua tratada.

Los procesos usados en la práctica de la purificación son de tres tipos.

- Procesos mecánicos: cribado, sedimentación, flotación, filtración, centrifugación.
- Procesos químicos y físico-químicos: coagulación y precipitación química (eliminación de fósforo y sólidos en suspensión); neutralización, oxidación, reducción, desinfección; adsorción (eliminación de materia orgánica); intercambio iónico; extracción y evaporación e incineración (Metcalf y Eddy, 1995)
- Procesos biológicos: que pueden ser aerobios (filtros biológicos, lodos activados, lagunas de oxidación, humedales artificiales) y anaerobios (lodos activados anaeróbicos, columnas anaeróbicas) (Chudoba, et al. 1986).

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica y en muchos casos la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo; y la eliminación de trazas de compuestos tóxicos (Metcalf y Eddy, 1995).

2.3.1 Predicción de eficiencia de remoción

Esta depende del tipo de sustrato que haya sido usado; es decir, si es de un solo componente o multicomponente. En nuestro caso el sustrato es multicomponente, como casi la totalidad de las aguas residuales; cada componente esta en una concentración distinta y es removido a una velocidad diferente (Chudoba, et al. 1986).

Cuando un sustrato simple se agota, disminuye la velocidad de remoción de forma instantánea, dándose un punto de ruptura en la curva. Pero cuando el número de

componentes y concentraciones son altas (como en las aguas residuales) el punto de ruptura es solo una disminución suave (Chudoba, et al. 1986).

Su medición es solo hipotética pues no se conoce a ciencia cierta el número de componentes presente, ni la ley que describe su remoción al estar mezclados (Chudoba, et al. 1986).

La curva de la DQO resulta de la suma de las remociones lineales de los componentes individuales. Por esta razón los reactores de lodos activados (mantos de lodos) completamente mezclados tiene la misma eficiencia de purificación que los reactores a flujo pistón (humedal artificial) en igualdad de condiciones (Chudoba, et al. 1986).

2.3.2 Cinética del proceso biológico

Todos los procesos biológicos que se emplean en el tratamiento de agua residual tienen su origen en fenómenos y procesos que se producen en la naturaleza (Metcalf y Eddy, 1995).

Las aguas residuales municipales suelen contener cantidades de nutrientes adecuadas para permitir el tratamiento biológico y lograr la eliminación de la DBO carbonosa. Siendo el principal objetivo de la mayoría de los procesos de tratamiento biológico la reducción del contenido de materia orgánica; aquí son de gran importancia los organismos quimioheterótrofos, pues además de energía y carbono, también necesitan compuestos orgánicos (Metcalf y Eddy, 1995).

Para la construcción de un sistema de tratamiento es importante conocer el tipo de microorganismos con los que se va a trabajar y la curva de crecimiento característica de ellos. Las curvas de crecimiento microbiano, de forma general, poseen cuatro fases en el tiempo (Bianucci y Ribaldone, 1989):

- I. **Fase estacionaria:** durante la cual no se ve incremento del número de células, porque los microorganismos presentes están segregando las enzimas que se combinan el sustrato nutricional, catalizando las reacciones de descomposición de las sustancias orgánicas.

II. Fase de inicio: durante la cual las células comienzan a multiplicarse lentamente.

III. Fase de crecimiento logarítmico ilimitado: en la cual se aproximan a la condiciones teóricas, y resulta válida la expresión matemática:

$$\left(\frac{dy}{dt} \right) = ky$$

Donde: dt = tiempo de generación

dy = número de células

ky = índice de crecimiento

IV. Fase de crecimiento limitado o menguante: cuando la falta de alimentos llega inesperadamente, esta establece un límite de exceso al aumento de la población de los microorganismos.

V. Fase endógena u auto-oxidación: durante la cual los microorganismos, se reducen debido al hambre. Si esta fase se prolonga, conduce a la muerte total de los microorganismos.

El factor clave de un bioreactor es lograr mantener a los microorganismos en la fase IV la mayor parte del tiempo que sea posible, es decir, mantener a la población microbiana a su máximo nivel, para optimizar la eficiencia de los procesos de degradación. Esto se logra regulando las condiciones del medio (temperatura, pH, aireación, etc.) y los flujos de entrada y salida, de manera que nunca falte alimento y no se llegue a la fase V (Forturbel e Ibañez, 2004).

El papel de los microorganismos es la eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de los sólidos coloidales no sedimentables; la estabilización de la materia orgánica se consigue, biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos principalmente bacterias. Los microorganismos se utilizan para convertir la materia orgánica carbonosa, coloidal y disuelta, en diferentes gases y tejido celular. Dado que el tejido celular tiene un peso específico ligeramente superior al del agua, se puede eliminar por decantación (Metcalf y Eddy, 1995).

2.3.3 Clasificación bacteriana

De acuerdo a su metabolismo se clasifican en (Metcalf y Eddy, 1995):

- Aerobios: aceptor de electrones O_2 para proceso de metabolismo aerobio
- Anaerobios: aceptor de electrones nitrato, sulfato, dióxido de carbono para proceso de desnitrificación, reducción de sulfato y metanogénesis.

Se los clasifica, según su estructura celular en (Metcalf y Eddy, 1995):

- Eucariota: aquí son importantes para el tratamiento biológico los hongos, protozoos, rotíferos y algas.
- Procariota (eubacterias y arqueobacterias); suelen denominarse simplemente bacterias y son primordiales para el tratamiento biológico.

2.3.4 Microorganismos del reactor

En los sistemas anaerobios de película bacterial adherida (manto de lodos o UASB) se presentan varios tipos de organismos (Hawkes, 1993; Higgins y Burns, 1975 en Crites y Tchobanoglous, 2004)

- **Metanógenos:** aquí están las bacterias en forma de bastones (*Methanobacterium*, *Metanobacillus*) y en forma de esferas (*Metanococcus*, *Methanosarcina*).
- **Acidógenos:** compuestos por bacterias facultativas y anaerobias obligadas como *Clostridium spp.*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp.*, *Desulphovibrio spp.*, *Corynebactrium spp.*, *Lactobacillus*, *Actinomyce s*, *Staphylococcus* y *Escherichia coli*, etc.
- **Nitrificantes:** como *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.
- Otros grupos fisiológicos presentes incluyen bacterias proteolíticas, lipolíticas, ureolíticas y enzimas que atacan a la celulosa.

La comunidad biológica existente en los sistemas de lagunaje (humedales) es similar a la existente en los fangos activados, pero aquí también se presentan animales superiores como rotíferos y protozoos cuya principal función consiste en la mejora del efluente (Metcalf y Eddy, 1995) Entonces en los humedales las bacterias que intervienen incluyen los géneros *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, y las dos bacterias

nitrificantes más comunes, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Adicionalmente, se pueden presentar diversas formas filamentosas tales como la *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Chlorella*, *Thiothrix*, *Lecicothrix* y *Geothichum* (Metcalf y Eddy, 1995). Estas últimas son indeseables porque su presencia trae como consecuencia dificultades con la sedimentación del lodo (Chudoba, et al. 1986).

El grupo de algas, animales o especies bacterianas presentes en cualquier zona del estanque aerobio depende de factores tales como carga orgánica, grado de mezclado del estanque, pH, nutrientes, luz solar y temperatura (Metcalf y Eddy, 1995).

2.4 Mantos de lodos de flujo ascendente (UASB)

El sistema diseñado para el campamento es el denominado Proceso de Película Bacterial Adherida de Flujo Ascendente que permite la remoción de DBO carbonácea de desechos muy concentrados (Crites y Tchobanoglous, 2004).

La primera información que se tiene del empleo del lodo activado para el tratamiento de aguas residuales data de 1914 en Manchester, Inglaterra (Chudoba, et al. 1986). La construcción de bioreactores y biodigestores se basa en un principio muy sencillo: hacer que los contaminantes se conviertan en el sustrato (alimento) de los microorganismos, y que éstos, al mismo tiempo que se alimentan y aumenta su población, descontaminan el agua (Forturbel e Ibáñez, 2004).

Actualmente se ha vuelto a despertar una gran interés, principalmente después de los trabajos desarrollados por Lettinga y colaboradores, y los desarrollados también a nivel regional, en Brasil, por el Instituto de Saneamiento Ambiental (ISAM), de la Universidad Católica de Paraná, y por la Compañía de Saneamiento del Paraná (SANEPAR), entre otros. También en Cali - Colombia, se destacan los trabajos desarrollados por la Universidad del Valle (Mansur, 2004).

Este tipo de reactores de flujo ascendente presentan tasas de aplicación de 1 a 2kg DQO/m³ por día, con eficiencias de remoción de hasta 85% en temperatura ambiente (rango de 8 a 20°C). Igualmente se citan, en bibliografía, tasas tan altas como 50kg DQO/m³ por día y esto hace que el proceso resulte también interesante para el tratamiento de desagües industriales orgánicos (Mansur, 2004).

Los subproductos del proceso presentan, en muchas situaciones, un valor económico, como el biogás; y el efluente líquido (lodo) justifica la denominación de bioabono y complemento alimentario. El aspecto más preponderante en el tratamiento ha sido la reducción de la carga orgánica; no obstante se deben investigar, igualmente, aspectos relativos a la calidad bacteriana en el efluente (Mansur, 2004).

En este proceso el líquido que va a ser tratado se introduce en el fondo del reactor, desde donde fluye hacia arriba a través del manto de lodos compuesto de partículas o gránulos biológicos (Crites y Tchobanoglous, 2004) que forman una película bacteriana adherida donde existe un cultivo continuo de una población mixta de microorganismos con recirculación de biomasa; mediante este proceso los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales son utilizados como sustrato (alimento) de los microorganismos, los cuales al alimentarse y aumentar su población, descontaminan el agua (Fonturbel e Ibáñez, 1999-2005).

A diferencia de los cultivos de un componente, en estos cultivos multicomponente las bacterias se encuentran dentro del lodo activado en forma de zooglea, de manera que forman flóculos de buenas propiedades de sedimentación (Chudoba, et al. 1986).

La reducción del DQO provoca la expansión/fluidización de la cama de lodo que es elevada por la velocidad ascendente producto de la generación de biogás y la velocidad del líquido. Cuando la zooglea libera el biogás adherido a su superficie, el lodo vuelve a caer a la zona inferior del reactor, el biogás es colectado en las cámaras para tal fin, y el agua tratada abandona el reactor. El biogás da lugar a una agitación interior que interviene en la formación y mantenimiento de la zooglea, al remover la capa de lodos y permitir su intercambio con el residual (Da Cámara, et al. sf)

2.4.1 Principios de purificación biológica

Cuando el agua residual se pone en contacto con los microorganismos presentes en el reactor biológico, los compuestos orgánicos pueden ser removidos por varios mecanismos o procesos anaeróbicos (Chudoba, et al. 1986).

Antes de describir el proceso de conversión cabe aclarar que las bacterias anaerobias obtienen la energía para el crecimiento a partir de la conversión del nitrato en

nitrógeno gas, pero necesitan una fuente de carbono para la síntesis celular (Metcalf y Eddy, 1995).



La conversión biológica de la materia orgánica ocurre en tres pasos (Figura 2.3) que se describen a continuación:

- En el primer paso, un grupo de organismos es responsable de hidrolizar los polímeros orgánicos y los lípidos en estructuras básicas tales como monosacáridos, aminoácidos y compuestos relacionados, que son adecuados como fuente de energía y carbono celular (Crites y Tchobanoglous, 2004). Los productos de la síntesis se almacenan como productos de reserva que con posterioridad son utilizados para la constitución de nuevas células (Chudoba et al. 1986).
- En el segundo paso, otro grupo de bacterias anaerobias (acidógenas o formadoras de ácido) fermenta los productos de la descomposición en ácidos orgánicos simples y liberan de fósforo en el proceso (Crites y Tchobanoglous, 2004).
- En el tercer paso, un grupo de microorganismos anaerobios estrictos (metanógenos) convierte el hidrógeno y el ácido acético, generados por los organismos formadores de ácido, en gas metano y dióxido de carbono. Muchos de los organismos metanógenos identificados en los digestores anaerobios son similares a aquellos encontrados en el estómago de los animales rumiantes y en sedimentos orgánicos tomados de lagos y ríos (Crites y Tchobanoglous, 2004).

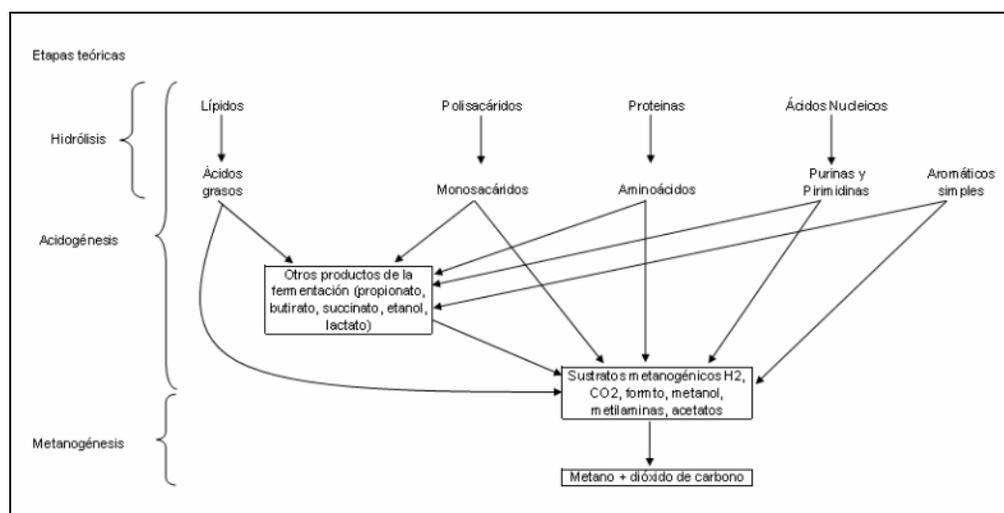


Figura 2.1 Vías para la producción de metano y dióxido de carbono a partir de la digestión anaerobia de sustratos orgánicos (Crites y Tchobanoglous, 2004)

En el tratamiento anaerobio, los organismos metanógenos y los acidógenos forman una relación simbiótica. Los metanógenos están en capacidad de utilizar el hidrógeno que producen los acidógenos; y las bacterias metanógenas remueven compuestos que podrían inhibir el crecimiento de los acidógenos (Crites y Tchobanoglous, 2004).

Estos dos grupos de bacterias heterótrofas convierten un 90% de la materia orgánica, primero en intermediarios y luego en metano y CO₂ gaseosos. Su ventaja es que genera energía y la producción de lodos es del 10% (Forturbel e Ibáñez, 2004).

En la tabla siguiente se resumen los mecanismos de depuración en el manto de lodos .

Tabla 2.3 Mecanismos de depuración en manto de lodos

Componentes del agua residual	Mecanismos de modificación / eliminación
Sólidos suspendidos y Sólidos coloidales inertes	Adsorción
Sólidos suspendidos y Sólidos coloidales degradables	Coagulación
Nitrógeno	Síntesis celular y transporte de energía, asimilación, volatilización del amonio, nitrificación – desnitrificación
DBO y DQO	Licuefacción y gasificación, oxidación biológica
Fósforo	Síntesis celular y transporte de energía, adsorción, precipitación
Sulfatos	Reducción
Organismos patógenos	Depredación microbiana, muerte por anaerobiosis

Varios de estos procesos pueden ser observados en la Figura 2.4 y se definen a continuación:

- **Adsorción:** involucra la acumulación o concentración de sustancias en una superficie o interfase. Es un proceso mediante el cual las moléculas o átomos de una fase interpenetran la otra formando una solución (Crites y Tchobanoglous, 2004).
- **Coagulación:** es la agregación de partículas coloidales muy pequeñas en conjuntos mayores que pueden sedimentarse (Chudoba, et al. 1986).

- **Síntesis celular y transporte de energía:** en estos procesos el fósforo es utilizado por las bacterias logrando así eliminar entre un 10 y un 30% del mismo. Las principales bacterias encargadas de esto son las *Acinetobacter*. Bajo condiciones aerobias se puede eliminar mayores cantidades; pero cuando una zona aeróbica sigue a una anaeróbica los organismos consumen mayores cantidades de fósforo que lo acostumbrado (Metcalf y Eddy, 1995). Así, un número de bacterias son capaces de almacenar en sus células cantidades de fósforo en exceso como polifosfatos (Crites y Tchobanoglous, 2004).
- **Asimilación:** es la incorporación a las células de sustancias aptas para la formación de citoplasma (Microsoft Encarta, 2007).
- **Volatilización:** es el proceso donde líquidos y sólidos se convierten en vapor y escapan a la atmósfera. Los compuestos orgánicos que se volatilizan rápidamente son llamados COV (compuestos orgánicos volátiles) y el nitrógeno.
- **Nitrificación-Denitrificación:** en la nitrificación biológica el amoníaco se oxida en un proceso de dos pasos: primero a nitritos y luego a nitratos. Y la denitrificación es la conversión biológica de nitratos a nitrógeno gaseoso en estado anóxico (Crites y Tchobanoglous, 2004).
- **Licuefacción:** proceso mediante el cual una sustancia sólida o gaseosa se transforma en líquida (Microsoft Encarta, 2007)
- **Gasificación:** es el proceso por el cual se producen gases a partir de diversas sustancias (Microsoft Encarta, 2007), como por ejemplo el nitrógeno orgánico.
- **Oxidación biológica:** es la descomposición de los materiales orgánicos complejos por medio de las bacterias que se alimentan de esta (Definición, 2007)
- **Precipitación:** por medio de reacciones químicas que se dan dentro del sistema se forman flóculos que por gravedad van hacia el fondo.
- **Óxido/Reducción:** son una serie de reacciones de sustancias en las cuales la transferencia de electrones tiene lugar. La sustancia que gana electrones es llamada agente oxidante. Son llamadas reacciones Redox pues en ellas uno de los compuestos se **reduce** y el otro se **oxida** (Definición, 2007).

- **Depredación microbiana:** se produce cuando el depredador ingiere y engulle a la presa, implica contacto, muerte e ingestión de la presa. Además del beneficio para el predador y el perjuicio para la presa, la depredación tiene un efecto ecológico como control de población. Si la población de presa desaparece la del depredador terminaría también por desaparecer.
- **Muerte por anaerobiosis:** debido al carácter de aerobios obligados, varios tipos de microorganismos patógenos al encontrarse en un ambiente anaeróbico, como el manto de lodos, mueren por asfixia.

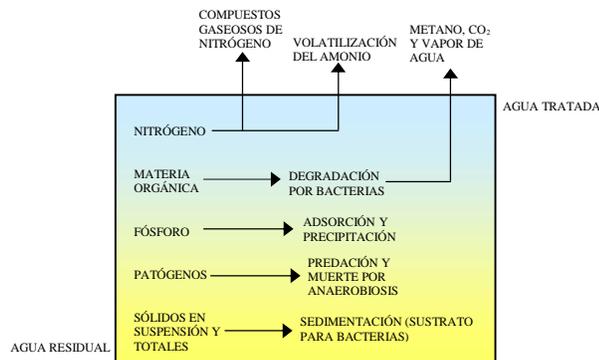


Figura 2.2 Procesos de descomposición que se dan dentro de un sistema de manto de lodos

2.4.2 Manejo de lodos

En forma general los lodos contienen altas concentraciones de sólidos, grasa, DBO y nutrientes.

Tabla 2.4 Características físicas y químicas de los lodos (Crites y Tchobanoglous, 2004)

Componente	Media EPA
Sólidos totales (mg/l)	38.800
Grasa (mg/l)	9.090
DBO (mg/l)	5.000
DQO (mg/l)	42.850
Fósforo (mg/l)	253
Nitrógeno total (mg/l)	677
Alcalinidad (mg/l)	1000
pH	6.9

La cantidad de lodos producida por el sistema es mínima teniendo una media de crecimiento de 8cm por mes, como lo afirma Gu erra, et al. (2000). Por tanto aun no

se ha alcanzado en el sistema el nivel en el cual se encuentra la tubería de desalojo de lodos. Cuando estos lleguen a ese nivel el primer paso será la desinfección del fango que está adquiriendo gran importancia debido a que la utilización de esta materia está ganando cada vez mayor aceptación; pues la aplicación del fango al terreno exige disminuir al máximo el riesgo de contacto con organismos patógenos por razones de salud pública (CEPYME Aragón © 2006)

El método ha de ser utilizado es el tratamiento con cal durante 3 horas con un pH de 12 que no solo desinfecta el fango sino también lo estabiliza (CEPYME Aragón © 2006). Luego los lodos serán deshidratados mediante “lecho de secado” que consiste en la disposición de los lodos sobre una capa de arena y grava al aire libre dotada de un buen drenaje (CEPYME Aragón © 2006)

El lecho será cubierto con plástico de invernadero para evitar la acción de la lluvia y la neblina y para mantener el calor. Ya deshidratados se mezclarán con aserrín y cascarilla de arroz. Esta mezcla se calentará debido a la acción de las bacterias y así se destruirán organismos patógenos. Se airea la mezcla (30 días) y se cura el compost durante 30 a 60 días para completar el proceso de estabilización (Crites y Tchobanoglous, 2004).

2.5 Humedales artificiales de flujo subsuperficial

Son reactores de flujo pistón en los cuales las partículas del flujo pasan a través del tanque y salen en la misma secuencia en que entran. Las partículas mantienen su identidad y permanecen en el interior del tanque un tiempo igual al tiempo de retención teórica (Crites y Tchobanoglous, 2004).

Los humedales, como sistema de tratamiento, comenzaron a ser estudiados en Alemania en el año 1952 por Seidel y Kickuth (Bastian, et al. 1993 en García 2003) y en el resto del hemisferio occidental durante la década del 70 (Sánchez, 1998). Estos sistemas son potencialmente eficientes en lo referido a costo, consumo energético y mantenimiento si los comparamos con sistemas convencionales (Crites et al, 1994).

Son esencialmente ecosistemas o sistemas biológicos, en los que ocurren interacciones complejas entre agua, suelo, plantas acuáticas emergentes, microorganismos y atmósfera que permiten la eliminación de las cantidades excesivas de nutrientes esenciales, materia orgánica, trazas de metales pesados y agentes patógenos presentes en las aguas residuales.

Estos se diseñan con el objeto de proporcionar tratamiento secundario o avanzado y consisten en canales o zanjas excavadas cuya profundidad varía entre 0,2 a 1 metro y están rellenos de material granular, generalmente grava (Trinidad, sf.) que sirve de soporte a la vegetación emergente, a la biomasa que se encuentra adherida a ella y a las partículas del medio (Cooper et al. 1990; Metcalf y Eddy, 1995). En ellos la circulación del agua no forma una columna de agua continua, sino que el efluente circula a través del sistema radicular de las macrofitas acuáticas tanto de forma horizontal como vertical (Fernández, 2003?); y este tipo de circulación parece ser más efectiva para muchos de los mecanismos de degradación de los contaminantes presentes en las aguas residuales (Martín, 1989; Breen, 1990).

La eficiencia de eliminación de DBO_5 es alta, situándose por encima del 95%. Sin embargo, es necesario recordar que aun cuando se haya conseguido eliminar la DBO_5 soluble del agua residual a tratar, el alto contenido de algas y bacterias del efluente del estanque puede ejercer valores de DBO_5 superiores a los del agua afluente (Metcalf y Eddy, 1995). Además es importante saber que en la gran mayoría de sistemas a flujo pistón se presenta dispersión axial, la cual disminuye el rendimiento del sistema, es decir los porcentajes de remoción (Crites y Tchobanoglous, 2004).

Son convenientes para el tratamiento de las aguas albañales de casas particulares o pequeñas comunidades y como sistemas secundarios o terciarios en poblaciones de hasta 1000 habitantes (Hedin et al, 1993). Al desarrollar este tipo de sistemas es necesario considerar varios aspectos como (Bianucci y Ribaldone, 1989):

- **Carga hidráulica:** el aumento en la carga hidráulica causa la disminución del tiempo de contacto y por tanto disminuye la eficiencia del proceso.
- **Carga orgánica:** la carga orgánica es dependiente de la cantidad de oxígeno aplicado al medio filtrante y el tiempo de retención. Es decir el límite de carga orgánica depende de la actividad aerobia de la película biológica.

- **Superficie específica:** a una mayor superficie específica mayor remoción de DBO. La superficie específica del medio aumenta cuando el tamaño de las piezas que lo componen (ej. rocas) es menor.
- **Temperatura:** a mayor temperatura hay una mayor degradación del residual y una reducción de tiempo de tratamiento y por tanto un aumento en la eficiencia de la depuración.
- **Distribución del residual:** la operación de distribución de los residuales en el filtro es extremadamente problemática pues de ella depende la eficacia en la purificación de este.
- **Medio filtrante:** la selección del medio filtrante correcto es esencial y logra una buena eficiencia en depuración. Este tiene que estar libre de polvo, ser de larga duración, elevada resistencia, superficie irregular, etc.
- **Ventilación:** como el método de filtración biológica esta basado en procesos de tipo aerobio, una buena ventilación es esencial para afinar la eficacia de purificación.

2.5.1 Material vegetal

El tipo de material vegetal usado en los humedales son las plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, aneas, totoras, etc.), que son plantas anfibias que viven en aguas poco profundas, arraigadas en el suelo y cuyos tallos y hojas emergen fuera del agua. Las tasas de transferencia de oxígeno estimadas para las plantas emergentes varían entre 5 y 45 $\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$, siendo 20 $\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$ un valor medio típico para la mayoría de los sistemas (USEPA, 1988).

Esta vegetación tiene diversos propósitos intrínsecos que las hacen componentes indispensables cuyas funciones principales son (Metcalf-Eddy, 1993):

- Eliminación por absorción directa en los tejidos de nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados y otros contaminantes de las aguas residuales.
- Estabilizan el cauce
- Liberan cantidades significativas de oxígeno hacia las raíces que ayudan a que los microorganismos vivan en la rizósfera (Fig. 2.1)
- Influyen en la conductividad hidráulica del terreno
- Filtran los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

La selección de las especies vegetales se debe realizar de acuerdo a la adaptabilidad de las mismas al clima local, su capacidad de transportar oxígeno desde las hojas hasta la raíz, su tolerancia a concentraciones elevadas de contaminantes, su capacidad asimiladora de los mismos, su tolerancia a condiciones climáticas diversas, su resistencia a insectos y enfermedades y su facilidad de manejo.

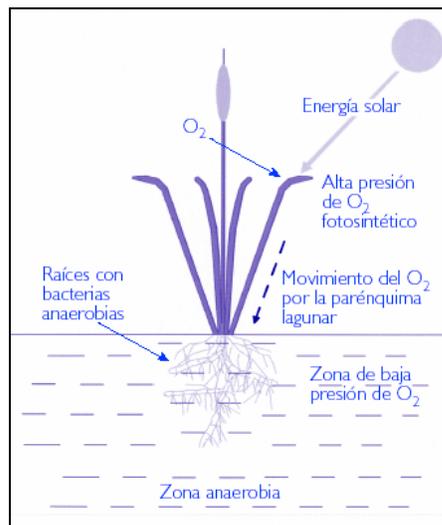


Figura 2.3 Esquema del proceso de aireación de la rizósfera de las macrófitas emergentes en los humedales (Fernández, 2003?)

De acuerdo a todos estos aspectos y por la facilidad para obtener las plantas se utilizó *Scirpus rigidus* Boeck (familia Cyperaceae) o totora que es una hierba perenne semi-acuática que mide hasta 4 m de alto; con tallos rígidos, esponjosos por dentro y triangulares transversalmente (Missouri Botanical Garden, 1995 -2007)



Fotografía 2.1 *Scirpus rigidus*

Se distribuyen desde Ecuador hasta Bolivia. Su hábitat natural corresponde esencialmente a zonas húmedas, o encharcadas. Toleran un amplio rango de pHs (4 - 9); su productividad es baja en relación con las enneas o los carrizos; aproximadamente es de 5-12 t ms/ha/año. Los contenidos en N y P de la parte aérea y parte subterránea son, respectivamente del orden de 1.6% N y 0.12% P, y 1.2% N y 0.18% P (Curt, 2003?).

Más que la remoción de nutrientes, el papel principal de los *Scirpus* en los humedales es el de actuar como filtro, potenciando los mecanismos de sedimentación-separación (Curt, 2003?).

2.5.2 Principios de purificación biológica

Poco tiempo después de que un filtro entre en funcionamiento, aparece una delgada película bacteriana en las capas superiores de los granos del medio filtrante; esta película es muy importante dentro del funcionamiento normal ya que mediante absorción retiene microorganismos, material coloidal soluble y particulado (Crites y Tchobanoglous, 2004).

Durante el paso del agua residual se prevé un contacto con las zonas aeróbicas (alrededor de los rizomas y con mayor población bacteriana), anóxicas y anaeróbicas (Armstrong, 1990; Brix, 1994). Los diferentes grupos de microorganismos presentes tienen metabolismos diferentes, y por lo tanto son capaces de catalizar una amplia gama de sustancias, aunque algunas veces se obtienen otros productos secundarios además de los mencionados (Forturbel e Ibáñez, 2004).

La materia orgánica soluble se asimila casi de manera instantánea, mientras que el material coloidal se solubiliza enzimáticamente. El material soluble pasa a través de la membrana celular y de esta forma se convierte en productos finales de degradación (Crites y Tchobanoglous, 2004).

Las partículas de mayor tamaño son retenidas dentro del medio filtrante mediante la filtración; la retención se presenta mediante mecanismos mecánicos y de contacto aleatorio (Crites y Tchobanoglous, 2004).

Las partículas orgánicas de mayor tamaño se degradan en forma bioquímica entre dosis y en las primeras horas de la mañana, cuando se reduce la carga orgánica y de sólidos (Crites y Tchobanoglous, 2004).

De manera general, los procesos aeróbicos dentro de los humedales tienen la siguiente reacción (Forturbel e Ibáñez, 2004):



Como se puede apreciar en la ecuación anterior, el metabolismo aeróbico se encarga de catalizar moléculas más grandes en CO_2 y agua, fundamentalmente. Los procesos aeróbicos son muy eficientes, funcionan con una amplia gama de sustancias posibles de degradar, en ciclos relativamente sencillos (Forturbel e Ibáñez, 2004).

En la tabla siguiente se resumen los mecanismos de depuración en los sistemas de humedales (Proyecto PNUD/GEF CUB/9/G32, 2004).

Tabla 2.5 Mecanismos de depuración en humedales (García, 2003)

Componentes del agua residual	Mecanismos de modificación / eliminación
Sólidos en suspensión	Sedimentación, filtración
DQO disuelta	Oxidación biológica, absorción
DQO particulada	Filtración
DBO	Oxidación biológica
Nitrógeno	Oxidación química del N orgánico y amoniacal síntesis celular y transporte de energía, adsorción en la matriz, absorción, fotooxidación, volatilización del amonio
Fósforo	Adsorción de la matriz, absorción, fotooxidación, síntesis celular y transporte de energía
Metales	Adsorción e intercambio catiónico, complejación, precipitación, síntesis celular y transporte de energía, oxidación / reducción
Patógenos	Sedimentación, filtración, radiación UV, depredación microbiana

Varios de estos procesos pueden ser observados en la Figura 2.2 y aquellos que no fueron definidos en el acápite 2.4.1 son definidos a continuación (Definición 2007):

- **Sedimentación:** es la precipitación de las partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.
- **Filtración:** es la separación de los sólidos de los líquidos utilizando una sustancia porosa que solo permite pasar el líquido a través de él, esto ocurre en la capa de grava del humedal que se encarga de retener ciertos sólidos y dejar pasar el líquido.
- **Absorción:** es la capacidad que tienen las plantas, el sustrato y las bacterias para incorporar en su estructura otras sustancias que se encuentran disueltas en el agua a tratar. También es el proceso en donde un gas es retenido por un líquido (Crites y Tchobanoglous, 2004).
- **Fotooxidación:** es un proceso en el cual la luz solar oxida ciertas sustancias como el nitrógeno y el fósforo.
- **Oxidación química:** emplea sustancias químicas llamadas *oxidantes* para destruir la contaminación en los suelos y las aguas. Los oxidantes ayudan a transformar las sustancias químicas dañinas en otras inofensivas, como el agua y el dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Es capaz de destruir muchos tipos de sustancias químicas, como combustibles, solventes y plaguicidas.
- **Complejación:** un complejo es un ión que se forma por la combinación de cationes o aniones más simples y a veces moléculas; como por ejemplo las sales minerales. El proceso de formación de estos complejos se denomina complejación.
- **Radiación UV:** una porción de la radiación ultravioleta (253.7nm), que llega a los sistemas de tratamiento naturales a partir de los rayos solares, es conocida como germicida porque posee potencialidades para su uso en el control de microorganismos reemplazando al cloro, ya que es eficaz como desinfectante y no genera subproductos no deseados.
- **Intercambio catiónico:** es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes. La fuerza de la carga positiva varía, dependiendo del catión, permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente.

- Fotosíntesis:** es la conversión que realizan las plantas del agua y dióxido de carbono en carbohidratos (azúcares) y oxígeno, activada por los rayos solares. Este oxígeno es trasladado o enviado desde las hojas hasta las raíces y permite que el agua se oxigene.

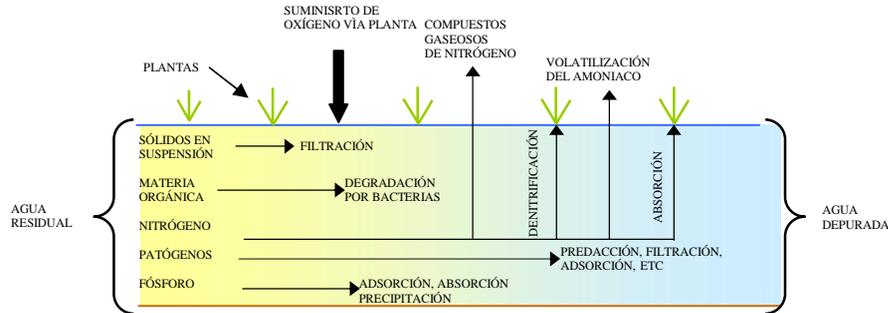


Figura 2.4 Procesos de depuración de los humedales artificiales (Metcalf y Eddy, 1995).

2.6 Metodologías de laboratorio

En general los análisis fueron realizados aplicando para ello el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” Edición 21. A continuación se presentan las metodologías utilizadas por cada laboratorio.

Tabla 2.6 Metodologías de laboratorio aguas

Análisis	Código (ANNCY)	Código (UDA)	Código (GRUENTEC)	Código (ETAPA)
Sólidos totales	APHA 2540 B	SM 2540 B	EPA 160.3	SM 2540 B
Sólidos sedimentables	APHA 2540 F	SM 2540 F	EPA 160.5	SM 2540 F
Sólidos disueltos	APHA 2510 B	SM 2540 C	Cálculo	Diferencia
Sólidos suspendidos	HACH 8006	SM 2540 D	EPA 160.2	PEE/LDGA/FQ/04
Sólidos fijos	-	SM 2540 E	SM 2540 E	-
Sólidos volátiles	-	SM 2540 E	SM 2540 E	SM 2540 E
DQO	APHA 5220 D	SM 5220 A	EPA 410.4	PEE/LDGA/FQ/02
DBO ₅	APHA 5210 D	SM 2210 B	SM 5210 D	PEE/LDGA/FQ/01
Nitrógeno amoniacal	APHA 4500-NH ₃ C	SM 4500 NH ₃ D	EPA 350.3	SM 4500 NH ₃ C
Nitrógeno total	HACH 8075	SM 4500 Norg C	EPA 351.1	SM 4500 Norg B
Fósforo total	HACH 8190	SM 4500 P E	EPA 9212	PEE/LDGA/FQ/03
Solubles hexano	APHA 5520 B	SM 5520 D	EPA 425.1	SM 5520 D
PH	APHA 4500 H+B	SM 4500 H B	EPA 150.1	SM 4500 H B
Coliformes fecales	APHA 9223 B	-	SM 9221	SM 9221 E
Coliformes totales	APHA 9223 B	-	SM 9221	SM 9221 E
Hongos y levaduras	APHA 9610 C	-	BMA	-

Para los análisis químicos y biológicos realizados a la muestra de lodos se aplicó la metodología estipulada en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” Edición 21.

Tabla 2.7 Metodología de laboratorio lodos

Análisis	Código de metodología
Nitrógeno total	SM 4500 Norg C
Fósforo total	SM 4500 P E
pH	SM 4500 H B
M.O. (DQO)	SM 5220 A
Sólidos totales	SM 2540 G
Grasas	SM 5520 D

La identificación de los microorganismos presentes en los lodos y aguas del filtro UASB y en las aguas del humedal artificial fue realizada en el laboratorio DiserLab de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador y la metodología utilizada se presenta en el Anexo 2: Figura 2.1

2.7 Normativa legal sobre aguas residuales

En este punto es importante considerar la normativa legal existente sobre el tratamiento y vertido de residuales a nivel nacional. Por este motivo voy a hacer referencia al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Así se podrá establecer cuan estrictas son estas y estimar bajo varios criterios legales la calidad del agua obtenida después del tratamiento y así poder concluir la trascendencia y validez de la investigación.

2.7.1 Marco legal para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Ecuador

La legislación ecuatoriana para la prevención y control de la contaminación ambiental actualmente vigente, es abundante y contradictoria; se encuentra dispersa en innumerables cuerpos legales, heterogéneos y distintos por sus orígenes y motivaciones; por lo tanto, no ha cumplido con sus objetivos, tanto por deficiencias conceptuales como por la falta de mecanismos eficaces de ejecución y de un organismo encargado del tema (Da Ros, 1995). Entre la Legislación Ecuatoriana encontramos la siguiente norma para el control de aguas residuales:

Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULAS)

En esta norma se determinan:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua

Según el Artículo 16 del Libro VI del TULAS: queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades. En el Anexo 1 de esta ley está la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

Nos referiremos a tres aspectos importantes del Anexo 1:

1. *Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios:* se entiende como su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, marinas y de estuario, se presentan en el Anexo 2: Tabla 2.8.

2. *Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego:* es aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose aquellas ya tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan en el Anexo 2: Tabla 2.9 y los niveles guía de calidad del agua para riego en Anexo 2: Tabla 2.10

3. *Criterios generales para la descarga de efluentes:* aquí se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios.

- Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos en el Anexo 2: Tabla 2.11.
- Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos en el Anexo 2: Tabla 2.12

Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

CAPÍTULO III

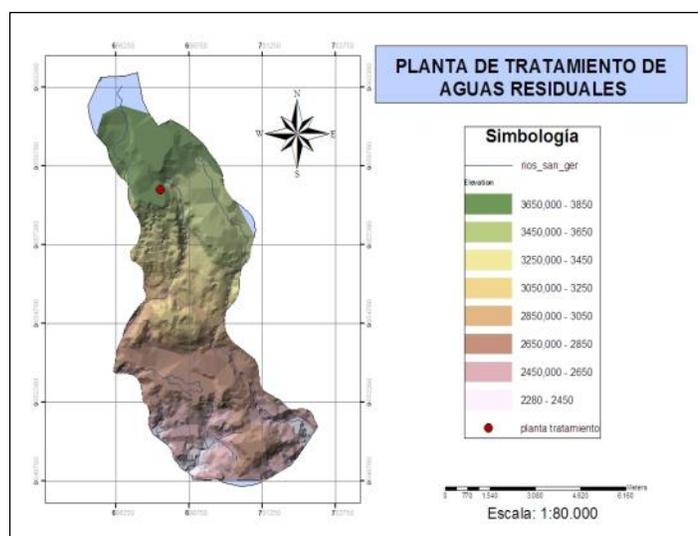
EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para desarrollar cualquier actividad que pueda derivar en impactos al entorno, como por ejemplo una construcción, se requiere desarrollar una Evaluación de Impacto Ambiental que sea un elemento clave para la generación de un Plan de Manejo Ambiental adecuado para prevenir o minimizar los efectos negativos derivados del proyecto y optimizar o multiplicar los efectos positivos. Mediante esto será posible tomar decisiones correctas y adecuadas que lleven a mejorar la calidad de vida buscando mantener o mejorar la calidad ambiental.

3.1 Descripción del sitio de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

El sistema para tratamiento de residuales domésticos está ubicado a 300 metros al Este del campamento Pinos de la empresa IAMGOLD Ecuador S.A., localizado en el sector de Colesquinuas de la Parroquia San Gerardo, en el cantón Girón - Provincia del Azuay. En la microcuenca del río Cristal, dentro del Área de Concesión Minera “Cristal” a una altura de 3.664 m s.n.m. y en las coordenadas 697758E y 9659023N.



Ubicación cartográfica es:

Hoja: Girón

Código: CT-NVI-B2, 3784-I

Escala: 1:50.000

Datum Horizontal: PSAD de 1956 para América del Sur

Datum Vertical: Libertad, Provincia del Guayas, 1959

Zona: 17 Sur

Figura 3.1 Mapa de ubicación de la planta de tratamiento (UDA -COPOE, 2004; DIFORPA, 2003)

3.2 Descripción Detallada de las Actividades

Limpieza y desmonte

Este trabajo consistió en retirar el material vegetal del terreno en el cual se va a realizar la construcción de acuerdo a las especificaciones de diseño que se detallaran en el siguiente capítulo. En las zonas indicadas en los planos se retirará la cubierta vegetal y el material removido debe ser dispuesto en otro sitio (Cárdenas, et al. 2005).

Replanteo y nivelación

Se realiza el trazado de los ejes de construcción de acuerdo a los planos en donde se precisa la nivelación según la pendiente del terreno que definirá si es necesario realizar desbanques, rellenos o simple nivelación.

Excavación y compactación

Estos trabajos consisten en la construcción de zanjas para cimentación o espacios de construcción que se hallen a un nivel menor de la rasante del suelo, dentro de este rubro se incluye el transporte, desalojo, colocación, manipuleo, etc. en zonas de relleno para la construcción de la obra básica y estructuras de drenaje (Cárdenas, et al. 2005).

Estructuras y mamposterías

En la construcción del manto de lodos, estructuras de entrada y salida, pozos de revisión, muros de contención, deflectores y zanja de lodos se realizan con:

- Hormigón simple $f_c=180\text{kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo
- Hormigón ciclópeo
- Replanteo de piedra
- Paredes, enlucidos y empastado

Impermeabilización

Se realizará mediante sistemas de reposición de materiales, aditivos químicos, geomembrana, etc.

Desagües y ventilación

Se optará por tubería de P.V.C, y manguera “politubo”, de secciones especificadas en los planos de construcción

Relleno de piedra

Para el caso específico de esta obra se requirió rellenar el área con piedra de río de diámetro entre 10 a 15 cm.

Material vegetal

El sistema de humedal para su oxigenación requiere de macrófitas emergentes, extraídas de zonas aledañas, precautelando no alterar la calidad ambiental de la zona de extracción. Este material deberá ser cosechado con cierta frecuencia.

Transporte de materiales y maquinarias

Debido a la distancia entre el campamento y la planta de tratamiento todos los materiales y maquinarias; e inclusive el combustible deberán ser transportados al sitio.

Mantenimiento del sistema

Cada cierto tiempo el sistema deberá ser revisado, se realizaran labores de limpieza de desagües, la purga de lodos del manto y la cosecha de las totoras. Deberá considerarse la zona de almacenamiento o el tratamiento que se les dará a estos desechos.

3.3 Área de influencia

Para definir el área de influencia del estudio se han tomado en cuenta los efectos positivos y negativos de la construcción del sistema de tratamiento de residuales. Para el área de influencia directa se calculó un buffer de 50 metros a cada lado que nos da un área total de influencia directa de 13.750m^2 . Y el área de influencia indirecta con un buffer de 100 metros a cada lado; es decir un área de 47.250m^2 (Figura 3.2).

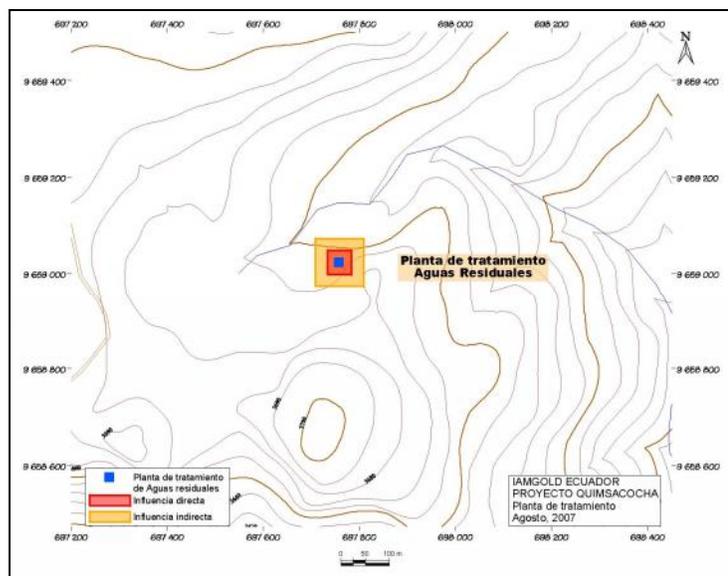


Figura 3.2 Buffer de zonas de influencia directa e indirecta (IAMGOLD Ecuador S.A., 2007)

3.4 Línea base o inventario ambiental

3.4.1 Medio físico

Clima

En el Estudio de Impacto Ambiental de Área Cristal correspondiente al año 2006 realizado por la consultora ambiental AmbiGest Cia. Ltda. quienes con los registros estadísticos de 36 años (1964-1999) de la estación meteorológica el Labrado ubicada en una zona climática de características topográficas y bioclimáticas similares en un alto porcentaje, determinaron que las características climáticas de la zona son:

Temperatura

Temperatura media anual: $8,4^{\circ}\text{C}$, siendo los meses “más abrigados” noviembre ($9,3^{\circ}\text{C}$) y diciembre ($9,2^{\circ}\text{C}$).

Temperatura máxima absoluta (al medio día): esta es de 17,1°C. Se observan tres meses extremos de calor que son marzo (19,5°C), septiembre (18,9°C) y diciembre (18,3°C).

Temperatura mínima absoluta: 2,2°C. Los meses más fríos son agosto con 1°C y julio con 1,4°C. En estos meses se tienen días con temperaturas inferiores a 0°C debido a la presencia de heladas.

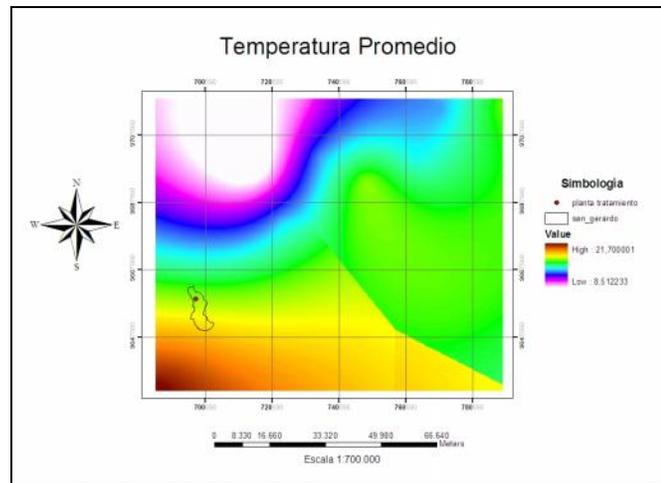


Figura 3.3 Mapa de Temperatura promedio (UDA-COPOE, 2004)

Pluviometría

Las lluvias de la zona en su mayor parte son de origen orográfico y caen en el transcurso de todo el año sin que exista la oportunidad de contar con meses xerofíticos.

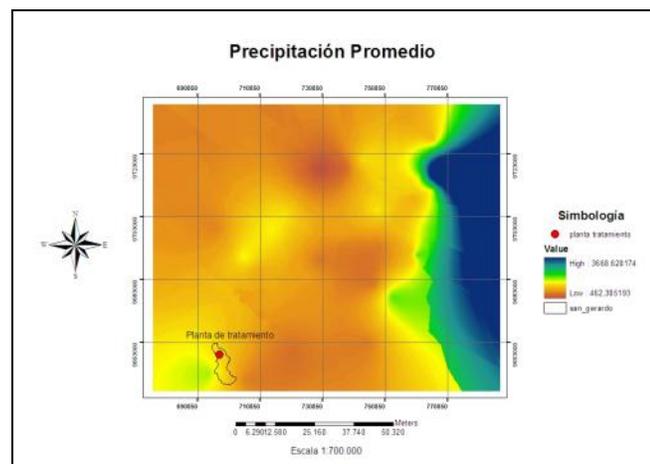


Figura 3.4 Mapa de Precipitación Promedio (UDA-COPOE, 2004)

La precipitación media anual es de 1.280,6 milímetros. Los meses con medias más lluviosas corresponden a noviembre con 287,3mm, seguidos por marzo (251,7mm) y abril (264,7mm). Los meses menos lluviosos son agosto con 21,9mm y diciembre con 22,7mm.

Régimen de vientos

De acuerdo a los datos de la estación meteorológica de Quimsacocha el origen del viento tiene su inicio en los puntos cardinales:

- Noroeste (NW) con el 50% de las veces, con velocidades máximas de 62km/h
- Noreste (NE) el 30% de las veces, con velocidades máximas de 54km/h
- Sudoeste (SW) el 10% de las veces, con velocidades máximas de 52km/h
- Sudeste (SE) con el 7% de las veces

Geología

En el sector predominan zonas de pantano, bajo las cuales, producto de una intensa glaciación, se tienen depósitos morrénicos que alcanzan algunas decenas de metros. Los afloramientos mayormente corresponden a rocas silicificadas y rocas en las cuales se pueden ver relictos de lo que fueron andesitas producto de la erupción del antiguo volcán Quimsacocha. (Sanafria, 2007).

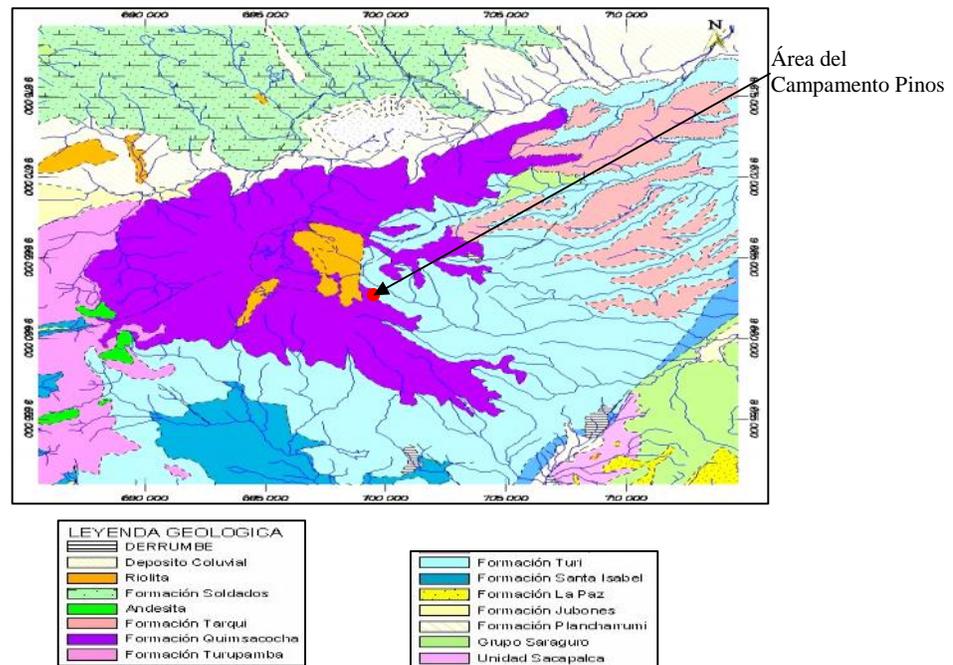


Figura 3.5 Geología Regional escala 1:200.000 (Sanafria, 2007)

El área donde se construyó el sistema de tratamiento se encuentra seis kilómetros al Sur de la caldera del antiguo volcán Quimsacocha, cercana a un afloramiento (Figura 3.5).

Suelos

Presencia homogénea de suelo negro limo arcilloso (Horizonte A). La potencia promedio es de 0,3-0,6 metros de suelo orgánico de granulometría fina desarrollado sobre una capa de material gredoso color amarillento (Horizonte B) producto de meteorización e intemperismo de las rocas tobáceas del basamento de la denominada formación Turi. La percolación y procesos de infiltración más escorrentía de aguas pluviales se da hasta algunos centímetros por debajo del suelo negro (AmbiGest, 2006).



Fotografía 3.1 Horizontes del suelo

Composición: estos suelos corresponden al “gran grupo” de los *Hydrandepts* y *Dystrandepts*, del suborden *Andepts* y dentro del orden de los *Inceptisoles*. De acuerdo al suborden, son suelos que se originan de cenizas volcánicas y se los encuentra en el Callejón Interandino, tiene una baja densidad aparente ($<0,8\text{gr/cc}$) con una apreciable cantidad de alófanos, alta capacidad de intercambio catiónico y alto contenido de material orgánico (AmbiGest, 2006).

Calidad de suelos

En una zona no influida por los residuales del proyecto se identificó un cuadrante de 100m^2 en las coordenadas 697707E, 9659062N (3668m s.n.m.) en el cual se tomaron 5 submuestras de forma aleatoria para formar una muestra compuesta. El análisis fue realizado en AGROBIOLAB; los resultados pueden encontrarse en el Anexo 3: Figura 3.6.

Los resultados nos muestran que es un suelo franco arenoso y con una baja conductividad y de carácter ácido, factor que favorece a la lixiviación de elementos menores indispensables para el crecimiento vegetal (AmbiGest, 2006). Con respecto a materia orgánica está se encuentra en altas concentraciones, es decir fuertemente húmico; y otro elemento también abundante es el amoníaco. En cuanto a micro y macro elementos en exceso se presentan el hierro y el zinc, seguidos por aluminio, fósforo, calcio y potasio que están en altas concentraciones.

El magnesio se presenta en cantidades suficientes y el manganeso en concentración media. Otros elementos como nitratos, boro, cobre, sodio y sulfatos están presentes pero en bajas concentraciones.



Fotografía 3.2 Muestreo de suelos

Ambiente aéreo

La zona no tiene problemas de calidad de aire pues solo existe el campamento que no produce contaminantes y la circulación vehicular es mínima. Con la construcción del sistema podrían darse problemas con la producción de gases.

Hidrología

El conjunto de ríos que se originan en el área forman una cuenca de drenaje radial, que se caracteriza por una red circular con canales que proceden de un punto elevado y corren hacia una corriente colectora principal que circula alrededor de la base de la elevación (AmbiGest, 2006).

En el sector encontramos peculiaridades hídricas típicas de arroyos de alta montaña, caracterizados por pequeños volúmenes de agua con caudales estacionales, donde la

trucha es la especie característica (AmbiGest, 2006). La planta de tratamiento se localiza dentro de la microcuenca del río Cristal, cercana a una de sus nacientes denominada Quebrada Jornadita.

Calidad del agua

La determinación de la calidad del agua nos ayuda a identificar el estado natural y la posible pérdida de calidad producto del funcionamiento de la planta de tratamiento. Por ello el día 22 de octubre se realizó un muestreo en la quebrada Jordanita antes y después de la influencia de la planta de tratamiento. En las siguientes coordenadas:

Tabla 3.1 Coordenadas de muestreo aguas

Código	Descripción	Coord. X	Coord. Y
M1	Antes de zona de influencia	698135 E	9660400 N
M2	Después de zona de influencia	698492 E	9658725 N

Los resultados se incluyen en el Anexo 3. Figura 3.7; y en base a ellos se concluye que el agua es de buena calidad; a pesar de que el fósforo y las sustancias solubles al hexano se encuentran por encima de los límites permisibles en los dos puntos de muestreo; y en el segundo punto de muestreo se encuentra un pH apenas más bajo de lo permitido que pueden considerarse como parámetros normales en esta quebrada que está afectada por alteraciones geológicas.



Fotografía 3.3 Punto de muestreo M1



Fotografía 3.4 Punto de muestreo M2

Es importante decir que las aguas residuales del campamento eran mantenidas en pozas sin impermeabilización que por infiltración podrían llegar a afectar la quebrada.

3.4.2 Medio biótico

Ecosistema

En general es una zona de Páramo herbáceo de pajonal y almohadilla s que por el tipo de clima puede estar considerado como humedal alto -andino permanente. Esta zona es de gran importancia para las aves, flora y la fauna local que contribuyen a regular el caudal hídrico durante todo el año. Se caracteriza por una topografía plana y ligeramente ondulada (AmbiGest, 2006).



Fotografía. 3.5 Páramo herbáceo

Como negativo esta el aspecto y peligro de las fosas sin impermeabilización construidas sin cuidados ambientales y que alteraban la calidad del hábitat.

Flora

Para determinar la vegetación en el área de influencia directa se determinaron los diferentes hábitats existentes (pajonal, humedal y parches arbustivos) y en ellos se realizaron muestreos en áreas de 1m² hasta la estabilización de la curva de acumulación de especies. Igual trabajo se desarrollo en el área buffer de influencia indirecta.

En el área de influencia directa en la zona de pajonal la vegetación predominante es paja (*Calamagrostis intermedia*), seguida por paja fina (*Stipa ichu*) y chicoria (*Werneria nubigena*). En la zona de humedal las especies predominantes son almohadilla (*Xenophyllum roseum*), seguida por ciprés de altura (*Loricaria cinerea*) y aguja sacha (*Geranium sibbaldioides subsp. Sibbaldioides* y *Geranium manunculatatum*). Y en el remanente arbustivo predomina *Ribes lehmannii*, cérrag (*Miconia salicifolia*) y matequilcana (*Hypericum laricifolium*).

En la siguiente tabla se presenta el listado de todas las especies encontradas en el área.

Tabla 3.2 Especies dentro del área de influencia directa

Nombre común	Nombre científico	Hábitat
Aguarongo	<i>Puya clava-herculis</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Aguja sacha	<i>Geranium sibbaldioides</i> subsp. <i>sibbaldioides</i>	Pajonal, Humedal
Aguja sacha	<i>Geranium maniculatum</i>	Pajonal, Humedal
Almohadilla fina	<i>Xenophyllum humile</i>	Humedal
Almohadilla gruesa	<i>Plantago rigida</i>	Humedal
Almohadilla pasto	<i>Oreobolus</i> sp.	Humedal
Borrachera	<i>Pernettya prostrata</i>	Pajonal y Arbustivo
Cacho de venado	<i>Halenia weddelliana</i>	Pajonal y Humedal
Cérrag	<i>Miconia salicifolia</i>	Arbustivo
Chicoria	<i>Werneria nubigena</i>	Pajonal
Cipres de altura	<i>Loricaria cinerea</i>	Humedal
Clavelina	<i>Oritrophium crocifolium</i>	Pajonal
Cojín	<i>Azorrella pedunculata</i>	Pajonal
Cubilán	<i>Pentacalia vacciniodes</i>	Pajonal y Humedal
Globitos grandes	<i>Gentianella hyssopifolia</i>	Pajonal
Gramma blanca	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Pajonal y Humedal
Helecho	<i>Jamesonia</i> sp.	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Latag	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	Arbustivo
Manzana cashpi	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Humedal y Arbustivo
Matequilcana	<i>Hypericum laricifolium</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Mora silvestre	<i>Rubus coriaceus</i>	Arbustivo
Nigua	<i>Disterigma empetrifolium</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Oca agria	<i>Oxalis phaeotricha</i>	Arbustivo
Paja	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Paja	<i>Uncinia</i> sp.	Pajonal y Humedal
Pasto duro	<i>Poaceae</i>	Pajonal y Humedal
Pino	<i>Pinus patula</i>	Pajonal y Arbustivo
Quishuar	<i>Buddleja</i> sp.	Arbustivo
Rabo de mono	<i>Jamesonia goudotii</i>	Pajonal y Humedal
Sacha chocho	<i>Lupinus microphyllus</i>	Pajonal
Tipo	<i>Clinopodium nubigenum</i> -	Pajonal y Arbustivo
Hongo	-	Pajonal y Arbustivo
Liquen	-	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Musgo	-	Pajonal, Humedal, Arbustivo
Sin nombre local	<i>Baccharis caespitosa</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Gentianella rapunculoides</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Senecio chionogeton</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Ribes lehmannii</i>	Arbustivo

En el área de influencia indirecta en la zona de pajonal la vegetación predominante es paja (*Calamagrostis intermedia*), seguida por gama blanca (*Paspalum bonplandianum*) y musgos. En la zona de humedal las especies predominantes son pasto duro (*Paspalum* sp.), seguida por manzana cashpi (*Hesperomeles obtusifolia*) y

almohadilla (*Plantago rigida*). Y en el remanente arbustivo predomina *Ribes lehmannii*, cérrag (*Miconia salicifolia*) y matequilcana (*Hypericum laricifolium*).

En la siguiente tabla se presenta el listado de todas las especies encontradas en esta área.

Tabla 3.3 Especies dentro del área de influencia indirecta

Nombre común	Nombre científico	Hábitat
Aguarongo	<i>Puya clava-herculis</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Aguja sacha	<i>Geranium maniculatum</i>	Pajonal y Humedal
Aguja sacha	<i>Geranium sibbaldioides subsp. sibbaldioides</i>	Pajonal y Humedal
Almohadilla fina	<i>Xenophyllum humile</i>	Pajonal
Almohadilla gruesa	<i>Plantago rigida</i>	Humedal
Almohadilla pasto	<i>Oerobolus sp.</i>	Humedal
Borrachera	<i>Pernettya prostrata</i>	Pajonal y Arbustivo
Cacho de venado	<i>Halenia serpyllifolia</i>	Pajonal y Humedal
Cardón santo	<i>Eryngium humile</i>	Humedal
Cérrag	<i>Miconia salicifolia</i>	Pajonal y Arbustivo
Chicoria	<i>Werneria nubigena</i>	Pajonal
Chicoria amarilla	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Humedal
Ciprés de altura	<i>Loricaria cinerea</i>	Humedal
Clavelina	<i>Oritrophium crocifolium</i>	Pajonal y Humedal
Contrahierba	<i>Diplostephium ericoides</i>	Pajonal
Cubilán	<i>Pentacalia vacciniodes</i>	Pajonal y Humedal
Globitos	<i>Gentianella hyssopifolia</i>	Pajonal
Gramma blanca	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Pajonal y Humedal
Helecho	<i>Jamesonia sp.</i>	Pajonal y Arbustivo
Hierba de infante	<i>Lachemilla orbiculata</i>	Humedal
Latag	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	Pajonal
Manzana cashpi	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Matequilcana	<i>Hypericum laricifolium</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Mora silvestre	<i>Rubus coriaceus</i>	Pajonal y Arbustivo
Nigua	<i>Disterigma empetrifolium</i>	Pajonal y Arbustivo
Oca agria	<i>Oxalis phaeotricha</i>	Arbustivo
Orejuela	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	Humedal
Paja	<i>Stipa ichu</i>	Humedal
Paja	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Pajonal y Humedal
Paja	<i>Uncinia sp.</i>	Humedal
Pasto duro	<i>Poaceae</i>	Pajonal y Humedal
Pino	<i>Pinus patula</i>	Pajonal
Quishuar	<i>Buddleja sp.</i>	Arbustivo
Rabo de mono	<i>Jamesonia goudotii</i>	Pajonal
Romerillo	<i>Hypericum aciculare</i>	Humedal
Sacha toronjil	<i>Stachys elliptica</i>	Humedal
Tipo	<i>Clinopodium nubigenum</i>	Pajonal
Tucshi hembra	<i>Gynoxys miniphylla</i>	Pajonal
Valeriana	<i>Valeriana hirtella</i>	Humedal y Arbustivo
Culantrillo	-	Pajonal y Humedal
Líquenes	-	Pajonal
Musgo	-	Pajonal y Humedal

Rumibarba	-	Pajonal
-	Sp 1	Pajonal y Arbustivo
Zanahoria de páramo	-	Humedal
Sin nombre local	<i>Vaccinium crenatum</i>	Arbustivo
Sin nombre local	<i>Lachemilla hispidula</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Ranunculus cf. peruvianus</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Baccharis caespitosa</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Senecio chionogeton</i>	Humedal
Sin nombre local	<i>Pentacalia arbutifolia</i>	Pajonal, Humedal y Arbustivo
Sin nombre local	<i>Arcytophyllum filiforme</i>	Pajonal
Sin nombre local	<i>Ribes lehmanii</i>	Arbustivo

Fauna

El lugar esta dentro del piso zoogeográfico Alto Andino y se caracteriza por un bajo número de especies e igualmente de individuos. La determinación de las especies de fauna se realizó mediante cuatro transectos lineales de 50m para observación y búsqueda de indicios (fecas) en la zona de influencia indirecta y dos transectos en la zona de influencia directa.

En la zona de influencia directa se han encontrado:

Tabla 3.4 Fauna en el área de influencia indirecta

	Nombre Vulgar	Especie	Registro
Mastofauna	conejo	<i>Silvylagus brasiliensis</i>	Fecas y visual
	ratón de páramo	<i>Microrhizomys sp.</i>	Visual
Avifauna	gorriones	<i>Zonotrichia capensis</i>	Visual
	azulejos	<i>Phrygilus unicolor</i>	Visual
	perdiz	<i>Nothoprocta curvirostris</i>	Visual
En herpetofauna	sapo	<i>Gastroteca sp.</i>	Auditivo
	lagartija	<i>Stenocercus guentheri</i>	Visual



Fotografía 3.6 *Microrhizomys sp.*



Fotografía 3.7 *Silvylagus brasiliensis*

Encontrando en la zona de influencia indirecta :

Tabla 3.5 Fauna en el área de influencia indirecta

	Nombre Vulgar	Especie	Registro
Mastofauna	lobo de páramo	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Fecas
	conejo	<i>Silvylagus brasiliensis</i>	Fecas
	ratón de páramo	<i>Microrhizomys sp.</i>	Visual
Avifauna	quilico	<i>Falco sparverius</i>	Visual
	gorriones	<i>Zonotrichia capensis</i>	Visual
	azulejos	<i>Phrygilus unicolor</i>	Visual
	perdiz	<i>Nothoprocta curvirostris</i>	Visual
En herpetofauna	sapo	<i>Gastroteca sp.</i>	Auditivo
	sapo	<i>Eleutherodactylus sp.</i>	Visual
	lagartija	<i>Stenocercus guentheri</i>	Visual



Fotografía 3.8 *Eleutherodactylus sp.*



Fotografía 3.9 *Pseudalopex culpaeus*

Para el análisis de macroinvertebrados se realizó el muestreo en las coordenadas especificadas en el punto “Calidad del agua”. Se colectaron los macroinvertebrados mediante un muestreo multihábitat con el método de patada (red de 0,50m de ancho); para cubrir un área de 2,5m²; se realizaron 5 repeticiones en cada lugar.

Para determinar la calidad del agua se utilizó el Índice de Simpson, Índice RBP II (Bioevaluación Rápida Protocolo II) y el Índice ABI (Andean Biotic Index). El listado de macroinvertebrados se presenta en el Anexo 3: Tabla 3.6

Aplicando el índice cuantitativo de Simpson en los dos puntos de muestreo se presenta cierto grado de contaminación. En el punto M1 hay una contaminación ligera y en el punto M2 una contaminación débil.

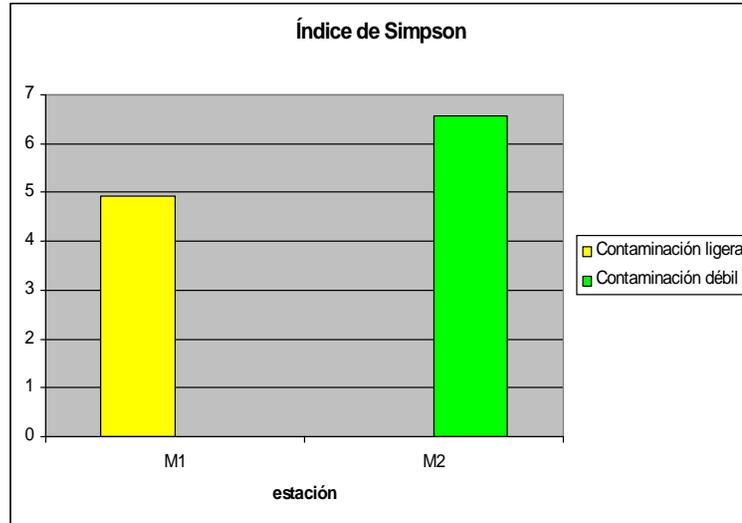


Figura 3.6 Índice de Simpson por estación y según puntuación

El índice cualitativo RBP II muestra un comportamiento similar al del índice de Simpson, sin embargo, aquí se presenta el punto M2 como no influenciado y el M1 como ligeramente influenciado.

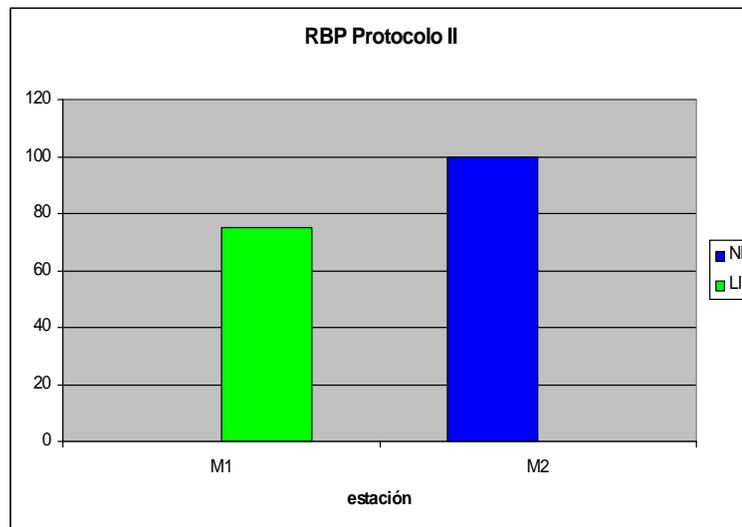


Figura 3.7 Índice RBP Protocolo II por estación y según puntuación

Los datos concuerdan también para el índice biótico aplicable en zonas andinas denominado ABI, el cual está basado en una corrección al ya conocido BMWP.

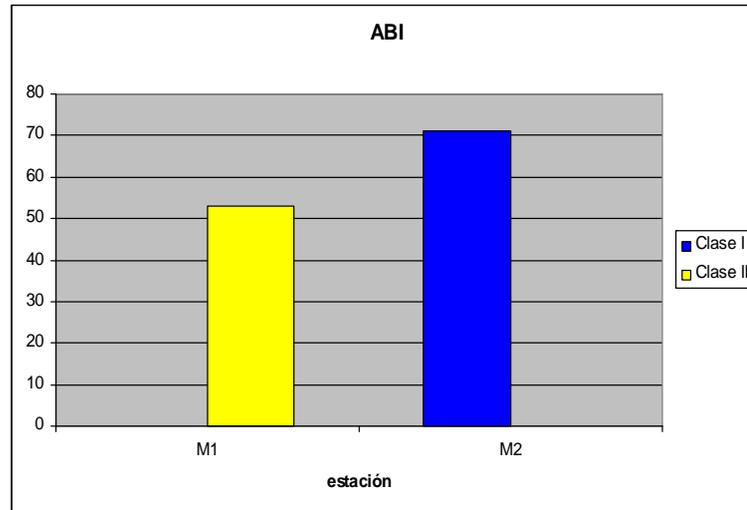


Figura 3.8 Índice ABI (Andean Biotic Index) por estación y según puntuación

Es importante indicar que las características del lecho de la quebrada varían drásticamente a medida que avanza la misma.



Fotografía 3.10 Punto de muestreo M1



Fotografía 3.11 Punto de muestreo M2

3.4.3 Componente socio-económico

Este componente no se vería afectado pues los terrenos son propiedad de IAMGOLD Ecuador S.A. y no existen zonas de cultivo ni pastizales.

3.4.4 Componente social y de paisaje

Salud

Este indicador social se refiere a las consecuencias que ha tenido la falta de un sistema de tratamiento o que pueden derivarse de la construcción de la planta.

Paisaje

Las obras civiles siempre deterioran los paisajes debido al movimiento de tierras, además las estructuras no favorecen a la calidad visual que ahora es muy buena, a pesar de la existencia de pinos en toda el área.

3.5 Espacios frágiles

Las áreas ambientalmente sensibles corresponden a la zona de pantano, al remanente arbustivo y la pequeña quebrada en las cercanías del sistema. De estos puntos solo uno se encuentra dentro del área de influencia del proyecto.

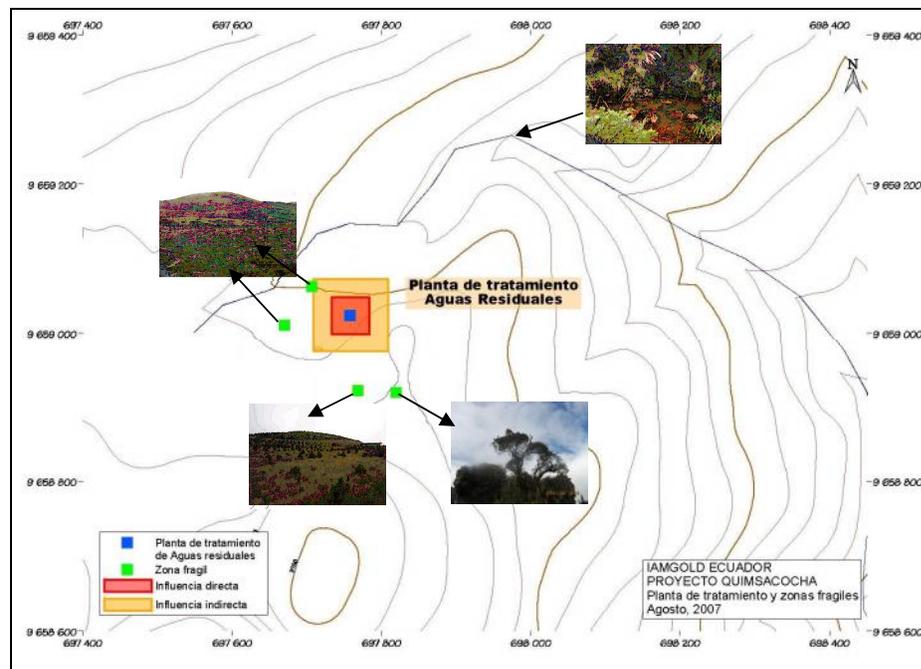


Figura 3.11 Ubicación de zonas frágiles (IAMGOLD Ecuador S.A., 2007)

3.6 Identificación y valoración de impactos

Para la identificación de los impactos se han considerado todos los elementos que van a estar involucrados en el proyecto, agrupados en las siguientes categorías: suelo, aire, agua, flora, fauna, paisaje, salud.

Los impactos serán identificados en una matriz de impactos potenciales del tipo causa - efecto. Entendiéndose como influencia positiva el beneficio y negativa el perjuicio o modificación causada al elemento ambiental. Y en esta tabla se puede observar los elementos e indicadores que se tomaron en cuenta para la identificación.

Tabla 3.7 Indicadores de impacto

CATEGORIA	ELEMENTOS	INDICADOR
SUELO	Calidad	Estructura, fertilidad, inestabilidad, cambios relieve
AIRE	Calidad	Olores, presencia de gases
AGUA	Calidad	Color, turbidez, presencia de contaminantes
	Ciclo hidrológico	Desviación de caudales, disminución
ECOSISTEMA	Interacciones	Cadenas tróficas
	Características del Hábitat	Mantenimiento de características originales
FLORA	Diversidad vegetal	Número de especies, presencia o ausencia
	Cobertura	Porcentaje de cobertura
FAUNA	Diversidad animal	Numero de especies, presencia o ausencia
	Densidad	Número de individuos
SOCIAL	Salud	Enfermedades
PAISAJE	Calidad escénica	Deterioro

Se han identificado un total de 47 impactos de los cuales 29 son negativos y 18 positivos, en la siguiente matriz podemos ver claramente cuales son los elementos ambientales más afectados y cuales son las actividades que más número de impactos causan.

Impacto positivo	
Alto	
Medio	
Bajo	

Impacto negativo	
Alto	
Medio	
Bajo	

Tabla 3.8 Matriz de identificación de impactos ambientales

ELEMENTOS AMBIENTALES			ACTIVIDADES	DE CONSTRUCCIÓN											DE OPERACIÓN		Impactos negativos	Impactos positivos	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	-	+			
Biofisicos	Suelo	Calidad del suelo (estructura, fertilidad)	A	-	-	-		-					-		+	+	5	2	
	Ambiente aéreo	Calidad del aire	C						-						-	-	3		
	Agua	Ciclo hidrológico	D		-	-	-		-						+		4	1	
		Calidad del agua	E												+			1	
	Ecosistema	Interacciones	F									+			+			2	
		Características del hábitat	G		-							-	-		-			4	
	Flora	Diversidad vegetal	H		-							+			+			1	2
		Cobertura	I		-							+	-		+			2	2
	Fauna	Diversidad animal	J									+			+				2
		Número de individuos	K		-							+	+		+			1	3
Social y Paisaje	Social	Salud	L									-		+	-		2	1	
	Paisaje	Calidad escénica	M		-	-	-	-	-	-	-	+		+			7	2	
Total																			
Impactos negativos			-	7	3	3	1	3	2	1	1	4	2	2	2	2	29		
Impactos positivos			+							1	6			10	1	18			

3.7 Evaluación de impactos

Para la evaluación o determinación de la importancia de los impactos se consideraron los siguientes criterios: magnitud, alcance y reversibilidad / irreversibilidad a los que se les dio valores cualitativos según el efecto. Estos se determinaron bajo la siguiente escala: alta, media y baja (Cárdenas, et al. 2005).

Conceptualización de los criterios:

- *Magnitud*: estimación del tamaño de la modificación que se produce en el elemento ambiental y que compromete la función que cumple en el ecosistema. Tiene que ver con la sensibilidad de elemento.
 - Alta: el daño compromete completamente la función del elemento
 - Media: el daño compromete en parte la función del elemento
 - Baja: la afección no compromete la función del elemento.

- *Alcance*: número o porcentaje de individuos o el área afectada de los elementos ambientales implicados en el proyecto.
 - Alta: afección completa a lo largo de toda la carretera y que podría expandirse más allá del área de influencia directa.
 - Media: nivel intermedio de afección en área o individuos, los efectos no se expanden, solo se modifica lo directamente afectado.
 - Baja: muy poca área o individuos afectados.

- *Reversibilidad / irreversibilidad*: capacidad que tiene el elemento para volver a su estado inicial.
 - Irreversible: cuando el elemento no se recuperará del impacto.
 - Medio: cuando parte del elemento se recuperará del impacto.
 - Reversible: cuando el elemento se recuperará totalmente del impacto.

De acuerdo a la siguiente tabla se establece la importancia de los impactos causados por la construcción y funcionamiento del sistema de tratamiento.

Tabla 3.9 Correlaciones para evaluar la importancia de los impactos (Cárdenas, et al. 2005)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN			
Magnitud	Alcance	Reversibilidad	<i>Imp. del Impacto</i>
		Irreversible	Alto
	Alto	Medio	Alto
		Reversible	Medio
		Irreversible	Alto
Alto	Medio	Medio	Medio
		Reversible	Medio
		Irreversible	Medio
	Bajo	Medio	Medio
		Reversible	Bajo
		Irreversible	Alto
	Alto	Medio	Medio
		Reversible	Medio
		Irreversible	Medio
Medio	Medio	Medio	Medio
		Reversible	Medio
		Irreversible	Medio
	Bajo	Medio	Medio
		Reversible	Bajo
		Irreversible	Medio
	Alto	Medio	Medio
		Reversible	Bajo
		Irreversible	Medio
Bajo	Medio	Medio	Medio
		Reversible	Bajo
		Irreversible	Medio
	Bajo	Medio	Bajo
		Reversible	Bajo

Esta obra esta justificada por la importancia que tiene en factores como la disminución del riesgo de contagio de enfermedades por vectores (mosquitos), mejoramiento de la calidad de aguas servidas con posibilidad de reutilización favoreciendo con ello al desarrollo de la flora nativa del lugar y evitando

contaminación al lecho de la quebrada Jordanita. En el Anexo 3: Tablas 10-20, se presentan las evaluaciones por cada actividad.

3.7.1 Impactos sobre el componente Biofísico y B iótico

Impacto: calidad del suelo

El impacto es de carácter medio y puntual. Específicamente sobre el área de la obra pues en ella se causaría compactación, cambios de estructura y relieve debido a la construcción y posible contaminación por hidrocarburos por el transporte de maquinarias. Pero las zonas aledañas; es decir en el área de influencia directa e indirecta, no serán considerables pues incluso los residuales tratados podrían mejorar la calidad del suelo que naturalmente tiene una baja fertilidad; e sto debido al contenido de micro y macronutrientes de los residuales tratados.

Impacto: calidad del aire

El impacto en la calidad del aire es bajo por su carácter de reversible y de alcance medio. Durante la etapa de funcionamiento y mantenimiento se pro ducirían olores que de ser bien manejados no causarían problemas.

Impacto: calidad del agua

El impacto es positivo y de carácter alto pues los residuales que no han tenido un tratamiento previo afectan de forma seria la calidad del agua. Pero al ser somet idos a tratamiento se disminuye la cantidad de nutrientes permitiendo que estos al llegar a los ríos puedan ser autodepurados, sin afectar el ecosistema.

Impacto: ciclo hidrológico

El impacto es medio pues a pesar de ser un impacto irreversible la variaci ón en la escorrentía superficial y la posible infiltración del humedal artificial, estos son de carácter puntual, es decir, su alcance es bajo

Impacto: calidad escénica

Hay elemento extraños al medio como la construcción en sí y los accesos a la planta de tratamiento; y el impacto es considerado como medio pues a pesar de la irreversibilidad de estos, pueden hacerse mejoras estéticas que aumenten la calidad visual del lugar o disminuyan la vistosidad del sistema.

Impacto: diversidad vegetal

El impacto es bajo pues únicamente en el área de construcción y accesos se afecta la vegetación y en los alrededores no se ve afectada. En la zona de accesos es posible rehabilitar y con el paso del tiempo la especie vegetal del sistema de tratamiento pasará a ser parte del ecosistema y las aguas tratadas favorecerán al crecimiento de las especies nativas por sus nutrientes.

Impacto: cobertura

Aunque al inicio se elimina por completo la vegetación en la zona de construcción y acceso el impacto es medio por su carácter de reversible y medio reversible. Pues la cobertura vegetal de la zona de acceso puede ser recuperada y en la zona del humedal la cobertura aumentará con el paso del tiempo por el fácil prendimiento y crecimiento de la totora.

Impacto: diversidad animal

El impacto es positivo y de carácter medio pues algunos insectos pueden llegar a la zona por la presencia de agua y nueva vegetación (mariposas, abejas, escarabajos, etc.)

Impacto: número de individuos

El impacto es positivo y de carácter medio pues los animales migrarían de la zona cuando el personal esté trabajando en el sistema; y cuando los trabajos terminen los animales regresan. Además por la presencia de agua, vegetación y rocas llegarán más aves e insectos para alimentarse y refugiarse.

Impacto: interacciones

El impacto es medio sobre la cadena trófica provocando que el lugar se convierta en un micro-hábitat en el cual interaccionan varias especies.

Impacto: características del hábitat

La impacto es de carácter medio pues los cambios son de carácter irreversible; sin embargo son puntuales pues toda el área de influencia directa e indirecta no se ve afectada de forma negativa.

Impacto: salud

El impacto sobre la salud es de carácter bajo pues durante la construcción se pueden dar dolores de espalda leves debido al transporte de materiales. Y de igual forma en el mantenimiento, debido a los posibles olores, que pueden producir dolores de cabeza e infecciones a la piel. Estos efectos pueden ser minimizados mediante el uso de fajas de seguridad, guantes y mascarillas.

3.7.2 Análisis de los resultados

De acuerdo a los resultados se producen 47 impactos en total; de los cuales 29 son negativos y 18 son positivos.

Los elementos ambientales que más se verán afectados (de forma negativa) por el proyecto son: calidad del suelo y calidad escénica. Estos impactos en su mayoría son de magnitud media (51,72%); su alcance se reduce al área del proyecto (72,41%) y son irreversibles en su mayoría (42,86%). Por tanto se concluye que *17 impactos negativos son irrelevantes, 9 son moderados y 3 son fuertes.*

En cuanto a los impactos positivos los elementos ambientales que más se verían beneficiados son calidad del suelo, fauna, interacciones, salud y calidad del agua. Los impactos en su mayoría son de magnitud media (61,11%); su alcance abarca la zona de influencia directa de la planta de tratamiento (61,11%) y son permanentes; es decir son irreversibles (66,67%). Por tanto podemos concluir que *7 impactos positivos son irrelevantes, 6 son moderados y 5 son fuertes.*

3.8 Medidas de atenuación***Limpieza y desmonte***

Este trabajo deberá realizarse de la forma más cuidadosa retirando la vegetación por chambas y colocándola de forma ordenada para que pueda ser utilizada en labores de rehabilitación en otras zonas con vegetación si milar.

Replanteo y nivelación

El material removido deberá ser colocado de forma ordenada y de ser posible cubrirlo con plástico o con la vegetación extraída para evitar que este se pierda por escorrentía debida a las lluvias orográficas durante todo el año.

Excavación y compactación

Todo el material que sea aprovechable de la excavación y nivelación debe ser utilizado en la construcción de terraplenes (Cárdenas, et al. 2005). Y en caso de existir un excedente de material este deberá transportarse a otro sitio en el cual sea requerido evitando su desecho.

Estructuras y mampostería

Para las obras de ingeniería como son el manto de lodos y los tanques de revisión debe transportarse únicamente el material necesario y evitar realizar mezclas de cemento sobre el suelo directamente, para ello se utilizarían tinas plásticas o metálicas. El material excedente será retirado de las zonas de influencia directa e indirecta.

Impermeabilización

En el caso de no lograr impermeabilizar el humedal artificial con las arcillas deberá utilizarse en primera instancia bentonita que es una arcilla natural que favorece a la compactación o de ser necesario utilizar geomembrana gruesa para evitar infiltraciones en el terreno que puedan causar contaminación.

Desagües y ventilación

Sobre la ventilación es importante que se controle la salida de gases y los malos olores causados por el ácido sulfhídrico que puede producirse en el sistema por anaerobiosis. Además este ácido puede corroer las paredes del sistema y causar problemas estructurales (Metcalf y Eddy, 1995). Se recomienda el uso de limallas de hierro que permitan atrapar las moléculas de azufre convirtiéndolas en sulfuro de hierro.

Relleno de piedra

Para evitar afectar otros ecosistemas la piedra que se utilice en lo posible deberá ser rechazo o puede ser recogida de los alrededores o de los bordes de las vías.

Material vegetal

Es preferible buscar pastizales en los cuales se tenga ganado y la totora sea un problema para los ganaderos, así al retirar el material ayudamos a los ganaderos y no

alteramos ecosistemas naturales. Sin embargo, es importante no eliminar por completo la especie pues ayuda a mantener la calidad de las aguas cercanas al lugar de recolección.

Transporte de materiales y maquinaria

Debido a presencia de zonas frágiles y pantanosas en la vía de acceso al sitio de construcción, no se utilizará maquinaria pesada para las excavaciones o el transporte de materiales.

Para hacer más fácil el acceso al sistema y evitar el pisoteo de la vegetación se requerirá conformar una caminera de madera que debe estar por lo menos 15cm por encima de la vegetación para evitar su deterioro.

Funcionamiento

Debido a la presencia de alpacas en la zona se requiere cercar el sistema para que estas no se alimenten de las plantas afectando los porcentajes de remoción por deficiencias en la traslocación de oxígeno.

Es importante controlar el funcionamiento, estar al pendiente del prendimiento de la totora, de ser necesario agregar más al sistema y verificar la calidad del agua de forma periódica.

Mantenimiento del sistema

Cuando sea necesaria la extracción de lodos del sistema de manto esta deberá hacerse bajo la supervisión del técnico y el personal deberá utilizar, mascarillas y guantes para colocar los lodos en la zanja cubiertos del viento y lluvia para su secado. Cuando el porcentaje de humedad de estos sea menor al 40% deberán ser transportados en tanques herméticos a un sitio adecuado para proceder al compostaje.

3.9 Conclusiones

Al desarrollar la evaluación de impactos previa a la construcción del sistema es claro notar la importancia y trascendencia del proyecto pues a pesar de que existan impactos serios estos son puntuales. Y el tratamiento de los residuales favorece a mantener la calidad del ecosistema en general a más de evitar posibles enfermedades causadas por los residuales sin tratamiento.

Al estar el sistema en una zona alta, los resultados que se obtengan favorecerán al desarrollo de este tipo de programas en localidades con climas similares.

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1 Parámetros de diseño

El caudal y la concentración de constituyentes son muy importantes en el diseño y operación de las unidades de tratamiento.

La elección racional de caudal de diseño se basa en consideraciones de tipo hidráulico y de proceso. Las unidades de proceso y los conductos para el transporte del agua residual se deben dimensionar en forma tal que permitan soportar los caudales pico que llegarán a la planta de tratamiento. Muchas de las unidades de tratamiento se diseñan con base en el tiempo de retención o la carga superficial para lograr las tasas deseadas de remoción de DBO y SST. Sin embargo es importante considerar para las variaciones de caudal y la carga a másica del contaminante afluente (Crites y Tchobanoglous, 2004). La planta de tratamiento fue sobredimensionada para evitar problemas con flujos pico, aumentar el tiempo de retención debido a las bajas temperaturas y previendo el posible aumento de personal.

4.1.1 Manto de lodos anaerobio

Este sistema fue diseñado por el Ing. Marcelo Muñoz de la Escuela Politécnica Nacional para un aproximado de 80 personas (actualmente habitan 50 personas), tomando como criterio la carga orgánica que se basa a la descarga diaria de DQO y la carga volumétrica escogida para trabajar (Da Cámara, et al.; sf), los datos utilizados para este fin fueron los de las estadísticas de consumo de agua per cápita persona/día. En base a la relación de Carga Orgánica se despeja el volumen del reactor, utilizando el más extremo de los casos (mayor caudal y DQO a manejar)

$$CO = \frac{DQO_{afl}(mg/L) * Q(m^3/día)}{V(m^3) * 1000}$$

*Esta fórmula puede ser encontrada en el manual de Da Cámara, et al. (sf)

De esta forma el sistema tiene las siguientes características: 1,8m de ancho, 1,8m de largo y 3m de altura. Logrando un tiempo de retención aproximado de un día, con

una carga orgánica de 250 mg/L (DBO_5), un porcentaje de remoción del 65% y caudal promedio de 0.1L/s. Por ser un sistema cerrado no se consideró a la pluviometría. Los planos del diseño del sistema que incluyen cortes y vista de planta se encuentran en el Anexo 4: Figura 4.1 Y a continuación se presenta un pequeño diagrama del sistema a manera de ilustración

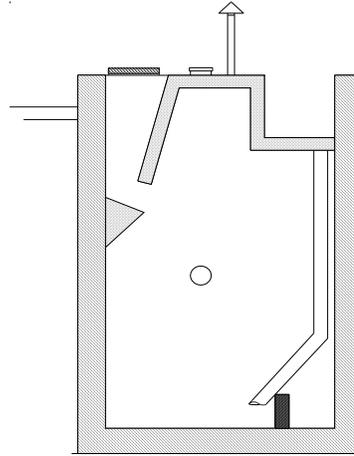


Figura 4.2 Diagrama del sistema de manto de lodos

El manto de lodos recibe el residual, mediante flujo ascendente, desde el alcantarillado, luego las aguas aquí tratadas pasan al humedal para luego canalizarse hacia un área en la cual se encuentran sembradas especies forestales nativas como es el caso de *Polylepis spp* y ser usadas para riego.

Durante la construcción se evidenció un error en el diseño, debido al cual la tubería de entrada estaba por debajo de la tubería de salida razón por la cual debimos alterar la construcción y colocar la tubería de salida 50cm por debajo de la entrada, disminuyendo la capacidad del tanque y por tanto del tiempo de retención.

4.1.2 Humedal artificial subsuperficial

El diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial ; se basa en una cinética de primer orden de flujo pistón para la remoción de DBO. Esto quiere decir que de acuerdo con la carga orgánica superficial que es la concentración de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) que ingresaría al sistema, el porcentaje de remoción que se desea obtener, la temperatura, carga hidráulica (según datos estadísticos consumo de agua persona/día dando un aproximado de 0,1 L/s) y el tamaño del material pétreo a utilizar se determina el tamaño y diseño del sistema . Considerando siempre un flujo

continúo. Considerando que por la temperatura la eficiencia de remoción se reduce y esta puede ser compensada con el tiempo de retención (EPA, 2000) .

En primera instancia se decidió la profundidad del humedal de acuerdo a la especie vegetal a ser utilizada (0,50m); luego de acuerdo a la tabla propuesta por Metcalf y Eddy (1995) se establecieron los valores de porosidad, conductividad Darciana, pendiente y K_{20} para el materia de soporte del sistema (grava gruesa).

Tabla 4.1 Características del material de soporte (Metcalf y Eddy, 1995)

Material	Porosidad ()	Conductividad Darciana	Pendiente	K_{20}
Grava tamaño de grano 8 a máximo 10%	0,35	500 (m ³ /m ² d)	0.01	0.86

El siguiente paso fue determinar K_{20} a 14°C como temperatura mínima del agua, pues en el campamento se utiliza agua caliente para gran parte de la s actividades.

$$K_T = K_{20} * 1,1^{(T-20)}$$

En base a este dato y con las concentraciones de DBO_5 de entrada (280mg/L) y salida (120mg/L); un porcentaje de remoción del 70% se determinó el tiempo de retención del sistema entre los poros intersticiales de la grava.

$$t^I = -\ln (C_e / C_s) / K_T$$

Para determinar la superficie necesaria para establecer el tiempo de retención requerido se determinó la superficie transversal, ancho y longitud del sistema.

$$A_c = Q / k_s * S$$

$$W = A_c /$$

$$L = t^I * Q / W *$$

Finalmente se comprobó la carga hidráulica y la DBO_5 utilizando las siguientes fórmulas:

$$L_w = Q / A_s$$

$$DBO_5 = Q * C_e$$

* Todas estas formulas pueden ser encontradas en el libro de Metcalf y Eddy (1995).

De acuerdo a estos cálculos el sistema tiene una sección transversal trapezoidal de 20 metros de largo por 10 metros de ancho y una profundidad de 0,5 metros. Con flujo horizontal subsuperficial. A su entrada y salida existen pequeños tanques de revisión para la medición del flujo y la toma de muestras (Anexo 4: Figura 4.3 y 4.4).

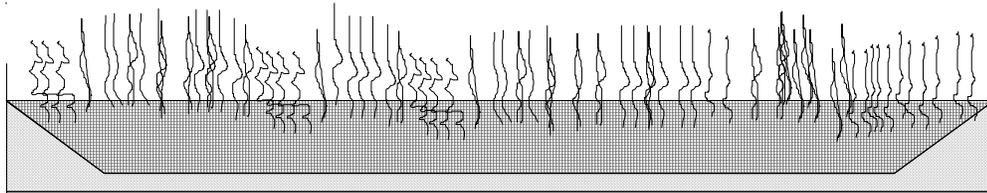


Figura 4.5 Diagrama del humedal artificial subsuperficial

En resumen el tamaño y dimensiones de sistemas como estos es variable y depende de las condiciones climáticas, caudal y las características de los residuales. Se presenta a continuación un diagrama de la distribución del sistema y los puntos de muestreo.

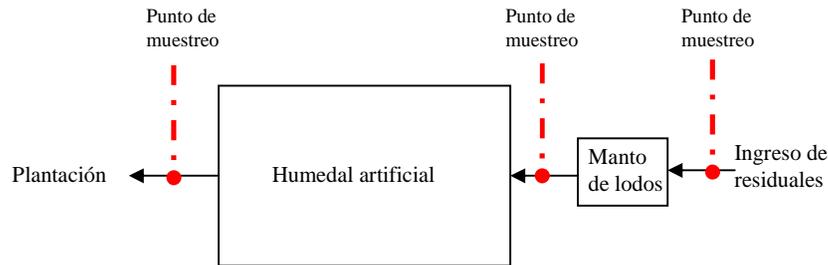


Figura 4.6 Distribución del sistema de tratamiento de residuales

4.2 Construcción del manto de lodos (UASB)

4.2.1 Limpieza y desmonte

Esta actividad, nos permite definir el área en la que se va a construir, mediante el retiro de la capa vegetal, utilizando herramienta y sistemas de transporte manual.

Con la finalidad de minimizar la superficie alterada, para el retiro de la capa vegetal, se definen espacios (chambas) de un aproximado de 20 x 20 centímetros mediante el uso de palas y se procede a levantarlas, conservando la capa vegetal con sus raíces, para que de esta manera puedan ser reutilizados para la rehabilitación de zonas

aledañas que puedan verse afectadas por el sistema constructivo. La superficie afectada es de 6m de longitud por 2,50m de ancho. Espacio en que se implantará el canal de entrada, el manto y zanja de lodos.



Fotografía 4.1 Retiro de chambas

4.2.2 Replanteo y nivelación

En el espacio conformado mediante la limpieza se procede a trazar los ejes de construcción y se definen los niveles que nos permiten obtener datos precisos de excavación o relleno necesario para la superficie. En la dirección sureste - noroeste se procede a excavar hasta una profundidad de 80cm por todo el ancho, es decir, 48m³, material que se preservó para su utilización en rellenos futuros.



Fotografía 4.2 Replanteo y nivelación del terreno

4.2.3 Excavación y compactación

Para la construcción del manto de lodos se excava una profundidad de 1.70m, desde la rasante, con la finalidad de que la estructura se halle enclavada en el suelo y de esta manera favorezca al mantenimiento de una temperatura estable en el interior del sistema, pues debido a las variaciones climatológicas del área, la temperatura presenta drásticas disminuciones.

Para obtener una superficie con la resistencia suficiente se procede a compactarlo humedeciendo y usando material de reposición y pisón de madera. Como el suelo es arcillo limoso, mediante este sistema se obtiene buena resistencia.



Fotografía 4.3 Excavación para enterrado del tanque

4.2.4 Estructuras y mamposterías

Como la construcción no presenta mayores complicaciones las estructuras se pueden realizar, se las puede clasificar como simple y como el terreno tiene buena resistencia, se realizó un replantillo de piedra de canto rodado de aproximadamente 30cm de diámetro, sobre ello se tendió malla de hierro electro soldada “R 335” y se funde una capa de hormigón simple de $f_c.180\text{kg/cm}^2$ de 5cm de espesor.



Fotografía 4.4 Cimentación del tanque

La mampostería se realiza utilizando bloques de hormigón “disensa” de 15 x 20 x 40 centímetros, y mortero arena - cemento en dosificación 1:3 hasta una altura de 1.50m, hasta llegar a flor de tierra. A partir de este nivel se construye una cadena de amarre perimetral de 15 x 20 centímetros, con acero de refuerzo viga “V5” y hormigón simple $F_c. 210\text{kg/cm}^2$. Desde esta cadena se incorporan columnas de 15 x

15 centímetros y se continúa la construcción de la mampostería con bloque similar, hasta completar una altura total de 3m.



Fotografía 4.5 Levantamiento de paredes

Para cubrir (techo) se prefabrican losas planas con hierro de 12mm en dos sentidos y hormigón simple de Fc. 210kg/cm². En estas losas se realizan todos los detalles como deflectores que se muestran en la figura siguiente.

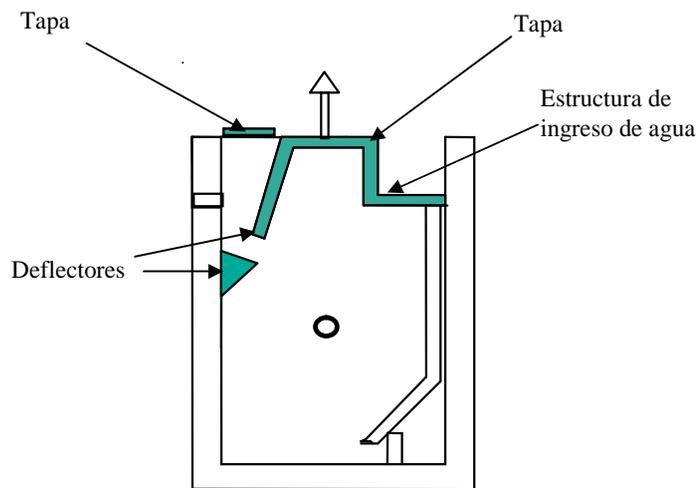


Figura 4.7 Cubiertas y deflectores

El canal de entrada se lo construye en iguales condiciones, sus paredes laterales son de bloque de cemento y tapas de losas prefabricadas. La zanja de lodos, que es a cielo abierto, tiene una longitud de 5m y un ancho de 50cm; sus paredes laterales son de bloque de cemento, las mismas que se levantan sobre un replantillo de piedra construido con especificaciones iguales a las antes descritas.

Es necesario hacer mención especial que para la elaboración de mezclas y hormigones estos se realizaban en cubetos metálicos, para minimizar las afecciones al medio ambiente.



Fotografía 4.6 Canal de entrada al sistema



Fotografía 4.7 Zanja de lodos

4.2.5 Impermeabilización

Las paredes interiormente tienen tratamiento especial: en primer lugar se procedió al enlucido, con mortero arena - cemento en proporción 2:1, posteriormente se procede al empastado liso con cemento puro, y el acabado final impermeabilizado utilizando productos SIKA aplicado con brocha. De esta manera se ha logrado evitar definitivamente cualquier posibilidad de filtraciones o humedecimientos en las paredes de la estructura.

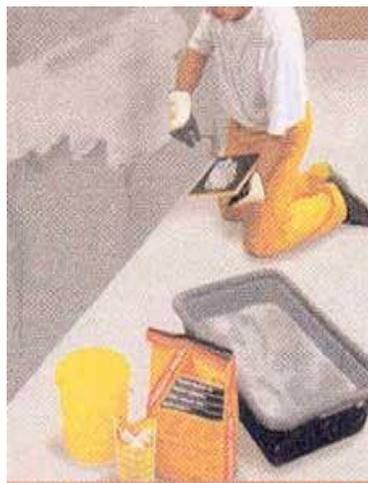


Figura 4.8 Esquema de impermeabilización con Sika

4.2.6 Desagües y ventilación

Según los planos constructivos, se ha utilizado tubos de PVC de 4 pulgadas y longitudes especificadas. Para que el flujo en el sistema sea ascendente las tuberías de ingreso se colocaron como se indica en la figura.

Para la ventilación se utilizó tubo metálico de 2 pulgadas.

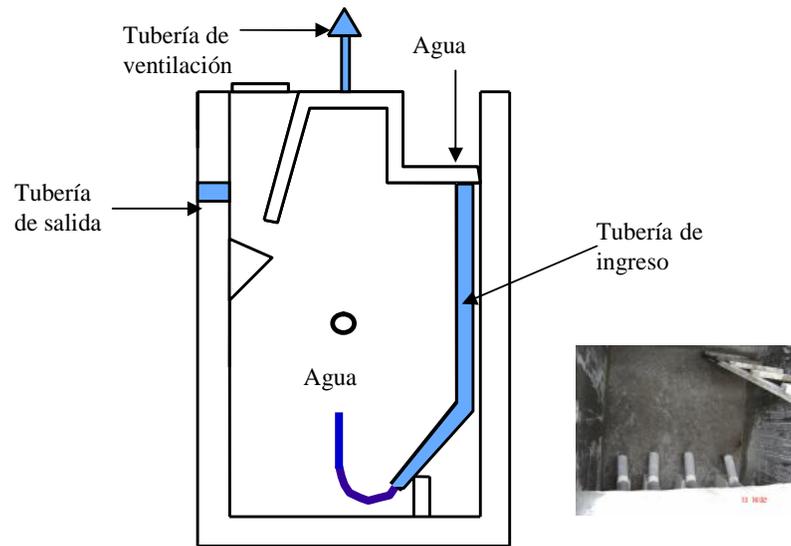


Figura 4.9 Desagües y ventilación

4.2.7 Transporte de materiales y maquinarias

Cabe en este rubro hacer referencia especial, que debido a la fragilidad del ecosistema en la zona de ingreso, los vehículos accedían únicamente hasta el parqueadero del campamento ubicado a unos 500m de distancia de la obra desde este sitio fue necesario realizar el acarreo a mano con gente de la compañía, para ello se construyó una caminera de madera.



Fotografía 4.8 Transporte de materiales

4.2.8 Llenado y arranque de las bacterias

Terminada la construcción se procedió a llenar el tanque y para dar el arranque a las bacterias se hizo un preparado especial a base de harina de maíz, levadura, leche y melaza.

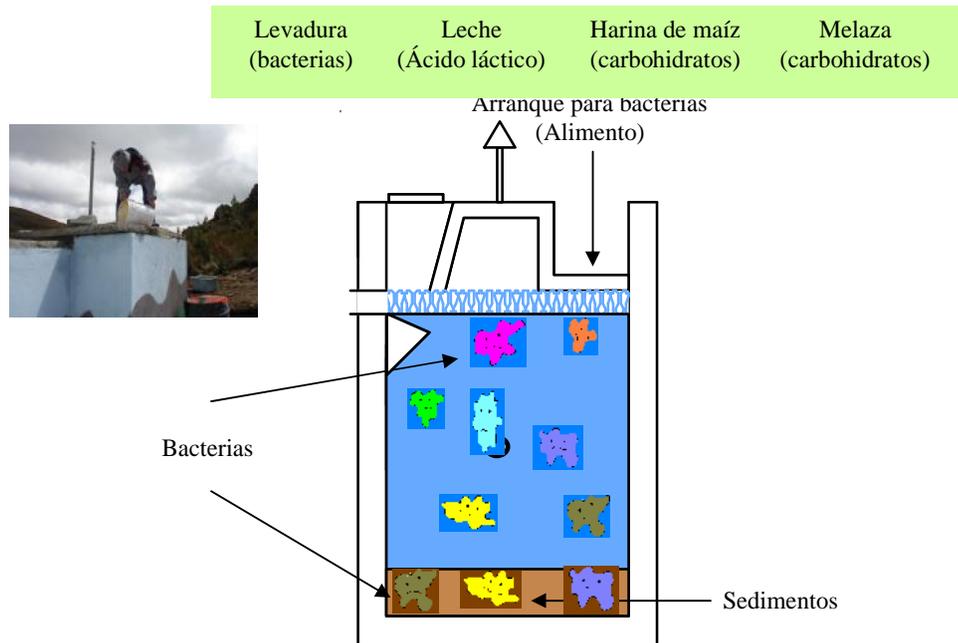


Figura 4.10 Arranque de bacterias

4.2.9 Manejo del gas metano

Terminada la construcción se notó que el volumen de residual es menor al esperado y que el gas metano que se produce por la actividad bacteriana escapa por la tubería siendo muy difícil su control.



Fotografía 4.9 Evidencia de gas metano en el sistema

Por ello se disminuyó el diámetro de la tubería y se colocó un sifón, logrando de esta manera canalizar el gas por tubería implementando una trampa de vapor de agua (pequeño sifón).

4.3 Construcción del humedal artificial subsuperficial

4.3.1 Limpieza y desmonte

Esta actividad se la realiza en iguales condiciones y forma de trabajo que se especifica para la construcción del manto de lodos. El área utilizada es de 22m de largo por 10m de ancho.

4.3.2 Replanteo y nivelación

Habiendo realizado el replanteo y definido el área a utilizar en el terreno natural, este presenta una pendiente aproximada de 15%, lo que implica realizar un corte “desbanque” hasta los 12m de longitud por 10m de ancho a partir de esta dimensión, es necesario compensar, realizando el relleno de un a longitud de 8m utilizando el material del corte, para de esta manera obtener una plataforma de 200m².

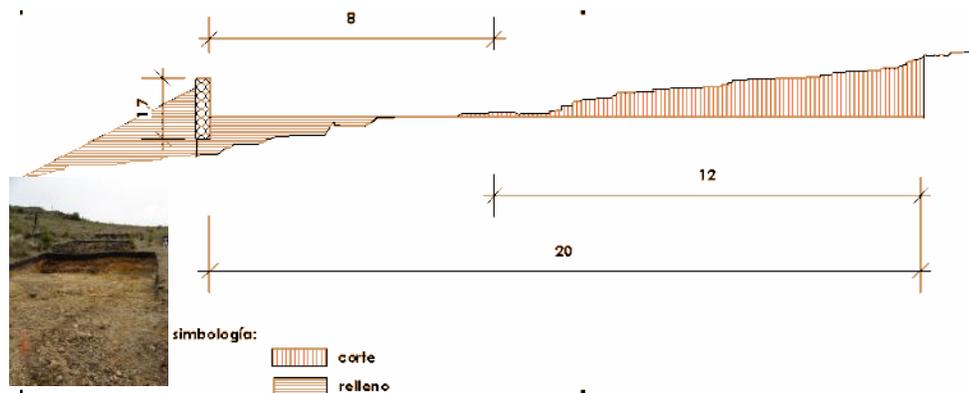


Figura 4.11 Esquema de corte y relleno

4.3.3 Muros de contención

En el extremo del terreno de 10m de ancho y el lateral derecho, con una longitud de 8m, es necesario la construcción de muros de hormigón ciclópeo “60% piedra, 40% mortero” con las siguientes especificaciones: profundidad de excavación en el terreno nivelado 50cm; altura a flor de tierra 1,20m; altura total 1,70m; ancho 40cm

y posteriormente se les dio un acabado interno a base de enlucido con mortero arena - cemento.



Fotografía 4.10 Muro de contención



Fotografía 4.11 Forma del muro de contención

4.3.4 Conformación y compactación

Con el material excedente de las excavaciones del manto de lodos y del humedal se construyeron los bordes triangulares (chaflán) de la cabecera y laterales que tienen dimensiones de 2m de ancho por 50cm de alto, conformando el humedal como una figura trapezoidal.



Fotografía 4.12 Construcción de bordes

Para concluir la construcción del humedal, se utilizó bentonita y caolín existente en la zona a más del material de excavaciones para recubrir toda el área del humedal, tanto en el fondo como en los chaflanes mediante capas de 15cm de espesor, las mismas que son compactadas usando un apisonador neumático.

De esta manera se logra impermeabilizar el sistema y obtener una pendiente longitudinal del 1%, que permitirá el correcto fluido del residual cuando el humedal esté en funcionamiento.



Fotografía 4.13 Apisonado de material arcilloso en humedal

4.3.5 Relleno de piedra

En todo el humedal se coloca piedra de canto rodado de diámetros aproximados entre 10 a 15 centímetros, (material que fue colectado de los márgenes de la vía para disminuir costos) hasta un espesor de 50cm. Este material pétreo llega a formar una estructura de apoyo o anclaje para bacterias y hongos que se encargan del tratamiento de las aguas residuales.



Fotografía 4.14 Colocación de material pétreo

4.3.6 Estructuras de entrada y salida

Son los pozos de revisión, (50 x 50 x 60 centímetros) construidos con mampostería de ladrillo panelón sobre una base de piedra y hormigón de 15cm de espesor y una capa de selladura de hormigón simple de 180kg/cm² de 5cm de espesor, los acabados

son con enlucidos tanto interna como exteriormente, las tapas se las ha construido a base de tool.



Fotografía 4.15 Caja de revisión con tapa de tool

4.3.7 Desagües y ventilación

En el pozo de la cabecera se colocó en la base un tubo de PVC de 4 pulgadas que conecta en tee con otro tubo de PVC de 4 pulgadas que corre a lo ancho del humedal, en el que se han realizado perforaciones cada 10cm en toda su extensión, los extremos se halla sellados para impedir fugas de liquido .



Fotografía 4.16 Flauta para distribución de residual

Al otro extremo, ósea la salida, se coloca un tubo de PVC de 4 pulgadas con reducción a 2 pulgadas el mismo que se halla conectado a una manguera de politubo de 2 pulgadas que sirve para distribuir los residuales en la plantación.

4.3.8 Material vegetal

Las plantas de totora (*Scirpus rigidus*) fueron colectadas de un pastizal en la zona de Chumblín; se escogió esta zona debido a que las condiciones climáticas son similares y la diferencia de altura no es mayor a 500m s.n.m.



Fotografía 4.17 Recolección de totora

Las totoras fueron llevadas en chambas y separadas ya en la zona del humedal para sembrarlas a una densidad de 6 plantas por metro cuadrado. Inicialmente con ellas se cubrieron los primeros 15 metros del humedal.



Fotografía 4.18 Siembra de totora

4.3.9 Observaciones Generales

Al llenar el sistema se presentaron fugas en el extremo del humedal por entre el muro de contención en principio debido a fallas en el empastado y luego a pesar de arreglarlo, el problema continuo demostrando que la verdadera razón de la fuga era la incompatibilidad entre las arcillas del humedal y el muro de contención que permitía la filtración del agua. Este inconveniente se sol ventó con la colocación de una geomembrana que cubría los últimos 5 metros del humedal y toda la altura del muro de contención.



Fotografía 4.19 Geomembrana que contiene fuga en el humedal

Después de todo el trabajo de formación del humedal artificial se vio la necesidad de cubrirlo en su totalidad de totoras pues se requería un mayor ingreso de oxígeno al agua para su depuración, pues las plantas tienen un tiempo aproximado de 3 a 4 meses para su prendimiento y el color del agua (negra) indicaba esa de ficiencia de oxígeno.



Figura 4.20 Antes de la construcción



Figura 4.21 Después de la construcción

4.4 Conclusiones

- En conclusión podemos afirmar que una de las primeras observaciones debe ser la correcta ubicación del sistema para evitar amplios movimientos de tierra y la construcción de muros de contención para estabilizar el terreno.
- En la ubicación del sistema también debe considerarse la accesibilidad pues en este caso los trabajos se retrazaron un lapso de 8 meses pues era imposible ingresar maquinaria.
- Otro aspecto importante es que los cálculos para el diseño del sistema no solo deben basarse en los datos estadísticos de consumo de agua persona/día pues es muy variable y depende de las condiciones económicas y las actividades de la comunidad o en este caso del personal. Se recomienda realizar mediciones de los volúmenes de residuales producidos diariamente por lo menos en un lapso de una semana para lograr estimar el tamaño real a ser requerido para su tratamiento.

Debido a este error de cálculo las tuberías son de un diámetro demasiado grande en el manto de lodos y permitían el escape del gas metano y ácido sulfhídrico que son nocivos para la capa de ozono y la salud. Siendo el gas metano uno de los principales gases de efecto invernadero.

- La incompatibilidad entre el cemento y las arcillas causa serios problemas de fugas en el sistema, razón por la cual esto debe evitarse al 100% pero, de ser requerido, la geomembrana es una excelente opción y de alta duración.
- La poda de las totoras ayuda a que estas prendan con mayor rapidez mejorando el tiempo de arranque para la depuración.
- Fue necesaria la siembra de más totoras para aumentar la cantidad de oxígeno trasladado al sistema. Y debido a que las alpacas que existen en la zona se alimentaban de ellas fue necesario cercar el lugar.

- Los agujeros de la flauta de ingreso del residual al humedal deben ser limpiados de forma continua para mantener el flujo pistón y siempre controlar que el volumen de entrada sea igual o muy similar al de salida, para así descubrir fugas.
- Debido al ingreso intermitente de residuales al sistema de manto de lodos fue necesaria la colocación de un sifón a la salida para evitar malos olores y dentro del tanque se colocó en una bandeja plástica limallas de hierro para eliminar el ácido sulfhídrico del sistema y precautelar la buena calidad de la estructura.
- A pesar de los altos porcentajes de remoción que pueden alcanzarse en estos sistemas se requiere de un sistema de desinfección, como los filtros UV.

CAPÍTULO V

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

5.1 Caudales

Con los datos obtenidos en la medición de caudales; que pueden ser apreciados en el Anexo 5: Tablas 5.1-5.3; se calculó los caudales promedio, máximos, mínimos y factor pico de ingreso, salida del UASB y salida del humedal.

En el ingreso de residuales al sistema los valores obtenidos en los diferentes cálculos son los siguientes:

Caudal promedio: 0,053L/s

Caudal promedio máximo: 0,127L/s

Caudal promedio mínimo: 0,007L/s

Factor pico máximo: 2,40L/s

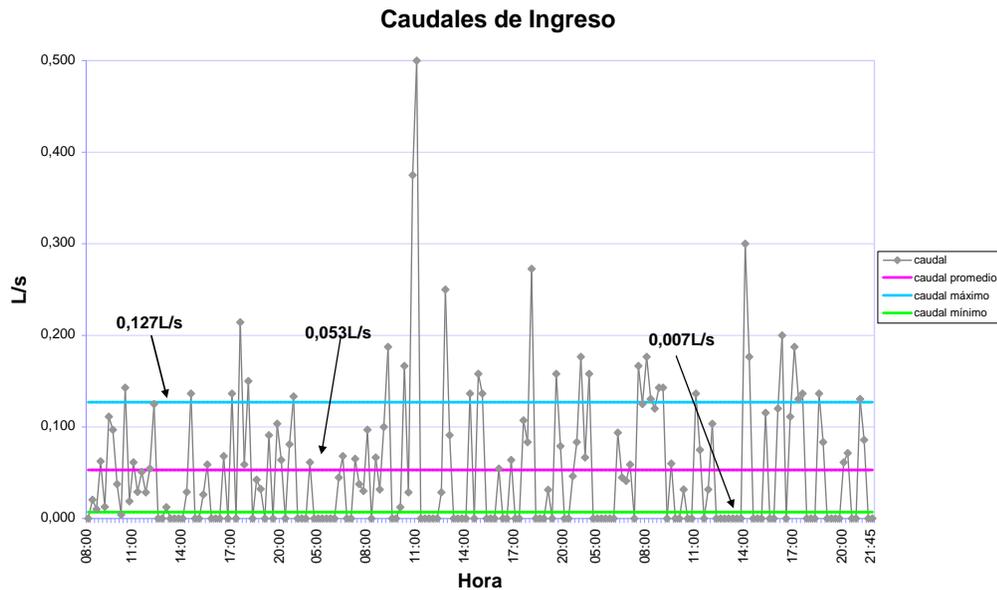


Figura 5.1 Variación diaria de caudales en ingreso por hora y según litros por segundo

En el caso de los caudales que fluyen desde el UASB o Manto de Lodos tenemos los siguientes resultados:

Caudal promedio: 0,099L/s

Caudal promedio máximo: 0,175L/s

Caudal promedio mínimo: 0,057L/s

Factor pico máximo: 1,768L/s

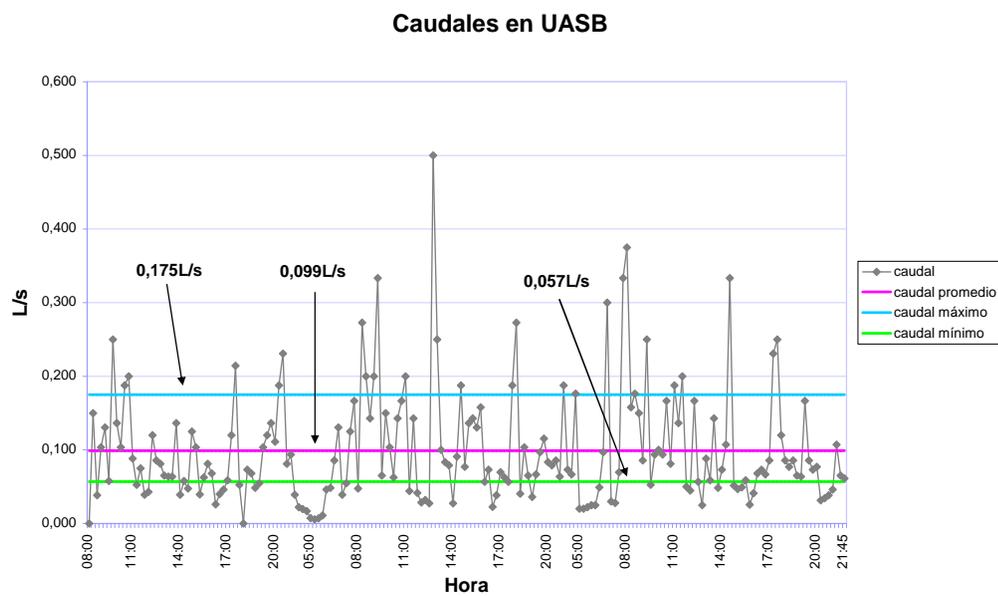


Figura 5.2 Variación diaria de caudales en efluente de UASB por hora y según litros por segundo

Y finalmente para el humedal artificial de flujo subsuperficial se obtuvieron los siguientes datos:

Caudal promedio: 0,117L/s

Caudal promedio máximo: 0,162L/s

Caudal promedio mínimo: 0,079L/s

Factor pico máximo: 1,385L/s

Cabe resaltar que para los cálculos del factor pico máximo (FP) se utilizo la fórmula:

$$FP = \frac{\text{Caudal máximo promedio}}{\text{Caudal promedio}}$$

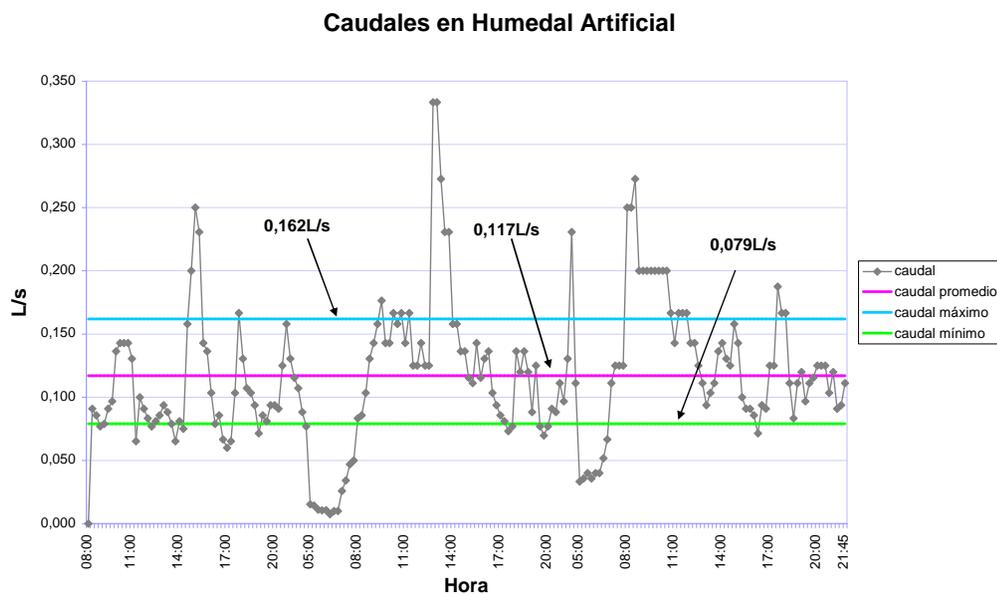


Figura 5.3 Variación diaria de caudales en efluente de humedal por hora y según litros por segundo

5.2 Carga orgánica y tiempo de retención

5.2.1 Manto de Lodos

Para las dimensiones del reactor de $9,72\text{m}^3$, una concentración media de DQO de $2.957,22\text{mg/L}$ y un caudal promedio de ingreso de $0,053\text{L/s}$. La carga orgánica es de $1,393\text{Kg/m}^3\cdot\text{día}$ y el tiempo de retención hidráulico de $1,77$ días ($42,45$ horas).

Estos datos demuestran que el sistema está trabajando con cargas orgánicas dentro de las reportadas por Crites y Tchobanoglous (2004) ($0,80 - 16,05\text{Kg/m}^3\cdot\text{día}$). Y el tiempo de retención es 41% mayor al máximo reportado por los mismos autores (30 horas). Para el cálculo de estos dos parámetros se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{TRH} = \frac{V}{Q}$$

$$\text{CO} = \frac{Q * C_0}{V}$$

- TRH: Tiempo de retención hidráulica (días)
- CO: Carga orgánica ($\text{KgDQO/m}^3\cdot\text{día}$)
- V: Volumen del reactor (m^3)
- C_0 : Concentración afluente de DQO (mg/L)
- Q: caudal de agua residual ($\text{m}^3/\text{día}$)

5.2.2 Humedal artificial

De forma similar para un sistema con un área de 200m^2 , una concentración de DBO de $326,68\text{mg/L}$ y un caudal recibido desde el UASB de $0,099\text{L/s}$. La carga orgánica superficial es de $0,014\text{Kg/m}^2\cdot\text{día}$ y el tiempo de retención es de $4,09$ días ($98,20$ horas).

La CO_s encontrada muestra que el sistema ha trabajado con una carga orgánica 94% mayor a la reportada por Metcalf y Eddy (1995) ($0,0067\text{KgDBO/m}^2 \cdot \text{día}$). Y el tiempo de retención es bueno pues es similar al establecido en los parámetros de diseño.

Las formulas aplicadas para tiempo de retención y la carga orgánica superficial son las siguientes:

$$TRH = \frac{V *}{Q}$$

$$CO_s = \frac{Q * C_0}{A}$$

- TRH: Tiempo de retención hidráulica (días)
- CO_s: Carga orgánica superficial (KgDQO/ha·día)
- : porosidad
- V: Volumen del reactor (m³)
- C₀: Concentración afluente de DBO (mg/L)
- Q: Caudal de agua residual (m³/día)
- A: Área superficial (m²)

5.3 Carga hidráulica

Para el manto de lodos la carga hidráulica promedio fue de 0,471m³/m³·día. Esta carga es menor a la expuesta en el trabajo de Mansur (20 04) que al recopilar información de varios autores presenta como cargas usuales entre 0,6 a 3,8 m³/m³·día. La formula aplicada para el cálculo fue la siguiente:

$$CH = \frac{Q}{V}$$

En el caso del humedal artificial su carga hidráulica es de 0,043m³/m²·día, este dato muestra que el sistema esta trabajando con una carga dentro de los rangos reportados para este tipo de sistemas por Convenio IDEAM-UTP-CINARA (2005) (0,024 - 0,049 m³/m²·día)

La formula utilizada para este caso fue:

$$CH = \frac{Q}{A}$$

5.4 Coeficiente de velocidad de degradación del sistema (k)

En el caso del manto de lodos la constante de velocidad de degradación es de $0,703 \text{ d}^{-1}$ y para el humedal artificial subsuperficial es de $0,278 \text{ d}^{-1}$. Estos datos se obtuvieron aplicando la fórmula

$$C_e/C_o = \exp(-K\tau t)$$

- C_e : Concentración de DBO5 del efluente (mg/L)
- C_o : Concentración de DBO5 del afluente (mg/L)
- $K\tau$: Constante de reacción de primer orden dependiente de temperatura (d^{-1})
- t : Tiempo de retención (días)

5.5 Población equivalente

La ecuación para la obtención de este parámetro ha sido modificada para ser aplicable a las condiciones de nuestro país; los datos fueron tomados de la normativa realizada por la Subsecretaría Ambiental e IEOS (1992).

$$\#Pe = \frac{Q (\text{DBO} + 4,57\text{NTK})}{[50 + (12 * 4,57)]}$$

- Q : caudal ($\text{m}^3/\text{día}$)
- DBO : demanda bioquímica de oxígeno (gr/m^3)
- NTK : Nitrógeno total Kjeldhal (gr/m^3)
- 50: aporte sanitario per cápita expresado en formas de DBO_5 ($\text{grDBO}/\text{hab-día}$)
- 12: Aporte sanitario per cápita expresado en términos de NTK ($\text{grNTK}/\text{hab-día}$)
- 4,57: gramos de oxígeno requerido para oxidar 1gr de Nitrógeno.

Trabajando con la ecuación anterior se determina que la población equivalente para el residual tratado en el manto es de 67 habitantes y en el humedal de 24 habitantes. Al dividir el área de tratamiento para la población equivalente, se logra determinar el número de metros cuadrados requeridos por habitante.

Las fórmulas utilizadas en el presente capítulo para realizar los cálculos fueron obtenidas de:

- * Crites y Tchoganoglous (2004): Caudales
- * Metcalf y Eddy (1995): Carga orgánica (CO y CO_2) y Carga hidráulica (CH)
- * Corporación Autónoma Regional de Boyacá (2004): Tiempo de retención hidráulica (TRH)
- * Cárdenas (2005): Coeficiente de velocidad de degradación ($K\tau$) y Población equivalente (Pe)

5.6 Conclusiones

- Las mediciones de caudal al ingreso mostraron variaciones a lo largo del día dando como resultado que el 47.64% de las veces no había ingreso de residual al sistema y el 29.84% era menor al utilizado en el diseño.
- Mayor flujo de residual de ingreso se presenta en las primeras horas de la mañana (07h30-09h00), al medio día (10h30 – 12h30 y 14h00 – 15h00) y al atardecer (16h30 – 18h00).
- En el efluente del UASB se muestra un equilibrio del sistema, que logra mantener volúmenes similares a los estimados en el diseño (en promedio) y no presenta valores nulos. Y en el efluente del Humedal Artificial el equilibrio es mayor como puede evidenciarse en la gráfica expuesta en este capítulo.
- La presencia de caudales mayores en el humedal artificial en relación con el manto de lodos puede ser debido a las lluvias que se hacen presentes en la zona.
- El sistema como se ha indicado en capítulos anteriores está sobredimensionado estableciendo su uso para aproximadamente 80 personas; sin embargo los caudales encontrados en el manto de lodos y humedal nos muestran que existe un mal uso o desperdicio de agua pues solo 60 personas tienen ingreso al campamento en la actualidad y de ellas solo 20 viven en él.
- La carga orgánica del manto de lodos es la esperada y el humedal artificial está trabajando bien con concentraciones de casi el doble de las esperadas.
- Los tiempos de retención hidráulica son buenos para ambos casos.
- Tanto en el UASB como en el Humedal Artificial la carga hidráulica al ser comparada con la carga orgánica muestra que existe una alta concentración de contaminantes.
- En el manto de lodos existe una mayor velocidad de degradación de contaminantes; sin olvidar que el humedal artificial está funcionando con una k similar a la utilizada para los cálculos.
- La población equivalente obtenida para el manto de lodos coinciden con la cantidad de personal que trabaja en el campamento y en el caso del humedal se observa una gran reducción en el área por persona servida ($8.3\text{m}^2/\text{Pe}$) en comparación por la plantado por Brix, H. (1994 c) que era de $20\text{m}^2/\text{Pe}$.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y FUNCIONAMIENTO

La validación es el último paso de un proceso de investigación que pretende evaluar en ciertas condiciones biofísicas y socioeconómicas específicas una tecnología, para la solución de un problema. La validación tiene como insumo los resultados de investigación obtenidos en trabajos anteriores (MAG; et al. 2006).

6.1 Introducción

Antes de iniciar el desarrollo del presente capítulo es necesario poner en conocimiento varios aspectos que influyen en este trabajo y que son trascendentes para entender la cinética del sistema y los resultados obtenidos a lo largo del trabajo.

- Antes de la construcción fue imposible medir los caudales y determinar cargas orgánicas iniciales que ingresarían a la planta pues los residuales de los sanitarios eran enviados directamente a una fosa de infiltración y al estar separadas las tuberías de las duchas y cocina su caudal no era constante y dificultaba las mediciones.
- Luego de terminada la construcción del sistema y al arranque del mismo se evidenció que al no permanecer durante las 24 horas del día el personal de trabajadores en el campamento la afluencia de residuales era intermitente. Debido a esto fue imposible tomar muestras integradas y siendo estas puntuales como se indica en el Capítulo 1.
- La tubería empleada es demasiado grande para el caudal a ser tratado, causando escapes de los gases producidos por el proceso anaerobio a través de la caja de revisión. Por ello se instaló un sifón a la salida para mantener los gases dentro del tanque y canalizarlos por la tubería de ½ pulgada instalada para el desfogue de gas.
- En cuanto al material vegetal es importante conocer que la presencia de alpacas en la zona causó problemas en el crecimiento de la especie vegetal pues ellas buscaban maneras para ingresar al humedal y alimentarse de las totoras. Hallando que las alpacas son excelentes para controlar la propagación de totoras; además en la zona donde se sembraron los *Polylepis sp.* acabaron

con todas las hojas, terminaron con las almohadillas y pasto presente en esta zona y causaron compactación debido a su presencia constante.



Fotografía 6.1 Alpacas alimentándose de *Polylepis sp.*

- Debido a que los residuales a ser tratados no poseen metales pesados como contaminantes, se produce sulfuro de hidrógeno que posee un olor desagradable y sale del sistema mezclado con el gas metano. Este ácido tiene la capacidad de corroer las paredes del manto razón por la cual fue necesaria la construcción de una pequeña trampa al interior del sistema a base de limallas de hierro para transformar el sulfuro de hidrógeno en sales que no dañan las paredes y eliminar malos olores.
- Por el uso de detergentes en el campamento la cantidad de gas metano que se produce en el manto de lodos no es grande pues estas sustancias inhiben la producción del mismo.
- Según Lahora (2005) es necesario al menos un año para que la vegetación y los microorganismos del sustrato alcancen un desarrollo óptimo, a veces es necesario un mayor tiempo; este puede ser nuestro caso debido a las condiciones climáticas en las cuales se ha desarrollado el sistema.
- Debido a los cronogramas de los laboratorios, los días de recepción de muestras y la distancia desde el sitio de toma de muestras hasta la ciudad de Cuenca no fue posible realizar los muestreos considerando el tiempo de retención de cada parte del sistema. Sin embargo al existir una concentración media es posible estimar los niveles de remoción.
- Algunas muestras para análisis microbiológicos debido a que el laboratorio de ETAPA no podía receptorlas fueron enviadas a otros laboratorios como

ANNCY y GRUENTEC, pero lamentablemente los límites de detección de estos no eran tan amplios y no permitieron determinar los porcentajes de remoción en las mismas.

A continuación se presentarán varios puntos que nos permitirán validar o no esta tecnología mediante la constatación del cumplimiento de los objetivos planteados y el plan de manejo ambiental; y la comprobación de la hipótesis inicial que indicaba que los porcentajes de remoción serían menores o similares a los indicados en bibliografía.

6.2 Disminución del grado de contaminación de las aguas

A lo largo del tiempo de estudio se han desarrollado una serie de muestreos puntuales en los cuales se han obtenido buenos resultados que pueden apreciarse en el Anexo 6: Figuras 6.1 - 6.2 y Tabla 6.1

Para mostrar claramente los resultados vamos a tratar cada parámetro analizado por separado y compararlo con las normas nacionales sobre descargas, para luego hacer un análisis global que nos permita establecer el funcionamiento de cada uno de los sistemas y en general de la planta de tratamiento y poder validar su uso en zonas de páramo. Se considerarán los porcentajes de remoción en cada uno de los sistemas y en general.

Pero para esto primero analizaremos las características de los residuales de entrada a la planta de tratamiento y compararlos con los intervalos de concentraciones comunes para aguas residuales ya expuestos en capítulos anteriores.

Como se aprecia en la Tabla 6.1 la mayoría de los datos se encuentran dentro o cerca de los intervalos mostrados por Crites y Tchobanoglous (2004); los valores de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno son diferentes a los esperados para el tipo de residuales tratados siendo tres veces más altos.

En cuanto a los límites permisibles para descargas en alcantarillado determinados por la normativa nacional los Sólidos sedimentables, Nitrógeno total, Demanda Química

ANEXOS

Anexo 1

Material de capacitación

Folleto de capacitación

Humedal: los humedales son sistemas biológicos, en los que ocurren interacciones complejas entre agua, suelo, plantas acuáticas emergentes, microorganismos y atmósfera. Son convenientes para el tratamiento de las aguas albañales de casas particulares o pequeñas comunidades y como sistemas secundarios o terciarios en poblaciones de hasta 1000 habitantes

Las principales ventajas de mantener un nivel subsuperficial del agua son la prevención de mosquitos y olores y la eliminación del riesgo de que el público entre en contacto con el agua residual parcialmente tratada.

MANEJO Y MANTENIMIENTO

Para ambos sistemas es importante no arrojar desechos no biodegradables en las cañerías, utilizar detergentes que puedan degradarse en el sistema y secar los lodos a la sombra para poder mezclarlos con el abono.

Manto: la extracción de lodo debe realizarse periódicamente; pero si la actividad del lodo es baja, el lodo a extraer debe ser seleccionado para evitar pérdidas de la parte más activa. La extracción de lodos no debería exceder el 5% del volumen total de lodo presente por mes.

Añadir los desechos de cocina biodegradables al manto y cada dos semanas agregar una taza de azúcar al sistema.

Humedal: cuidar que no se taponen los orificios de entrada y salida; remover los posibles lodos que se formen para colocarlos en el manto.

EL AGUA: IMPORTANCIA, TRATAMIENTO Y MANEJO

Campamento de Altura, Zona del Proyecto Quimsacocha
IAMGOLD SA. ECUADOR



Carla Cárdenas L.
Biología del Medio Ambiente
Universidad del Azuay
Cuenca – Ecuador
2006

Diapositivas de capacitación

	
	<p>El agua a pesar de constituir aproximadamente el 75% de la superficie de nuestro planeta solo un 2,5% es dulce y de esta el 0.94% esta disponible para el uso humano. De ahí que una de las tareas fundamentales que tiene el ser humano y de la que depende su supervivencia es la protección de las fuentes de agua potable existentes, disminuyendo y evitando la contaminación de éstas mediante una acertada política en la implementación de las tecnologías existentes.</p> <p>El uso indiscriminado y su mal manejo, a lo largo de la historia, unido al desarrollo y crecimiento demográfico han provocado su drástica disminución. Por ello se considera necesario el tratamiento de las aguas servidas antes de su vertimiento a las cuencas hídricas, para su posterior uso en la agricultura o incluso para su potabilización.</p>
	<p>La contaminación del agua pone en peligro la salud pública, complica y encarece los abastecimientos de agua a poblaciones y a la industria, perjudica la pesca, la agricultura, el deporte y anula el valor estético de los cursos superficiales. Los problemas ecológicos y de salud pública originados por las aguas residuales han sido mejor atendidos por países desarrollados en los cuales la población tiene más conciencia y más capacidad para pagar el costo de las obras de ingeniería necesaria para resolverlos.</p> <p>Sin embargo, producto de las severas condiciones económicas imperantes en los países en vías de desarrollo, la disposición final de las aguas residuales se realiza en la mayoría de los casos sin ningún tipo de tratamiento; en unos, debido al alto costo que implican las tecnologías convencionales y avanzadas, en otros, debido a la falta de conciencia en cuanto al peligro que esto representa para la naturaleza y, por ende, para la humanidad</p> <p>En el Ecuador uno de los problemas ambientales más serios es la utilización de los cauces, estuarios y lagos como receptores de descargas de alcantarillados municipales, efluentes domésticos e industriales y desperdicios agrícolas sin tratamiento previo alguno.</p> <p>Las aguas residuales domésticas, dada su naturaleza orgánica, son fácilmente degradables. No obstante, por</p>

	<p>el hecho de estar depositados en alcantarillas y sitios donde el volumen de agua es mínimo o esta estancado, su descomposición es de enorme peligro para la salud humana. La escasez de oxígenos en estos sitios, conlleva un proceso denominado fermentación anaerobia, mucho más lenta y acompañada de gases malolientes</p> <p>Estas condiciones son propicias para la germinación de bacterias y protozoarios, así como para la proliferación de insectos y roedores que son los agentes patógenos de transmisión de enfermedades infecto-contagiosas como tifoidea, el cólera, las amebiasis, bastante difundidas en la región.</p>
<div data-bbox="375 894 784 1203"> <p style="text-align: center;">FUNCIONAMIENTO</p> <p>Sistemas de tratamiento naturales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Características <p>Manto de Lodos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actividad - Bacterias - Ventajas - Procesos  </div>	<p>Como alternativa a las técnicas convencionales de tratamiento de las aguas residuales se han desarrollado una serie de sistemas basados en los mecanismos de depuración existentes en la naturaleza, denominados por esta causa “sistemas de tratamiento naturales”, estos sistemas requieren la misma cantidad de energía por cada kilogramo de contaminante degradado que las tecnologías convencionales, sin embargo, esta fuente es tomada de la naturaleza como energía solar, energía cinética del viento, la energía potencial acumulada en la biomasa y en el suelo, etc.</p> <p>Manto de Lodos: su operación se basa en la actividad autorregulada de diferentes grupos de bacterias que degradan la materia orgánica y se desarrollan en forma interactiva, formando un lodo o barro biológicamente activo en el reactor. Dichos grupos bacterianos establecen entre sí relaciones simbióticas de alta eficiencia metabólica bajo la forma de gránulos cuya densidad les permite sedimentar en el digestor. La biomasa permanece en el reactor sin necesidad de soporte adicional. Algunas de las ventajas del tratamiento anaeróbico son la producción de gas metano como fuente energética y la baja producción de lodo biológico.</p> <p>En condiciones anaeróbicas suelen ocurrir diversos procesos: desnitrificación, reducción de sulfatos, hidrólisis y fermentación acetogénica y metanogénica.</p>
<div data-bbox="375 1541 784 1850"> <p>Humedal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interacciones - Actividad - Procesos - Usos - Ventajas  </div>	<p>Humedal: no es más que un ecosistema en el que juegan un papel protagónico determinadas plantas y microorganismos, cuya acción biológica y eficiente simbiosis permiten la eliminación de las cantidades excesivas de nutrientes esenciales, materia orgánica, trazas de metales pesados y agentes patógenos presentes en las aguas residuales. En estos sistemas, también se dan procesos físicos y químicos tales como filtración, sedimentación, absorción, foto-oxidación, fotosíntesis, etc. que contribuyen, en conjunto a su acción depuradora.</p> <p>Son esencialmente sistemas biológicos, en los que ocurren interacciones complejas entre agua, suelo,</p>

	<p>plantas acuáticas emergentes, microorganismos y atmósfera. Son convenientes para el tratamiento de las aguas albañales de casas particulares o pequeñas comunidades, sistemas secundarios o terciarios hasta para 1000 habitantes.</p> <p>Las principales ventajas de mantener un nivel subsuperficial del agua son la prevención de mosquitos y olores y la eliminación del riesgo de que el público entre en contacto con el agua residual parcialmente tratada.</p>
 <p>MANEJO Y MANTENIMIENTO</p> <p>No arrojar desechos no biodegradables Utilizar detergentes degradables Secar lodos</p> <p>Manto - Extracción - Desechos de cocina - Azúcar</p> <p>Humedal - Taponamiento</p> <p>010 - 15 2005</p>	<p>Para ambos sistemas es importante no arrojar desechos no biodegradables en las cañerías y utilizar detergentes que puedan degradarse en el sistema.</p> <p>Manto: la extracción de lodo o “purga” debe realizarse periódicamente; pero si la actividad del lodo es baja, esta operación puede ser crítica. El lodo a extraer debe ser seleccionado para evitar pérdidas de la parte más activa. La purga de lodos no debería exceder el 5% del volumen total de lodo presente por mes.</p> <p>Añadir los desechos de cocina biodegradables al manto y cada dos semanas agregar una taza de azúcar al sistema.</p> <p>Humedal: cuidar que no se taponen los orificios de entrada y salida; remover los posibles lodos que se formen para colocarlos en el manto.</p> <p>Todos los lodos extraídos deberán ser secados a la sombra para poder mezclarlos con el abono.</p>
 <p>GRACIAS</p>	

Anexo 2

**Crterios de calidad de aguas
y limites de descargas**

Figura 2.1 Metodología para identificación de algas, hongos y bacterias

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS
<p>ALCANCE: Área de Laboratorio de Microbiología</p>
<p>RESPONSABLES: Microbiólogo del área</p>
<p>FUNDAMENTO O PRINCIPIO: Los hongos son los descomponedores primarios de la materia muerta de plantas y de animales en muchos ecosistemas. En forma de micorrizas, los hongos acompañan a la mayoría de las plantas, residien do en sus raíces y ayudándolas a absorber nutrientes del suelo. Se piensa que esa simbiosis fue esencial para la conquista del medio terrestre por las plantas y para la existencia de los ecosistemas continentales. Pero también pueden ser causantes de patologías, algunas severas y devastadoras.</p> <p>Los hongos se identifican por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspecto macroscópico de la colonia. - Tipo de hifa. - Colocación del o los esporóforos. - Presencia de esterigmatas (esporangióforo o conidióforo)y el orden que presentan. - Forma tamaño y distribución de las esporas. - Presencia o no de rhizoides. Solo se presentan en hongos de hifa no septada. <p>Para la identificación es de gran ayuda practicar pruebas de identificación bioquímica y actualmente se utilizan técnicas de biología molecular.</p>
<p>ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO DEL PROCEDIMIENTO: El medio de cultivo, pH, tiempo de incubación y la temperatura</p>
<p>REACTIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agar Sabouraud - Azul de lactofenol - Agua estéril
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Portaobjetos estériles - Cubreobjetos estériles - Cajas Petri estériles - Triángulos estériles - Agujas micológicas - Cinta scotch - Tubos de 10 mL de vidrio estériles - Arena estéril con fenol al 5%

EQUIPOS:

- Incubadora a 22°C
- Mechero

INSTRUCCIONES:

- Identificación codificada de las muestras
- Siembra por impronta y pedazo
- Preparación en fresco
- Siembra por microcultivo
- Identificar al microscopio valiéndose de un atlas de micología.

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

Reportar presencia o ausencia del género de hongos encontrados

IDENTIFICACIÓN DE MICROALGAS

ALCANCE:

Área de Laboratorio de Microbiología Agrícola

RESPONSABLES:

Microbiólogo del área

FUNDAMENTO O PRINCIPIO:

Las microalgas fueron los primeros organismos con capacidad de fotosíntesis y uno de los principales agentes en la creación de la actual atmósfera terrestre. Las microalgas son claves en el equilibrio planetario, ya que la dinámica del dióxido de carbono en la Tierra está, en gran medida, determinada por ellos y, además, constituyen la base de las cadenas tróficas que permiten la vida en los océanos.

Algunas algas son importantes productores de alimentos.

Las algas tienen gran variedad de formas y tamaños, hábitat, tipos de nutrición, respiración y reproducción; con excepción de las algas azul-verdosas (reproducción binaria) se reproducen sexualmente en algún momento de su ciclo de vida. Poseen clorofila que asociada con pigmentos les proporciona los colores característicos.

En el planeta las algas forman una inmensa población de individuos de estructura celular simple, se conocen 110 mil especies, reunidas en cuatro grandes grupos:

- Las cianofitas (Cyanophyceae) o algas azul verdosas.
- Las clorofilas (Chlorophyceae) o algas verdes.
- Las feofitas (Phaeophyceae) o algas rojas

Las algas azul-verdosas y las verdes se encuentran tanto en agua marina como dulce, mientras que las de los otros dos grupos son casi exclusivas de ambientes marinos.

ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO DEL PROCEDIMIENTO:

El pH, porcentaje de salinidad de la muestra de agua a analizarse, luz y temperatura,

REACTIVOS:

- Medio de cultivo líquido selectivo

MATERIALES:

- Tubos tapa rosca de 15 mL
- Gradillas
- Placas portaobjetos
- Cubreobjetos

EQUIPOS:

- Centrífuga
- Salinómetro
- pHmetro

- Termómetro
- Incubador para algas (tipo anaquel)
- Automático para encendido de la luz cada 12 horas.
- Lámpara de luz blanca (para incubación)
- Microscopio

INSTRUCCIONES DETALLADAS:

1. Rotular la muestra (incluir obligatoriamente: procedencia, tipo de agua salada o dulce, sitio de muestreo y todos los datos de origen de la muestra).
2. Medir temperatura, pH y porcentaje de salinidad.
3. Centrifugar la muestra
4. Observar el sedimento al microscopio para comprobar la presencia de algas en la muestra.
5. Si existe presencia de algas al microscopio se cultiva la muestra en el medio selectivo.
6. Incubar hasta por 10 días
7. Observar el sedimento en fresco al microscopio con lente de 40X.
8. Identificar el género de microalga encontrada mediante morfología.

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

Reportar presencia o ausencia de género de las algas encontradas

IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS MESÓFILAS AEROBIAS**ALCANCE:**

Área de Laboratorio de Microbiología.

RESPONSABLES:

Microbiólogo del área

DEFINICIONES:

Son todas las bacterias heterótrofas, aerobias: cocos o bacilos Gram positivos o negativos capaces de crecer en un medio de cultivo

FUNDAMENTO O PRINCIPIO:

Se basa en aislar e identificar las bacterias mesófilas aerobias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido, al que se ha sembrado una cantidad de muestra, transcurrido un tiempo y una temperatura de incubación determinada entre 20 a 37°C.

ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO DEL PROCEDIMIENTO:

El tiempo de incubación y la temperatura

REACTIVOS:

- Coloración Gram
- Cajas de Petri con Agar nutritivo
- Cajas de Petri con Agar Sangre de Cordero
- Caldo BHI
- Sistema API.

MATERIALES:

- Asa

EQUIPOS:

- Incubadora a 35 ± 2 °C
- Incubadora a 22 ± 2 °C
- Mechero
- Vórtex

INSTRUCCIONES DETALLADAS:

1. Rotular la muestra
2. Homogenizar perfectamente la muestra si es necesario con vórtex a baja revolución.
3. Realizar una siembra directa en superficie en 4 cajas con 1 mL de muestra en cada una.
 - 1 caja de agar nutritivo para incubar a 35°C por 48 horas
 - 1 caja de agar nutritivo para incubar a 22°C por 72 horas
 - 1 caja de agar sangre para incubar a 35°C por 48 horas
 - 1 caja de agar sangre para incubar a 22°C por 72 horas
4. Sembrar 1 mL de la muestra en dos tubos con 5 mL de caldo BHI (para enriquecimiento de las bacterias fastidiosas)

5. Estriar las cajas por agotamiento
6. Incubar un tubo a 35°C por 4 horas y repetir el procedimiento 3.
7. Incubar el segundo tubo a 22°C por 8 horas y repetir el procedimiento 3.
8. Realizar coloración Gram y aislar las colonias
9. Realizar la identificación de cada una de las bacterias con pruebas bioquímicas y sistema API según la bacteria aislada.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Lectura de bioquímicas

Lectura del software del API

EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

Reportar presencia o ausencia de las bacterias encontradas

Tabla 2.8 Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario (TULAS, 2003).

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible		
		Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	mg/L	0,5	0,5	0,5
Bifenilos poli clorados/PCBs	mg/L	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	mg/L	No menor al 80% y No menor a 6 mg/L	No menor al 60% y no menor a 5 mg/L	No menor al 60% y no menor a 5 mg/L
Potencial de hidrógeno		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	mg/L	0,02	0,02	0,4
Aluminio	mg/L	0,1	0,1	1,5
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	1,0	1,0	1,0
Berilio	mg/L	0,1	0,1	1,5
Boro	mg/L	0,75	0,75	5,0
Cadmio	mg/L	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,01	0,01	0,01
Zinc	mg/L	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	mg/L	0,01	0,01	0,01
Estaño	mg/L			2,00
Cobalto	mg/L	0,2	0,2	0,2
Plomo	mg/L			0,01
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,05
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	mg/L	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	mg/L	0,3	0,3	0,3
Hierro	mg/L	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	mg/L	0,0003	0,0003	0,0003

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible		
		Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Manganeso	mg/L	0,1	0,1	0,1
Materia flotante		Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio	mg/L	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas órgano-clorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas órgano-fosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	mg/L	0,05	0,05	0,05
Plata	mg/L	0,01	0,01	0,005
Selenio	mg/L	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	mg/L	0,5	0,5	0,5
Temperatura	° C	Condiciones naturales + 3 Máxima 20	Condiciones naturales + 3 Máxima 32	Condiciones naturales + 3 Máxima 32
Coliformes Fecales		200	200	200

Tabla 2.9 Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola (TULAS, 2003)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico (total)	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	1,0
Berilio	Be	mg/L	0,1
Boro (total)	B	mg/L	1,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/L	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/L	0,2
Cobalto	Co	mg/L	0,05
Cobre	Cu	mg/L	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,1
Fluor	F	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	5,0
Litio	Li	mg/L	2,5
Materia flotante	visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,001
Níquel	Ni	mg/L	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/L	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,2
Plata	Ag	mg/L	0,05
Potencial hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/L	0,05
Selenio	Se	mg/L	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/L	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/L	0,1
Aceites y grasa	Sust. solubles en hexano	mg/L	0,3
Coliformes Totales	NMP/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos/L	cero
Zinc	Zn	mg/L	2,0

Tabla 2.10 Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego
(TULAS, 2003)

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
SDT (3)	mg/L	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5,0	5,0	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					
- Sodio:					
Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0	9	> 9,0
Aspersión	meq/L	3,0	3,0		
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/L	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/L	3,0	3,0		
- Boro	mg/L	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO ₃)	mg/L	5,0	5,0	30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO ₃)	meq/L	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4			

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

Tabla 2.11 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (TULAS, 2003).

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	100
Alfil mercurio		mg/L	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/L	Cero
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	5,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/L	0,1
Caudal máximo		l/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/L	1,0
Cobalto total	Co	mg/L	0,5
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/L	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/L	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Fósforo Total	P	mg/L	15
Hierro total	Fe	mg/L	25,0
Hidrocarburos Totales de	TPH	mg/L	20

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Petróleo			
Manganeso total	Mn	mg/L	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,01
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	40
Plata	Ag	mg/L	0,5
Plomo	Pb	mg/L	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/L	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	220
Sólidos totales		mg/L	1 600
Selenio	Se	mg/L	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/L	400
Sulfuros	S	mg/L	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/L	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/L	0,1
Vanadio	V	mg/L	5,0
Zinc	Zn	mg/L	10

Tabla 2.12 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS, 2003).

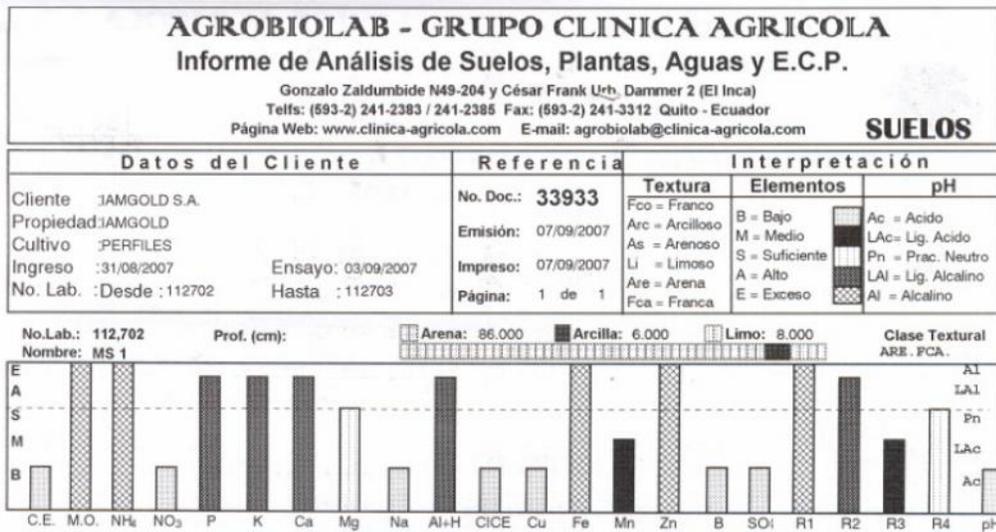
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Aldehídos		mg/L	2,0
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/L	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	1 000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Estaño	Sn	mg/L	5,0
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo Total	P	mg/L	10
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0
Manganeso total	Mn	mg/L	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/L	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/L	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/L	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/L	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	100
Sólidos totales		mg/L	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/L	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/L	2,0
Sulfuros	S	mg/L	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Tetracloruro de C	Tetracloruro de C	mg/L	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L	1,0
Vanadio		mg/L	5,0
Zinc	Zn	mg/L	5,0

Anexo 3

**Análisis para Evaluación de
Impacto Ambiental**

Figura 3.6 Resultados análisis de suelos en zona no influenciada



Métodos: pH 1:2,5 H₂O; C.E., Na: Pasta saturada; M.O.: Walkley and Black; Al+H: Olsen Modificado
 B: Fosfato Monocálcico; NH₄,NO₃, SO₄: Colorimetría; Ca: PEE/ABL/01; Mg: PEE/ABL/02;
 P: PEE/ABL/03, K: PEE/ABL/04; Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/05

Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

¡SU EXITO ES NUESTRO!

Figura 3.7 Resultados de análisis en Quebrada Jordanita o Cristal (24 -Nov-06)

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 <p>ENSAYOS</p> <p>N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p> <p>Página 1 de 2</p>
--	---	--

FECHA: 2006/12/04

INFORME N°: 461/06

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo N° 3767 y el Comercio - Quito

MUESTRA

CODIGO: 461/01-03/06

DESCRIPCIÓN: Río Cristal

PROCEDENCIA: Quimsacocha

FECHA DE RECEPCIÓN: 2006/11/24

ENTREGADAS POR: Ing. Marco Quinteros

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	461/01/06 M1	461/02/06 M2
ALCALINIDAD TOTAL	SM 2320 B	2006/11/25	mgCaCO3/l	14.66	7.32
BICARBONATOS	SM 2320 B	2006/11/25	mgCaCO3/l	14.66	7.32
CARBONATOS	SM 2320 B	2006/11/25	mgCaCO3/l	0	0
HIDROXIDOS	SM 2320 B	2006/11/25	mgCaCO3/l	0	0
CIANURO LIBRE	SM 4500 CN D	2006/11/24	mg/l	0	0
CONDUCTIVIDAD	SM 2510 B	2006/11/24	uS/cm	28	21
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2006/11/24 2006/11/29	mg/l	0.7	0.4
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2006/11/27	mg/l	14	39
DUREZA CALCICA	SM 3500 Ca B	2006/11/25	mgCaCO3/l	8.04	4.02
DUREZA TOTAL	SM 2340 C	2006/11/25	mgCaCO3/l	12.06	7.03
DUREZA MAGNÉSICA	Por diferencia	2006/11/25	mgCaCO3/l	4.02	3.01
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2006/11/30	mg/l	0.09	0.06
NITRATOS + NITRITOS	SM 4500 NO3 E	2006/11/24	mg/l	0.016	0.014
NITROGENO AMONIAICAL	SM 4500 NH3 C	2006/11/29	mg/l	0	0
NITRÓGENO ORGÁNICO	SM 4500 Norg B	2006/11/29	mg/l	0.65	0.47
pH	SM 4500 H B	2006/11/24		6.14	5.74
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2006/11/24	mg/l	8	0
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2006/11/24	mg/l	11	9.2
TURBIEDAD	SM 2130 B	2006/11/24	NTU	3.62	1.84

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

 <p style="text-align: center;">LDGA</p> <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 <p style="text-align: center;">ENSAYOS</p> <p style="text-align: center;">N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p style="text-align: center;">INFORME DE RESULTADOS</p> <p style="text-align: center;">Página 2 de 2</p>
--	---	--

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	461/01/06 M1	461/02/06 M2
ALUMINIO	SM 3111 E	2006/12/01	µg/l	85.1	188.4
CADMIO	SM 3111 C	2006/11/30	µg/l	< 0.5	< 0.5
COBRE	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	< 1	5.2
CROMO	PEE/LDGA/AA/01	2006/11/30	µg/l	< 3	< 3
HIERRO	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	533.2	411.8
MANGANESO	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	74	16.9
NIQUEL	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	11.8	8.9
PLOMO	SM 3111 C	2006/11/30	µg/l	< 10	< 10
POTASIO	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	551.9	372.2
SODIO	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	2031	1255
ZINC	SM 3111 B	2006/11/30	µg/l	2.1	31.3

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio

Atentamente,



Ing. Yolanda Torres Moscoso
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación

Tabla 3.6 Listado de macroinvertebrados encontrados en la quebrada Jordanita

Muestra M1					
Clase	Orden	Familia	Género	Número de Individuos	Número de Individuos m2
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	1	0.4
			<i>Apobaetis</i>	12	4.8
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	5	2
	Coleoptera	Scirtidae	<i>Scirtes</i>	4	1.6
	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	1	0.4
	Diptera	Chironomidae	<i>N.D.</i>	29	11.6
		Simuliidae	<i>Simulium</i>	1	0.4
MALACOSTRACA	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	2	0.8
OLIGOCHAETA	Haplotaxida	<i>N.D.</i>	<i>N.D.</i>	3	1.2
HIRUDINEA	Hirudiniformes	<i>N.D.</i>	<i>N.D.</i>	19	7.6
NEMATOMORPHA	Gordioidea	Gordiidae	<i>N.D.</i>		0
TURBELARIA	Tricladida	Planariidae	<i>c.f. Dugesia</i>	1	0.4
6	9	11	12	78	31.2

Muestra A2					
Clase	Orden	Familia	Género	Número de Individuos	Número de Individuos m2
INSECTA	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Apobaetis</i>	15	6
			<i>Americabaetis</i>	2	0.8
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	2	0.8
	Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	4	1.6
		Scirtidae	<i>Scirtes</i>	2	0.8
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	1	0.4
		Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	2	0.8
	Diptera	Chironomidae	<i>N.D.</i>	13	5.2
		Simuliidae	<i>Simulium</i>	3	1.2
		Empididae	<i>Hemerodromyia</i>	1	0.4
		Tabanidae	<i>Chrysops</i>	3	1.2
MALACOSTRACA	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyaella</i>	28	11.2
OLIGOCHAETA	Haplotaxida	<i>N.D.</i>	<i>N.D.</i>	10	4
HIRUDINEA	Hirudiniformes	<i>N.D.</i>	<i>N.D.</i>	9	3.6
TURBELARIA	Tricladida	Planariidae	<i>c.f. Dugesia</i>	33	13.2
5	8	14	15	128	51.2

Tabla 3.10 Limpieza y desmonte

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación Criterios			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad del Suelo	Pérdida de estructura	medio	bajo	irreversible	medio
Ciclo hidrológico	Desviación de caudales por cambios en la escorrentía superficial	medio	bajo	irreversible	medio
Características del Hábitat	Alteraciones por el retiro de la capa vegetal	medio	bajo	irreversible	medio
Diversidad vegetal	Ausencia de especies en el área de construcción	bajo	bajo	medio	bajo
Cobertura	Porcentaje de cobertura 0%	alto	bajo	medio	bajo
Número de individuos	migración por presencia constante de personal	bajo	bajo	reversible	bajo
Calidad escénica	Se modifica el entorno natural en la zona de construcción	medio	medio	irreversible	medio

Tabla 3.11 Replanteo y nivelación

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación Criterios			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad del Suelo	Pérdida de estructura, cambios en relieve	medio	bajo	irreversible	medio
Ciclo hidrológico	Desviación de caudales por cambios en la escorrentía superficial	medio	bajo	medio	medio
Calidad escénica	Se modifica el entorno natural en la zona de construcción y accesos	medio	medio	medio	medio

Tabla 3.12 Conformación y compactación

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad de suelos	Compactación del suelo, cambio en el relieve	medio	bajo	irreversible	medio
Ciclo hidrológico	Desviación de caudales, pérdida de infiltración en la zona de construcción	bajo	bajo	irreversible	medio
Calidad escénica	Se modifica el entorno natural en la zona de construcción	medio	medio	irreversible	medio

Tabla 3.13 Estructuras

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad escénica	Elemento extraño al medio natural, alteración del entorno	medio	medio	irreversible	medio

Tabla 3.14. Impermeabilización

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad del Suelo	Compactación del suelo en el humedal artificial	alto	bajo	irreversible	medio
Ciclo hidrológico	Desviación de caudales, pérdida de infiltración en la zona de construcción	bajo	bajo	irreversible	medio
Calidad escénica	Se modifica el entorno natural en la zona de construcción	medio	medio	irreversible	medio

Tabla 3.15 Desagües y ventilación

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad del aire	Olores producidos por el proceso anaerobio	bajo	medio	reversible	bajo
Calidad escénica	Elementos extraños al medio natural	bajo	bajo	medio	bajo

Tabla 3.16 Relleno de piedra

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Número de individuos	Aumento de numero de aves y herpetos por la acumulación de rocas y agua	medio	medio	irreversible	medio
Calidad escénica	Se modifica el entorno natural	medio	bajo	irreversible	medio

Tabla 3.17 Material vegetal

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Interacciones	Nuevo hábitat que acoge a varias especies	medio	medio	irreversible	medio
Características del hábitat	Se altera el hábitat por la introducción de nueva especie vegetal	medio	bajo	irreversible	medio
Diversidad vegetal	Aumento del número de especies	bajo	medio	irreversible	medio
Cobertura	cobertura vegetal 50%	medio	bajo	irreversible	medio
Número de individuos	mayor número de aves llegan a la zona debido a la presencia de agua, vegetación y tierra llena de pedofauna y nutrientes	medio	medio	irreversible	medio
Calidad escénica	La vegetación mejora la calidad escénica	medio	bajo	irreversible	medio

Tabla 3.18 Transporte de materiales y maquinaria

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad del suelo	Compactación y cambio en la estructura. Contaminación por hidrocarburos	bajo	bajo	reversible	bajo
Características del Hábitat	Cambios en la cobertura vegetal	bajo	bajo	reversible	bajo
Cobertura	Disminución debido al constante paso de maquinarias y personal	medio	bajo	medio	medio
Salud	Problemas de espalda por el transporte de equipos	bajo	bajo	reversible	bajo

Tabla 3.19 Mantenimiento del sistema

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad de suelos	Residuos del sistema (previo tratamiento) pueden mejorar la fertilidad del suelo por las cantidades de nutrientes contenidos en ellos.	alto	medio	reversible	medio
Calidad de aire	Olores debido a la descomposición anaerobia	bajo	medio	reversible	bajo
Salud	Enfermedades por manipulación incorrecta de los residuos	bajo	bajo	reversible	bajo

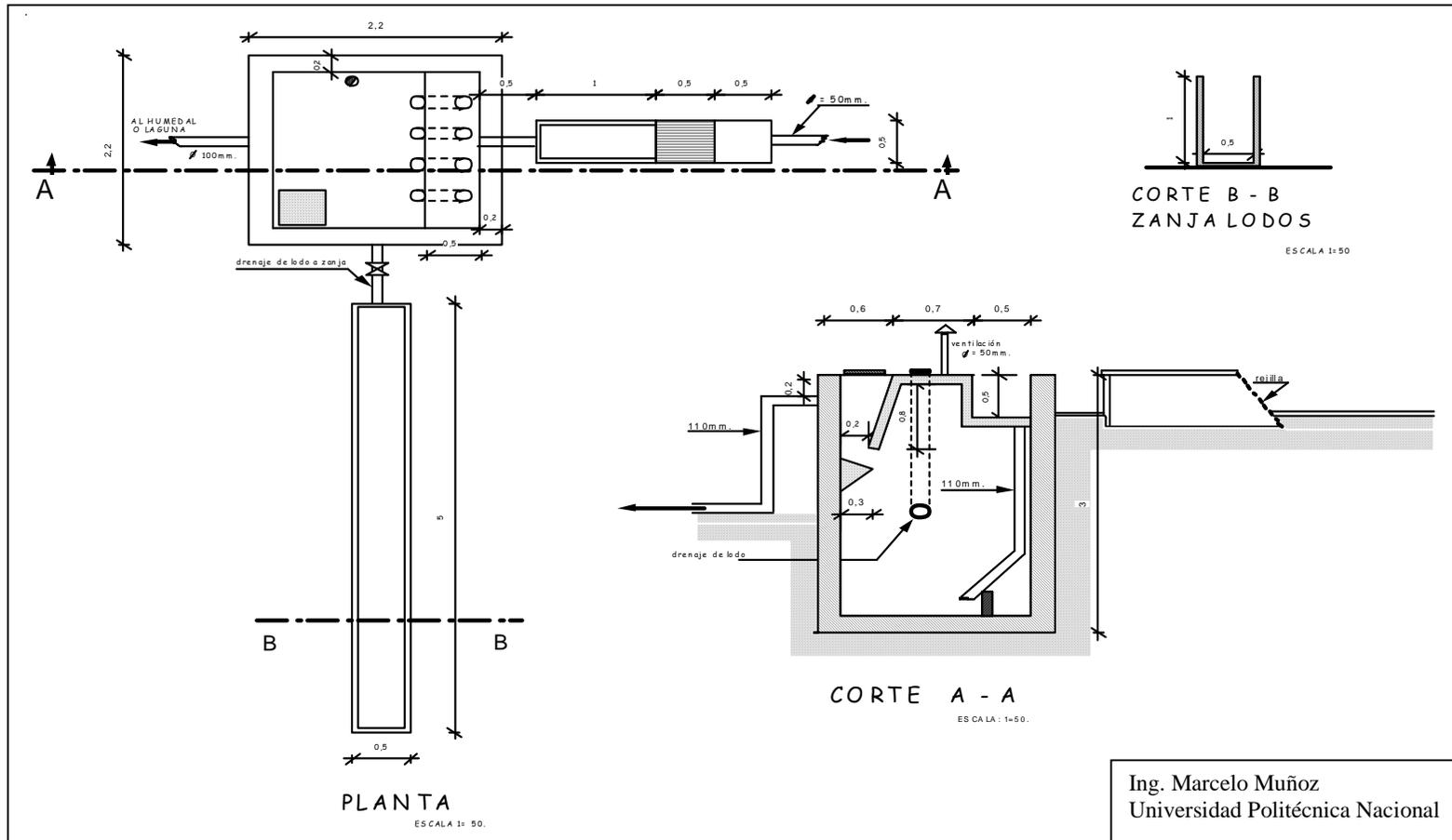
Tabla 3.20 Funcionamiento

Elemento Ambiental	Naturaleza del Impacto	Evaluación			
		Magnitud	Alcance	Reversibilidad irreversibilidad	Importancia del Impacto
Calidad del Suelo	Aumento de fertilidad debido a que las aguas tratadas contienen buenas cantidades de nutrientes	alto	medio	reversible	medio
Calidad del aire	Posibles olores	bajo	medio	reversible	bajo
Ciclo hidrológico	Nuevo aporte de aguas tratadas al suelo y posteriormente a la quebrada, favoreciendo al aumento en la cantidad de agua	medio	bajo	irreversible	medio
Calidad del agua	Mejoras en la calidad del agua residual	alto	alto	medio	alto
Interacciones	El sistema constituye un microhábitat en el cual interaccionan varias especies de aves, herpetos, mamíferos e invertebrados.	medio	medio	irreversible	medio
Características del Hábitat	El sistema no es similar a las condiciones del hábitat anterior.	medio	bajo	irreversible	medio
Diversidad vegetal	Las aguas tratadas al ser utilizadas para riego favorecen el crecimiento de especies vegetales.	alto	medio	reversible	medio
Cobertura	Aumento de cobertura 70%	medio	bajo	reversible	bajo
Diversidad animal	Mayor número de especies se acercan al sistema para alimentarse o para refugiarse	medio	medio	irreversible	medio
Número de individuos	Mayor número de aves, conejos y herpetos se presentan en la zona.	medio	bajo	irreversible	medio
Salud	Evitan contagio de enfermedades por vectores (mosquitos) y por contacto directo con los residuales (mal aire)	alto	alto	medio	alto
Calidad escénica	A largo plazo constituirá un hábitat más del lugar.	alto	medio	irreversible	alto

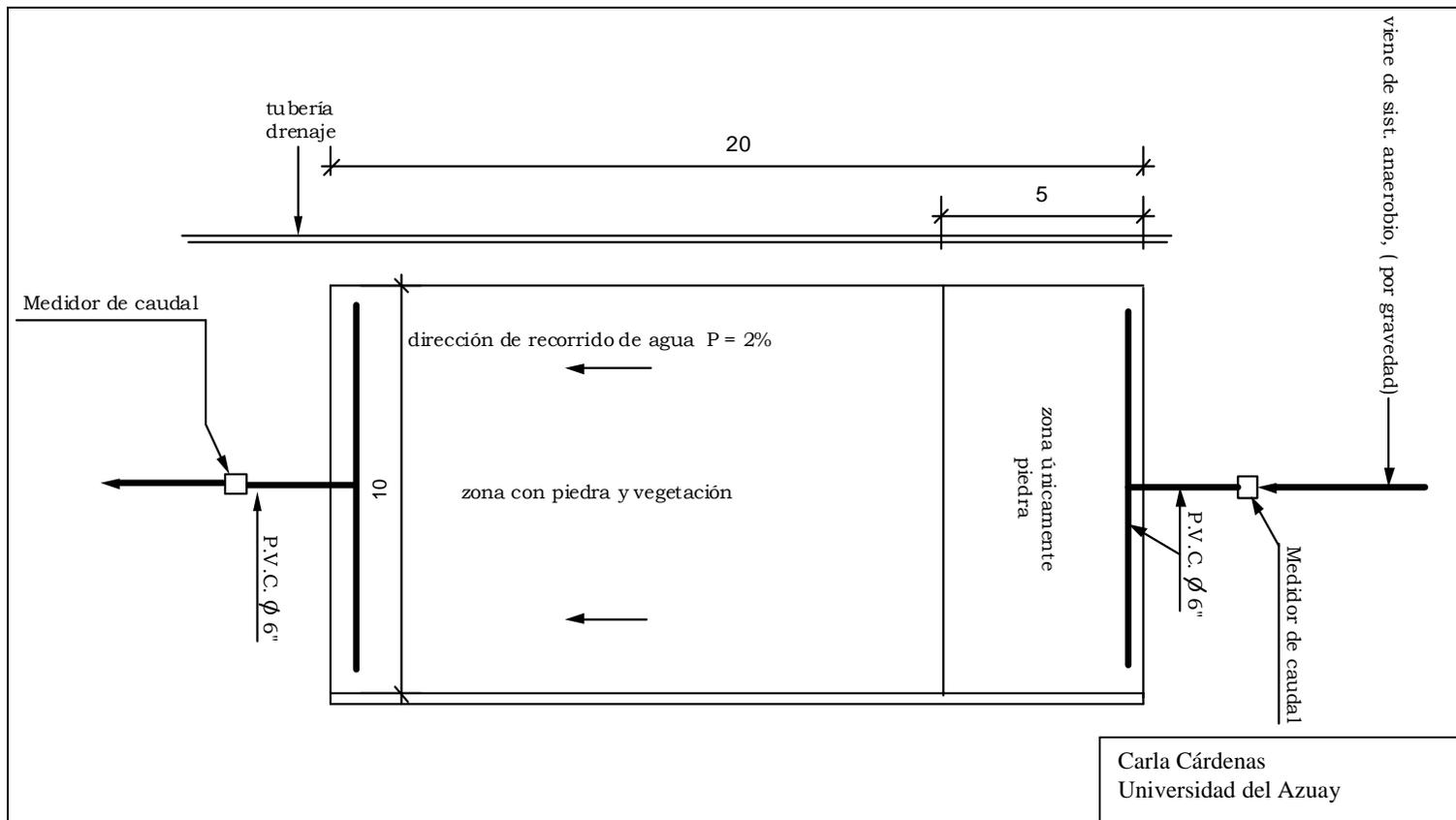
Anexo 4

**Planos de construcción
del sistema de tratamiento**

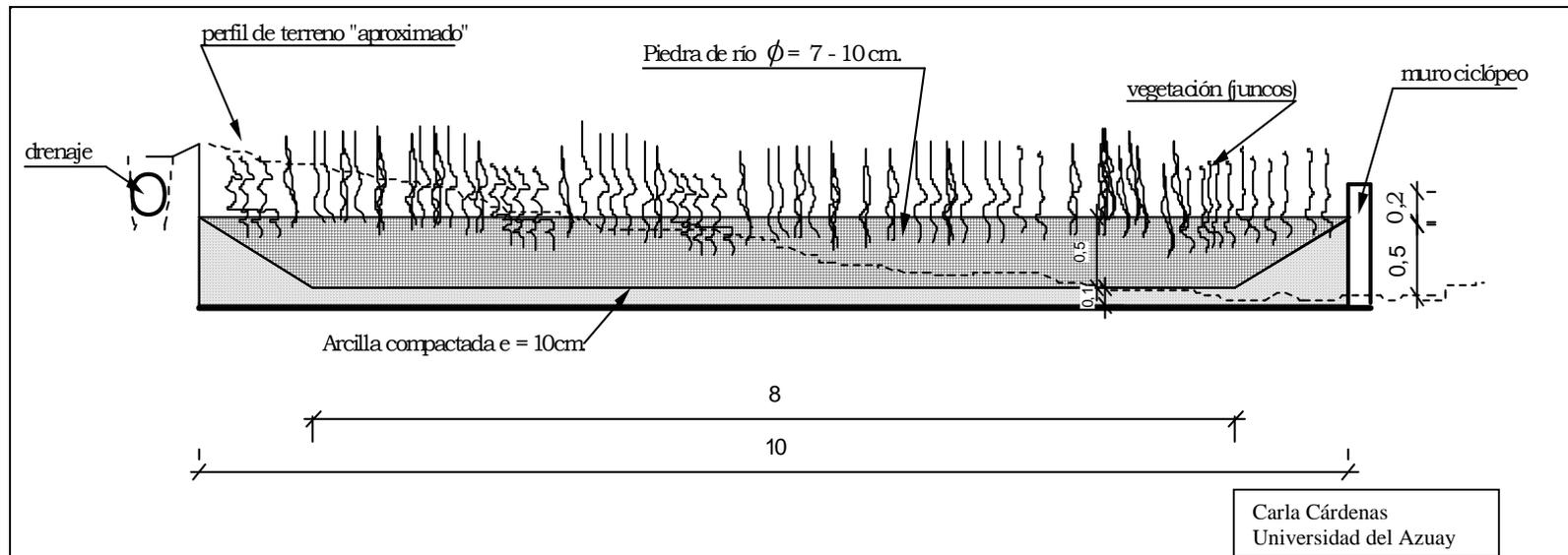
Anexo 4.1 Corte A-A, corte B-B y vista planta de manto de lodos



Anexo 4.3 Vista planta del humedal artificial



Anexo 4.4 Corte transversal humedal artificial



Anexo 5

Mediciones de caudal

Tabla 5.1 Día primero

Día 1			
Hora	Entrada	Manto	Humedal
08:15	0,02	0,15	0,09
08:25	0,01	0,04	0,09
08:45	0,06	0,10	0,08
09:00	0,01	0,13	0,08
09:15	0,11	0,06	0,09
09:30	0,10	0,25	0,10
09:45	0,04	0,14	0,14
10:00	0,00	0,10	0,14
10:15	0,14	0,19	0,14
10:30	0,02	0,20	0,14
11:00	0,06	0,09	0,13
11:15	0,03	0,05	0,07
11:30	0,05	0,08	0,10
11:45	0,03	0,04	0,09
12:00	0,05	0,04	0,08
12:15	0,13	0,12	0,08
12:30	0,00	0,09	0,08
12:45	0,00	0,08	0,09
13:00	0,01	0,07	0,09
13:15	0,00	0,06	0,09
13:30	0,00	0,06	0,08
13:45	0,00	0,14	0,07
14:00	0,00	0,04	0,08
14:15	0,03	0,06	0,08
14:30	0,14	0,05	0,16
14:45	0,00	0,13	0,20
15:00	0,00	0,10	0,25
15:15	0,03	0,04	0,23
15:30	0,06	0,06	0,14
15:45	0,00	0,08	0,14
16:00	0,00	0,07	0,10
16:15	0,00	0,03	0,08
16:30	0,07	0,04	0,09
16:45	0,00	0,05	0,07
17:00	0,14	0,06	0,06
17:15	0,00	0,12	0,07

17:30	0,21	0,21	0,10
17:45	0,06	0,05	0,17
18:00	0,15	0,00	0,13
18:15	0,00	0,07	0,11
18:30	0,04	0,07	0,10
18:45	0,03	0,05	0,09
19:00	0,00	0,05	0,07
19:15	0,09	0,10	0,09
19:30	0,00	0,12	0,08
19:45	0,10	0,14	0,09
20:00	0,06	0,11	0,09
20:15	0,00	0,19	0,09
20:30	0,08	0,23	0,13
20:45	0,13	0,08	0,16
21:00	0,00	0,09	0,13
21:15	0,00	0,04	0,12
21:30	0,00	0,02	0,11
21:45	0,00	0,02	0,09
22:00	0,00	0,02	0,08

Tabla 5.2 Día segundo

Día 2			
Hora	Entrada	Manto	Humedal
05:00	0,00	0,01	0,02
05:15	0,00	0,01	0,01
05:30	0,00	0,01	0,01
05:45	0,00	0,01	0,01
06:00	0,00	0,05	0,01
06:15	0,04	0,05	0,01
06:30	0,07	0,09	0,01
06:45	0,00	0,13	0,01
07:00	0,00	0,04	0,03
07:15	0,07	0,05	0,03
07:30	0,04	0,13	0,05
07:45	0,03	0,17	0,05
08:00	0,10	0,05	0,08
08:15	0,00	0,27	0,09
08:30	0,07	0,20	0,10
08:45	0,03	0,14	0,13
09:00	0,10	0,20	0,14
09:15	0,19	0,33	0,16
09:30	0,00	0,07	0,18
09:45	0,00	0,15	0,14
10:00	0,01	0,10	0,14
10:15	0,17	0,06	0,17
10:30	0,03	0,14	0,16
10:45	0,38	0,17	0,17
11:00	0,50	0,20	0,14
11:15	0,00	0,04	0,17
11:30	0,00	0,14	0,13
11:45	0,00	0,04	0,13
12:00	0,00	0,03	0,14
12:15	0,00	0,03	0,13
12:30	0,03	0,03	0,13
12:45	0,25	0,50	0,33
13:00	0,09	0,25	0,33
13:15	0,00	0,10	0,27
13:30	0,00	0,08	0,23
13:45	0,00	0,08	0,23

14:00	0,00	0,03	0,16
14:15	0,14	0,09	0,16
14:30	0,00	0,19	0,14
14:45	0,16	0,08	0,14
15:00	0,14	0,14	0,12
15:15	0,00	0,14	0,11
15:30	0,00	0,13	0,14
15:45	0,00	0,16	0,12
16:00	0,05	0,06	0,13
16:15	0,00	0,07	0,14
16:30	0,00	0,02	0,10
16:45	0,06	0,04	0,09
17:00	0,00	0,07	0,09
17:15	0,00	0,06	0,08
17:30	0,11	0,06	0,07
17:45	0,08	0,19	0,08
18:00	0,27	0,27	0,14
18:15	0,00	0,04	0,12
18:30	0,00	0,10	0,14
18:45	0,00	0,07	0,12
19:00	0,03	0,04	0,09
19:15	0,00	0,07	0,13
19:30	0,16	0,10	0,08
19:45	0,08	0,12	0,07
20:00	0,00	0,08	0,08
20:15	0,00	0,08	0,09
20:30	0,05	0,09	0,09
20:45	0,08	0,06	0,11
21:00	0,18	0,19	0,10
21:15	0,07	0,07	0,13
21:30	0,16	0,07	0,23
21:45	0,06	0,18	0,11

Tabla 5.3 Día tercero

Día 3			
Hora	Entrada	Manto	Humedal
05:00	0,00	0,02	0,03
05:15	0,00	0,02	0,04
05:30	0,00	0,02	0,04
05:45	0,00	0,03	0,04
06:00	0,00	0,03	0,04
06:15	0,09	0,05	0,04
06:30	0,04	0,10	0,05
06:45	0,04	0,30	0,07
07:00	0,06	0,03	0,11
07:15	0,00	0,03	0,13
07:30	0,17	0,07	0,13
07:45	0,13	0,33	0,13
08:00	0,18	0,38	0,25
08:15	0,13	0,16	0,25
08:30	0,12	0,18	0,27
08:45	0,14	0,15	0,20
09:00	0,14	0,09	0,20
09:15	0,00	0,25	0,20
09:30	0,06	0,05	0,20
09:45	0,00	0,09	0,20
10:00	0,00	0,10	0,20
10:15	0,03	0,09	0,20
10:30	0,00	0,17	0,20
10:45	0,00	0,08	0,17
11:00	0,14	0,19	0,14
11:15	0,08	0,14	0,17
11:30	0,00	0,20	0,17
11:45	0,03	0,05	0,17
12:00	0,10	0,04	0,14
12:15	0,00	0,17	0,14
12:30	0,00	0,06	0,13
12:45	0,00	0,03	0,11
13:00	0,00	0,09	0,09
13:15	0,00	0,06	0,10
13:30	0,00	0,14	0,11
13:45	0,00	0,05	0,14

14:00	0,30	0,07	0,14
14:15	0,18	0,11	0,13
14:30	0,00	0,33	0,13
14:45	0,00	0,05	0,16
15:00	0,00	0,05	0,14
15:15	0,12	0,05	0,10
15:30	0,00	0,06	0,09
15:45	0,00	0,03	0,09
16:00	0,12	0,04	0,09
16:15	0,20	0,07	0,07
16:30	0,00	0,07	0,09
16:45	0,11	0,07	0,09
17:00	0,19	0,09	0,13
17:15	0,13	0,23	0,13
17:30	0,14	0,25	0,19
17:45	0,00	0,12	0,17
18:00	0,00	0,09	0,17
18:15	0,00	0,08	0,11
18:30	0,14	0,09	0,08
18:45	0,08	0,07	0,11
19:00	0,00	0,06	0,12
19:15	0,00	0,17	0,10
19:30	0,00	0,09	0,11
19:45	0,00	0,07	0,12
20:00	0,06	0,08	0,13
20:15	0,07	0,03	0,13
20:30	0,00	0,03	0,13
20:45	0,00	0,04	0,10
21:00	0,13	0,05	0,12
21:15	0,09	0,11	0,09
21:30	0,00	0,07	0,09
21:45	0,00	0,06	0,11

Anexo 6

**Resultados de laboratorio
e identificaciones**

Figura 6.1 Resultados de análisis físico-químicos la planta de tratamiento

Análisis No. 0 físico-químico y Análisis No. 0 microbiológico

**INFORME DE ENSAYOS No. 8161-01**

NOMBRE DEL CLIENTE: IAMGOLD-ECUADOR S.A
DIRECCION: El Tiempo N3767 y El Comercio
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
 Código de Muestra: Agua Sucia A
 Campamento Pinos - Provincia del Azuay, Cantón: Girón Parroquia: San Gerardo
FECHA DE RECEPCION: 7 de Diciembre del 2006
FECHA DE ANALISIS: Del 7 de Diciembre del 2006 al 13 de Diciembre del 2006
FECHA DE EMISION: 14 de Diciembre del 2006

Ensayo	Método de Referencia	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Nitrogeno Amoniacal	APHA 4500-NH3 C	mg/l	0.06	55
pH	APHA 4500-H+B	Unid. pH		6.95
Sólidos Disueltos	APHA 2510 B	mg/l	2	613
Sólidos Suspensos	HACH 8006	mg/l	2	233
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D	mg/l	3.0	393
Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D	mg/l	30	731
Fosforo Total	HACH 8190	mg/l	0.05	6.5
Nitrogeno Total	HACH 8075	mg/l NTK	2.0	62.3
Sólidos Sedimentables	APHA 2540 F	ml	0.1	0.1
Sólidos Totales	APHA 2540 B	mg/l	100	676
Sustancias Solubles en Hexano	APHA 5520 B	mg/l	5.0	21.8
Coliformes Fecales	Merck (Cromocult.)	ufc/ml	1	160 E+03
Coliformes Totales	Merck (Cromocult.)	ufc/ml	1	46 E+04

VALORES DE INCERTIDUMBRE

Ensayo	Incertidumbre
pH	L ± 0.13 Unid. de pH
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	L ± 10% mg/l
Demanda Química de Oxígeno	L ± 10% mg/l
Sólidos Totales	L ± 10% mg/l

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:

- L: resultado del análisis
- Valores de Incertidumbre de Ensayos Acreditados por el OAE
- Los valores <1 en Microbiología significan Ausencia
- El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**INFORME DE ENSAYOS No. 8161-02**

NOMBRE DEL CLIENTE: IAMGOLD-ECUADOR S.A
DIRECCION: El Tiempo N3767 y El Comercio
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
 Código de Muestra: Agua Sucia B
 Campamento Pinos - Provincia del Azuay, Cantón: Girón Parroquia: San Gerardo
FECHA DE RECEPCION: 7 de Diciembre del 2006
FECHA DE ANALISIS: Del 7 de Diciembre del 2006 al 13 de Diciembre del 2006
FECHA DE EMISION: 14 de Diciembre del 2006

Ensayo	Método de Referencia	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Nitrógeno Amoniacal	APHA 4500-NH3 C	mg/l	0.06	34
pH	APHA 4500 H+B	Unid. pH		7.06
Sólidos Disueltos	APHA 2510 B	mg/l	2	463
Sólidos Suspendidos	HACH 8006	mg/l	2	222
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D	mg/l	3.0	217
Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D	mg/l	30	523
Fósforo Total	HACH 8190	mg/l	0.05	0.9
Nitrógeno Total	HACH 8075	mg/l NTK	2.0	32.3
Sólidos Sedimentables	APHA 2540 F	ml/l	0.1	0.1
Sólidos Totales	APHA 2540 B	mg/l	100	622
Sustancias Solubles en Hexano	APHA 5520 B	mg/l	5.0	<5.0
Coliformes Fecales	Merck (Cromocult.)	ufc/ml	1	16 E+03
Coliformes Totales	Merck (Cromocult.)	ufc/ml	1	60 E+03

VALORES DE INCERTIDUMBRE

Ensayo	Incertidumbre
pH	$L \pm 0.13$ Unid. de pH
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	$L \pm 10\%$ mg/l
Demanda Química de Oxígeno	$L \pm 10\%$ mg/l
Sólidos Totales	$L \pm 10\%$ mg/l

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:

- L: resultado del análisis
- Valores de Incertidumbre de Ensayos Acreditados por el OAE
- Los valores <1 en Microbiología significan Ausencia
- El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Análisis No.13



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Iamgold Ecuador S.A

El Tiempo N3767 y El Comercio Telf. 245-8673

Attn: Ing. Carla Cárdenas

Proyecto: Análisis de aguas

Muestra recibida: 27-jul-07

Tipo de muestra: 3 Muestras de agua

Análisis completado: 14-ago-07

Número reporte Grüntec: 0707136 AG

Rotulación muestra	CÓDIGO 0 Residual Crudo	CÓDIGO 1 Residual tratamiento biológico 1	CÓDIGO 1 Residual tratamiento biológico 2	METODO EPA #
Fecha muestreo	26-jul-07	26-jul-07	26-jul-07	
Físico-químico:				
pH	7.3	6.3	6.8	150.1
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	1349	634	701	120.1
Sólidos disueltos fijos mg/L	535	300	305	SM 2540E
Sólidos disueltos volátiles mg/L	935	200	190	SM 2540E
Sólidos totales disueltos mg/L	1470	500	495	Cálculo
Sólidos suspendidos totales mg/L	377	74	34	160.2
Sólidos totales mg/L	1847	574	529	160.3
Sólidos sedimentables mL/L	18	<0.1	<0.1	160.5
Aniones y no metálicos:				
Fósforo total mg/L	8.4	9.5	4.4	9212
Amonio mg/L *	<5	<1	<1	350.3
Nitrógeno total Kjeldahl mg/L	<12	<12	<12	351.1
Parámetros orgánicos:				
DBO mg/L	840	532	294	SM 5210D
DQO mg/L	1126	708	422	410.4
Sustancias Tensoactivas mg/L	0.61	6.0	5.5	425.1

* Debido a la naturaleza de la muestra diluciones fueron requeridas.

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Análisis No. 14 físico-químico y microbiológico

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	 ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 3
---	---	---

FECHA: 2007/08/21

INFORME N°: 332/07

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD
 DIRECCIÓN: El tiempo # 3767 y el comercio

MUESTRA

CODIGO: 332/01-03/07
 DESCRIPCIÓN: Planta de aguas residuales de campamento
 PROCEDENCIA: San Gerardo - Girón
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/08/13
 ENTREGADAS POR: Srta. Carla Cárdenas

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	332/01/07 MUESTRA 0
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/08/13 2007/08/18	mg/l	210
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/08/13	mg/l	408
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/08/13	mg/l	1.81
NITROGENO AMONIACAL	SM 4500 NH3 C	2007/08/14	mg/l	0
NKT	SM 4500 Norg B	2007/08/14	mg/l	5.82
pH	SM 4500 H B	2007/08/13		6.69
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/08/13	ml/l	3.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/08/14	mg/l	368
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/08/14	mg/l	459
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia	2007/08/14	mg/l	91
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/08/14	mg/l	379
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/08/14	mg/l	25.6
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/08/13 2007/08/15	NMP/ 100 ml	2.4E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/08/14 2007/08/16	NMP/ 100 ml	1.7E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

	LDGA		INFORME DE RESULTADOS
LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463		ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004	Página 2 de 3

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	332./02/07 MUESTRA 1
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/08/13 2007/08/18	mg/l	153
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/08/13	mg/l	314
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/08/13	mg/l	2.35
NITROGENO AMONICAL	SM 4500 NH3 C	2007/08/14	mg/l	9.03
NKT	SM 4500 Norg B	2007/08/14	mg/l	25.92
pH	SM 4500 H B	2007/08/13		5.96
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/08/13	ml/l	0.0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/08/14	mg/l	31
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/08/14	mg/l	332
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia	2007/08/14	mg/l	301
SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES	SM 2540 E	2007/08/14	mg/l	197
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/08/14	mg/l	21.2
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/08/13 2007/08/15	NMP/ 100 ml	2.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/08/14 2007/08/16	NMP/ 100 ml	4.6E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

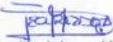
 <p style="text-align: center;">LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 <p style="text-align: center;">ENSAYOS</p> <p>N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p style="text-align: center;">INFORME DE RESULTADOS</p> <p style="text-align: right;">Página 3 de 3</p>
--	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	332 /03/07 MUESTRA 2
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/08/13 2007/08/18	mg/l	123
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/08/13	mg/l	259
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/08/13	mg/l	4.76
NITROGENO AMONICAL	SM 4500 NH3 C	2007/08/14	mg/l	23.29
NKT	SM 4500 Norg B	2007/08/14	mg/l	28.24
pH	SM 4500 H B	2007/08/13		6.62
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/08/13	ml/l	0.0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/08/14	mg/l	43
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/08/14	mg/l	356
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia	2007/08/14	mg/l	313
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/08/14	mg/l	200
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/08/14	mg/l	20.4
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/08/13 2007/08/15	NMP/ 100 ml	3.3E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/08/14 2007/08/16	NMP/ 100 ml	2.3E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio

Atentamente,


Dra. Cecilia Arizaga M.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO (E), P.A.



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

Análisis No. 15 físico-químico y microbiológico

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	 ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 3
---	---	---

FECHA: 2007/08/30

INFORME N°: 351/07

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD
 DIRECCIÓN: El tiempo # 3767 y el comercio

MUESTRA

CODIGO: 351/01-03/07
 DESCRIPCIÓN: Planta de aguas residuales de campamento
 PROCEDENCIA: San Gerardo - Girón
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/08/22
 ENTREGADAS POR: Srta. Carla Cárdenas

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	351/01/07 MUESTRA 0
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/08/22 2007/08/27	mg/l	198
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/08/22	mg/l	446
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/08/24	mg/l	4.37
NITROGENO AMONIAICAL	SM 4500 NH3 C	2007/08/23	mg/l	1.16
NKT	SM 4500 Norg B	2007/08/23	mg/l	18.63
pH	SM 4500 H B	2007/08/22		6.55
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/08/23	ml/l	6.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/08/22	mg/l	250
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/08/23	mg/l	312
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia	2007/08/23	mg/l	62
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/08/23	mg/l	240
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/08/23	mg/l	46
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/08/22 2007/08/24	NMP/ 100 ml	1.3E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/08/23 2007/08/25	NMP/ 100 ml	1.7E+04

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0405-03

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890483</p>	 <p>ENSAYOS</p> <p>N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p> <p>Página 2 de 3</p>
--	---	--

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	351.02/07 MUESTRA 1
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/08/22 2007/08/27	mg/l	355
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/08/22	mg/l	704
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/08/24	mg/l	5.36
NITROGENO AMONICAL	SM 4500 NH3 C	2007/08/23	mg/l	28.83
NKT	SM 4500 Norg B	2007/08/23	mg/l	54.74
pH	SM 4500 H B	2007/08/22		6.04
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/08/23	ml/l	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/08/22	mg/l	66
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/08/23	mg/l	615
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia	2007/08/23	mg/l	549
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/08/23	mg/l	293
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/08/23	mg/l	64
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/08/22 2007/08/24	NMP/ 100 ml	5.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/08/23 2007/08/25	NMP/ 100 ml	1.4E+06

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

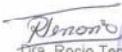
 <p style="text-align: center;">LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 <p style="text-align: center;">ENSAYOS</p> <p>N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p style="text-align: center;">INFORME DE RESULTADOS</p> <p style="text-align: right;">Página 3 de 3</p>
--	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	351./03/07 MUESTRA 2
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/08/22 2007/08/27	mg/l	193
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/08/22	mg/l	365
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/08/24	mg/l	7.75
NITROGENO AMONICAL	SM 4500 NH3 C	2007/08/23	mg/l	36.40
NKT	SM 4500 Norg B	2007/08/23	mg/l	42.81
pH	SM 4500 H B	2007/08/22		6.74
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/08/23	ml/l	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/08/22	mg/l	14
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/08/23	mg/l	431
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia	2007/08/23	mg/l	417
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/08/23	mg/l	211
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/08/27	mg/l	12
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/08/22 2007/08/24	NMP/ 100 ml	2.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/08/23 2007/08/25	NMP/ 100 ml	7.0E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio

Atentamente,


Dra. Rocío Tenorio T.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO (E)



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

Análisis No. 16 físico-químico y microbiológico

 <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 <p>ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p> <p>Página 1 de 3</p>
---	---	---

FECHA: 2007/09/18

INFORME N°: 373/07

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD
DIRECCIÓN: El tiempo # 3767 y el comercio

MUESTRA

CODIGO: 373/01-03/07
DESCRIPCIÓN: Planta de aguas residuales de campamento
PROCEDECENCIA: San Gerardo - Girón
FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/09/10
ENTREGADAS POR: Srta. Carla Cárdenas

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	373/01/07 MUESTRA 0
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/09/10 2007/09/15	mg/l	*
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/09/11	mg/l	1504
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/09/13	mg/l	2.26
NITROGENO AMONIAICAL	SM 4500 NH3 C	2007/09/12	mg/l	0.58
NITRÓGENO ORGANICO	SM 4500 Norg B	2007/09/12	mg/l	10.19
NKT	SM 4500 Norg B	2007/09/12	mg/l	10.77
pH	SM 4500 H B	2007/09/10		7.73
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/09/11	ml/l	6.0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/09/11	mg/l	554
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/09/11	mg/l	2347
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia		mg/l	1793
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/09/13	mg/l	2154
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/09/11	mg/l	433.6
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/09/10 2007/09/12	NMP/ 100 ml	7.9E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/09/11 2007/09/13	NMP/ 100 ml	7.9E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio
* No se reporta porque la DBO es menor a la esperada, la muestra no estaba muy contaminada



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2 - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 <p>ENSAYOS</p> <p>N° OAE LE 2C 06-004</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p> <p>Página 2 de 3</p>
---	---	--

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	373./02/07 MUESTRA 1
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/09/10 2007/09/15	mg/l	380
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/09/11	mg/l	684
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/09/13	mg/l	8.56
NITROGENO AMONIAICAL	SM 4500 NH3 C	2007/09/12	mg/l	23.58
NITROGENO ORGÁNICO	SM 4500 Norg B	2007/09/12	mg/l	22.71
NKT	SM 4500 Norg B	2007/09/12	mg/l	46.29
pH	SM 4500 H B	2007/09/10		5.72
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/09/11	ml/l	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/09/11	mg/l	73
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/09/11	mg/l	635
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia		mg/l	562
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/09/13	mg/l	387
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/09/11	mg/l	76.0
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/09/10 2007/09/12	NMP/ 100 ml	<1.6E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/09/11 2007/09/13	NMP/ 100 ml	3.5E+06

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos mercados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

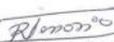
 <p style="text-align: center;">LDGA</p> <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	 ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 3 de 3
--	---	---

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	373/03/07 MUESTRA 2
DBO5	PEE/LDGA/FQ/01	2007/09/10 2007/09/15	mg/l	181
DQO	PEE/LDGA/FQ/02	2007/09/11	mg/l	372
FÓSFORO TOTAL	PEE/LDGA/FQ/03	2007/09/13	mg/l	7.09
NITROGENO AMONIAICAL	SM 4500 NH3 C	2007/09/12	mg/l	32.03
NITROGENO ORGANICO	SM 4500 Norg B	2007/09/12	mg/l	6.70
NKT	SM 4500 Norg B	2007/09/12	mg/l	38.73
pH	SM 4500 H B	2007/09/10		6.73
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	2007/09/11	ml/l	0
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LDGA/FQ/04	2007/09/11	mg/l	26
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2007/09/11	mg/l	479
SÓLIDOS DISUELTOS	Por diferencia		mg/l	453
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES	SM 2540 E	2007/09/13	mg/l	284
SUSTANCIAS SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2007/09/11	mg/l	33.2
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/09/10 2007/09/12	NMP/ 100 ml	2.2E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/09/11 2007/09/13	NMP/ 100 ml	2.4E+06

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio

Atentamente,


Dra. Rocio Tenorio T. E.T.A.P.A.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO (E)

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

Tabla 6.1 Resultados de análisis físico-químicos de la planta de tratamiento

Muestra 1: 23 de marzo			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	880	740	500
Sólidos Sedimentables (ppm)	7	0,7	0,1
Sólidos Disueltos (ppm)	770	690	580
Sólidos Fijos (ppm)	170	130	80
Sólidos Volátiles (ppm)	120	80	30
DQO (ppm)	3000	900	133
DBO (ppm)	1071	321	48
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	20,4	15,3	7,4
Nitrógeno Total (ppm)	87,2	28,4	20
Fósforo Total (ppm)	3	2,6	2
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	2,6	1,4	0,8
pH	8,58	8,11	8,12

Muestra 2: 30 de marzo			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1480	850	760
Sólidos Sedimentables (ppm)	1	0,1	0
Sólidos Disueltos (ppm)	1310	840	730
Sólidos Fijos (ppm)	780	340	240
Sólidos Volátiles (ppm)	580	140	80
DQO (ppm)	3500	660	220
DBO (ppm)	1250	236	79
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	6,9	4,8	2,3
Nitrógeno Total (ppm)	110,3	76,7	41
Fósforo Total (ppm)	4,1	3,7	1,6
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	7	2,1	0,2
pH	10,4	8,09	8,08

Muestra 3: 6 de abril			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	2180	640	580
Sólidos Sedimentables (ppm)	20	0,1	0
Sólidos Disueltos (ppm)	1190	640	560
Sólidos Fijos (ppm)	180	140	70
Sólidos Volátiles (ppm)	150	110	55
DQO (ppm)	4500	755	150
DBO (ppm)	1607	270	54
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	25	9	7,8
Nitrógeno Total (ppm)	125	45	39
Fósforo Total (ppm)	7,8	3	2,4
pH	8,1	8,5	8,08
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	9	3,2	0,3

Muestra 4: 20 de abril			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	2440	700	430
Sólidos Sedimentables (ppm)	25	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	1080	520	270
Sólidos Fijos (ppm)	200	105	50
Sólidos Volátiles (ppm)	170	130	70
DQO (ppm)	5020	1600	350
DBO (ppm)	1793	571	125
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	23	7	3,8
Nitrógeno Total (ppm)	115	35	19
Fósforo Total (ppm)	8,6	4,2	2
pH	8,6	8,4	8,12
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	7	2,2	0,2

Muestra 5: 27 de abril			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1410	800	660
Sólidos Sedimentables (ppm)	7	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	730	630	530
Sólidos Fijos (ppm)	210	100	80
Sólidos Volátiles (ppm)	170	80	40
DQO (ppm)	3200	734	145
DBO (ppm)	1143	262	52
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	18	6	3,2
Nitrógeno Total (ppm)	90	30	16
Fósforo Total (ppm)	5,3	4,1	2,1
pH	8,2	8,6	8,07
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	3,3	1,4	0

Muestra 6: 2 de mayo			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	990	630	580
Sólidos Sedimentables (ppm)	40	0,5	0
Sólidos Disueltos (ppm)	660	470	440
Sólidos Fijos (ppm)	400	270	170
Sólidos Volátiles (ppm)	350	200	80
DQO (ppm)	2300	900	250
DBO (ppm)	821	321	89
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	22	18	5
Nitrógeno Total (ppm)	110	90	25
Fósforo Total (ppm)	4	2	1
pH	8	7,84	7,8
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	7,3	4,4	1,3

Muestra 7: 11 de mayo			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1613	710	505
Sólidos Sedimentables (ppm)	24	0,2	0
Sólidos Disueltos (ppm)	823	540	355
Sólidos Fijos (ppm)	270	158	110
Sólidos Volátiles (ppm)	230	137	75
DQO (ppm)	4500	1350	200
DBO (ppm)	1607	482	71
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	21	10,3	4,4
Nitrógeno Total (ppm)	105	51,7	22
Fósforo Total (ppm)	6	3,4	1,5
pH	8,27	8,28	7,96
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	5,9	2,7	0,8

Muestra 8: 31 de mayo			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1806	670	524
Sólidos Sedimentables (ppm)	27	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	938	543	406
Sólidos Fijos (ppm)	263	168	100
Sólidos Volátiles (ppm)	225	144	70
DQO (ppm)	5950	1122	374
DBO (ppm)	2125	401	134
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	22,8	11,1	5,3
Nitrógeno Total (ppm)	113,8	55,4	26,3
Fósforo Total (ppm)	6,6	3,2	1,7
pH	8	8	8
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	7,3	3,1	0,7

Muestra 9: 4 de junio			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1264	469	367
Sólidos Sedimentables (ppm)	19	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	657	380	284
Sólidos Fijos (ppm)	184	118	70
Sólidos Volátiles (ppm)	158	101	49
DQO (ppm)	2571	431	86
DBO (ppm)	918	154	31
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	15,9	7,8	3,7
Nitrógeno Total (ppm)	79,6	38,8	18,4
Fósforo Total (ppm)	4,6	2,2	1,2
pH	6	6	6
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	5,1	2,2	0,5

Muestra 10: 14 de junio			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	2167	804	629
Sólidos Sedimentables (ppm)	33	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	1126	651	488
Sólidos Fijos (ppm)	315	202	120
Sólidos Volátiles (ppm)	270	173	840
DQO (ppm)	2057	472	93
DBO (ppm)	735	169	33
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	27,3	13,3	6,3
Nitrógeno Total (ppm)	136,5	66,5	31,5
Fósforo Total (ppm)	7,9	3,8	2,1
pH	9,9	9,9	9,6
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	8,8	3,8	0,8

Muestra 11: 21 de junio			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1625	603	471
Sólidos Sedimentables (ppm)	25	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	844	488	366
Sólidos Fijos (ppm)	236	151	90
Sólidos Volátiles (ppm)	203	130	63
DQO (ppm)	3552	891	202
DBO (ppm)	1269	318	72
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	20,5	10	4,7
Nitrógeno Total (ppm)	102,4	49,9	23,6
Fósforo Total (ppm)	5,9	2,8	1,6
pH	7,4	7,4	7,2
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	6,6	2,8	0,6

Muestra 12: 17 de julio			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1056	888	600
Sólidos Sedimentables (ppm)	8,4	0,72	0,12
Sólidos Disueltos (ppm)	924	828	696
Sólidos Fijos (ppm)	204	156	96
Sólidos Volátiles (ppm)	144	96	36
DQO (ppm)	2286	497	107
DBO (ppm)	1094	236	51
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	26,6	13	6,1
Nitrógeno Total (ppm)	133,1	64,8	30,7
Fósforo Total (ppm)	7,7	3,7	2
pH	9,6	9,7	9,3
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	8,5	3,7	0,8

Muestra 17: 20 de septiembre			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	977	428	326
Sólidos Sedimentables (ppm)	13	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	571	373	298
Sólidos Fijos (ppm)	139	95	56
Sólidos Volátiles (ppm)	114	75	35
DQO (ppm)	3200	1200	220
DBO (ppm)	1094	236	51
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	14,1	6,6	3,4
Nitrógeno Total (ppm)	70,3	32,9	17,1
Fósforo Total (ppm)	3,7	1,9	1,1
pH	8,2	8,2	8,4
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	12	6,7	1,2

Muestra 18: 1 de octubre			
Parámetro	Muestra 0	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos Totales (ppm)	1625	603	471
Sólidos Sedimentables (ppm)	25	0	0
Sólidos Disueltos (ppm)	844	488	366
Sólidos Fijos (ppm)	236	151	90
Sólidos Volátiles (ppm)	203	130	63
DQO (ppm)	4110	1167	248
DBO (ppm)	1468	417	88
Nitrógeno Amoniacal (ppm)	20	10	5
Nitrógeno Total (ppm)	102	50	24
Fósforo Total (ppm)	6	3	2
pH	8	7	8
Sustancias Solubles Hexano (ppm)	6,6	2,8	0,6

Figura 6.2 Resultados microbiológicos de la planta de tratamiento

Análisis No.1

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p>	<p>Página 1 de 1</p>
--	---	----------------------

FECHA: 2007/03/30

INFORME N°: 124/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 124/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Agua residual cruda y tratada

PROCEDENCIA: Campamento Aguarongo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/03/26

ENTREGADA POR: Sr. Klimer Armijos

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M0 AGUA RESIDUAL CRUDA 124/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/03/26 2007/03/28	NMP/100 ml	1.3E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/03/27 2007/03/29	NMP/100 ml	2.4E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 AGUA RESIDUAL TRATADA 124/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/03/26 2007/03/28	NMP/100 ml	9.2E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/03/27 2007/03/29	NMP/100 ml	1.2E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M3 AGUA RESIDUAL TRATADA 124/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/03/26 2007/03/28	NMP/100 ml	1.1E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/03/27 2007/03/29	NMP/100 ml	1.1E+06

SM: STANDARD METHODS Edición 21

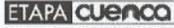
Atentamente,


Ing. Yolanda Torres Moscoso
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio

MC0406

Análisis No.2

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p>	<p>Página 1 de 1</p>
--	---	----------------------

FECHA: 2007/04/16

INFORME N°: 146/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 146/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Agua de planta de tratamiento de aguas residuales

PROCEDENCIA: San Gerardo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/04/09

ENTREGADA POR: Sr. Marco Quintros

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M0 AGUA RESIDUAL CRUDA 146/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/04/09 2007/04/11	NMP/100 ml	2.2E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/04/10 2007/04/12	NMP/100 ml	2.2E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M1 DESPUES MANTO DE Lodos 146/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/04/09 2007/04/11	NMP/100 ml	3.5E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/04/10 2007/04/12	NMP/100 ml	4.0E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 HUMEDAL 146/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/04/09 2007/04/11	NMP/100 ml	5.4E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/04/10 2007/04/12	NMP/100 ml	4.9E+06

SM: STANDARD METHODS Edición 21

Atentamente,


Ing. Yolanda Torres Moscoso
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio
MC0406

Análisis No.3

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
--	----------------------------------	---------------

FECHA: 2007/04/30

INFORME N°: 170/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 170/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Planta de tratamiento

PROCEDENCIA: San Gerardo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/04/24

ENTREGADA POR: Sr. Marco Quinteros

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M0 CRUDA 124/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/04/24 2007/04/26	NMP/100 ml	5.4E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/04/25 2007/04/27	NMP/100 ml	7.0E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 TRATADA 124/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/04/24 2007/04/26	NMP/100 ml	1.3E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/04/25 2007/04/27	NMP/100 ml	2.4E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M3 TRATADA 124/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/04/24 2007/04/26	NMP/100 ml	2.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/04/25 2007/04/27	NMP/100 ml	1.7E+06

SM: STANDARD METHODS Edición 21

Atentamente,



 Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO


NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
 Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio

MC0406

Análisis No.4

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p>	<p>Página 1 de 1</p>
--	---	----------------------

FECHA: 2007/05/14

INFORME N°: 185/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 185/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Planta de tratamiento AR

PROCEDENCIA: San Gerardo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/05/07

ENTREGADA POR: Sr. Marco Quinteros

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M0 CRUDA 185/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/07 2007/05/09	NMP/100 ml	5.4E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/08 2007/05/10	NMP/100 ml	5.4E+08

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M1 TRATADA 185/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/07 2007/05/09	NMP/100 ml	7.9E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/08 2007/05/10	NMP/100 ml	3.5E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 TRATADA 185/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/07 2007/05/09	NMP/100 ml	1.7E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/08 2007/05/10	NMP/100 ml	1.7E+06

SM: STANDARD METHODS Edición 21

Atentamente,



Ing. Yolanda Torres Moscoso
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio

MC0406

Análisis No.5

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p>	<p>Página 1 de 1</p>
--	---	----------------------

FECHA: 2007/05/14

INFORME N°: 189/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 189/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Planta de tratamiento aguas residuales

PROCEDECENCIA: San Gerardo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/05/09

ENTREGADA POR: Sr. Marco Quinteros

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M0 189/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/09 2007/05/11	NMP/100 ml	2.2E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/10 2007/05/12	NMP/100 ml	2.2E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 189/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/09 2007/05/11	NMP/100 ml	1.6E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/10 2007/05/12	NMP/100 ml	1.3E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M3 189/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/09 2007/05/11	NMP/100 ml	5.4E+056
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/10 2007/05/12	NMP/100 ml	3.5E+06

SM: STANDARD METHODS Edición 21

Atentamente,



Ing. Yolanda Torres Moscoso
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio

MC0406

Análisis No.6

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
--	----------------------------------	---------------

FECHA: 2007/05/21

INFORME N°: 200/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 200/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Agua residual cruda y tratada

PROCEDENCIA: San Gerardo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/05/15

ENTREGADA POR: Sr. Klimer Armijos

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M1 200/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/15 2007/05/17	NMP/100 ml	5.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/16 2007/05/18	NMP/100 ml	3.5E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 200/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/15 2007/05/17	NMP/100 ml	1.4E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/16 2007/05/18	NMP/100 ml	3.5E+07

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M3 200/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/15 2007/05/17	NMP/100 ml	4.6E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/16 2007/05/18	NMP/100 ml	4.6E+08

SM: STANDARD METHODS Edición 21

Atentamente,



 Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
 Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio

MC0406

Análisis No.7

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
--	----------------------------------	---------------

FECHA: 2007/05/28

INFORME N°: 216/07

CLIENTE:

NOMBRE: IAMGOLD

DIRECCIÓN: El Tiempo 37-67 y El Comercio - Quito

MUESTRA:

CODIGO: 216/01 - 03/07

DESCRIPCIÓN: Planta de tratamiento aguas residuales

PROCEDENCIA: San Gerardo

FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/05/21

ENTREGADA POR: Sr. René Azaña

RESULTADOS

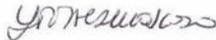
PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M0 216/01/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/21 2007/05/23	NMP/100 ml	9.2E+08
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/22 2007/05/24	NMP/100 ml	5.4E+08

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M2 216/02/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/21 2007/05/23	NMP/100 ml	5.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/22 2007/05/24	NMP/100 ml	3.3E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M3 216/03/07
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/05/21 2007/05/23	NMP/100 ml	1.1E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/05/22 2007/05/24	NMP/100 ml	1.7E+06

SM: STANDARD METHODS Edición 21

Atentamente,



 Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

NOTA: Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo
 Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio

MC0406

Análisis No.8

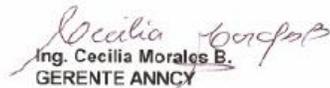


INFORME DE ENSAYOS No. 8735-02

NOMBRE DEL CLIENTE: IAMGOLD-ECUADOR S.A
DIRECCION: El Tiempo N3767 y El Comercio
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
Código de Muestra: 1
FECHA DE RECEPCION: 1 de Junio del 2007
FECHA DE ANALISIS: Del 1 de Junio del 2007 al 4 de Junio del 2007
FECHA DE EMISION: 4 de Junio del 2007

Ensayo	Método de Referencia	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	APHA 9223 B	NMP/100ml	1	>24200
Coliformes Totales	APHA 9223 B	NMP/100ml	1	>24200
Hongos y Levaduras	APHA 9610 C	ufc/ml	1	>400 E+02

Atentamente,


Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:

- Los valores <1 en Microbiología significan Ausencia
- El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**INFORME DE ENSAYOS No. 8735-02**

NOMBRE DEL CLIENTE: IAMGOLD-ECUADOR S.A
DIRECCION: El Tiempo N3707 y El Comercio
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
 Código de Muestra: 1
FECHA DE RECEPCION: 1 de Junio del 2007
FECHA DE ANALISIS: Del 1 de Junio del 2007 al 4 de Junio del 2007
FECHA DE EMISION: 4 de Junio del 2007

Ensayo	Método de Referencia	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	APHA 9223 B	NMP/100ml	1	>24200
Coliformes Totales	APHA 9223 B	NMP/100ml	1	>24200
Hongos y Levaduras	APHA 9610 C	ufc/ml	1	>400 E+02

Atentamente,


Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:

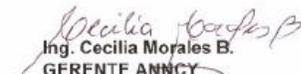
- Los valores <1 en Microbiología significan Ausencia
- El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**INFORME DE ENSAYOS No. 8735-03**

NOMBRE DEL CLIENTE: IAMGOLD-ECUADOR S.A
DIRECCION: El Tiempo N3767 y El Comercio
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
 Código de Muestra: 2
FECHA DE RECEPCION: 1 de Junio del 2007
FECHA DE ANALISIS: Del 1 de Junio del 2007 al 4 de Junio del 2007
FECHA DE EMISION: 4 de Junio del 2007

Ensayo	Método de Referencia	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Coliformes Fecales	APHA 9223 B	NMP/100ml	1	>24200
Coliformes Totales	APHA 9223 B	NMP/100ml	1	>24200
Hongos y Levaduras	APHA 9810 C	ufc/ml	1	>400 E+02

Atentamente,


Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:

- Los valores <1 en Microbiología significan Ausencia
- El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Análisis No.9



REPORTE DE ANÁLISIS

Client: langold Ecuador S.A

El Tiempo N3767 y El Comercio Telf. 246-8673

Attn: Ing. David Quinteros

Project: Análisis de aguas

Sample received: 05-Jun-07

Sample material: 3 muestras de agua

Grüntec report number: 15-Jun-07

Analyses completed: 070611 AG1-3

Rotulación muestra	Código 0 Residual Crudo	Código 1 Residual tratamiento biológico 1	Código 2 Residual tratamiento biológico 2	Método
Fecha de muestreo	N/D	N/D	N/D	

Parámetros microbiológicos:				
Coliformes totales NMP/100 mL	>11000000	>11000000	4600000	SM 9221
Coliformes fecales NMP/100 mL	930	2400000	430	SM 9221
Hongos y levaduras UFC/mL	22x10 ³	22x10 ³	64x10 ²	BMA

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Análisis No.10



REPORTE DE ANÁLISIS

Client: Iamgold Ecuador S.A

El Tiempo N3767 y El Comercio Telf. 246-8673

Attn: Ing. David Quinteros

Project: Análisis de aguas

Sample received: 22-Jun-07

Sample material: 3 muestras de agua

Grüntec report number: 28-Jun-07

Analyses completed: 0706107 AG1-3

Rotulación muestra	Código 0 Residual Crudo	Código 1 Residual tratamiento biológico	Código 2 Residual tratamiento biológico	Método
Fecha de muestreo	N/D	N/D	N/D	

Parámetros microbiológicos:				
Coliformes totales NMP/100 mL	>11000000	>11000000	280000	SM 9221
Coliformes fecales NMP/100 mL	>11000000	>11000000	11000	SM 9221
Hongos y levaduras UFC/mL	36x10 ²	75x10 ²	200	BMA

GRUNTEC

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

IAMGOLD ECUADOR S.A

03 JUL. 2007

RECIBIDO POR:

Análisis No.12



REPORTE DE ANÁLISIS

Client: Iamgold Ecuador S.A

El Tiempo N3767 y El Comercio Telf. 246-8673

Attn: Ing. Carla Cárdenas

Project: Análisis de aguas

Sample received: 13-Jul-07

Sample material: 3 muestras de agua

Grüntec report number: 23-Jul-07

Analyses completed: 070760 AG1-3

Rotulación muestra	Código 0 Residual Crudo	Código 2 Tratamiento biológico	Código 3 Tratamiento biológico	Método
<i>Fecha de muestreo</i>	<i>12-Jul-07</i>	<i>12-Jul-07</i>	<i>12-Jul-07</i>	

<i>Parámetros microbiológicos:</i>				
Coliformes totales NMP/100 mL	>11000000	>11000000	4600000	SM 9221
Coliformes fecales NMP/100 mL	>11000000	>11000000	460000	SM 9221
Hongos y levaduras UFC/mL	34x10 ³	24x10 ³	53x10 ²	BMA

GRUNtec

Ing. Santiago Cadena
Gerente de Operaciones

Nota: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Análisis No. 17

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	 ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1
---	--	---

FECHA: 2007/10/01

INFORME N°: 396/07

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD
 DIRECCIÓN: El tiempo # 3767 y el comercio

MUESTRA

CODIGO: 396/01-03/07
 DESCRIPCIÓN: Planta de aguas residuales de campamento
 PROCEDENCIA: San Gerardo - Girón
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/09/24
 ENTREGADAS POR: Sr. Rene Azaña

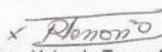
RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	396/01/07 MUESTRA 0	396/02/07 MUESTRA 1	396/03/07 MUESTRA 2
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/09/24 2007/09/26	NMP/ 100 ml	5.4E+06	>1.6E+08	5.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/09/25 2007/09/27	NMP/ 100 ml	2.2E+05	7.9E+06	6.3E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio

Atentamente,


 Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

Análisis No.18

 LDGA LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 2890418 - 2890463	 ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1
---	---	---

FECHA: 2007/10/05

INFORME N°: 404/07

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD
 DIRECCIÓN: El Tiempo # 3767 y El Comercio

MUESTRA

CODIGO: 404/01-03/07
 DESCRIPCIÓN: Planta de aguas residuales de campamento
 PROCEDENCIA: San Gerardo - Girón
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/10/01
 ENTREGADAS POR: Sr. Marco Quinteros

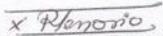
RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	404/01/07 MUESTRA 0	404/02/07 MUESTRA 1	404/03/07 MUESTRA 2
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2007/10/01 2007/10/03	NMP/ 100 ml	5.4E+07	9.2E+07	5.4E+07
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2007/10/02 2007/10/04	NMP/ 100 ml	2.4E+06	1.3E+07	7.0E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

La incertidumbre del método de los parámetros acreditados está a disposición del cliente en el laboratorio

Atentamente,


 Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación.

MC0406-03

Análisis de color y turbiedad

 <p>LDGA</p> <p>LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Panamericana Norte Km. 5 y 1/2 - Cuenca Telf : 2990418 - 2990463</p>		<p>INFORME DE RESULTADOS</p>	<p>Página 1 de 1</p>
---	--	-------------------------------------	----------------------

FECHA: 2007/12/10

INFORME N°: 510/07

CLIENTE

NOMBRE: IAMGOLD
DIRECCIÓN: El Tiempo 3787 y El Comercio - Quito

MUESTRA

CODIGO: 510/01/07, 510/02/07
DESCRIPCIÓN: Vertientes
PROCEDENCIA: Quimsacocha
FECHA DE RECEPCIÓN: 2007/12/07
ENTREGADAS POR: Sra. Carmen Cárdenas

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	M1 510/01/07	M2 510/02/07
COLOR APARENTE	SM2120 C	2007/09/20	UC	1070	477
TURBIEDAD	SM 2130 B	2007/09/20	NTU	137	64.5

SM: STANDARD METHODS, Edición 21

Atentamente,



Ing. Yolanda Torres Moscoso
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

Tabla 6.3 Resultados de Test T para muestras Pareadas

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos totales Entrada y Manto			
Estadística Descriptiva			
VAR	Tamaño muestral	Media	Varianza
Serie #1	18	1471	377977,0588
Serie #2	18	649,5	20751,08824
Resumen			
Grados de Libertad	17	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T (tc)	5,944682867	Varianza Combinada	199364,0735
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	1,60E-05	Valor Crítico (1%)	2,89823052
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student) (tt)	8,00E-06	Valor Crítico (1%)	2,566933984
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,310445071		
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,612146051	nivel p	0
Valor Crítico (1%)	0,155		
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	5,519571621	nivel p	0,999972343
Parámetro de relación de varianzas	0,947956801	Valor Crítico (1%)	0,063555464

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos totales Manto y Humedal			
Estadística Descriptiva			
VAR	Tamaño muestral	Media	Varianza
Serie #1	19	650,8947368	19635,21053
Serie #2	19	520,1578947	12741,91813
Resumen			
Grados de Libertad	18	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	6,601738329	Varianza Combinada	16188,56433
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	3,37E-06	Valor Crítico (1%)	2,878440473
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	1,68E-06	Valor Crítico (1%)	2,55237963
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,787923672		
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,264114833	nivel p	0,001897506
Valor Crítico (1%)	0,149		
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	3,167055146	nivel p	0,996764183
Parámetro de relación de varianzas	0,606453115	Valor Crítico (1%)	0,063167634

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos totales Entrada-Humedal				
Estadística Descriptiva				
VAR	Tamaño muestral	Media		Varianza
Serie #1		18		1471 377977,0588
Serie #2		18		514,5 12847,44118
Resumen				
Grados de Libertad		17	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	6,858801165		Varianza Combinada	195412,25
Distribución de Dos Colas				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)		2,77E-06	Valor Crítico (1%)	2,89823052
Distribución de Una Cola				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)		1,39E-06	Valor Crítico (1%)	2,566933984
Coeficiente de Correlación de Pearson		0,292469572		
Criterio G				
Estadísticas de la Prueba		0,746682279	nivel p	0
Valor Crítico (1%)		0,155		
Criterio de Pagurova				
Estadísticas de la Prueba		6,491279906	nivel p	0,999995232
Parámetro de relación de varianzas		0,967127339	Valor Crítico (1%)	0,063585643

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos sedimentables Entrada-manto			
Estadística Descriptiva			
VAR	Tamaño muestral	Media	Varianza
Serie #1	18	17,13333333	123,4788235
Serie #2	18	0,134444444	0,059002614
Resumen			
Grados de Libertad	17	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	6,483087365	Varianza Combinada	61,76891307
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	5,62E-06	Valor Crítico (1%)	2,89823052
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	2,81E-06	Valor Crítico (1%)	2,566933984
Coeficiente de Correlación de Pearson	-0,03954723		
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,855935996	nivel p	0
Valor Crítico (1%)	0,155		
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	6,488686776	nivel p	0,999995232
Parámetro de relación de varianzas	0,999522392	Valor Crítico (1%)	0,063638195

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos sedimentables Manto-Humedal			
Estadística Descriptiva			
VAR	Tamaño muestral	Media	Varianza
Serie #1	19	0,132631579	0,055787135
Serie #2	19	0,022105263	0,001950877
Resumen			
Grados de Libertad	18	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	2,288263044	Varianza Combinada	0,028869006
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,034435812	Valor Crítico (1%)	2,878440473
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,017217906	Valor Crítico (1%)	2,55237963
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,642737788		
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,263157895	nivel p	0,001920752
Valor Crítico (1%)	0,149		
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	2,004987097	nivel p	0,940649986
Parámetro de relación de varianzas	0,966211563	Valor Crítico (1%)	0,063534825

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos sedimentables entrada-humedal				
Estadística Descriptiva				
VAR	Tamaño muestral	Media		Varianza
Serie #1	18	17,13333333		123,4788235
Serie #2	18	0,017777778		0,001688889
Resumen				
Grados de Libertad	17	Diferencia de Medias Hipotetizada		0
Valor de criterio T	6,528597419	Varianza Combinada		61,74025621
Distribución de Dos Colas				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	5,16E-06	Valor Crítico (1%)		2,89823052
Distribución de Una Cola				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	2,58E-06	Valor Crítico (1%)		2,566933984
Coeficiente de Correlación de Pearson	-0,254359576			
Criterio G				
Estadísticas de la Prueba	0,875028403	nivel p		0
Valor Crítico (1%)	0,155			
Criterio de Pagurova				
Estadísticas de la Prueba	6,534735918	nivel p		0,999995232
Parámetro de relación de varianzas	0,999986323	Valor Crítico (1%)		0,063638961

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Sólidos disueltos entrada -manto				
Estadística Descriptiva				
	Tamaño muestral	Media		Varianza
VAR				
Serie #1	18		882,3888889	182004,6046
Serie #2	18		555,1666667	20306,85294
Resumen				
Grados de Libertad		17	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	3,591552963		Varianza Combinada	101155,7288
Distribución de Dos Colas				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,002249774		Valor Crítico (1%)	2,89823052
Distribución de Una Cola				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,001124887		Valor Crítico (1%)	2,566933984
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,435046793			
Criterio G				
Estadísticas de la Prueba	0,288301517		nivel p	0,001361303
Valor Crítico (1%)	0,155			
Criterio de Pagurova				
Estadísticas de la Prueba	3,08651792		nivel p	0,994236946
Parámetro de relación de varianzas	0,899625789		Valor Crítico (1%)	0,063482901

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Solidos disueltos manto-humedal				
Estadística Descriptiva				
VAR	Tamaño muestral	Media		Varianza
Serie #1	19	558,2105263		19354,73099
Serie #2	19	447,8947368		16998,32164
Resumen				
Grados de Libertad	18	Diferencia de Medias Hipotetizada		0
Valor de criterio T	7,920205825	Varianza Combinada		18176,52632
Distribución de Dos Colas				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	2,83E-07	Valor Crítico (1%)		2,878440473
Distribución de Una Cola				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	1,41E-07	Valor Crítico (1%)		2,55237963
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,90049911			
Criterio G				
Estadísticas de la Prueba	0,220852431	nivel p		0,002979211
Valor Crítico (1%)	0,149			
Criterio de Pagurova				
Estadísticas de la Prueba	2,52199392	nivel p		0,983742714
Parámetro de relación de varianzas	0,532410062	Valor Crítico (1%)		0,063147511

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Solidos disueltos Entrada-humedal				
Estadística Descriptiva				
VAR	Tamaño muestral	Media		Varianza
Serie #1	18	882,3888889		182004,6046
Serie #2	18	447,0555556		17984,05556
Resumen				
Grados de Libertad	17	Diferencia de Medias Hipotetizada		0
Valor de criterio T	4,67282718	Varianza Combinada		99994,33007
Distribución de Dos Colas				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,000218452	Valor Crítico (1%)		2,89823052
Distribución de Una Cola				
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,000109226	Valor Crítico (1%)		2,566933984
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,38245106			
Criterio G				
Estadísticas de la Prueba	0,397383234	nivel p		0
Valor Crítico (1%)	0,155			
Criterio de Pagurova				
Estadísticas de la Prueba	4,130051711	nivel p		0,999470711
Parámetro de relación de varianzas	0,910074624	Valor Crítico (1%)		0,063498129

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] Solidos fijos entrada-manto			
Estadística Descriptiva	Tamaño muestral	Media	Varianza
VAR			
Serie #1	15		288,1333333
Serie #2	15		172,2666667
Resumen			
Grados de Libertad	14	Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	4,393451962	Varianza Combinada	17141,38095
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,000612486	Valor Crítico (1%)	2,976842734
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	0,000306243	Valor Crítico (1%)	2,624494068
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,944003448		
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,261550038	nivel p	0,009914211
Valor Crítico (1%)	0,179		
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	2,423629563	nivel p	0,97424221
Parámetro de relación de varianzas	0,837971603	Valor Crítico (1%)	0,063551815

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] solidos fijos manto-humedal			
Estadística Descriptiva	Tamaño muestral	Media	Varianza
VAR			
Serie #1	15		172,2666667 5554,780952
Serie #2	15		115,1333333 5060,12381
Resumen			
Grados de Libertad		14 Diferencia de Medias Hipotetizada	0
Valor de criterio T	8,116389198	Varianza Combinada	5307,452381
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	1,16E-06	Valor Crítico (1%)	2,976842734
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	5,79E-07	Valor Crítico (1%)	2,624494068
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,930990371		
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,228533333	nivel p	0,020822695
Valor Crítico (1%)	0,179		
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	2,147717428	nivel p	0,959441185
Parámetro de relación de varianzas	0,523300122	Valor Crítico (1%)	0,063272719

Comparación de Medias [Con el Test T de Dos Muestras Emparejadas] solidos fijos entrada - humedal			
Estadística Descriptiva	Tamaño muestral	Media	Varianza
VAR			
Serie #1	15		288,1333333
Serie #2	15		115,1333333
			5060,12381
Resumen			
Grados de Libertad		14	Diferencia de Medias Hipotetizada
Valor de criterio T	6,037216404		Varianza Combinada
			0
			16894,05238
Distribución de Dos Colas			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	3,05E-05		Valor Crítico (1%)
			2,976842734
Distribución de Una Cola			
P(T<=t)Probabilidad, correspondiente al criterio de Student)	1,53E-05		Valor Crítico (1%)
Coeficiente de Correlación de Pearson	0,890406624		
			2,624494068
Criterio G			
Estadísticas de la Prueba	0,386160714		nivel p
Valor Crítico (1%)	0,179		
			0,000564746
Criterio de Pagurova			
Estadísticas de la Prueba	3,6451031		nivel p
Parámetro de relación de varianzas	0,85023949		Valor Crítico (1%)
			0,998158455
			0,063571151