



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE



TOMO N° 11

INFORME CONSOLIDADO DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA ECOSISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

**ESTUDIO MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL
EMBALSE PASTO GRANDE DISTRITO CARUMAS, PROVINCIA
MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA**

2012

VCHI S.A.

Contrato N° 002-2012-GG-PERPG

Consorcio

acciona
Ingeniería

V-5

TOMO 11

**INFORME CONSOLIDADO DE EVALUACION Y SELECCIÓN DE
ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA
ECOSISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE****I. INTRODUCCIÓN**

El ecosistema del Embalse Pasto Grande está conformado por una serie extensa y variada de componentes que interactúan entre sí propiciando de un modo natural el equilibrio de todas y cada una de sus partes.

Este ecosistema tiene su origen en las cumbres altas de nuestra cordillera y que se caracteriza por tener hielos perpetuos o glaciares formados por el extremo frío propio de la puna. El deshielo sostenido de estos glaciares da origen a la formación de corrientes de agua subterránea que al aflorar a la superficie se manifiestan formando humedales naturales o bofedales; y, también forman lo que es conocido como zona de nacientes de los ríos que son pequeños afloramientos de agua de deshielo pero que al sumarse a los demás caudales emergentes originan caudales cada vez mayores que luego serán reconocidos como Ríos.

Son estos ríos y humedales los que al ser almacenados en el Embalse Pasto Grande conforman el ecosistema del Embalse Pasto Grande.

Es importante considerar que cuando las aguas pasan a través de un medio permeable como el suelo, transporta parte de los componentes que encuentra a su paso debido a la característica de solvatación, por eso se le conoce como el solvente universal. Esta acción modifica sus componentes y altera su calidad original, de allí el sustento de la modificación de la calidad de las aguas, en función al tipo de suelo por los que discurren; hecho evidenciado por los ensayos previamente realizados en varias oportunidades por anteriores investigadores y ratificado en las 2 campañas de monitoreos realizados en el año 2012.

Parte el caudal emergente en algunos ríos de la zona como el Millojahuira, Antajarane y otros afloramientos diversos, atraviesan por suelos mineralizados, formados mayormente por compuestos sulfurosos que por acción del oxígeno del aire y al contacto con agua, reaccionan formando compuestos de ácido sulfúrico, los que confieren acidez muy baja a las aguas. Estas aguas ácidas a su vez, inducen al cambio de valencias de la mayoría de metales con las que se pone en contacto y estimula un ciclo de incrementos sucesivos de compuestos en solución que alteran cada vez la composición final del agua.

Estos caudales ácidos de algunos ríos al ingresar al embalse, reciben otros aportes básicos como los del río Tocco y los resultados de la mezcla dan cierta característica ligeramente ácida cercana a la neutralidad que hace algunos años no era significativa, porque la agitación natural debido a los vientos en la superficie del embalse y la tendencia natural a la estabilización inducían a que las aguas de la descarga del embalse estuvieran en rangos neutros o ligeramente básicos. Es esa percepción la que formó la idea generalizada que "nada indebido sucede en el embalse, pues siempre está lleno y con capacidad de asegurar la demanda de nuestra población, pues ése es nuestro objetivo"


CONSORCIO V-5
Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530


CONSORCIO V-5
Ing. Raúl Zapudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858


CONSORCIO V-5
Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

La realidad es que si ha habido muchos cambios en el embalse y que han devenido en deterioro de la calidad de sus aguas y cambios notables en el ecosistema Pasto Grande, en el tiempo. La aparición de manchas rojas que se ha presentado en algunas oportunidades y la extinción de las truchas fueron algunas de las señales previas que evidenciaron cambios en la calidad de las aguas del embalse.

El mayor problema detectado en las aguas contenidas en el Embalse Pasto Grande, está referido al desmejoramiento de la calidad por disminución del pH básico original a rangos decididamente ácidos, entre 4.0- 4.5 según datos obtenidos en ensayos de campo y a la data histórica disponible. Esta acidez originada por múltiples factores naturales y antropogénicos le ha conferido a estas aguas, una elevada concentración de metales y compuestos que contribuyen al incremento de la acidez y por ende la alteración del ecosistema original

El tratamiento propuesto para el mejoramiento de la calidad de las aguas del sistema Pasto Grande está referido especialmente a modificación del pH de las aguas ingresantes hasta niveles básicos como base para la recuperación, desarrollo y consolidación de características naturales originales de las aguas contenidas en el Embalse Pasto Grande.

El tratamiento propuesto consiste en acondicionar (elevar) el pH ácido de las aguas a nivel de afluentes mediante la aplicación de álcalis y el uso de tratamientos químicos, biológicos, combinación de éstos o mixtos según cada caso, en forma sostenida y permanente en los ríos aportantes con una dosificación suficiente que asegure el viraje de las aguas a un rango decididamente básico luego de su ingreso al embalse.

Una característica de las aguas contenidas en el embalse es el pH fuertemente ácido y con marcada resistencia al cambio (también llamado efecto de tamponamiento) manifestado durante todos los ensayos realizados por lo que se plantea una forma de tratamiento en dos etapas definidas por los cambios a obtener en el embalse.

❖ Tratamiento En Afluentes Principales

La primera etapa consistiría en tratamiento químico a los afluentes con aguas ácidas, con dosis de ataque fuerte con álcalis hasta conseguir el viraje a ligeramente básico sostenido en las aguas contenidas en el Embalse Pasto Grande, hecho que se estima tardaría de uno a dos años considerando el periodo de retención o de cambio del volumen de agua contenido.

La segunda etapa consistiría en aplicación permanente de álcalis en cantidad mínima suficiente para mantener el ingreso de los afluentes en rangos de pH ligeramente ácidos o neutros, para mantener el cambio previamente obtenido en el embalse, lo que sumaría a su proceso de autodepuración natural, asegurando la recuperación de la calidad original de las aguas contenidas en el embalse.

Como cada río aportante tiene sus propias características especiales se ha diseñado un tratamiento específico para cada uno de ellos, como por ejemplo:

Microcuenca Río Millojahuirá: Tratamiento químico

Aplicación de 400 ppm de cal hidratada como fase inicial para obtención de $\text{pH} > 9 - 10$, dosificados en una estructura hidráulica sencilla acondicionada en el cauce, durante uno a dos años como máximo que es el tiempo estimado en que se conseguiría el viraje de las aguas contenidas en el embalse a condiciones definitivamente básicas.

Aplicación permanente y sostenida de 200- 240 ppm de cal hidratada como segunda etapa (luego de obtener aguas básicas dentro del embalse) y cuyo finalidad es mantener la calidad de las aguas ingresantes al embalse en condiciones de pH ligeramente básicas o neutra.

Este pH controlado de las aguas ingresantes y estabilizadas en rangos básicos dentro del embalse y con una adecuada gestión del recurso por parte del PERPG, sumados con el factor de auto purificación, asegurarían la recuperación de la calidad de las aguas dentro del sistema Pasto Grande.

Microcuenca Río Hualcane -: Tratamiento químico

Por las características observadas de la calidad de las aguas en la microcuenca de este río, se plantea el tratamiento químico de 400 ppm de cal hidratada por uso de una estructura hidráulica sencilla en el sector de la microcuenca como 1ª etapa y aplicación de 200-240 ppm cal hidratada como 2ª etapa

Microcuenca Río Antajarane: *Tratamiento mixto: Acondicionamiento de humedales naturales con previo tratamiento con caliza en lechos de contacto.*

❖ **Afluentes Secundarios**

Se recomienda el uso y aplicación de humedales artificiales, comúnmente llamados Wetlands, consistente en tratamiento biológico por el procesos de Fito remediación, donde previamente se ha acondicionamiento las aguas a un pH adecuado, con el usos de piedra caliza (estimado 120 ppm) en lechos de contacto. El tratamiento biológico se realizaría con plantas de la zona con la finalidad de asegurar ingreso de pH acondicionado a valores adecuados, de tal manera que permita mantener el pH básico previamente obtenido en el embalse

Microcuenca del río Patara en los ríos Cacachara y Acosiri y en quebradas Jacosive y Palleutane: El tratamiento propuesto es exclusivamente, tratamiento mixto.

Tratamiento mixto (humedales artificiales o Wedland con tratamiento previo con piedra caliza) en la zona del río **Acosiri** afluente de esta micro cuenca a fin de contribuir en la modificación del pH aportante a las aguas del embalse.

Microcuenca Río Cotañani: Tratamiento químico con piedra caliza

Tratamiento permanente con piedra caliza permanente en el lecho del rio correspondientes a la micro cuenca del rio Cotañani para asegurar mantenimiento de pH neutro o ligeramente básico previamente obtenido en las aguas del embalse

II. GENERALIDADES

Desde hace muchos años la calidad de las aguas del embalse han venido mostrando un deterioro sostenido como respuesta a una serie de factores que interactúan en forma dinámica con el ecosistema y que han venido manifestándose con el tiempo tales como disminución de flora y fauna de modo progresivo, mortandad de alevinos de truchas y desaparición posterior de la especie adulta; sin embargo estas muestras de deterioro, tales como valores ácidos de las aguas de afluentes y aguas dentro del embalse no fueron consideradas en su momento como señales importantes de cambio, tal vez por desconocimiento o por la falta de una correlación adecuada de interpretación de la data obtenida, o tal vez por existir componentes nuevos tales como, la

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

deglaciación y el meteorismo que afectan en forma conjunta las rocas mineralizadas expuestas; el incremento de caudales ácidos por parte de los ríos Millojahuirá, Patara y Antajarane; la pérdida permanente de agua del embalse por evaporación, el aporte de agua de lluvias estacionales pero de intensidad y magnitud variables, y la falta de conocimientos o experiencias sobre hechos similares ocurridos anteriormente; es decir que lo que sucede en el Embalse Pasto Grande es algo nuevo, inédito en experiencias similares en nuestro medio. Es de considerar que la mayoría de los factores anteriormente mencionados comprometen o contribuyen a la acidificación de las aguas embalsadas por cuanto de alguna forma participan en el ciclo de recambio de aguas con la consiguiente tendencia a la acidificación.

III. ANTECEDENTES

En el diseño original del embalse no fue considerado como riesgo la posible variación del pH del agua embalsada a rangos ácidos a pesar de que los aportes de algunos ríos siempre fue ácido en forma permanente tal como el caso del río Millojahuirá. Se consideró que este aporte ácido no debía influenciar mayormente en el embalse por efectos de dilución y por autodepuración natural de las aguas. Sin embargo este factor ha tomado un valor muy importante debido a que las condiciones de meteorismo, deglaciación y evaporación han hecho que las características de las aguas contenidas del embalse sufran cambios muy variados afectando la calidad físico química, biológica, hidrobiológica y microbiológica de las aguas; además, de la alteración de las características del entorno ecológico que han alterado su tradicional sistema de vida continua y saludable.

Un tema importante a considerar en forma inmediata, es la posible erosión que pudiera estar afectando parte de la estructura hidráulica del embalse y/o cuerpo de la presa, por la persistente acción ácida de las aguas. Es de conocimiento generalizado que el concreto armado expuesto a las aguas ácidas solo resiste y por poco tiempo el $pH < 4.0$ u.e., con riesgo de colapsar por corrosión, por pérdida de sus propiedades.

En el tramo final de la salida del embalse las aguas por efecto de la autodepuración elevan su pH de ácido $4.0 - 4.5$ u.e. a ligeramente ácidos de $< 5 - 5.5$ u.e.

Asimismo, estas aguas en la zona de descarga, al recibir el aporte de aguas básicas del túnel Jachacuesta y de bofedales, contribuyen en conjunto al mejoramiento de la calidad del agua que reciben los usuarios a lo largo de su recorrido. Es posible que esta autodepuración de las aguas en la descarga haya contribuido a la percepción por parte de los usuarios (agricultura, ganadería, industrias, PTAP, etc.) "Que nada está ocurriendo y nada está afectando la calidad de las aguas del embalse", lo cual está lejos de la realidad: el peligro existe en la acidez recurrente y sostenida de las aguas embalsadas y que se incrementa cada vez que tenemos años secos según se evidencia en las curvas de tendencia registradas en las campañas 1 y 2 de caracterización física y química efectuadas en el año 2012 y que ratifican lo registrado en los informes previos entregados para este estudio.

Otra posible causa de no haber detectado a tiempo el origen real del deterioro de las aguas del embalse es el concepto generalizado de que la actividad minera es la única responsable del cambio de la calidad como consecuencia de sus activos y pasivos mineros, siendo que esas actividades coincidieron con la mortandad de los alevinos de truchas. En todo caso el estudio realizado pone en evidencia que la actividad minera es responsable por la contaminación por ellos generada en relación a la carga metálica registrada en la micro cuenca del río Cacachara, y no de

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Raul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carrión
BIÓLOGO
CBP. 269

la contaminación de carga completa del embalse, según los informes de los especialistas en la caracterización química, hidrología, hidrogeología y meteorología.

IV. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

4.1 DIAGNOSTICO (SINTESIS)

- Ubicación de la Zona de Estudios
- Caracterización (Síntesis) en los Puntos de Tratamiento Químico, Biológico y Mixto
- Descripción de la Situación Actual

4.1.1. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL EMBALSE

En una forma sencilla de correlacionar las causas del deterioro de las aguas del Embalse Pasto Grande, es mostrar en un diagrama de causa efecto a fin de identificar y determinar las predominancias de las causas y de los impactos resultantes de las condiciones que dieron origen a este deterioro. Se muestra seguidamente, el análisis bajo esta metodología.

DIAGRAMA CAUSA EFECTO

EMBALSE PASTO GRANDE: Estructura con presa diseñada para almacenar aguas de escorrentías y lluvias

- **Instrucciones:** no hay control de las instrucciones, falta de disponibilidad de instrucciones de operación y protección de la calidad de las aguas embalsadas
- **Gran espejo de agua:** Estimado en 45 Ha cuando está en máxima capacidad, que favorece la evaporación
- **Mantenimiento del EMBALSE:** inadecuado seguimiento de los procesos de control
- **Fallas en control del llenado:** Mala planificación de los recursos, recursos insuficientes
- **Equipamiento no adecuado:** Uso de equipo inadecuado, mala planificación del diseño y desarrollo: Uso indebido del canal de aliviadero del Embalse como canal de descarga por trabajar continuamente en acción de rebose de las aguas. Carencia de equipos de medición específicos como sensores de pH en tiempo real

MANO DE OBRA: Personal de diferentes instituciones que realiza controles y toma de muestras en forma aleatoria, no integral, cada institución realiza mediciones sin correlacionar resultados

- **No se sigue política de la empresa:** No entendida o mal comunicada; mala comunicación interna, no se comunica la importancia de satisfacer requisitos: no se toma importancia de satisfacer requisitos. Las organizaciones fuera del PERPG realizan mediciones referidas solo a su interés institucional. Definición de prioridades en la política: almacenamiento y distribución de agua de calidad
- **Personal no adecuado:** Perfiles inadecuados; formación inadecuada del personal Es necesario personal calificado, apto y comprometido para control exigente de la calidad del proceso

- **No se trabaja a gusto:** Condiciones extremas de trabajo en el área del Embalse: frío extremo en las noches, demasiado brillo solar y problemas de radiación en la jornada diurna, vientos muy fuertes en las tardes, trabajo en altura (4000- 45000 msnm). Falta de motivación
- **Falta personal:** Mal aprovisionamiento de recursos, carencia de adecuados medios de comunicación, falta de mayor apoyo logístico, carencia de comodidades para el trabajador permanente; no hay representante de la dirección

MATERIAL: Aguas del embalse, aguas de afluentes de diferente calidad, agua de lluvias

- **Material adquirido no apto:** Aguas ácidas de ríos que varían su aporte según estaciones, sin tratamiento de acondicionamiento; escasa o dispersa información sobre variación de aportes de los ríos; aguas ácidas ingresantes sin tratamiento ni control adecuado
- **Deterioro de la calidad de algunos ríos por actividad antropogénica:** La actividad minera en algunos casos deteriora la calidad de los ríos por sus aportes activos y/o pasivos, sin control cambios en la calidad del agua ingresante no detectados a tiempo
- **Recursos de material con deficiente calidad:** Carencia de información permanente de cambios en la calidad de los ríos aportantes; necesidades de recursos no revisadas que hubieran devenido en acciones preventivas
- **Mala preservación de bienes propios;** Deterioro de la calidad de las aguas embalsadas sin toma de acciones correctivas; seguimientos o determinaciones no consideradas o revisadas a tiempo El embalse no fue diseñado para trabajar con aguas ácidas por lo que los cambios significativos en su calidad generalmente son atribuidos a otros factores.
- **Requisitos mal determinados** La calidad del agua embalsada no ha sido considerada como requisito importante porque solo se controla la calidad en la zona de descarga siendo que esas son las aguas que recibirán los diferentes usuarios del Embalse.
- **Falla el diseño y desarrollo:** Debido al deterioro (acidez) de las aguas embalsadas es necesario acondicionar estas aguas por que la tendencia de acidez es sostenida y es posible lleguen a fluir sin recibir el beneficio de la autodepuración que actualmente recibe en forma natural, lo que probablemente ocasione mayores problemas a los usuarios en general
- **Acidez en las aguas del Embalse:** Según estimaciones de los Especialistas las aguas del embalse están acidificadas en las zonas muertas cercanas al río Millojahuirá en $\text{pH} < 3.5$ u.e.; en la zona del río Tocco el pH está en 7.6-7.8; las aguas en las zonas de mezcla están en el rango de pH 4.0 - 4.2 u.e. pero en la descarga las aguas suben su pH rápidamente hasta 4.5 a 6.5 u.e., por el gradiente alto de velocidad, lo que sumado al aporte básico de las aguas del Túnel Jachacuesta y de los bofedales levanta el pH > 7.2 u.e.

METODO: Gestión del recurso

- **Descarga regulada del recurso** a los usuarios establecidos del embalse (caudales y horarios de entrega del recurso a usuarios de acuerdo a disponibilidad)
- **Adecuado control del recurso:** El manejo del embalse se efectúa de acuerdo a la oferta, es decir se descarga mayor cantidad de agua si hay abundancia, lo que se demuestra por solo haber llegado a niveles de rebose en tres oportunidades en más de 15 años de uso

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 86858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

- **El Embalse Pasto Grande es reservorio multianual:** Lo que significa que debido a su capacidad de almacenamiento permite la reserva para cubrir mínimo dos años de demanda; el dispendio de agua puede producir racionamientos indeseables
- **MEDIO AMBIENTE:** Características del entorno
- **Deglaciación:** Reducción sostenida de glaciares debido al calentamiento global, dejando expuestos al ambiente significativa área de terrenos mineralizados incrementando la superficie de oxidación
- **Meteorismo:** El oxígeno del aire reacciona con la superficie libre de los terrenos descubiertos o expuestos por la deglaciación, ricos en azufre formando el SO_2 precursor del ácido sulfúrico al contacto con agua de los ríos o agua de lluvias.
- **Aguas ácidas** de ríos que fluyen de modo natural con aporte constante de acidez y cuyos aportes se ven incrementados por la deglaciación y el meteorismo
- **Evaporación:** Factor de pérdida de volumen por cambios de temperatura en la superficie de las aguas, debido al calor y fuertes vientos que propician cambios de presión que inducen a la evaporación y que contribuye notablemente a la acidificación de las aguas por concentración.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Núñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

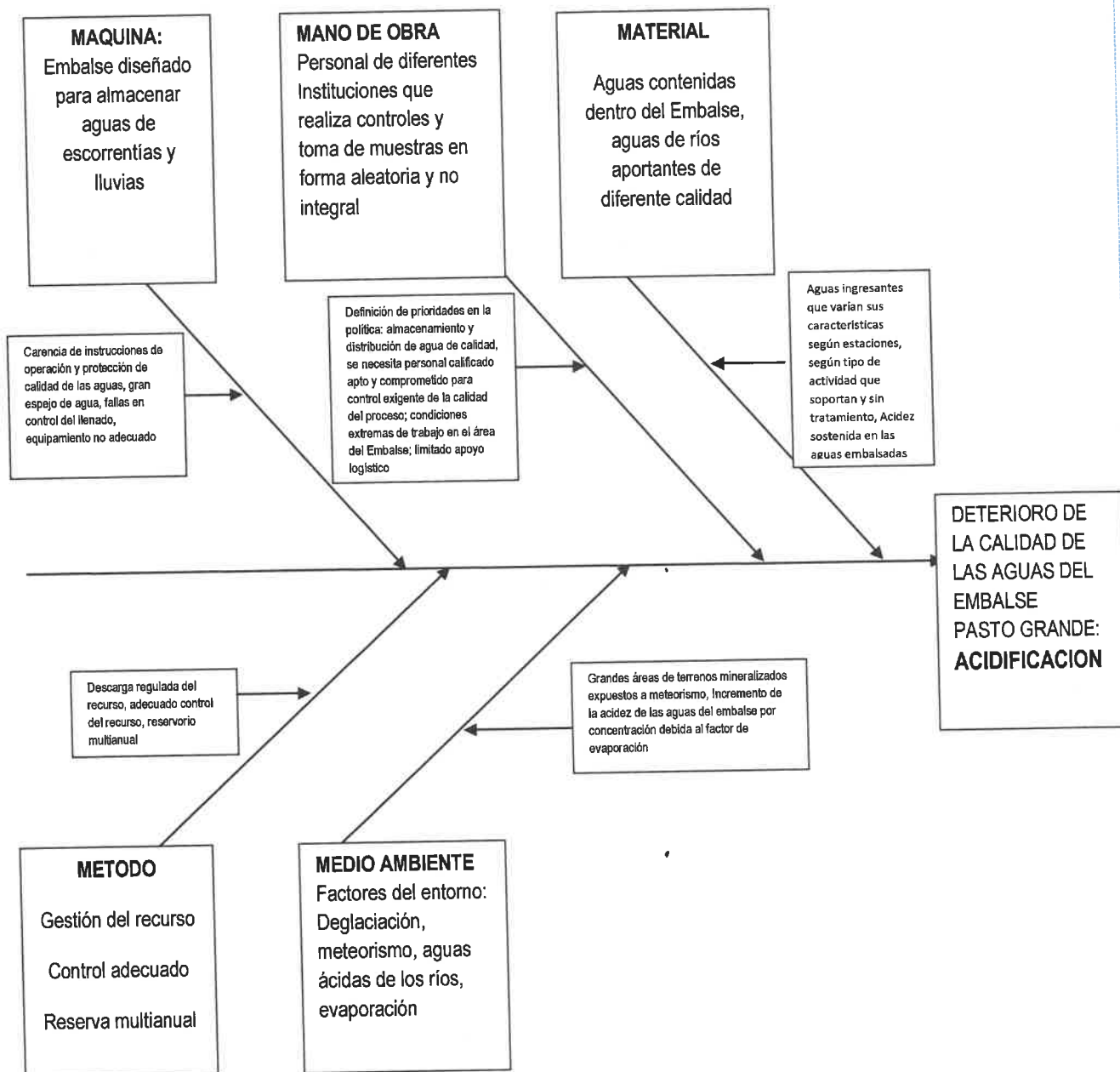
CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 65858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lazcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

DIAGRAMA CAUSA EFECTO



- CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA CON EL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

La acidificación de las aguas del Embalse Pasto Grande se debe principalmente al ingreso sostenido de aguas ácidas, favorecido por factores recurrentes relacionados con el cambio climático. Las demás causas son de orden menor.

V. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS DE AFLUENTES Y EMBALSE PASTO GRANDE

En los afluentes del Embalse se consideran: Contaminación natural como los afloramientos ácidos como Millojahura, Patara debido a su origen en formaciones rocosas mineralizadas y la acción del oxígeno del aire que induce a la formación de SO_2 considerado como precursor que al contacto con el agua produce ácido sulfúrico que es gran reductor de materia orgánica.

La evaporación de las aguas del Embalse considerada cercana a 50 MMC por año contribuye asimismo a la concentración de los elementos disueltos lo que contribuye a incrementar la acidez.

Contaminación antropogénica: Originadas por actividades humanas como las actividades mineras caso Aruntani

Fenómenos relacionados con el cambio climático como la deglaciación que significa la reducción de los glaciares o hielos perpetuos los que al disminuir su cubierta protectora dejan al descubierto extensas áreas de suelos mineralizados que a su vez incrementan su aporte de ácido sulfúrico por efectos del meteorismo propio de la zona

Las características del Embalse como gran espejo de agua, baja profundidad en enormes extensiones cercanas a las orillas y la escasa diferencia de cotas entre los aportantes ácidos da origen a grandes áreas de zonas muertas o de escaso o nulo flujo lo que contribuye a la persistencia de zonas estabilizadas con $\text{pH} < 3.0$ y con nulas posibilidades de cambio en su constitución

En el Embalse Pasto Grande suceden una serie de reacciones de óxido reducción por el aporte ácido de algunos ríos con enorme contenido de metales y compuestos en solución iónica los que reaccionan con los aportes de los ríos básicos como el río Tocco con su carga de cationes en solución.

Durante la temporada de lluvias, éstas tienen un efecto benéfico para las aguas del Embalse porque contribuye en elevar ligeramente el pH de las aguas embalsadas por efectos de dilución.

Es importante considerar que la agitación de las aguas por efecto del viento contribuye a oxigenar las aguas favoreciendo la estabilización ligeramente ácida de las aguas contenidas en el embalse y que se evidencia este cambio en los ensayos tomados en la descarga del Embalse

Los hechos anteriormente mencionados que inducen a la degradación ácida de las aguas embalsadas reciben un aporte involuntario: el aporte benéfico de las lluvias que mejoran el pH de las aguas por el factor de dilución lo que puede considerarse como reacciones de mejoramiento natural, lo que se pone de evidencia en años húmedos

VI. CONTROL DE LAS CAUSAS DEL DETERIORO DE LAS AGUAS DEL EMBALSE

Como se ha indicado en forma redundante, las causas del deterioro de las aguas de tres afluentes se deben a causas naturales y fenómenos antropogénicas menores, que vienen impactando negativamente en zonas donde las formaciones son de origen volcánico y han estado protegidas por siglos por nevados llamados perpetuos sobre los 4800 msnm.

Este fenómeno también permite que las rocas expuestas al intemperismo se disgreguen llegando a formar pequeños grumos que al ser arrastrados al lecho de los ríos donde continúa la acidificación de las aguas con mayor eficiencia por el incremento de la superficie de contacto, ,

9

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 65858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázaro Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

dando lugar a que las aguas en su recorrido se acidifiquen, como viene ocurriendo en las micro cuencas de Antajarane, Cacachara, Hualcane y Millojahuira.

Qué hacer ante estos fenómenos de degradación natural? Neutralizar la acción corrosiva con productos alcalinos como las calizas que son abundantes y se encuentran en zonas próximas al Embalse. La magnitud de las zonas de generación de aguas ácidas corresponde a las cabeceras de las cuencas del Millojahuira y Hualcane llegando a las microcuencas altas Cacachara compuesto por tres microfuentes

Otra forma de controlar el deterioro de las aguas del embalse sería lo relacionado con el mejor aprovechamiento del aporte del agua de lluvias apoyados en la opción que favorece la dilución de las aguas del Embalse elevando ligeramente el pH, lo que se podría conseguir optimizando la opción de vaciado - llenado del Embalse.

VII. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE AFLUENTES Y EMBALSE PASTO GRANDE

Como consecuencia de los aportes de los ríos, afectados por el efecto climático que acelera la deglaciación, meteorismo y evaporación los afluentes aportan aguas ácidas de modo permanente al embalse

Las aguas descargadas del embalse mejoran su calidad de modo natural por la oxigenación creada por los altos gradientes hidráulicos que se generan por el descenso desde 4550 m desde el embalse hasta el nivel del mar y por la gran longitud recorrida; destacable es que aguas abajo se estabiliza en aguas definitivamente básicas por el aporte del Túnel Jachacuesta y bofedales de la zona

Problema Central

El perfil crítico de acidez del Embalse tiene tendencia a seguir descendiendo lo que incrementa el riesgo potencial de la agresividad cada vez mayor de estas aguas por lo que es necesario se realice la remediación en el corto plazo, objeto de este Estudio, evaluado en el estudio de caracterización física y química con las tendencias históricas de la acidez de las aguas.

Otro problema inherente a la acidez es la posible corrosión de la infraestructura de la estructura hidráulica de la presa de concreto y sus componentes y/u otros componentes del Embalse por la constante acción del agua ácida a través de los años.

VIII. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

8.1 Planteamiento de Objetivos (en función al análisis causa efecto)

Mejoramiento de la calidad de agua, en el ecosistema del Embalse Pasto Grande mediante tratamiento físico químico, biológico y/o mixto según característica de cada afluente y en el embalse.

8.2 Mejoramiento de la calidad de aguas en afluentes

La calidad de agua en los afluentes se consigue mejorar mediante la elevación del pH ácido de los ríos aplicando dosis de álcalis hasta obtener rangos básicos ($\text{pH} > 9 - 10$ u.e) que asegure

cambio progresivo del pH ácido del embalse a rangos cercanos a neutro. La determinación del álcali y coagulante a usar se determinó en Jar Test o prueba de jarras en Laboratorios

8.3 Mejoramiento de la calidad de las aguas dentro del Embalse

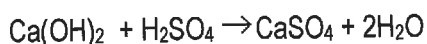
Será mejorada la calidad dentro del Embalse en forma progresiva luego de la estabilización de las reacciones estequiométricas de oxidación-reducción que se generarán al entrar en contacto con las aguas ingresantes previamente tratadas con álcali y coagulantes. El objetivo será obtener de modo permanente aguas neutras o cercanas a esos rangos que adicionados a la auto-purificación natural asegurarán el cumplimiento con la calidad exigida en los Estándares de Calidad Nacional de Aguas, Categoría 4 de Conservación del Medio Acuático.

8.4 Planteamiento de Alternativas

El tratamiento de aguas, sean ácidas, con metales suspendidos o disueltos o con sólidos suspendidos, se realiza mediante múltiples tecnologías, siendo las principales las de método activo o tratamiento físico-químico, que ocurre con aplicación de productos químicos y del pasivo o tratamiento biológico, por adsorción de metales por especies biológicas acuáticas.

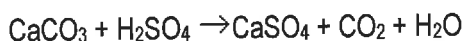
Las pruebas de laboratorio determinaron que la cal hidratada y con adicional de floculante es la mejor alternativa para elevar el pH de las aguas de los afluentes

El uso de la cal hidratada es un método tradicional para la neutralización. La neutralización se produce químicamente según la siguiente reacción:



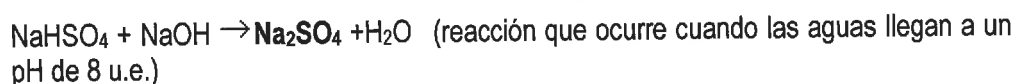
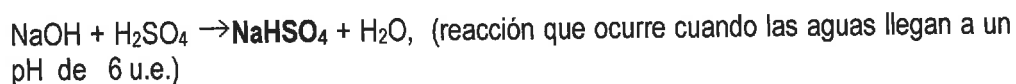
El tratamiento de neutralización está dado por la formación de la sal de sulfato de calcio cuando se adiciona la cal hidratada al agua en cantidades de acuerdo a la reacción estequiométrica presentada. Se obtienen valores mayores de pH a niveles de alcalinización – oxidación cuando se adiciona cantidades superiores de cal hidratada de acuerdo al valor de pH final deseado

En algunos afluentes ácidos el tratamiento químico se hará con piedra caliza que es otro método tradicional para la neutralización del pH. La neutralización se produce químicamente según la siguiente reacción:



El tratamiento se mantendrá durante la presencia y disponibilidad de la piedra caliza, renovando permanentemente cuando sea necesario según su consumo, debiendo mantener su disponibilidad permanente

También se consideró el uso de soda cáustica para neutralizar las aguas ácidas del Embalse con presencia de ácido sulfúrico. Las ecuaciones que tienen lugar ocurren en los pasos siguientes:



Para el tratamiento biológico, considerado como tratamiento pasivo se utilizará especies vegetales nativas de la zona para el proceso de fitoremediación

El tratamiento biológico consiste en el uso de especies como las plantas vasculares acuáticas (pva) como medida complementaria de afinamiento de mejoramiento de la calidad de las aguas.

El tratamiento mixto considera la fitoremediación con tratamiento químico previo de acondicionamiento del pH

8.5 Tratamiento a aplicarse según características de los afluentes

Conocida la problemática, se considera el tipo de tratamiento a ser utilizado, la ubicación y tipo de planta de acuerdo a las características propias de cada afluente:

Según Calidad De Aguas

Tratamiento de Aguas Acidas con Cal para pH entre 3.0 – 4.0 u.e., solo con tratamiento químico con cal, mezclador hidráulico, floculación hidráulica en el cauce del río y utilización de polímeros para asegurar la eficiencia de la sedimentación y disposición final de lodos neutralizados en el Embalse Pasto Grande. Los sedimentos con el uso de polímeros se compactan y son muy difíciles de ser re suspendidos, por lo que son usados para reducir el volumen de los sedimentos en las plantas de tratamiento de aguas en general.

Su ubicación de las instalaciones se encuentra a 3 km de la descarga al embalse.

- a) **Tratamiento de aguas acidas con Caliza para pH entre 3.0 – 6.0 u.e.**; Tratamiento con piedra caliza, en el cauce de los ríos, seguido o no del tratamiento biológico, para afluentes de los ríos principales que descargan al embalse.
- b) **Tratamiento de las aguas de pH 5.0 – 6.5**; Tratamiento mixto, tratamiento químico de acondicionamiento del pH, seguido del tratamiento biológico.
- c) **Tratamiento con pH mayor a 6.5**; Tratamiento Biológico en afluentes en general y en aguas del embalse.

Según Ubicación

- a) Afluentes ácidos que se ubican próximo a embalse.
- b) Afluentes que se ubican en cabeceras de las microcuencas y que presentan caudales menores respecto al afluente principal que descarga al embalse.

Tratamiento a aplicarse

Por lo tanto el tratamiento será en los siguientes ríos:

- ◇ **Río Millojahuira**: Tratamiento físico y químico.
- ◇ **Río Hualcane**, afluente del río Antajarane: Tratamiento físico y químico.
- ◇ **Río Antajarane**: Tratamiento Mixto (tratamiento físico y químico y biológico).
- ◇ **Río Cacachara**, afluente del río Patara: Tratamiento Mixto (tratamiento físico y químico y biológico).
- ◇ **Río Jacosive**, afluente del río Cacachara: Tratamiento Mixto (tratamiento físico y químico y biológico).

- ◇ **Río Palleutane**, afluente del río Cacachara: Tratamiento Mixto (tratamiento físico y químico y biológico).

El tratamiento químico propuesto se realiza en dos etapas:

Dosificación agresiva y sostenida de álcalis (400 ppm cal hidratada para obtener $\text{pH} > 9-10$ u.e,) en los afluentes ácidos para lograr el mejoramiento progresivo de la calidad acida del agua del embalse (tiempo estimado: 1-2 años como máximo)

La segunda etapa se hará una vez conseguido el cambio de viraje de las aguas del embalse hasta rangos ligeramente ácidos o neutros y consiste en reducir las aplicaciones químicas de los afluentes a dosis de mantenimiento (200-240 ppm cal hidratada) a fin de mantener el pH neutro previamente estabilizado en el embalse.

Es en esta segunda etapa que se deben habilitar los sistemas de tratamiento mixtos en los ríos determinados.

El tratamiento biológico puede desarrollarse en diferentes puntos del Embalse previamente determinados cuando las aguas estén en rango de pH cercanos a neutro.

IX. TRATAMIENTO QUIMICO

9.1 Ubicación del Tratamiento Químico

9.1.1 Tecnología de Tratamiento Químico Seleccionado

Tratamiento químico con disposición de lodos en el Embalse Pasto Grande

Rio Millojahuirá

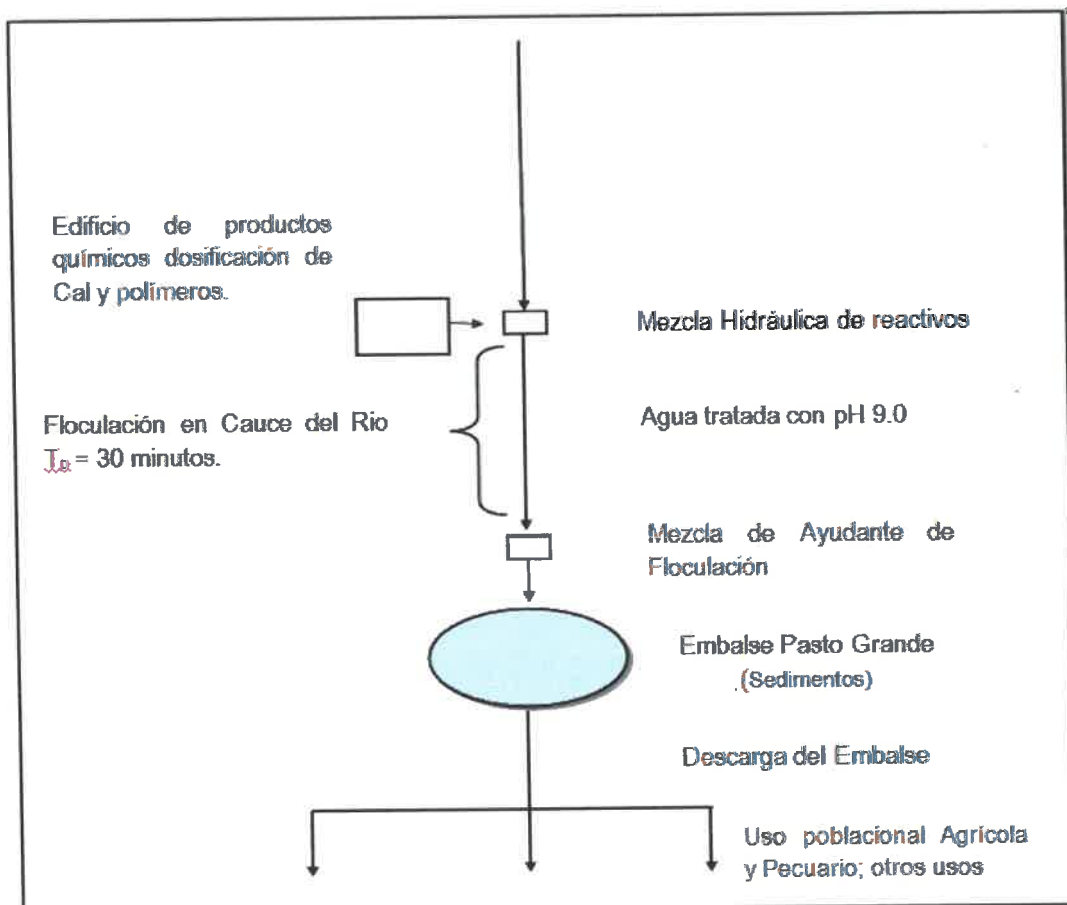
El tratamiento se realizará con la aplicación de lechada de cal en el mezclador hidráulico, ubicado a 3 Km del Embalse Pasto Grande aproximadamente, tal como se indica en el plano N° CV-5-001

Se disminuirá la construcción de obras civiles. Se aprovechará la morfogeología del terreno para realizar los procesos de floculación aprovechando la pendiente del río.

Se adicionará floculante al ingreso al embalse en estructura de mezcla hidráulica. Los lodos formados con los floculante, se compactarán luego de su sedimentación en el embalse, evitando con esto la re suspensión de los mismos.

Se prevé una construcción de una estructura para mezcla hidráulica con el objeto de aplicar lechada de cal a pH de oxidación y luego utilizar el cauce como un floculador natural con tiempo de retención de 30 minutos, adicionar floculante para incrementar la velocidad de sedimentación y ayudar a la compactación y estabilidad del lodo en el embalse Pasto Grande.

RIO MILLOJAHUIRA



Rio Antajarane

Construir una estructura para mezcla hidráulica con el objeto de aplicar lechada de cal a pH de oxidación y luego de utilizar el cauce como un floculador natural con tiempo de retención de 30 minutos en el afluente Hualcane, y tratamiento mixto en la parte media del rio Antajarane.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

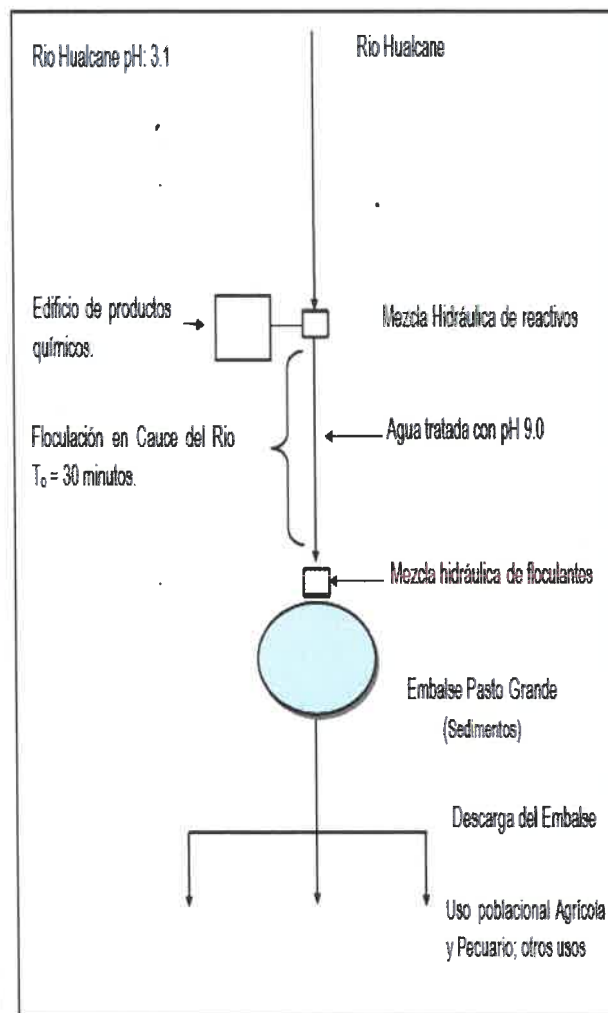
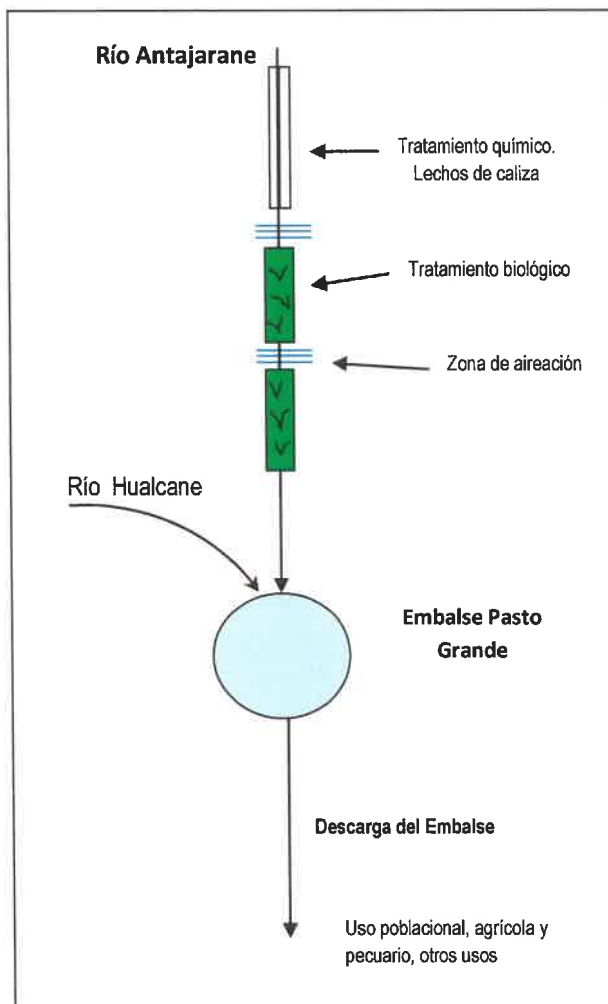
CONSORCIO V-5

Ing. Raul Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269

RIO ANTAJARANE – HUALCANE

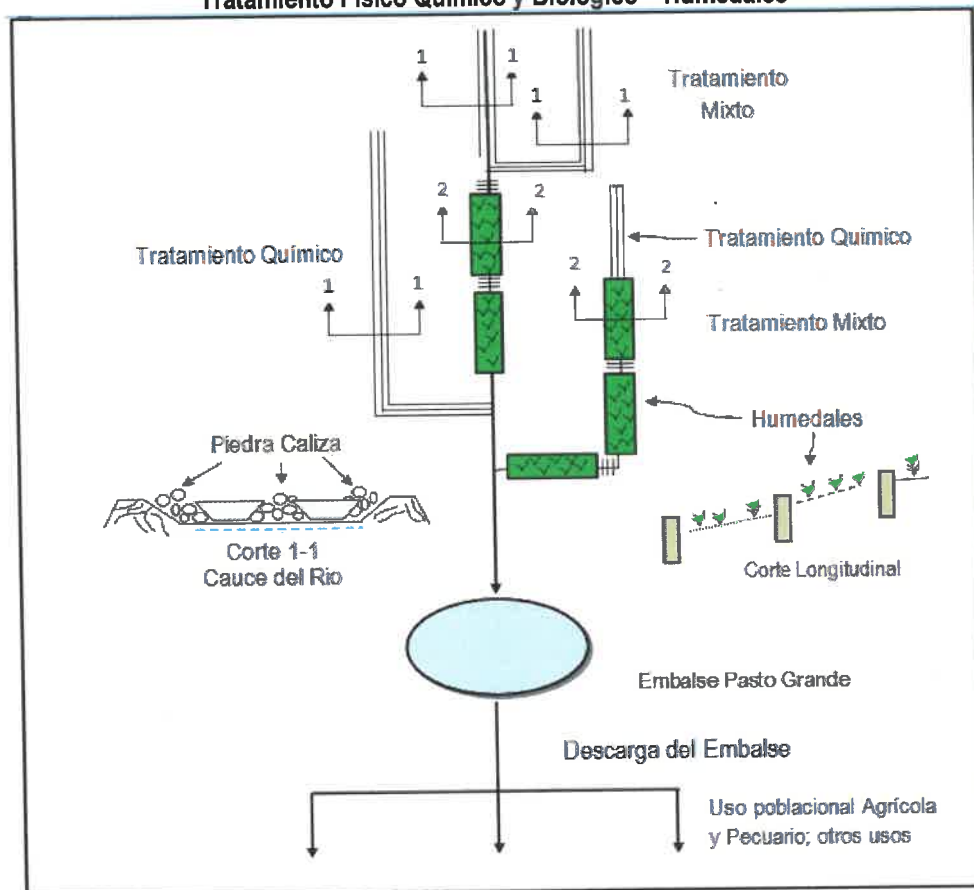


Se independizará el tratamiento para los ríos: Antajarane y Hualcane.

Tratamiento en el Río Hualcane – en base a tratamiento químico, utilizando la aplicación de lechada de cal en el Mezclador hidráulico para la floculación en el río y el uso de floculante para la aglutinación de los flóculos formados. La disposición final de los lodos será en el embalse.

Tratamiento en el Río Antajarane: Se realizará en la parte alta del río, mediante tratamiento mixto, en base a lechos de caliza, seguido de tratamiento biológico con especies retentoras de metales.

MICRO CUENCA ALTA DEL RÍO CACACHARA Tratamiento Físico Químico y Biológico – Humedales



La Alternativa Propuesta para la Micro Cuenca del río Patara, considera:

Tratamiento en los afluentes del Río Cacachara: Se realizará en la parte alta del río, mediante tratamiento mixto, en base a lechos de caliza, seguido de tratamiento biológico con especies retentoras de metales.

Se realizará en los ríos: Acosiri, Palleutane y quebrada Cacachara.

Descripción Técnica

Planta sencilla para aplicación de lechada de cal y polímeros que aprovecha el cauce del río para efectos de floculación; sedimentación de lodos en el lecho del Embalse

Los tratamientos mixtos usarán piedra caliza para acondicionamiento del pH seguido de tratamiento biológico con especies vegetales retentoras de metales

X. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO SELECCIONADA

10.1 TRATAMIENTO DEL RÍO MILLOJAHUIRA CON CAL

Teniendo en consideración la información siguiente de:

- ◇ La acides anual de este afluente fluctúa entre pH 3.5 – 3.0 u. e.
- ◇ Los caudales promedio para los periodos de avenidas es de 0.568 m³/s y para el estiaje de 0.391 m³/s.

Se define que el proceso de tratamiento de mejoramiento de la calidad de las aguas, se realiza con la modificación del pH de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, debiéndose llegar con aplicación de un álcali – cal hidratada, a nivel de pH de oxidación entre 9.0 a 10 u.e., agua que ingresará al embalse en condiciones alcalinas.

El dosificador de cal deberá ser volumétrico con un tanque de dilución que permita aplicar la dosis de 400 p.p.m según el caudal presente. La aplicación se realizará en el inicio del salto hidráulico o cambio de régimen de supercrítico a subcrítico.

Aplicación de Álcali – CAL HIDRATADA

La aplicación de realizará en el mezclador hidráulico donde ocurre la mezcla rápida, diseñado para tratar el caudal variable del río Millojahuirá, para lo cual se ha diseñado un vertedero de cresta ancha con taludes aguas arriba de 1:1 y aguas abajo 1:2, lugar donde se inicia el salto hidráulico en el cauce del río, que sirve para agregar la lechada de cal. El mezclador tiene 2 canales, uno para el periodo de lluvias y el otro para el periodo de estiaje, de 2.5 m y 1.5 m respectivamente. El salto hidráulico debe tener un No. de Froude no menor a 3.5. para que la mezcla sea completa.

La estructura está preparada para la máxima avenida en 100 años para el Río Millojahuirá que es de 2.028 m³/s. La cimentación y muros de encauzamiento serán de concreto con un puente de operación para la colocación de ataguías y control de la aplicación de cal. Como toda estructura dentro del cauce de un río, tiene 3 cortinas de concreto transversales al río con la finalidad de controlar el flujo de percolación y que no se produzca una socavación, por la diferencia de presión de aguas arriba a aguas abajo. Así mismo, al recibir aguas ácidas, el concreto será de clase 5 en todos sus elementos, de igual forma los muros de contención, aguas arriba para el represamiento y aguas abajo para mantener el flujo mezclado.

Parámetros Básicos de Diseño

Criterios para estructuras básicas

- ◇ De infraestructura simple
- ◇ De infraestructuras básicas para medición de caudales y la aplicación de los productos químicos.
- ◇ Con utilización de pendiente natural de los ríos para la aireación y floculación con un periodo mínimo de 30 minutos, parámetro determinado a nivel de laboratorio

Parámetros Generales De Diseño Utilizados

- ◇ Para la ubicación de las unidades de tratamiento de Millojahuir y Hualcane se ha utilizado zonas de poca pendiente para asegurar la seguridad de las instalaciones como los almacenes, sala de dosificadores, oficinas y vivienda de los operadores de las instalaciones, las variaciones de caudal en los periodos de lluvias con arrastre de sedimentos requiere un vertedero como el considerado en el diseño, así mismo el periodo de floculación y sedimentación obliga utilizar el último tramo del río.
- ◇ Los parámetros de diseño del salto hidráulico se han cumplido al tener un No de Froude mayor a 3.5 y gradiente de mezcla mayor a 1000 s⁻¹
- ◇ Los parámetros de floculación comprendidos entre el mezclador de cal y de polímeros toman en cuenta los gradientes de velocidad que son altos 460 s⁻¹ y reduciendo en el tramo final a 180 s⁻¹ para 10°C. de temperatura.
- ◇ Los canales de conducción de las aguas serán diferenciados para los periodos de lluvias y de estiaje. Los canales deberán contar con un salto hidráulico, vertedero con el cual se puede disipar energía hidráulica.
- ◇ La automatización deberá ser para los dosificadores de cal y para el manejo mecanizado de toneladas de productos químicos.
- ◇ En cuanto a los parámetros ambientales, será de mínimo impacto negativo

Oxidación con cal:	Tiempo de contacto	= 30 minutos
	Gradiente de velocidad	= 50 seg ⁻¹

Floculación:	Tiempo de contacto	= 1minuto
	Gradiente de velocidad	= 50 seg ⁻¹
	Velocidad de sedimentación	= 6.86 cm/min

10.2 TRATAMIENTO DEL RÍO ANTAJARANE

Oxidación con cal:	Tiempo de contacto	= 30 minutos
	Gradiente de velocidad	= 50 seg ⁻¹

Floculación:	Tiempo de contacto	= 1minuto
	Gradiente de velocidad	= 50 seg ⁻¹
	Velocidad de sedimentación	= 0.006 cm/min

Descripción de Técnica de la Infraestructura

Criterios para estructuras básicas

- ◇ De infraestructura simple
- ◇ De infraestructuras básicas para medición de caudales y la aplicación de los productos químicos.
- ◇ Con utilización de pendiente natural de los ríos para la aireación y floculación con un periodo mínimo de 30 minutos, parámetro determinado a nivel de laboratorio.

Parámetros Generales De Diseño Utilizados

- ◇ Para la ubicación de las unidades de tratamiento de Millojahuir y Hualcane se ha utilizado zonas de poca pendiente para asegurar la seguridad de las instalaciones como los almacenes, sala de dosificadores, oficinas y vivienda de los operadores de las instalaciones, las variaciones de caudal en los periodos de lluvias con arrastre de sedimentos requiere un vertedero como el considerado en el diseño, así mismo el periodo de floculación y sedimentación obliga utilizar el último tramo del río.
- ◇ Los parámetros de diseño del salto hidráulico se han cumplido al tener un No de Froude mayor a 3.5 y gradiente de mezcla mayor a 1000 s⁻¹
- ◇ Los parámetros de floculación comprendidos entre el mezclador de cal y de polímeros toman en cuenta los gradientes de velocidad que son altos 460 s⁻¹ y reduciendo en el tramo final a 180 s⁻¹ para 10°C. de temperatura.
- ◇ Los canales de conducción de las aguas serán diferenciados para los periodos de lluvias y de estiaje. Los canales deberán contar con un salto hidráulico, vertedero con el cual se puede disipar energía hidráulica.
- ◇ La automatización deberá ser para los dosificadores de cal y para el manejo mecanizado de toneladas de productos químicos.
- ◇ En cuanto a los parámetros ambientales, será de mínimo impacto negativo

Descripción Técnica de los Procesos y Operaciones del Tratamiento Químicos.

Proceso de Coagulación – Floculación

Luego de la mezcla rápida de la cal con la masa del agua, se produce el proceso de la coagulación - floculación, desestabilizando la composición química y modificando con la cal el pH del agua, el cual requiere un periodo no menor a 30 minutos. Este proceso de mezcla en flujo turbulento se produce en el recorrido del canal de conducción, en los tramos finales del canal con poca pendiente baja el gradiente de velocidad se forman los flóculos, para lo cual se canaliza mediante muros de encausamiento.

Aplicación de Polímero – FLOCULANTE ANIÓNICO

Se ha previsto un vertedero de cresta ancha para producir un salto hidráulico que permite agregar la solución de polímero, el que aglutina los flóculos formados y facilita la sedimentación de los lodos formados en el anterior proceso de transformación de agua ácidos a básicos removiendo los metales pesados complementariamente.

Ubicación De Estructuras

El mezclador hidráulico del Río Millojahuir se ubicará en las coordenadas UTM N 8155021.30 y E 371409.24, en el centro del canal y sobre el vertedero de medición; y, la estructura de mezcla de polímeros se ubicará en las coordenadas UTM N 8154094.341 y E 272350.837 en el centro del vertedero.

Los embancamientos de encausamiento aguas arriba tienen una altura de 2.00 m. con coronamiento de 2.00 m. y base de 6.0 m, con enrocado de piedras de 700 Kg a 70 kg; y los

muros de encausamiento aguas debajo tendrán una altura de 1.40 m y ancho de coronamiento de 2.00 m, con base de 4.80 m con piedra angular de 700 kg a 70 kg

10.3 TRATAMIENTO DEL RÍO HUALCANE CON APLICACIÓN DE CAL

Teniendo en consideración la información siguiente de:

- ◇ La acidez anual de este afluente fluctúa entre pH 3.5 – 3.0 u. e.
- ◇ Los caudales promedio en el periodo de lluvias y estiaje es de 0.80 m³/s. y 0.150 m³/s.
- ◇ La dosis de cal obtenida a nivel de laboratorio es de 400 mg/l similar al Río Millojahuirá con lo que se logra obtener aguas básicas al final del proceso con pH de 9 a 10 u.e.

Mezcla de Químicos – CAL HIDRATADA

Se ha diseñado una estructura hidráulica de mezcla que produce un salto hidráulico utilizando un vertedero de cresta ancha con taludes aguas arriba 1:1 y aguas abajo 1:2 el cual tiene 2 canales uno para el promedio de lluvias y el otro para el promedio del periodo de estiaje, donde se aplica la cal en el punto de transición de flujo supercrítico y subcrítico. Estos canales tienen disipadores de energía aguas abajo saliendo de la estructura con baja velocidad. Todas las estructuras están cimentadas sobre suelo aluvial; todas las estructuras de loza de fondo, los muros de contención y muro separador, son de concreto armado, clase 5 para evitar la corrosión del concreto el cual utiliza aditivos plastificantes y anticongelante el mezclador hidráulico será construido para el caudal máximo probable de 100 años el que es de 3.69 m³/seg.

Floculación

La floculación se realiza en el canal aguas abajo de la estructura de mezcla para lo cual se canaliza con muros de encausamiento asegurando se produzca un flujo mezclado con altos gradientes de velocidad donde se produce un flujo turbulento dando lugar al cambio de las aguas ácidas por aguas básicas formándose los flósculos, el floculador tiene una longitud de 3.6 Km independiente del Río Antajarane

Aplicación de Polímero – FLOCULANTE ANIÓNICO

Se utiliza un vertedero de cresta ancha de 0.90 m. por 4.00 metros, donde se produce un salto hidráulico con generación de turbulencia que sirve para aplicar el polímero diluido, el cual aglutina los flóculos formados en la etapa anterior, facilitando la sedimentación en el embalse de Pasto Grande. Esta estructura forma parte del puente vehicular de concreto armado de 4.00 m

Ubicación De Estructuras

El mezclador hidráulico de cal se ubica en coordenadas en UTM N 8151888.36, Este 373549.47. El punto de referencia es el centro del vertedero de cresta ancha, de igual forma la estructura de mezcla de polímeros, es un puente vehicular bajo el cual se ha considerado un vertedero de cresta ancha de 4.00 m de ancho, como se indica en el plano general N° CV.5-0001

El encauzamiento del río aguas arriba del mezclador hidráulico, se efectúa con muros de encauzamiento de 2.00 m. de alto con coronamiento de 2 metros y base de 6.00 m.

Los muros de encausamiento tienen las mismas características del Río Millojahuirá, altura de 2.00 m aguas arriba variando hasta 1.40 m, y aguas abajo de 1.40 m en toda su longitud. La defensa riverleñas son de tierra con coronamiento de 2.00 m y con taludes de 45 grados, protegidos con enrocados de piedra de 700 a 70 Kg. Con los espesores indicadas en los planos.

10.4 LODOS SEDIMENTADOS EN EL EMBALSE

Los volúmenes de lodos generados con los tratamientos en las unidades de Millojahuirá y Hualcane fueron objeto de ensayos a nivel de laboratorio utilizando aguas de los ríos indicados con dosis de cal a nivel de oxidación, determinando que la generación de lodos es del orden de 3 ml/Litro/ hr, equivalente a 3 cc/l para 1 hora de sedimentación y compactación.

Este volumen utilizando polímeros se compacta el 70%, restando el 30% del volumen inicial, es decir 0.9 cc/l igual a 0.9 l/m³.

El volumen anual de lodo almacenado en el embalse, se calcula con la suma de los volúmenes anuales del río Millojahuirá y el río Hualcane, siendo de 25'259,768 m³ que multiplicado por el factor de producción de lodo por litro de 0.9 l/m³, resulta 22'233,791.2 litro de lodo/año equivalente a 22,733.8 m³/año. Para 100 años se determina 2'273,379 m³ de lodo que representa en volumen el 1.17% de la capacidad del embalse que equivale a 0.20 m del espesor de la columna de los sedimentos acumulados en 100 años para el área superficial del embalse de 45 km².

Al utilizar el cauce natural del río como floculador, el impacto de las instalaciones es mínimo más si la remediación es la mitigación de la contaminación natural y antrópica del agua de los afluentes al embalse; así como a nivel del embalse, los flóculos aglutinados con el polímero se compactan reduciendo el volumen de lodos sellando los lodos inestables del fondo del embalse susceptibles a ser resuspendidos por acción del viento produciendo oleajes o por corrientes térmicas, es decir no se dejan pasivos ambientales expuestos; los sólidos generados por el proceso de tratamiento son confinados adecuadamente en el fondo del embalse.

9 TRATAMIENTO MIXTO

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para la selección de la alternativa se seguirá las siguientes reglas

- Crear condiciones biológicas para asegurar el pH adecuado.
- Aplicación de macro-nutrientes
- Selección de Vegetación Adecuada y Selecta

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 8530

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 88858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIOLOGO
CBP. 269

Río Cacachara.

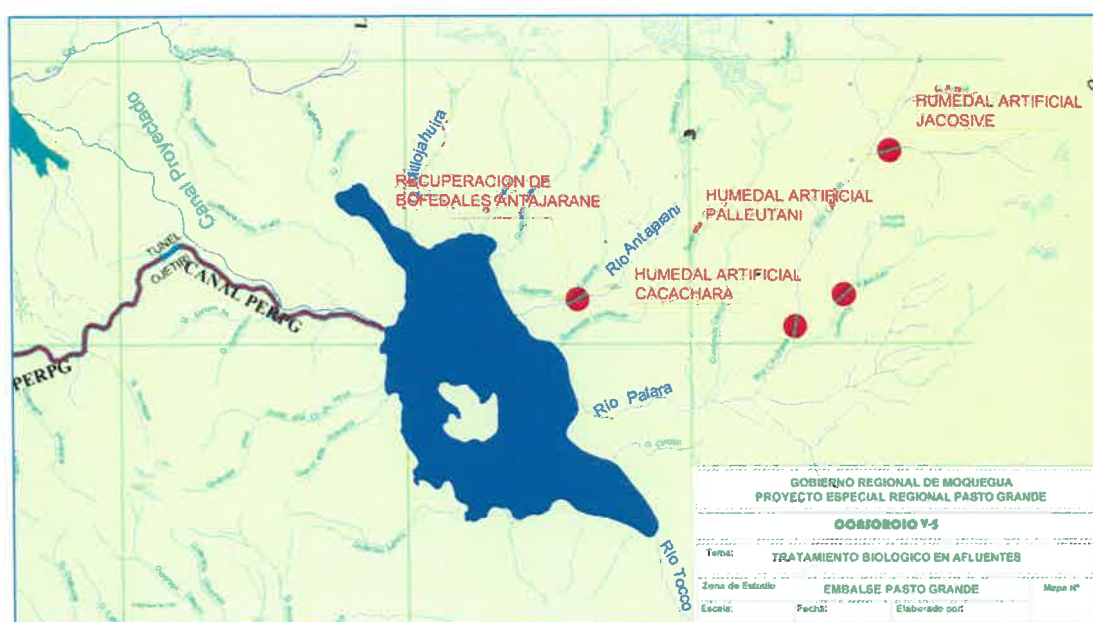
Acondicionamiento de humedales en el Río Cacachara ubicado antes de la confluencia en el Río Patara UTM E 383633 N 8150197

Quebrada Jacosive.

Tratamiento Biológico propuesto con humedales artificiales con tecnología WETLAND

Quebrada Paulletane

El tratamiento Biológico propuesto es la instalación de Humedales Artificiales con tecnología Wetland.

Esquema de Ubicación de Tratamiento Biológico en Afluentes

Por los resultados de los ensayos realizados se concluye:

Los tiempos de retención del agua en el embalse son factor importante en la sedimentación, pero ésta no tiene un ciclo concluido por la disminución de la biodiversidad la cual fue afectada a la vez por los cambios de pH.

Se realizará la recuperación de la biodiversidad biológica y la cadena trófica del embalse Pasto Grande mediante el impulso del desarrollo de biomasa la cual se adecuará mediante la siembra de macrophytos fitodepuradores de metales en los siguientes puntos del embalse:

10.1 Tecnología de Tratamiento Biológico Seleccionado

Consiste en el uso de vegetación propia de la zona y que es capaz de retener, captar o asimilar metales y/o compuestos disueltos en el agua, consiguiendo reducir la contaminación y mejorando el pH del agua tratada; esta técnica de tratamiento se le conoce como bio remediación. En el caso de algunos afluentes necesita acondicionamiento previo del pH usando piedra caliza tomando el nombre de tratamiento mixto

10.2 Descripción Técnica

La concepción del tratamiento mixto se basa en la modificación del pH con tratamiento químico simple utilizando caliza (carbonato de calcio) y el tratamiento biológico mediante humedales artificiales y/o naturales.

TRATAMIENTO ACTIVO – QUÍMICO CON LECHOS DE CONTACTO DE CALIZA

Tratamiento con Caliza

La implementación de instalaciones hidráulicas con tratamientos activos resulta costosa por la implementación de almacenes, dosificadores y campamentos del personal operativo, con una logística de atención dispersa, que requiere complementariamente infraestructura vial, eléctrica y de comunicaciones, por lo que no se recomienda para el tratamiento de las aguas del río Cacachara afluente del río Patara, debido a las variaciones de caudal de las micro cuencas que se consideran significativas.

El tratamiento a aplicarse es con la adecuación con el uso de piedra caliza como solución al corto plazo, no requiere de instalaciones, solo utilizar adecuadamente el cauce de los ríos y de la selección del tamaño de la caliza. En función al tamaño se ubicará de la siguiente manera: para piedras de caliza grandes, éstas se colocarán en la rivera de los cauces como encauzamiento, teniendo en consideración que el periodo de contacto y la superficie de contacto, son esenciales para elevar la eficiencia del tratamiento. Incluyendo represamientos escalonados, se puede prolongar el periodo de contacto y como área de contacto se utilizará piedra caliza de poco diámetro de ¼" a tamaños menores como caliza triturada, lo cual eleva la eficiencia del tratamiento de neutralidad.

Esta solución mitiga y neutraliza la contaminación en el corto plazo de las aguas y finalmente, la longitud de los ríos nos permite controlar y efectuar tratamientos adicionales, asegurando la calidad de las aguas que ingresan al embalse tengan un pH próximo a la neutralidad como mínimo.

El tratamiento de las aguas ácidas se efectúa en el cauce de los ríos durante el recorrido utilizando como unidad de contacto colocando a lo largo de su recorrido la piedra caliza de tamaños diferentes con la finalidad de asegurar el periodo de contacto el cual depende también del área superficial de la caliza debiendo estar sumergida, .

A nivel de laboratorio se han efectuado ensayos de tratamiento de aguas ácidas utilizando caliza y aguas con pH de 3.0 y 4.0 u.e. con calizas en áreas expuestas conocidas obteniendo resultados de elevación del pH a los 70 minutos, como se ve en el cuadro que se adjunta, obteniéndose además criterios de diseño muy importantes. Cuando el tratamiento de aguas con pH inicial es mayor a 4.0 u.e., el tiempo de tratamiento es menor para obtener el pH de 6.5 u.e.

Criterios de Diseños para Estructuras de Tratamiento con Caliza

A continuación enumeramos los criterios de diseño para el tratamiento de las aguas ácidas con caliza.

- ◇ Caudal de tratamiento promedio anual
- ◇ Tiempo de llegada del afluente depende de la pendiente del río y longitud del mismo
- ◇ Área expuesta de la caliza (tamaño) a menor granulometría, mayor área de contacto y menor tiempo de tratamiento
- ◇ Tiempo de contacto ligado al (rango de acidez a tratar) y granulometría de la caliza
- ◇ Nivel de pH inicial de las aguas ácidas
- ◇ Contenido de % de óxido de calcio y porcentaje de porosidad
- ◇ Determinación del volumen de caliza para el periodo de 6 meses (periodo de lluvias) y periodo de estiaje

Como criterio general se debe colocar en el lecho del río, las calizas de mayor tamaño como muro de encauzamiento para lo cual se deberá determinar la velocidad promedio del río utilizando la fórmula de Manning.

Previamente al tratamiento químico debe instalarse linnímetros de medición de caudal con lecturas mensuales, En el cuadro siguiente, se indica el estado de acidez de los ríos de inicio y termino o previos a la descarga, así como los caudales medidos con correntómetros para determinar las velocidades y los tiempo de contacto para el tratamiento con caliza que será necesario, durante el periodo recomendado dos meses antes del periodo de lluvias, y evaluación mes de mayo y correctivos..

10.3 Parámetros Básicos de Diseño

- ◇ Caudal de tratamiento promedio anual
- ◇ Tiempo de llegada del afluente depende de la pendiente del río y longitud del mismo
- ◇ Área expuesta de la caliza (tamaño) a menor granulometría, mayor área de contacto y menor tiempo de tratamiento
- ◇ Tiempo de contacto ligado al (rango de acidez a tratar) y granulometría de la caliza
- ◇ Nivel de pH inicial de las aguas ácidas
- ◇ Contenido de % de óxido de calcio y porcentaje de porosidad

- ◇ Determinación del volumen de caliza para el periodo de 6 meses (periodo de lluvias) y periodo de estiaje

Como criterio general se debe colocar en el lecho del río, las calizas de mayor tamaño como muro de encauzamiento para lo cual se deberá determinar la velocidad promedio del río utilizando la fórmula de Manning.

Previamente al tratamiento químico debe instalarse limnómetros de medición de caudal con lecturas mensuales. En el cuadro siguiente, se indica el estado de acidez de los ríos de inicio y termino o previos a la descarga, así como los caudales medidos con correntómetros para determinar las velocidades y los tiempo de contacto para el tratamiento con caliza que será necesario, durante el periodo recomendado dos meses antes del periodo de lluvias, y evaluación mes de mayo y correctivos

10.4 Descripción de Técnica de la Infraestructura

No necesita instalación o equipamiento previos, se coloca la piedra caliza directamente en el lecho del río y trabaja directamente con el solo ingreso del agua

10.5 Descripción Técnica de los Procesos y Operaciones del Tratamiento Biológico.

Los tratamientos biológicos tienen excelente desarrollo en medios ligeramente ácidos o alcalinos, por eso es necesario que en los afluentes ácidos a tratar reciban tratamiento químico con piedra caliza

11 COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO SELECCIONADO PARA EL PROYECTO

COSTOS DE TRATAMIENTO DE AFLUENTES

COSTOS DE INVERSION OPERATIVO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PASTO GRANDE

RUBRO	TRATAMIENTO QUIMICO		TRATAMIENTO BIOLOGICO	TOTAL
MILLOJAHUIRA				
Tratamiento con CAL	9,999,302.70			9,999,302.70
Inversión				
C.O	2,949,417.80			2,949,417.80
C.M	241,000.00			241,000.00
TOTAL	13,189,720.50			3,190,417.80
ANTAJARANE - HUALCANE				
Tratamiento con CAL	10,173,775.36	Humedal Natural	261,861.47	10,435,636.83
Inversión		Inversión		
C.O	2,694,508.90	C.O	230,300.00	2,924,808.90
C.M	264,972.00	C.M	10,474.00	275,446.00
TOTAL	13,133,256.26	TOTAL	502,635.47	13,635,891.73
RIO PATARA - CACACHARA				
Tratamiento con CALIZA	1,948,503.10	Humedal Natural	3,415,857.00	5,364,360.10
Inversión		Inversión		
C.O	1,442,414.12	C.O	230,300.00	1,672,714.12
C.M	126,000.00	C.M	136,634.00	262,634.00
TOTAL	3,516,917.22	TOTAL	3,782,791.00	7,299,708.22
TOTAL DE COSTOS				
Tratamiento con CAL	22,121,581.16	Humedal Natural	3,677,718.47	25,799,299.63
Inversión		Inversión		
C.O	7,086,340.82	C.O	460,600.00	7,546,940.82
C.M	631,972.00	C.M	147,108.00	779,080.00

SELECCION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

INTRODUCCION

En los últimos años ha sido una preocupación del PERPG resolver los problemas de la calidad de las aguas del Embalse; desde el año 2004 cuando los análisis efectuadas por el MINSA-DIRESA alertaron sobre presencia de hierro y alta acidez de las aguas del Embalse; luego la mortandad de peces y la presencia de coloración de las aguas del embalse fueron objeto de muchos estudios a fin de identificar las causas de la contaminación de las aguas. A partir del año 2010 se hacen los primeros estudios de remediación. Es importante la participación del comité interinstitucional de la región debido al interés que despierta esta investigación y son ellos los que desarrollan los TdR (términos de referencia) del presente estudio. Se considera una preocupación interinstitucional.

El año 2011 se logra contar con el perfil del proyecto de remediación con código SNIP del Proyecto de Inversión Pública No 14098, asimismo oficialmente autorizan al consorcio V-5 a presentar otras alternativas mejorando la alternativa con SNIP.

Se indican 3 alternativas de tratamiento: en el Tomo 08 con Tratamiento Químico, Tomo 09 Tratamiento Biológico y Tratamiento Mixto en el Tomo 10.

Con la información recibida: El monitoreo integral de los afluentes, embalse y la descarga, además resultados de los ensayos efectuados a nivel de laboratorio con aguas de los ríos contaminados, se tiene una información suficiente para la selección de las alternativas estudiadas.

EVALUACION Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

En la evaluación y selección de Alternativas se ha considerado como primer criterio embalsar los sedimentos generados en un reservorio de 2,300,000.00 m³ de capacidad, es decir un pasivo ambiental adicional; con el mismo criterio se ha diseñado unidades de tratamiento, disponiendo en rellenos estabilizados los lodos generados para elevar el pH de las aguas de los Ríos Millojahuirá, Hualcane.

La alternativa 2 presentada por el Consorcio V-5, incluye floculador hidráulico, sedimentador, canchas de secado y finalmente rellenos estabilizados: el costo y la operación es elevada y crea pasivos ambientales dentro de la cuenca de influencia del Embalse Pasto Grande por lo que no fue considerada

La alternativa No 01 seleccionada considera efectuar el tratamiento de las aguas acidas, utilizando lechada de cal, actuando como floculador en tramos finales de los Ríos contaminados; el tratamiento con cal se inicia en una estructura hidráulica donde se utiliza un salto hidráulico para mezclar la cal, luego la floculación se realiza en el cauce del río el que tiene un periodo de retención mayor a 30 minutos, en este periodo se forman los flóculos los que se aglutinan aplicando el polímero a pocos metros del ingreso del agua al embalse.

El Embalse Pasto Grande por su gran extensión trabaja como sedimentador, donde los lodos aglutinados se compactan con los polímeros utilizados, con el tiempo transmiten su carga a los lodos depositados en el fondo del embalse, estabilizando los lodos, formando una capa o estrato que impida la re suspensión de los sedimentos, eliminando los fenómenos de coloración que se producen en el embalse, es decir los lodos quedan confinados en el fondo del embalse como parte del volumen de sedimentos considerada como volumen muerto, los volúmenes generados no comprometen la capacidad del embalse, es decir es una solución limpia, se utiliza el volumen muerto considerado en el diseño del embalse.

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUÍMICO
CIP. 65458

CONSORCIO V-6

Dr. César Lazcano Carrión
BIÓLOGO
CIP. 269

En relación al río Antajarane y Cacachara afluente del Patara, tienen un tratamiento diferente; el tratamiento químico se realiza con piedras calizas que se colocan a lo largo de los ríos contaminados, para que al atravesar las aguas ácidas los depósitos de caliza, reaccionan neutralizando la acidez; adicionalmente se utilizan cámaras de contacto con una permanencia de 2 horas logrando completar el periodo de contacto permitiendo elevar el pH en dos unidades Estandar.

Este sistema de tratamiento permite la variación de caudal; con volúmenes menores la caliza no sobre dosifica llegando con 3 o más horas a pH de 6.5, que es el objetivo específico de este tratamiento, los humedales naturales rehabilitados y manejados técnicamente remueven la carga metálica de las aguas, las macrofitas o PVA remueven los minerales pesados elevando el pH de 6.5 a neutro, para lo que se ha acondicionado dos humedales, en los Ríos Antajarane y Cacachara completando la remediación con tratamiento mixto.

MEDIDAS DE ASEGURAMIENTO DE LA OPERACIÓN DE LA REMEDIACION

Las instalaciones diseñadas permiten efectuar una operación continua y permanente, contando con un equipamiento mínimo de 2 unidades por estación para el trabajo alternado. En las unidades de tratamiento del Millojahuir y Hualcane la operación de estas unidades, requiere de una logística que adquiera los insumos manteniendo un stock en los almacenes para 3 meses. En el manual de operación y mantenimiento Tomo 10 se indica que se deberán desarrollar los procedimientos de operación y mantenimiento, entrenando al personal a cargo de estas instalaciones, bajo la Norma ISO 9001, que tiene la finalidad de mantener los procesos controlados y registrados contando con toda la información que determina la variabilidad del proceso y la responsabilidad del personal a cargo de estas instalaciones.

Como parte del Estudio se considera implementar un Plan de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del agua de los afluentes, embalse y descarga; en donde se precisa los puntos de monitoreo suficientes para evidenciar cambios que posibiliten la toma oportuna de acciones, lo anteriormente mencionado se encuentra en el anexo correspondiente.

Asimismo se ha considerado la construcción de un Laboratorio de investigación con sede en la ciudad de Moquegua y que se encargaría del control y evaluación de la data obtenida en tiempo real de los puntos monitoreados. Los costos de este Laboratorio se encuentran en los anexos.

12 CONCLUSIONES

- ❖ Las aguas ácidas del embalse, necesitan un tratamiento químico que asegure el viraje del pH a rangos básicos sostenidos
- ❖ La dosis a aplicar en los ríos ácidos como Millojahuir y Patara sería de 400 ppm de cal hidratada para obtención de $pH > 9.0-10.0$ como 1ª etapa durante un año considerando el tiempo de retención estimado para el embalse y de 200-240 ppm como 2ª etapa para asegurar el pH básico previamente obtenido en el embalse, este tratamiento es permanente y de por vida dada la naturaleza ácida de los afluentes.
- ❖ La dosificación propuesta de álcali en cada punto asegura el viraje de las aguas a rangos básicos con lo que se asegura la remoción de la mayoría de metales por los cambios de valencia al ser oxidados y asegurar de este modo su precipitación.

- ❖ Los flóculos obtenidos debido al tratamiento químico sedimentaran fácilmente por la formación de compuestos aglutinados de alto peso y a los cuales se les aumentará la cohesión por adición de floculantes inorgánicos que aseguren su confinamiento en el lecho del embalse
- ❖ El tratamiento biológico y el mixto se realizan con piedra caliza como acondicionamiento previo
- ❖ Los monitoreos deben ser permanentes y respetando la secuencia establecida
- ❖ La aguas contenidas en el embalse tienen diferentes valores de pH: en zonas muertas frente a la desembocadura de los ríos ácidos el pH está entre 3.5 – 3.9; frente al río Tocco está entre 7.6 – 7.8; dentro del Embalse los valores encontrados de pH están entre 4.0 – 4.2; cercana a la estructura de salida el pH sube a rangos de 6.0 – 6.5 por auto recuperación natural (fenómenos de aireación y turbulencia). El pH descargado de Pasto Grande levanta hasta niveles de pH>7.2 luego de la mezcla con aguas básicas del Túnel Jachacuesta y de los bofedales de la zona

13 RECOMENDACIONES

- ❖ El PERPG (y el Comité multisectorial) debe establecer claramente en forma definida su compromiso de mantener la calidad de las aguas contenidas en el Embalse, estableciendo mecanismos de control impulsando el compromiso de todos los grupos de interés de consumo de las aguas del Embalse, mediante Laboratorio especializado que formaría parte del Plan de Monitoreo y vigilancia de la calidad del agua propuesto.
- ❖ El tratamiento propuesto a los afluentes ácidos sería de fuerte ataque (400 ppm cal hidratada) para mejoramiento de las aguas contenidas en el Embalse durante un año o hasta que las condiciones mejoren a rangos neutros dentro del embalse, para luego reducir la aplicación a dosis de mantenimiento (200-240 ppm cal hidratada) en forma permanente
- ❖ Se recomienda solicitar la opinión de un Especialista en corrosión de estructuras, para conocer el estado actual de afectación de las estructuras debido al ataque corrosivo por la acción acida sostenida de las aguas embalsadas.
- ❖ En el caso de las PTAP de Chen Chen y Cata Catas se sugiere implementar en cada caso sistemas de pre tratamiento para asumir variaciones bruscas o cambios en la calidad de las aguas captadas.

ANEXOS:

- Nº1: Planos de Ubicación (Plano 1 Tratamiento Químicos, Plano 2 Tratamiento Biológico, Plano 3 Tratamiento Mixto)
- Nº2: Plano General de Infraestructura (Plano 1 Tratamiento Químicos, Plano 2 Tratamiento Biológico, Plano 3 Tratamiento Mixto)
- Nº3: Cuadro Resumen de Costos de Alternativa seleccionada.
- Nº 4: Manual de Operación y Mantenimiento de Alternativa Seleccionada

CONSTRUCCION DE LABORATORIO DE VIGILANCIA E INVESTIGACION

Item	DESCRIPCION	TOTAL S/.
1.00	OBRAS PROVISIONALES	32,000.00
2.00	TRABAJO PRELIMINARES	42,000.00
3.00	PRIMER PISO	355,706.00
4.00	SEGUNDO PISO	119,908.00
	TOTAL COSTO DIRECTO (CD)	549,614.00
	CONTINGENCIA (C)	% 30% 164,884.20
	TOTAL CD + C	714,498.20
	GASTOS GENERALES FIJOS + VARIABLES	% 15% 107,174.73
	UTILIDADES	% 10% 71,449.82
	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS	% 18% 160,762.10
GRAN TOTAL en nuevos soles a setiembre del 2012		1,053,884.85

GASTOS OPERATIVOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGACION

PERSONAL DE LABORATORIO - GASTOS OPERATIVOS	UNIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO ANUAL S/.
Jefe de laboratorio (Ing. Sanitario)	1	6,000.00	84,000.00
Ing. Químico	1	4,000.00	56,000.00
Biologo	1	4,000.00	56,000.00
Auxiliar	1	2,500.00	35,000.00
Ayudante	1	1,500.00	21,000.00
Camioneta 4 x 4	Global	-----	119,000.00
Utileria	Global	35,871.04	35,871.04
SUB TOTAL			406,871.04

Gastos de Mantenimiento

2% a 4% de Gastos de inversión:	1		S/ 21,077.69
---------------------------------	---	--	---------------------

COSTOS DE TRATAMIENTO DE AFLUENTES

COSTOS DE INVERSIÓN OPERATIVO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PASTO GRANDE

RUBRO	TRATAMIENTO QUIMICO		TRATAMIENTO BIOLOGICO	TOTAL
MILLOJAHUIRA				
Tratamiento con CAL	9,999,302.70			9,999,302.70
Inversión				
C.O	2,949,417.80			2,949,417.80
C.M	241,000.00			241,000.00
TOTAL	13,189,720.50			3,190,417.80
ANTAJARANE - HUALCANE				
Tratamiento con CAL	10,173,775.36	Humedal Natural	261,861.47	10,435,636.83
Inversión		Inversión		
C.O	2,694,508.90	C.O	230,300.00	2,924,808.90
C.M	264,972.00	C.M	10,474.00	275,446.00
TOTAL	13,133,256.26	TOTAL	502,635.47	13,635,891.73
RIO PATARA - CACACHARA				
Tratamiento con CALIZA	1,948,503.10	Humedal Natural	3,415,857.00	5,364,360.10
Inversión		Inversión		
C.O	1,442,414.12	C.O	230,300.00	1,672,714.12
C.M	126,000.00	C.M	136,634.00	262,634.00
TOTAL	3,516,917.22	TOTAL	3,782,791.00	7,299,708.22
TOTAL DE COSTOS				
Tratamiento con CAL	22,121,581.16	Humedal Natural	3,677,718.47	25,799,299.63
Inversión		Inversión		
C.O	7,086,340.82	C.O	460,600.00	7,546,940.82
C.M	631,972.00	C.M	147,108.00	779,080.00

TRATAMIENTO BIOLOGICO EN EL EMBALSE

N°	DESCRIPCION		N° PLANTULAS	C.U. (S/.)	TOTAL (S/.)
	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN			
2	SCHOENOPLECTUS TATORA	TOTORA	314,805.45	2.78	875,159.15

COSTO DE INSTALACION DE TOTORA

N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	CU (S/)	TOTAL (S/)
1	TRANSPORTE	UND	314,805.45	0.60	188,883.27
2	MANO DE OBRA	UND	314,805.45	1.61	506,836.77
SUBTOTAL S/.					695,720.04

COSTO DE INSTALACION DE PLANTULAS DE TOTORA EN EMBALSE PASTO GRANDE

N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	CU	TOTAL
1	PLANTULAS	UND	314,805.45	2.78	875,159.15
2	TRANSPORTE	UND	314,805.45	0.60	188,883.27
3	INSTALACION	UND	314,805.45	1.61	506,836.77
TOTAL S/.					1,570,879.20

COSTO DIRECTO		1,570,879.20
GASTOS GENERALES	10%	157087.92
UTILIDAD	10%	157087.92
TOTAL S/.		1,885,055.03

CONSUMO ANUAL DE INSUMOS QUÍMICOS POR EL TRATAMIENTO FISICO Y QUIMICO DE LAS AGUAS DE AFLUENTES Y EMBALSE

Volúmenes De Agua A Tratar en el Embalse y Consumo de Químicos

DESCRIPCION	VOLUMEN DE DISEÑO (M3)	INSUMOS QUIMICOS		
		CAL (TM)	SODA CAUSTICA (TM)	POLIMERO ANIONICO (KG)
EMBALSE	15,333,192.00		2,606.64	15,333.19

Volumen estimado en zonas centrales del embalse con una profundidad mínima de 2m

COSTO DE TRATAMIENTO CON SODA CAUSTICA EN EL EMBALSE EN CASO DE REQUERIR RECUPERACION RAPIDA DE LA CALIDAD EN EL EMBALSE

COSTO DE POLIMERO 12.5 \$/ KG

COSTO DE SODA CAUSTICA 2.5 \$/ KG

Costos Anuales por Consumo de Químicos

DESCRIPCION	SODA CAUSTICA (\$/.)	POLIMERO ANIONICO (\$/.)	TOTAL (\$/.)
EMBALSE PASTO GRANDE	6'516,610	191,664.90	198,181.51
TOTAL	6'516,610	684,765.90	10'756,994.9

CONSORCIO V-5

Ing. Víctor Díaz Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 6530

CONSORCIO V-5

Ing. Raúl Zamudio Castillo
ING. QUIMICO
CIP. 66858

CONSORCIO V-5

Dr. César Lázcano Carreño
BIÓLOGO
CBP. 269



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE



ANEXOS

TOMO N° 11

INFORME CONSOLIDADO DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA ECOSISTEMA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

ESTUDIO MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL
EMBALSE PASTO GRANDE DISTRITO CARUMAS, PROVINCIA
MARISCAL NIETO, REGIÓN MOQUEGUA

2012

VCHI S.A.

Contrato N° 002-2012-GG-PERPG

Consorcio
V - 5

acciona
Ingeniería

IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIOS DE CONTROL Y VIGILANCIA

I. OBJETIVO

Implementar con un laboratorio especializado a fin de vigilar y controlar en forma permanente la calidad de las aguas que componen el Sistema Pasto grande, que asegure la óptima calidad cumpliendo con la Normatividad vigente para la entrega a la población para su consumo humano y fines económicos.

II. JUSTIFICACIÓN

El Embalse Pasto Grande, representa para la Región Moquegua, la fuente de agua que abastece a la población en sus diferentes necesidades, domésticas y económicas, y juega un rol muy importante en la protección del ecosistema de la zona, en el cuidado de la flora y fauna natural y del paisaje

La alteración de la calidad actual de las aguas de los afluentes que aportan en el embalse, constituye un problema serio de afectación de tipo local y regional, por la presencia de compuestos químicos de origen natural o antrópico y de microorganismos. Estas alteraciones implican para el presente Estudio, desde un reconocimiento de la alteración de la calidad de las aguas hasta un proceso de recuperación que puede significar un elevado costo de inversión, si se mantiene en incremento la contaminación de las aguas.

Es importante la participación conjunta de los sectores, Regional y del Privado, en la identificación y remediación de la problemática existente, con la proyección efectiva de descontaminar las aguas del embalse, involucrándose en el control de las actividades que generan fuentes contaminantes que perjudican a toda la población de Moquegua.

Como es de conocimiento, la caracterización de la calidad de las aguas se realiza mediante un programa de monitoreo en puntos representativos que ayudan a la identificación de la problemática existente de las aguas del embalse Pasto Grande.

Los permanentes controles de calidad de las aguas y sedimentos del sistema del Embalse Pasto Grande, obliga al Proyecto la dependencia de otras instituciones o laboratorios a costos significativos inversiones que deben de mantener un rubro en el presupuesto anual

El estudio realizado en esta parte del proyecto, se basa en metodologías normadas para el aseguramiento y confiabilidad de la calidad de los resultados, por lo cual se requiere elevada confiabilidad en los resultados que emita un laboratorio, para evaluar e identificar la problemática existente de las aguas del sistema.

Los ensayos físicos, químicos y biológicos se basan a la seguridad que otorga un laboratorio acreditado según la Norma ISO/IEC 17025 y registrado por el INDECOPI a nivel nacional.

Para el presente estudio, se prevé la implementación de un laboratorio especializados con equipos de última generación para el control y la vigilancia de las aguas que componen el Sistema Pasto Grande, para la seguridad de la información emitida de los controles de la variabilidad de la calidad de las aguas antes y después de la implementación de los procesos de remediación de las aguas.

La caracterización en base a los ensayos de calidad que emite un laboratorio de las aguas que conforman el Sistema Pasto Grande, se debe realizar en dos periodos estacionales con frecuencia bimestral como mínimo, durante el periodo de lluvias también llamado periodo de

avenidas y el periodo de estiaje o de ausencia de lluvias, para una cantidad de muestras que incluyan tomas desde los afluentes, embalse y la descarga hasta la zona de las Pampas de san Antonio.

El laboratorio deberá ser proyectado a su Acreditación ante INDECOPi con fines de servir de referencia a nivel nacional por la problemática existente de la calidad de aguas del Sistema Pasto Grande.

III. IMPLEMENTACIÓN Y REQUERIMIENTOS BASICOS

Se requiere implementar un Laboratorio que atienda las necesidades básicas de los controles y de investigación permanentes para la mejora y optimización de la calidad de las aguas del Embalse Pasto Grande.

El Laboratorio consistirá en áreas definidas de Controles Físicos y Químicos y del área de Biología que incluye Microbiología, Hidrobiología y de Biorremediación.

Se propone un área de 600 m² aproximadamente. Se adjunta plano de distribución y cortes.

Ambientes Físicos y Químicos: características básicas de las aguas por métodos convencionales y controles de metales por equipamiento especializado de ICP-MS, entre otros

Ambientes para el área especializada de Biología.

Funciones Básicas:

- Programa De Vigilancia De Calidad Del Agua
- Estudios De Investigación
- Optimización Del Tratamiento

Recursos Humanos

- Jefe de laboratorio (Químico o Biólogo.)
- Ing. Químico
- Biólogo
- Auxiliar
- Ayudante

Recursos Logísticos

- Camioneta 4 x 4
- Equipamiento
- Materiales

IV. COSTOS DE INVERSIÓN PRELIMINAR (DICIEMBRE 2012)

CONSTRUCCION DE LABORATORIO DE VIGILANCIA E INVESTIGACION

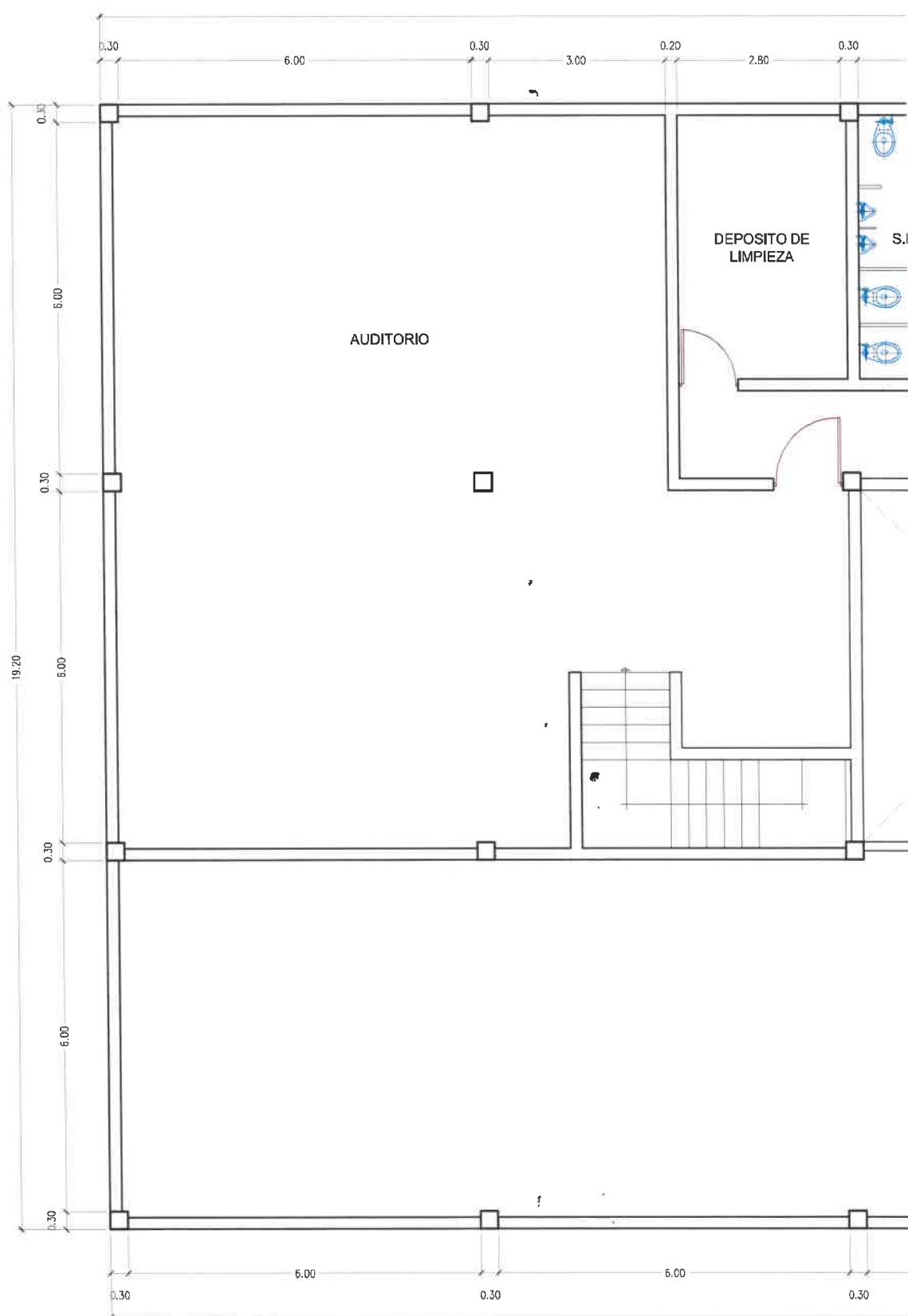
ITEM	DESCRIPCION			TOTAL S/.
1	OBRAS PROVISIONALES			32,000.00
2	TRABAJOS PRELIMINARES			42,000.00
3	PRIMER PISO			355,706.00
4	SEGUNDO PISO			119,908.00
	TOTAL COSTO DIRECTO (CD)			549,614.00
	CONTINGENCIA (C)	%	30%	164,884.20
	TOTAL CD + C			714,498.20
	GASTOS GENERALES FIJOS + VARIABLES	%	15%	107,174.73
	UTILIDADES	%	10%	71,449.82
	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS	%	18%	160,762.10
GRAN TOTAL en nuevos soles a setiembre del 2012				1,053,884.85

GASTOS OPERATIVOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGACION

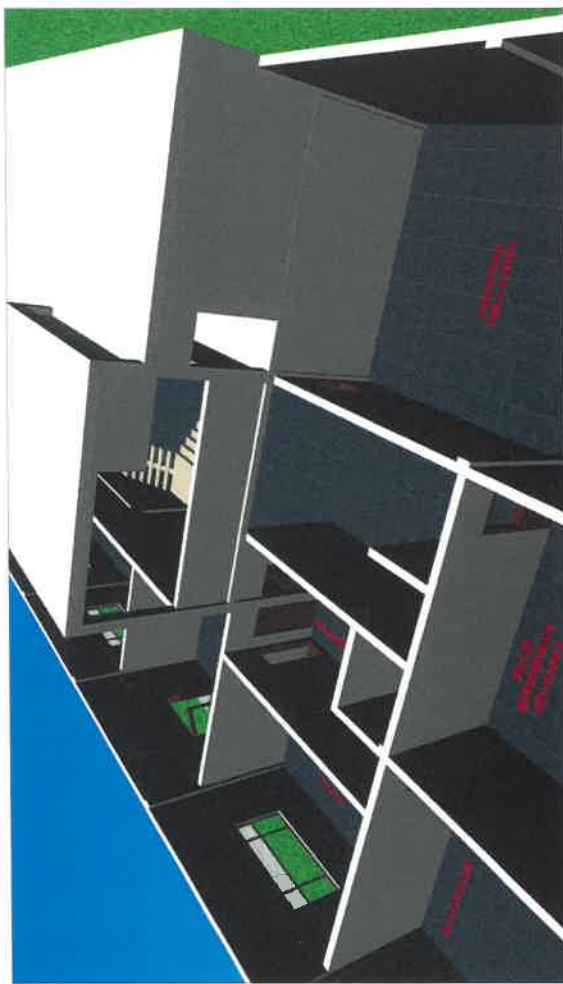
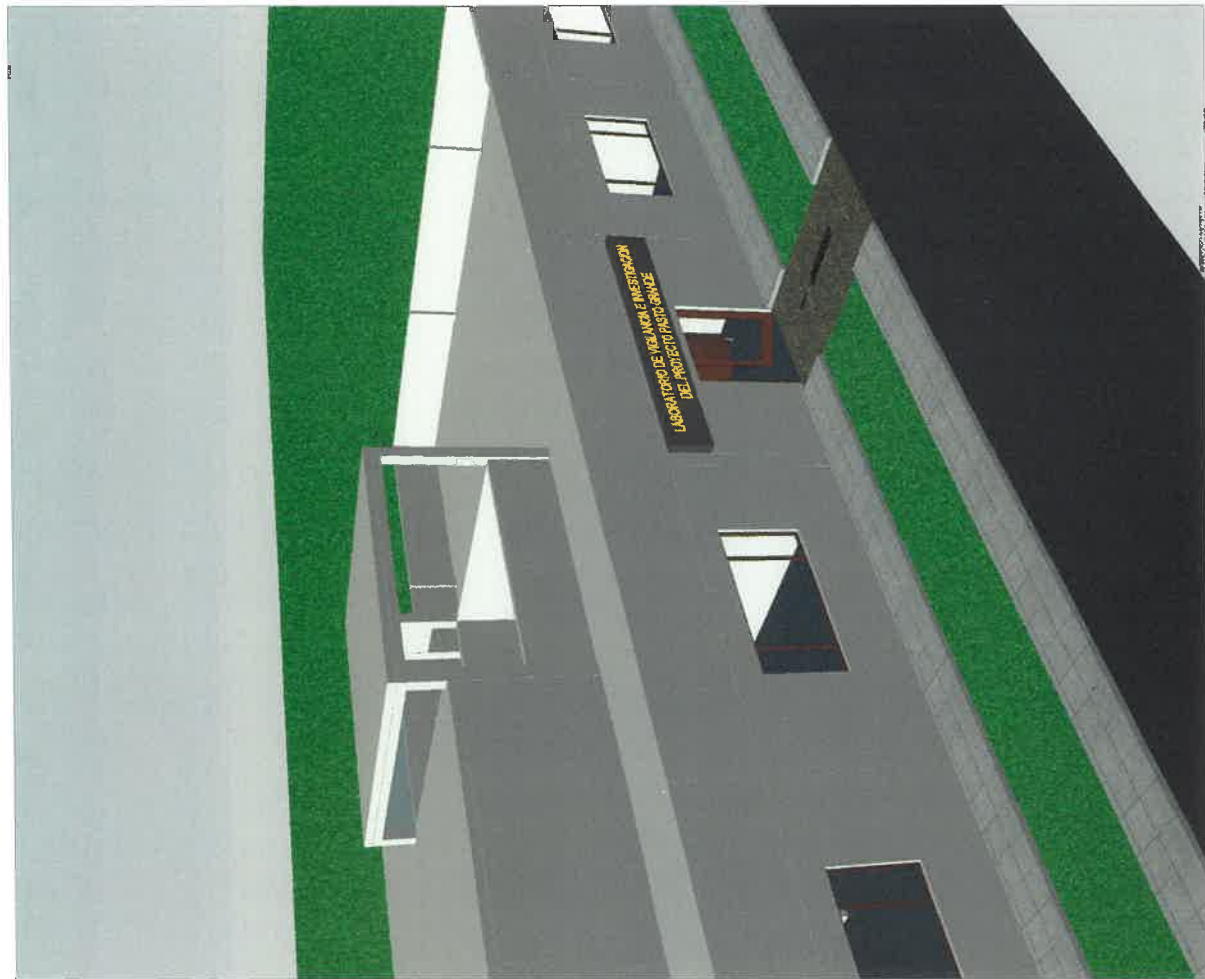
PERSONAL DE LABORATORIO - GASTOS OPERATIVOS	UNIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO ANUAL S/.
Jefe de laboratorio (Químico o Biólogo.)	1	6,000.00	84,000.00
Ing. Químico	1	4,000.00	56,000.00
Biologo	1	4,000.00	56,000.00
Auxiliar	1	2,500.00	35,000.00
Ayudante	1	1,500.00	21,000.00
Camioneta 4 x 4	Global	-----	119,000.00
Utileria	Global	35,871.04	35,871.04
SUB TOTAL			406,871.04

Gastos de Mantenimiento

2% a 4% de Gastos de inversión:	1		S/. 21,077.69
---------------------------------	---	--	----------------------



							PLANOS DE REFERENCIA		NO
							Nº DE PLANO	REFERENCIA	
REV.	REVISION	FECHA	CADD	DISEÑO	REV.	APR.			

[illegible]



GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE



PROGRAMA DE MONITOREO
PARA PLAN DE VIGILANCIA

2012

Consorcio V+5

VEHI S.A.

acciona
ingeniería

**PROGRAMA DE MONITOREO
PLAN DE VIGILANCIA
DE LOS AFLUENTES, EMBALSE Y DESCARGA DEL EMBALSE PASTO GRANDE**

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	3
II. ANTECEDENTES	3
III. MARCO LEGAL	3
IV. OBJETIVO	4
V. ÁMBITO DE INFLUENCIA Y VIAS DE ACCESO	5
5.1 Ámbito de Influencia	5
5.2 Acceso	5
VI. ALCANCES	7
VII. PARTICIPANTES	7
VIII. METODOLOGÍA DE TRABAJO	7
8.1 Caracterización Físico Química y Biológica de Área del Estudio	8
8.2 Puntos de Monitoreo	8
8.2.1 Agua Superficial (efluentes , embalse y descarga) y sedimentos	9
8.3 Clasificación de los Cuerpos de Agua	13
8.4 Parámetros a evaluar	14
8.4.1 Parámetros Biológicos en Aguas	14
8.4.2 Parámetros Biológicos en Sedimentos	14
8.4.3 Parámetros Físico Químicos en Aguas y Sedimentos	15
IX. EVALUACIÓN EN CAMPO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO	16
9.1 Relación de Laboratorios Responsables	16
9.2 Coordinaciones Previas al Monitoreo	16
X. RECURSOS NECESARIOS	17
10.1 Recursos Humanos	17
10.2 Logística	18
10.3 Materiales para las Mediciones en Campo	18
10.4 Materiales obligatorios para los Laboratorios Contratados	19
10.5 Materiales Complementarios para Gabinete y Campo	20
10.6 Indumentaria de Protección	21
XI. CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE MONITOREO DEL ESTUDIO	21
XII. ANEXOS	22

PROGRAMA DE MONITOREO - PLAN DE VIGILANCIA DE LOS AFLUENTES, EMBALSE Y DESCARGA DEL EMBALSE PASTO GRANDE

I. INTRODUCCIÓN

La alteración de la calidad de los cuerpos naturales de agua continentales, que generan las actividades humanas constituye un problema complejo, el Embalse Pasto Grande no es la excepción, en la Ciudad de Moquegua por ello es necesario un Plan de vigilancia de la Calidad de las Aguas del Embalse Pasto Grande, Distrito Carumas, Provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua.

La contaminación del agua es un problema local, regional y mundial y que se consideraría como la incorporación al agua de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos sólidos y líquidos, pasivos ambientales mineros, otros tipos que deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

El conocimiento de las condiciones de calidad de los recursos hídricos, son el resultado de mediciones, análisis y evaluación de los diversos parámetros (físico, químicos y biológicos) inherentes a la calidad del agua, las cuales se realizarán en base a los términos de referencia del Estudio y en base al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial (R.D N° 182-2011-ANA)

En este contexto, se ha considerado necesario establecer un "Programa de Monitoreo para los Afluentes, Embalse y Descarga del Embalse Pasto Grande Anual", con una frecuencia mínima trimestral, hasta llegar a ser mensual.

Los protocolos y técnicas de muestreo se realizará de acuerdo al "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" de la ANA, marzo de 2011 y de los procedimientos específicos utilizados por los Laboratorios de Ensayo.

Es necesario que se garanticen en el tiempo y de forma permanente la protección de la salud humana, la defensa del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales.

II. ANTECEDENTES

Los monitoreos efectuados en el Estudio del proyecto "Mejoramiento de la Calidad del Agua del Embalse Pasto Grande, Distrito Carumas, provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua". 2012, nos hace obtener decisiones sobre los puntos de monitoreo y parámetros a evaluar.

III. MARCO LEGAL

- La calidad de los cursos de aguas o cuerpos receptores, se encuentran regulados por el D.S. N° 002-2008 – MINAM sobre "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua":

Las aguas del Embalse Pasto Grande se encuentra regulado por la tres categorías presentadas, teniendo prioridad la Categoría 1

- Categoría 1: Aguas destinadas para la producción de agua potable – A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, y
- Categoría 3: Aguas para Riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del medio acuático, lagunas y lagos

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente,
- Ley N° 29338, Ley General de Recursos Hídricos.
- Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, del 22 de marzo de 2010 que aprueba la clasificación de los recursos hídricos ubicados en el territorio de la República del Perú.
- Resolución Directoral 3930-2009/DIGESA/SA, que aprueba la Directiva Sanitaria para la Interpretación de Resultados de Ensayo de Calidad de Agua.
- Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, aprobado mediante D.S. N° 031-2010-SA.
- Resolución Jefatural N°182-2011-ANA, Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial

IV. OBJETIVO

Realizar el monitoreo de la calidad de las aguas y sedimentos para la caracterización física, química y biológica del Ecosistema del Embalse Pasto Grande de modo integral dentro del Plan de Vigilancia

V. ÁMBITO DE INFLUENCIA Y VÍAS DE ACCESO

5.1 Ámbito de Influencia

El Embalse Pasto Grande está ubicado en la jurisdicción del distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua, a una altitud de 4250 m.s.n.m, al este de la ciudad de Moquegua. Geográficamente el área está enmarcada en las coordenadas siguientes y en el Datum Horizontal - WGS 84:

Cuadro N° 01
Coordenadas UTM de ubicación del Proyecto

NORTE	ESTE
8 144 000 8 156 000	369 000 378 000

5.2 Acceso

El acceso desde Lima es principalmente por la ciudad de Tacna donde se llega por vía aérea, para luego llegar a la ciudad de Moquegua por vía terrestre. Por la vía Torata se continúa hasta el embalse. El trayecto se recorre en aproximadamente 4 horas en vehículo liviano.

VI. ALCANCES

El presente Plan de monitoreo contempla la evaluación de la calidad del agua del Embalse Pasto Grande y su área de influencia, considerando lo siguiente:

- Monitorear la calidad del agua en los Afluentes del embalse Pasto Grande
- Monitorear la calidad del agua del Embalse Pasto Grande
- Monitorear la calidad del agua en los puntos de derivación de la descarga del Embalse Pasto Grande
- Monitorear la calidad de los Sedimentos del embalse Pasto Grande

La calidad a ser analizada será con parámetros Físicoquímicos y Biológicos..

VII. PARTICIPANTES

Las siguientes instituciones y organizaciones participaran en el monitoreo:

- Personal Administrativo
- Personal Especializado
- Laboratorio
- Supervisor del PERPG

VIII. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Metodológicamente, cada una de las acciones previstas en el Programa serán ejecutadas en orden lógico:

- Planificación previa y cronograma de actividades.
- Trabajo de campo, que implica: medición de parámetros "in situ", toma de muestras de agua en los puntos determinados, observaciones ambientales complementarias, identificación de actividades contaminantes.
- Llenado de la cadena de custodia
- Embalaje y transporte de muestras para cada laboratorio
- Entrega de muestras de agua al laboratorio de microbiología el mismo día del muestreo
- Solicitud a los laboratorios considerar aspectos técnicos en el trabajo en sedimentos, tales como mínimo de diluciones, etc.
- Solicitud a los Laboratorios explicación de la metodología o el estado de los parámetros que reporta.
- Interpretación y formulación del informe de monitoreo estacional

8.1 Caracterización Físico-Química y Biológica del Área de Estudio

La metodología empleada para la realización del trabajo, debe ir acorde con las exigencias que amerita la importancia del Ecosistema. Se han determinado puntos estratégicos de muestreo que permita darnos una idea de la realidad de la magnitud del problema a enfrentar.

Todas estas informaciones fueron contrastadas con inspecciones de campo y análisis exhaustivo de la información proporcionada por el PERPG, resultados y experiencia de los monitoreos del 2012. Las metodologías sobre tomas de muestra, preservación, transporte y almacenaje de muestras serán realizadas por los laboratorios responsables, bajo la supervisión de los Especialistas responsables.

8.2 Puntos de Monitoreo

Se selecciona los siguientes puntos de muestreo para la optimización de la caracterización de la calidad de aguas y sedimentos tal como se muestra a continuación:

En los afluentes, Embalse y derivación de la descarga del Embalse:

- En la naciente del recurso hídrico, la cual generalmente se inicia en la cabecera de cuenca, que servirá como punto de referencia (blanco), más no en todos los casos.
- Aguas arriba de la confluencia con importantes afluentes laterales (cuerpos de agua naturales o trasvases), un punto en el río principal y un punto en el afluente.
- Aguas arriba y aguas abajo de fuentes de contaminación difusa, zonas de actividades mineras (activas o cerradas), pasivos ambientales.
- Aguas abajo de la salida del embalse.
- Asimismo, algunos puntos de muestreo de agua también servirán para fines del estudio hidrogeológico, al estar ubicados en aguas geotermales como en la zona del Río Patara y Millojahuirá.

En el embalse, los puntos de monitoreo estarán ubicados en zonas que son de importancia particular.

Se propone una breves descripción en los puntos del Embalse del 1 al 6 respecto a los lugares con lo que se encuentran direccionados.

Respecto a los puntos del sedimento se propone colocar en vez de solo S01 y S04 por ejemplo S48/E48 y S51/E51 de modo que se relacione el agua superficial muestreada con los sedimentos al final de la columna.

Para la ubicación de los puntos de muestreo se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Acción del viento.
- Ubicación de ingresos y salidas de afluentes
- Presencia de algas u formación de macrofitas.
- Barrera física del islote de Pasto Grande
- Estratificación vertical y la termoclina

8.2.1 Agua Superficial (Afluentes, Embalse y Descarga) y sedimentos

En el monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua superficiales se ha programado la toma de muestras de los efluentes representativos del ecosistema del Embalse Pasto Grande, debido a su importancia por su aporte en carga contaminante, información que será útil para estimar el nivel de afectación de la calidad de las aguas del embalse.

Se requiere considerar las estaciones en los cursos de aguas, a fin de controlar la eficiencia del tratamiento físico químico y biológico a efectuarse en las zonas más críticas, además de vigilar permanentemente el tratamiento que debe responsabilizarse la Minera Aruntani en su Unidad Santa Rosa por la existencia de pasivos ambientales y de sus operaciones mineras.

Tabla N° 01-A

**Estaciones de Muestreo para Controles Físicos , Químicos y Biológicos de
los Afluentes Principales del Embalse Pasto Grande
En Periodo de Lluvias y Estiaje**

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-01	Bofedal 1, antes de confluir con el Bofedal 2, nacientes del Río Cotañani antes de la Mina.	0388317	8159937
E-02	Bofedal 2, antes de confluir con el Bofedal 1, nacientes del Río Cotañani antes de la Mina.	0388122	8160053
E-03	Río Cotañani, antes de la Mina Santa Rosa.	0387983	8159808
E-04	Río Cotañani, altura de mina después de operaciones (Ref. mina EM-5)	0387480	8158744
E-05	Río Cotañani, antes de la confluencia con Río Acosiri.	0387068	8157834
E-06	Río Acosiri, naciente del Río (Bofedal).	0390601	8158787
E-07	Afluente en naciente al Río Acosiri.	0390355	8158912
E-08	◇ Río Acosiri, después de confluencia del afluente.	0390295	8158900
E-09	Río Acosiri, altura de la mina después de operaciones (Ref. mina EM-4).	0387557	8158430
E-10	Río Acosiri, antes de confluencia con Río Cotañani.	0387094	8157842
E-11	Río Acosiri, después de confluencia con Río Cotañani.	0387069	8157797
E-12	Río Acosiri, antes de confluencia con Quebrada Cacachara.	0386882	8157563
E-13	Quebrada Cacachara antes de pasivos Boca de Mina.	0385856	8159505

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-14	Quebrada Cacachara antes de pasivos ambientales mineros.	0385924	8158866
E-15	Quebrada Cacachara después de desmontes.	0386071	8158551
E-16	Quebrada Cacachara, antes de la confluencia de la Quebrada al Río Cacachara.	0386840	8157586
E-17	Río Cacachara después de confluencia de Quebrada Cacachara con Río Acosiri.	0386811	8157482
E-18	Río Cacachara antes de confluencia con Quebrada Jacosive.	0386321	8156638
E-19	Quebrada Jacosive, Naciente.	0387339	8156822
E-20	Quebrada Jacosive antes de la confluencia con Río Cacachara	0386330	8156596
E-21	Quebrada Cacachara después de la confluencia de la Quebrada Jacosive.	0386250	8156584
E-22	Quebrada Palleutane, naciente.	0386606	8152493
E-23	Quebrada Palleutane, antes de confluencia al Río Cacachara.	0383616	8150392
E-24	Río Cacachara, después de confluencia de la Quebrada Palleutane.	0383542	8150077
E-25	Río Cacachara frente al local de Comunidad Cacachara EM6.	0385637	8155768
E-26	Río Cacachara antes de la confluencia con Río Patara.	0382427	8148443
E-27	Río Patara, Naciente Formación de Varios Manantiales.	0385290	8148315
E-28	Río Patara, antes de confluencia del Río Cacachara.	0382134	8148223
E-29	Río Patara, después de confluencia con Río Cacachara	0381844	8147988
E-30	Río Patara, antes de confluencia de Quebrada Caironi.	0380815	8147949
E-31	Río Patara, después de confluencia de Quebrada Caironi.	0380492	8147852
E-32	Confluencia de Quebrada Amani y Jachacuchajahuira 1.	0386837	814900
E-33	Confluencia de Quebrada Amani y Jachacuchajahuira 2.	0386759	8149507
E-34	Confluencia de Quebrada Amani y Jachacuchajahuira 3.	0386520	8148943
E-35	Quebrada Uchuzuma, antes de confluencia con Quebrada Jachacuchajahuira	---	---

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-36	Río Patara a 250m de la Carretera, aguas arriba.	0376938	8147400
E-37	Río Millojahuirá naciente.	0371785	8158947
E-38	Río Millojahuirá, después de bofedales.	0371545	8158163
E-39	Río Millojahuirá, a 50 metros de la Carretera, antes de ingresar al Embalse.	0372221	8154288
E-40	Río Hualcane, naciente.	0376545	8156209
E-41	Quebrada Hualcane, antes de Confluencia al Río Antajarane.	0375630	8151644
E-42	Río Antajarane, naciente.	0379741	8156950
E-43	Río Antajarane, antes de Confluencia a la Quebrada Hualcane.	0375631	8151608
E-44	Río Antajarane a 150 metros de la carretera aguas arriba.	0373814	8151749
E-45	Río Queñuane, a 100 metros de la carretera aguas arriba.	0373393	8153164
E-46	Río Tocco, naciente (Manantiales Copapujo).	0379736	8134502
E-47	Río Tocco, a 300m del Embalse, (Trocha carrozable).	0379892	8139274
G-85	Junto a la confluencia del Río Patara con la quebrada Caironi. Aguas Termales.	0380686	8147932
G-86	Entre la quebrada Vizcachoni y el Río Patara. Ojos de Agua.	0376042	8148924
G-87 A	Naciente del Río Millojahuirá, Ojo de Agua.	0371738	8158912
G-88	Después de Confluencia del Río Antajarane y Quebrada de Hualcane Ojo de Agua.	0375484	8151613

Tabla N° 01-B
Estaciones de Muestreo para Controles Físicos, Químicos y Biológicos de
Aguas del Embalse Pasto Grande
En Periodo de Lluvias y Estiaje

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-48 (S)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-48 (M)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-48 (F)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-49 (S)	Frente al Río Antajarane.	0372744	8151528
E-49 (M)	Frente al Río Antajarane.	0372744	8151528
E-49 (F)	Frente al Río Antajarane.	0372744	8151528
E-50 (S)	Frente al Río Patara.	0374680	8148457
E-50 (M)	Frente al Río Patara.	0374680	8148457
E-50 (F)	Frente al Río Patara.	0374680	8148457
E-51 (S)	Frente a la Cabaña Chapiocco.	0372515	8143908
E-51 (M)	Frente a la Cabaña Chapiocco.	0372515	8143908
E-51 (F)	Frente a la Cabaña Chapiocco.	0372515	8143908
E-52 (S)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-52 (M)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-52 (F)	Frente al Río Millojahuirá.	0372265	8154004
E-53 (S)	Frente al Río Tocco.	0376114	8144557
E-53 (M)	Frente al Río Tocco.	0376114	8144557
E-53 (F)	Frente al Río Tocco.	0376114	8144557
E-54 (S)	Centro de Embalse - 1.	0375181	8145305
E-54 (M)	Centro de Embalse - 1.	0375181	8145305
E-54 (F)	Centro de Embalse - 1.	0375181	8145305
E-55 (S)	Centro de Embalse - 2.	0373091	8148956
E-55 (M)	Centro de Embalse - 2.	0373091	8148956
E-55 (F)	Centro de Embalse - 2.	0373091	8148956
E-56 (S)	Centro de Embalse - 3.	0370444	8152700
E-56 (M)	Centro de Embalse - 3.	0370444	8152700
E-56 (F)	Centro de Embalse - 3.	0370444	8152700
E-57 (S)	Centro de Embalse - 4.	0370415	8146949
E-57 (M)	Centro de Embalse - 4.	0370415	8146949
E-57 (F)	Centro de Embalse - 4.	0370415	8146949

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-58 (S)	Centro de Embalse - 5.	0373971	8149160
E-58 (M)	Centro de Embalse - 5.	0373971	8149160
E-58 (F)	Centro de Embalse - 5.	0373971	8149160
E-59 (S)	Centro de Embalse - 6.	0370651	8149511
E-59 (M)	Centro de Embalse - 6.	0370651	8149511
E-59 (F)	Centro de Embalse - 6.	0370651	8149511
E-60	Salida de Embalse Pasto Grande.	0368863	8150747

Tabla N° 01-C
Estaciones de Muestreo para Controles Físicos, Químicos y Biológicos de
Aguas de Descarga del Embalse Pasto Grande
En Periodo de Lluvias y Estiaje

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-60	Salida de Embalse Pasto Grande.	0368863	8150747
E-61	Aguas de Filtración del Túnel Jachacuesta	0340343	8138977
E-62	A 500m. De Salida del Túnel Jachacuesta.	0339668	8138561
E-63	Manantial Chaullapujo 1, Pampas Humalso.	0338480	8137177
E-64	Manantial Chaullapujo 2, Pampas Humalso.	0338176	8136953
E-65	Antes de Bocatoma Humalso.	0334793	8137357
E-66	Canal Humalso, aproximadamente a la mitad de su longitud.	0328804	8135132
E-67	Canal Humalso, 500m. Antes de la rápida de Chilligua.	0323626	8133250
E-68	Río Chilligua, antes de confluencia con descarga rápida.	0323552	8132335
E-69	Río Chilligua, después de confluencia con descarga rápida.	00322841	8132644
E-70	Río Otorá 30m antes de la bocatoma del canal Pasto Grande.	0298543	8112826
E-71	Río Torata antes de la unión del Río Mollesaja con descarga rápida.	0300095	8108770
E-72	Bocatoma Torata Estuquiña.	0296757	8104302
E-73	Río Tumilaca, altura de Barraje (antes de mezcla con descarga de canal).	0298795	8100406

ESTACION	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM (19K)	
		NORTE	ESTE
E-74	Canal Pasto Grande a la altura del barraje.	0298764	8100549
E-75	Ingreso a planta Chen Chen.	0295661	8097774
E-76	Salida a la planta de tratamiento Chen Chen.	0295611	8097793
E-77	Río Moquegua, altura puente Montalvo.	0290154	8095546
E-78	Río Moquegua, espejos, final del valle.	0286442	8079860
E-79	Río Osmore, sector Canuto - Algarrobal (antes de captación EPS, Ilo).	0266529	8057220
E-80	Río Osmore, Fundo Chiribaya.	0256742	8049440
E-81	Ingreso a la planta de Tratamiento Pampa Inalámbrica.	0254799	8049441
E-82	Salida a la Planta de tratamiento Pampa Inalámbrica.	0254771	8049424
E-83	Ingreso a la Planta de Tratamiento Cata Catas proveniente Río Osmore (Pasto Grande).	0251348	8044550
E-83 (A)	Ingreso a la Planta de Tratamiento Cata Catas (Proveniente del Río Locumba (ITE)).	0251348	8044550
E-84	Salida a la Planta de Tratamiento Cata Catas.	0251249	8044453
E-85	Pampa San Antonio (punto de entrega a la Pampa)		

Ver Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo en Anexo N° 01.

8.3 Clasificación de los Cuerpos de Agua

Según lo establecido en la R.J. N° 202-2010-ANA que aprueba la Clasificación de los Cuerpos de Aguas Continentales y Marinos Costeros, la Laguna de Pasto Grande (Cuerpo de agua 13186) está clasificado con la Categoría 4 Clase Especial Código de cuenca 1318, Tambo. Mientras que los ríos no están citados en este protocolo.

8.4. Parámetros a evaluar

Los parámetros se seleccionaron en base a los resultados de los Monitoreos I y II del 2012 y en base a la factibilidad de abarcar en pocos días el Monitoreo según se debe desarrollar desde afluentes hasta descarga, si se evalúa en muchos días las condiciones climáticas pueden influir demasiado en los resultados iniciales y finales.

Se han determinado los criterios que determinen su aplicación en la caracterización que permita la toma de decisiones en el tratamiento para el mejoramiento de la calidad de aguas del embalse, evaluando la permanencia o cambio de la situación actual y los resultados frente a los tratamientos químicos, biológicos y mixtos que se apliquen.

8.4.1 Parámetros Biológicos en Aguas

FITOPLACTON
ZOOPLACTON
MACROINVERTEBRADOS BENTICOS*
MACROFITAS *
CLOROFILA A
FICOTOXINAS (MICROCYSTINA)
TOXICIDAD AGUDA
ESCHERICHIA COLI
ENTEROCOCOS FECALIS
HUEVOS DE HELMINTOS

8.4.2 Parámetros Biológicos en Sedimentos

MACROINVERTEBRADOS BENTICOS
PERIFITON
HUEVOS DE HELMINTOS
TOXICIDAD AGUDA

8.4.2.1 Consideraciones Técnicas

En el caso de macrophytas e Identificación de peces y otros organismos debe hacerse por afluente y no solicitarlo por puntos de muestreo.

Macroinvertebrados corresponde a sedimentos

Solicitar Presencia de metales en 2 macrofitas en cada afluente y en la descarga.

Solicitar Presencia de metales en peces, aves o anfibios que pudieran colectarse.

Solicitar el muestreo en sedimentos en 2 niveles superficial y a la mayor profundidad posible.

En el Embalse no es necesario muestrear en 3 niveles ya que es muy similar. Podría ser 2 niveles Superficial y muy cerca al fondo, mientras que OD y Transparencia debe hacerse en 6 niveles.

Para el caso de los análisis microbiológicos a la salida de las plantas asegurarse que los frascos deben estar preparados con un neutralizador de cloro tal como tiosulfato de sodio.

Para el caso de los parámetros de Biología considerar en todos los casos los siguientes parámetros fisicoquímicos:

T° agua
CONDUCTIVIDAD
O2 DISUELTO
DBO5
TRANSPARENCIA
FOSFORO TOTAL
NITROGENO TOTAL
NITRATOS
SILICE

8.4.3 Parámetros Físico y Químicos en Aguas y Sedimentos

Ver Anexo N° 02:

- Puntos de Monitoreo y Parámetros Físico-Químicos para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas en Afluentes del Embalse Pasto Grande; Embalse y Descarga de Pasto Grande.

En todos los puntos de monitoreo (cuerpo natural de agua y efluentes) se analizarán in situ los parámetros de campo: Temperatura (°C), pH, Conductividad y Oxígeno Disuelto (OD).

9 EVALUACIÓN EN CAMPO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

El trabajo en campo, desde la identificación, ubicación del punto de monitoreo hasta la toma de muestras de agua, será ejecutado según lo indicado en el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial", aprobado mediante la R.J. N° 182-2011-ANA.

9.4 Relación de Laboratorios

Para el análisis de las muestras a recolectar en el monitoreo, el PERG contratará los Servicios de varios laboratorios, acreditados por INDECOPi en lo posible y de gran confiabilidad científica, con quienes se deberá precisar consideraciones técnicas de muestreo y de la metodología.

Tabla N° 03
Relación de Laboratorios

TIPO DE PARÁMETROS	LABORATORIO
FÍSICOS y QUÍMICOS	A Decisión
BIOLÓGICOS	A Decisión
MICROBIOLÓGICOS	A Decisión

Todas las muestras serán recolectadas y remitidas al laboratorio según lo establecido en el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" y adicionalmente por recomendaciones de laboratorio especializado.

Las muestras destinadas a los análisis microbiológicos cuyos tiempos de preservación son menores a 24 horas, serán transportadas en un menor tiempo al laboratorio elegido para ejecutar los análisis, con la finalidad de evitar alteraciones de las concentraciones de estos parámetros inestables.

Toda actividad de los laboratorios estará dirigida y supervisada por los Especialistas de Pasto Grande,

9.5 Coordinaciones Previas al Monitoreo

- 10 Coordinación con los participantes del Monitoreo de la calidad del agua.
- 11 Verificación del Programa de Monitoreo, en el cual se planteará los puntos de monitoreo, parámetros a monitorear, frecuencia, en concordancia con el presente Plan de vigilancia
- 12 Aprobación del Programa de Monitoreo por el personal del PERPG.
- 13 Se entregará a los Participantes, copias del Programa de Monitoreo y Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial.

- 14 Realizar con anticipación las coordinaciones con el Laboratorio responsable, a fin de que se pueda contar oportunamente con los equipos y materiales necesarios para el desarrollo del monitoreo. Asimismo los equipos de campo, multiparámetros, GPS, cámara fotográfica, etc., deberán contar con la verificación de la operatividad y calibración, provisión de los suministros como reactivos, soluciones de calibración, preservantes, etc., necesarios para asegurar la correcta medición de los parámetros de campo y toma de muestras.
- 15 Preparación de los formatos "Registro de datos de campo", "Cadena de Custodia" y de las etiquetas en suficiente cantidad para el adecuado rotulado de las muestras, además de las actas de monitoreo.
- 16 Reunión de coordinación con el personal técnico previo a las fechas del monitoreo.

X..RECURSOS NECESARIOS

10.1 Recursos Humanos

Tabla N° 04
Recursos Humanos en el Programa de Monitoreo

RECURSO	RESPONSABLE
Personal del laboratorio (6)	Según corresponda
Profesional del Área Física y Química (01)	
Profesional del Área de Biología (01)	
Guía y Técnico del Área Física y Química (01)	
Chofer con buen conocimiento de la zona (03)	

10.2 Logística

Tabla N° 05
Logística para el Programa de Monitoreo

RECURSO	RESPONSABLE
Camionetas 4x4 doble cabina	Según corresponda
Combustible	
Motos	
Botes adecuados para el muestreo	
Teléfono satelital	
Cilindro de oxígeno quirúrgico	
Viaje del personal	
Campamento de estadía (bolsas de dormir, agua) y alimentación.	
Traslado a cada punto de muestreo (camionetas, motos, lanchas)	
Transporte de las muestras microbiológicas	
Coordinación de la logística con los laboratorios	
Coordinación Técnica con Laboratorio	
Entrega de métodos de muestreo por el laboratorio	
Guía conocedor de toda la zona	
Redes de pescar artesanal (aparejos)	
Equipo GPS y baterías de reserva	
Filmadora	
Cámara fotográfica digital	

10.3 Materiales para las Mediciones en Campo

Tabla N° 06
Materiales de Campo

RECURSO	RESPONSABLE
Tablero de campo	Según corresponda
Botas Musleras (para el personal de campo)	
Botiquín de emergencia p/campo	
Papel tissue y pabilo	
Plumones punta fina tinta indeleble	
Chaleco salvavidas	
Envase de plástico rectangular con tapa	

10.4 Materiales Obligatorios para los Laboratorios Contratados

Tabla N° 07
Relación de Materiales Obligatorio para Laboratorios Responsables

RECURSO	RESPONSABLE
Brazo telescópico muestreador	LABORATORIOS RESPONSABLES SEGÚN CORRESPONDA Todo material debe ser puesto por el Laboratorio Responsable.
Draga p/ muestrear sedimentos	
Turbidímetro	
Medidor de pH	
Medidor de Oxígeno Disuelto	
Conductímetro	
Conos Imhoff	
Multiparámetro pH, OD, CE, T°	
Envases extras para muestras adicionales	
Sustancias preservantes: Ácido Nítrico conc., p.a 250 ml Ácido sulfúrico conc. H ₂ SO ₄ p.a.250 ml Hidróxido de sodio p.a. NaOH, 1+1 HNO ₃ . (lentejas 250 gr) Ácido clorhídrico conc., HCL p.a.250 ml Acetato de zinc 2N/100mL	
Goteros (06)	
Coolers grandes	
Balde plástico transparente de 5 l de capacidad Muestreador mango largo o extensible muestreador de profundidad guantes quirúrgicos soguilla de nylon: 50 m (1) línea de vida (1) (l) malla planctónica 20 µm (2) (l) malla p/nanoplancton 5 µm (2) (l) formol 40%: 1l (l) agua destilada (l) pizetas de plástico (3) (l) cinta maskingtape de 1": 1 rollo (l) bolsas plástico de 2 kg(100) (l) bolsas plástico de 1 kg (100) (l) lentes p/luz uv (6) (l) plumones punta fina tinta indeleble (6) (l) Almohadilla refrigerantes	
Etiquetas adhesivas (laboratorio contratado) Envases de plástico de 1.0 litro, doble tapa, boca ancha Envase de plástico de 0.5 litro, doble tapa, boca ancha Frasco de vidrio sin color de 1 litro 100 Frasco de vidrio color ámbar de 0.5 lit 100	

RECURSO	RESPONSABLE
Coolers Refrigerantes bolsas 60 Balde de plástico de 1 galón 02 Soga de nylon de 15 m 01 Cinta de embalaje transparente s/ color, 2 pulg de ancho Plumones de tinta indeleble punta fina color rojo y azul Bomba de vacío 01 Papel filtro de 0.45 micras de diámetro de poro, caja	

10.5 Materiales Complementarios para Gabinete y Campo

Tabla N° 08
Relación de Materiales

RECURSO	RESPONSABLE
Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	Según corresponda
Fichas de registro de identificación de vertimientos y de los puntos de monitoreo	
Etiquetas para la identificación de frascos extras	
Ficha de registro de datos de campo	
Cadena de custodia en cinco (05) copias	
Rollo grande de papel secante	
Cinta adhesiva ancha	
Plumón indeleble	
Tablero de campo	

10.6 Indumentaria de Protección

Tabla N° 9
Relación de Indumentaria

RECURSO	RESPONSABLE
Guantes descartables (3 cajas)	Según corresponda
Uniforme para el monitoreo (de acuerdo a lo indicado en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales en Cuerpos Naturales de Agua)	

XI..CRONOGRAMA DEL PROGRAMA DE MONITOREO DEL ESTUDIO

Actividades	Enero	Primer Trimestre	Segundo Trimestre	Tercer Trimestre	Cuarto Trimestre
Planificación	X				
Coordinación Laboratorio	X				
Verificación de la Logística	X				
Monitoreo Ecosistema PG		X	X	X	X
Informes		X	X	X	X

De ser posible cada mes deber monitoreado los 13 puntos dentro del Embalse.

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Muestreo Estaciones del Embalse	X	X	X	X	X	X
	Julio	Agost	Setie	Oct	Novie	Diciem
	X	X	X	X	X	X

XII. .ANEXOS

Anexo N° 01:

Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo

Anexo N° 02:

- Puntos de Monitoreo y Parámetros Físico-Químicos e Inorgánicos para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas en Afluentes del Embalse Pasto Grande
- Puntos de Monitoreo y Parámetros Físico-Químicos e Inorgánicos para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas en el Embalse Pasto Grande
- Puntos de Monitoreo y Parámetros Físico-Químicos e Inorgánicos para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas en la Descarga del Embalse Pasto Grande.
- Puntos de Monitoreo y Parámetros Físico-Químicos e Inorgánicos en Sedimentos del Embalse Pasto Grande

Anexo N° 03:

- Puntos de Monitoreo y Parámetros Biológicos para el Monitoreo de la Calidad de las Aguas en los Afluentes del Embalse Pasto Grande; el Embalse propiamente dicho y la Descarga del Embalse Pasto Grande
- Puntos de Monitoreo y Parámetros Biológicos en Sedimentos del Embalse Pasto Grande.