

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“PROGRAMA DE ADECUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA HIDRAULICO - UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor:

Ronald Roger Gutiérrez Llantoy

Asesor:

Ing. Alfredo Mansen Valderrama

LIMA, DICIEMBRE 2000

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

Este sincero esfuerzo, está dedicado a mi padre, a su infinita memoria; a mi madre, por tanto amor y desprendimiento; a mis hermanos, por todo lo que hemos pasado; a mis amigos, por que su camino conduzca a Roma; a aquella mujer compañera, por todo lo bailado (aunque *je ne t'aime plus mon amour*). A todos, porque esto es una copa de vino que levanto a su salud.■

"El proceso de aprender un arte puede dividirse en dos partes: una el dominio de la teoría y otra el dominio de la práctica. Una vez alcanzado todo el conocimiento teórico y después de mucha práctica, ambos se fundirán en uno solo, la intuición."

Erich Fromm.

"Mayum mayunmi purichcani, chahuaschayay, manañam tariquiñachu, chayhuaschayay, hasuanmi yuyarini, chayhuaschayay, sutyiquita yuyaripa, challhuaschayay. ¿Gusturaccchuch purichcanqui, chayhuaschayay, mayum mayunya purichihuaspa?."

Acomayo Condemayta.

"There is only one thing you can do with a woman, said Clea once, you can love her, suffer for her, or turn her into literature."

Lawrence Durrell. ■

o

El agradecimiento especial al Ing. Alfredo Mansen Valderrama, asesor de esta Tesis y al Dr. Julio Kuroiwa Zevallos, por sus invalorable y siempre bien enterados alcances, por la amistad y esa infundida y compartida alegría de aprender. ☐

**“PROGRAMA DE ADECUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE,
PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA HIDRÁULICO –
UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL”**

INDICE

CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES.....	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS.....	5
CAPÍTULO 2 : CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA ALTO ANDINA	7
2.1 UBICACIÓN.....	9
2.1.1 Región Suni.....	9
2.1.2 Región Puna.....	10
2.1.3 Región Janca o Cordillera.....	10
2.2 CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS.....	11
2.2.1 Región Suni.....	11
2.2.2 Región Puna.....	11
2.2.3 Región Janca o Cordillera.....	12
2.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	12
2.4 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS-HIDROLÓGICAS.....	13
2.4.1 Características Hidrográficas.....	13
2.4.2 Características Hidrológicas.....	14
2.5 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.....	14
2.6 SUELOS CRÍTICOS.....	16
CAPÍTULO 3 : ASPECTO LEGAL DEL PAMA.....	19
3.1 EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL EN EL PERÚ.....	20
3.2 REQUERIMIENTOS DEL REGLAMENTO PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS PARA LOS PROGRAMAS DE ADECUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (PAMA).....	23
3.2.1 Obligaciones de los Titulares de la Actividad Minera.....	23
3.2.2 Alcances de Tratamiento que debe Contemplar el PAMA.....	24

3.2.3	Curso Legal para la Aprobación del PAMA	25
3.2.4	Penalidades.....	28
3.2.5	Limites Permisibles.....	28
	a. Niveles Máximos Permisibles para la Emisión de Efluentes Líquidos.....	28
	b. Niveles Máximos Permisibles para la Emisión de Gases y Partículas	30
3.3	PROYECTOS HIDRÁULICOS REALIZADOS EN EL PERU PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PAMA	31
3.3.1	Precedentes de los Programas de Adecuación del Medio Ambiente	31
3.3.2	Programas de Adecuación del Medio Ambiente Realizados hasta la Fecha.....	36
3.4	EXPERIENCIAS SIMILARES EN OTROS PAISES.....	36

CAPÍTULO 4 : ESTUDIOS BÁSICOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS HIDRÁULICOS REQUERIDOS POR

	EL PAMA.....	41
4.1	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	42
4.2	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	43
4.2.1	Programa de Investigación.....	44
	a. Estructuras Puntuales	44
	b. Estructuras Lineales	44
	c. Diques	45
	d. Túneles.....	46
	e. Canteras.....	46
4.2.2	Informe del Estudio Geológico - Geotécnico	46
	a. Geología del Area del Estudio.....	46
	b. Memoria Descriptiva.....	48
	c. Planos y Perfiles de Suelos.....	49
	d. Resultados de los Estudios "In Situ" y de Laboratorio	50
4.3	ESTUDIO HIDROLÓGICO	51
4.3.1	Recopilación de la Información Básica.....	52
	a. Información Relativa al Relieve de las Cuencas.....	52
	b. Datos Hidrometeorológicos	54
4.3.2	Período de Retorno	55
4.3.3	Consideraciones para el Estudio Hidrológico.....	56
	a. Análisis de la Información Existente	56
	b. Análisis de Frecuencia	57
	c. Modelamiento del Sistema Hidrológico	58
	d. Routing.....	60
	e. Simulación de Eventos.....	61
4.3.4	Contenido del Informe Hidrológico	61
	a. Datos Generales de la Cuenca.....	61
	b. Información Básica.....	61
	c. Clima y Geomorfología.....	62
	d. Observaciones de Campo	62
	e. Criterios de Cálculo	62
	f. Conclusiones y Recomendaciones	62
	g. Anexos	62
4.4	ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA PROYECTOS QUE INCLUYAN TRABAJOS DE REVEGETACIÓN.....	62
4.4.1	Análisis de la Zona de Plantación.....	63
4.4.2	Elección de las Especies Vegetales.....	64
4.4.3	Preparación del Terreno Previa a la Plantación	64

4.4.4	Técnicas de Plantación	65
4.4.5	Cuidados Posteriores a la Revegetación.....	65

CAPÍTULO 5 : CALIDAD DEL CONCRETO EN OBRAS HIDRÁULICAS REQUERIDAS PARA EL PAMA67

5.1	PROPIEDADES DEL CONCRETO	68
5.1.1	Impermeabilidad.....	69
5.1.2	Resistencia a la Erosión.....	69
5.2	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS EN LOS COMPONENTES DEL CONCRETO	70
5.2.1	Cemento.....	70
5.2.2	Agregados.....	71
5.2.3	Agua de Mezcla.....	72
5.2.4	Aditivos.....	72
5.3	RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y F'c MÍNIMO.....	73
5.4	TEMPERATURA DE COLOCACIÓN	73
5.5	GURADO Y PROTECCIÓN.....	74
5.6	JUNTAS	74
5.6.1	Espaciamiento de las Juntas.....	75
5.6.2	Elección del Tipo de Sello.....	75
5.7	PROTECCIÓN CONTRA EL ATAQUE QUÍMICO	76
5.8	PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO	77
5.8.1	Drenaje.....	77
5.8.2	Aditivo Incorporador de Aire.....	77
5.8.3	Protección del Refuerzo.....	78
5.9	RECOMENDACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO.....	78

CAPÍTULO 6 : METODOLOGÍA DE ESTUDIO DEL PAMA DE LA UNIDAD MINERA PILOTO "SAN CRISTÓBAL"81

6.1	ANTECEDENTES.....	82
6.2	DATOS GENERALES.....	83
6.2.1	Objetivo.....	83
6.2.2	Ubicación.....	84
6.2.3	Clima.....	84
6.2.4	Vías de Acceso.....	87
6.2.5	Infraestructura Existente en la Zona del Proyecto.....	87
a.	Campamento San Cristóbal.....	87
b.	Tajo San Martín.....	87
c.	Instalaciones del Complejo Minero.....	88
d.	Tajo Santa Agueda.....	88
6.3	ESTUDIOS BÁSICOS	89
6.3.1	Estudio Topográfico.....	89
a.	Información Preliminar.....	89
b.	Información Generada.....	89
6.3.2	Estudio Geológico – Geotécnico	91
a.	Programa de Investigación.....	91
b.	Investigación de Campo y Ensayos de Laboratorio.....	91
c.	Resultados del Estudio Geológico-Geotécnico.....	92
d.	Conclusiones y Recomendaciones.....	94
6.3.3	Estudio Hidrológico.....	94
a.	Información Básica.....	95

b. Datos Generales de la Cuenca.....	95
c. Análisis de Precipitación.....	96
d. Período de Retorno	96
e. Análisis de Bondad de Ajuste	96
f. Esquema General del Sistema Hidrológico.....	96
g. Modelamiento del Sistema Hidrológico y Simulación de Eventos	98
h. Resultados.....	99
i. Conclusiones y Recomendaciones.....	99
6.4 METODOLOGÍA, CRITERIOS Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO	99

CAPÍTULO 7 : DESARROLLO DEL PAMA DE LA UNIDAD MINERA

PILOTO "SAN CRISTÓBAL"	101
7.1 CRITERIOS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO	103
7.1.1 Trazo del Perfil	103
7.1.2 Tipo de Sección.....	104
7.1.3 Tipo de Corte.....	104
7.1.4 Material de Relleno.....	105
7.2 DISEÑO HIDRÁULICO	106
7.2.1 Consideraciones Previas al Diseño Hidráulico.....	106
a. Tipo de Revestimiento.....	106
b. Coeficiente de Rugosidad de Manning.....	106
c. Ancho de Base	106
d. Trazo en Planta.....	107
e. Condiciones Topográficas en la Caída.....	108
7.2.2 Predimensionamiento del Canal.....	108
a. Ancho de Base	108
b. Borde Libre.....	108
c. Altura del Canal.....	108
7.2.3 Ubicación y Predimensionamiento de la Estructura de Entrada del Canal.....	109
7.2.4 Predimensionamiento de la Viga de Impacto	111
7.2.5 Predimensionamiento de la Estructura de Entrega de Canal	111
7.2.6 Análisis Hidráulico del Sistema	113
7.2.7 Dimensionamiento de la Estructura de Entrega de Quebrada (Km 1+655).....	115
7.3 DRENAJE	115
7.4 CALIDAD DEL CONCRETO.....	117
7.5 DISEÑO ESTRUCTURAL	117
7.6 DISEÑO DE JUNTAS.....	118
7.7 OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	119
7.8 PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA	120
7.9 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE OBRA	120
7.9.1 Metrados	121
7.9.2 Análisis de Costos Unitarios.....	121
7.9.3 Presupuesto	122
7.10 MEMORIA DESCRIPTIVA	122
7.11 PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	122
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA	132

ANEXOS136

- ANEXO A MATERIALES APLICABLES A PROYECTOS DEL PAMA**
- ANEXO B ESTUDIO GEOLÓGICO DEL PROYECTO PILOTO**
- ANEXO C ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL PROYECTO PILOTO**
- ANEXO D MEMORIA DE CÁLCULO**
- ANEXO E ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN USADOS EN EL PROYECTO PILOTO**
- ANEXO F EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA DEL PROYECTO PILOTO**
- ANEXO G PLANOS DE OBRA**

CAPÍTULO 1

**Aprende del agua que toma la forma de lo que la abriga.
En el mar es ancha, angosta y rápida en el río, apretada en
la copa.
Sin embargo, siendo blanda, horada la piedra dura.**

Facundo Cabral

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Luego de un período de letargo; causado, entre otros, por el terrorismo y por una deficiente plataforma legislativa, se viene dando en la actualidad una suerte de "boom minero"; el descubrimiento de nuevos yacimientos, la privatización de Centromin Perú, las inversiones de capitales extranjeros, son sólo algunos ejemplos de este hecho. De acuerdo a los indicadores económicos, la actividad minera ocupa hoy en día el primer lugar en rentabilidad, por lo que tiene gran influencia en nuestra economía.

La ineficiencia y la no aplicación de las leyes ambientales durante el referido período de letargo, trajo como consecuencia que esta actividad provocara daños, en algunos casos considerables, al medio ambiente. Asimismo, con esta situación, coexistía el hecho de una falta de planificación con la que fueron ubicadas sus instalaciones, ya que éstas están asentadas por lo general en el cauce de quebradas; ocasionando que en época de lluvias la infraestructura se vea afectada por flujos de agua, lodo y escombros.

Ante esta situación el Ministerio de Energía y Minas, a través del Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA), estableció que las compañías mineras que se encontraban en marcha y las que reiniciaban sus operaciones luego de emitirse el Reglamento Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas, debían presentar un PAMA, que les permitiera adecuarse a las Normas Ambientales y cumplir con los límites máximos permisibles en un plazo de 5 años, para actividades que no contaran con procesos de fundición, y de hasta 10 años para aquellas que las incluían.

Bajo estos requerimientos, se están realizando en la actualidad una serie de estudios y ejecutando proyectos de drenaje de aguas ácidas, abandono definitivo de depósitos de relaves, trabajos de revegetación, defensas ribereñas, saneamiento de los campamentos mineros, rellenos sanitarios, entre otros.

Considerando el hecho de que la mayoría de los asentamientos mineros se encuentran localizados en las zonas alto andinas de nuestro territorio (ver Figura 2-1), es

necesario establecer las consideraciones a tomar en cuenta para el planeamiento de las soluciones al problema hidráulico que plantea el cumplimiento del PAMA.

De acuerdo a lo expuesto, la presente Tesis presenta los criterios para elaborar un proyecto hidráulico para los fines mencionados, considerando la coyuntura geográfica sobre la cual éste se desarrolla y la presencia de sustancias ácidas y alcalinas con las que podrían estar en contacto las estructuras proyectadas.

A efecto de aplicar los criterios referidos, se elabora el PAMA de una unidad minera piloto, la misma que esta constituida por la Unidad de Explotación Minera "San Cristóbal" ubicada en el departamento de Junin, provincia y distrito de Yauli, perteneciente a VOLCAN CIA. MINERA S.A.A., empresa que es la cuarta productora de cobre del mundo.

En el Capítulo 2, se delimita y se describen las características geológicas, hidrológicas y meteorológicas de la Zona Alto Andina, debido a la importancia de que estas sean tomadas en cuenta para la elaboración y construcción de proyectos requerido por el PAMA. Asimismo, se describe la flora y fauna presentes en este piso ecológico a efecto de que sirvan como referencia para los Proyectos que incluyan trabajos de revegetación

En este capítulo se describen los suelos críticos de la Zona Alto Andina, constituidos principalmente por depósitos de turbas o bofedales, que podrían conllevar a adoptar métodos especiales de cimentación de las estructuras proyectadas para el cumplimiento del PAMA.

En el Capítulo 3 se expone el aspecto legal del PAMA para actividades mineras, se muestra la información referente a los estudios y obras hidráulicas realizadas hasta la fecha y las experiencias similares en otros países.

El Capítulo 4 aborda las consideraciones necesarias para la realización de los estudios básicos que debido a las bajas presiones y temperaturas propias de la zona alto andina tienen características particulares, se enumeran las fuentes de información básica y se incide en el estudio hidrológico. En este capítulo se plantean además los requerimientos básicos del estudio complementario en proyectos PAMA que incluyan trabajos de revegetación.

El capítulo 5 presenta, sobre la base de experiencias constructivas, los criterios para la especificación de la calidad del concreto. Se incide en este punto debido a que las estructuras hidráulicas proyectadas para el cumplimiento del PAMA estarán muchas veces en contacto con aguas ácidas y serán construidas en climas fríos, por lo que la producción y durabilidad del concreto se verá limitada.

En el capítulo 6 se muestra el método de estudio para la elaboración del PAMA de la unidad piloto. Se describen los alcances y conclusiones de los Estudios Básicos realizados y los antecedentes referentes al curso legal para la aprobación de su PAMA respectivo. En este capítulo se incide en el desarrollo del Estudio Hidrológico.

El capítulo 7 expone la metodología y proceso de diseño de las estructuras comprendidas en el PAMA de la unidad minera piloto. Se describen los criterios de dimensionamiento, se detallan los parámetros de diseño sustentadas en los estudios básicos realizados y se muestra su aplicación en las fórmulas adoptadas.

En el anexo A, se muestran algunos materiales inertes aplicables a trabajos de revegetación y materiales resistentes al ataque químico, señalándose para cada uno de ellos a los principales proveedores en nuestro medio.

En los anexos B y C, respectivamente, se detallan los estudios Geotécnico e Hidrológico ejecutados para la elaboración del PAMA de la unidad minera piloto. Asimismo, en el Anexo E se muestra la información proporcionada por los fabricantes referente a los materiales utilizados en este Proyecto.

El anexo F muestra el Expediente Técnico de Obra del Proyecto Piloto, el mismo que incluye la Memoria Descriptiva, las Especificaciones Técnicas, el Presupuesto de Obra y la Programación de Obra. En el Anexo G, se muestran los Planos de Obra.

Las proyecciones económicas del sector minero indican que tendrá un crecimiento de 74% hacia el año 2021, lo que significa que en un futuro habrá necesidad de realizar diversas obras hidráulicas con el fin de reducir y de ser posible eliminar los efectos desestabilizadores del medio ambiente. En tal sentido, la presente Tesis pretende establecer un punto de referencia para el planeamiento de este tipo de Estudios.■

1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS

La presente Tesis tiene siguientes objetivos:

- Desarrollar los criterios para la elaboración de proyectos hidráulicos necesarios para el cumplimiento de lo establecido por el Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA.
- Desarrollar el uso de tecnologías y materiales apropiados para la construcción en la Zona Alto Andina.
- Desarrollar el PAMA de la Unidad de Explotación Minera "San Cristóbal", perteneciente a VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S. A. A. como una unidad piloto de aplicación de los criterios desarrollados.
- Contribuir al desarrollo de modelos y tecnologías adecuadas de tratamiento y mitigación de los pasivos ambientales de la actividad minera.
- Remarcar la importancia del uso de "tecnologías limpias" en las actividades mineras.□

CAPÍTULO 2

**Los ríos van todos al mar,
Pero el mar nunca se llena;
Y vuelven los ríos a su origen
Para recorrer el mismo camino.**

Eclesiastés 1.7

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA ALTO ANDINA

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA ALTO ANDINA

El presente capítulo tiene como objetivo delimitar y describir el espacio geográfico de la Zona Alto Andina, sobre la cual se ubican los asientos mineros que deben cumplir con el Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA) y para los cuales son aplicables los criterios y planteamientos expuestos en la presente Tesis.

La Zona Alto Andina comprende los pisos altitudinales superiores a saber: Región Suni, Región Puna y Región Janca o Cordillera. Dichos pisos ecológicos constituyen las regiones donde se presentan las menores temperaturas (existen registros de temperaturas de hasta -27°C), las mayores velocidades del viento, la presencia de heladas, etc. Esta situación constituye un obstáculo para las actividades humanas y las labores industriales, especialmente las de la construcción y minería, sin embargo es en este entorno donde se encuentran ubicadas precisamente la mayor parte de los asientos mineros del Perú (ver Figura 2-1).

La Zona Alto Andina, cuyo relieve complejo, conformado por montañas elevadas (cubiertas a veces por nieve), extensas mesetas, quebradas profundas y valles interandinos, está determinado por la presencia de la Cordillera de los Andes que atraviesa nuestro territorio longitudinalmente de sudeste a noroeste, casi bordeando la costa del Pacífico, originando así las regiones geográficas del Perú.

La Cordillera de los Andes determina también la existencia de una variedad de climas, la existencia de tres grandes regiones hidrográficas (la Vertiente del Pacífico, la Hoya del Titicaca y la Cuenca del Amazonas), la gran variedad de especies vegetales y animales, la abundancia de recursos minerales y la existencia en el país de diferentes modos de vida y niveles de desarrollo.

Se describen en este capítulo las principales características geológicas, hidrológicas y meteorológicas de la Zona Alto Andina, debido a la importancia de que estas sean tomadas en cuenta para la elaboración de Estudios tendientes a cumplir con lo requerido por el PAMA.

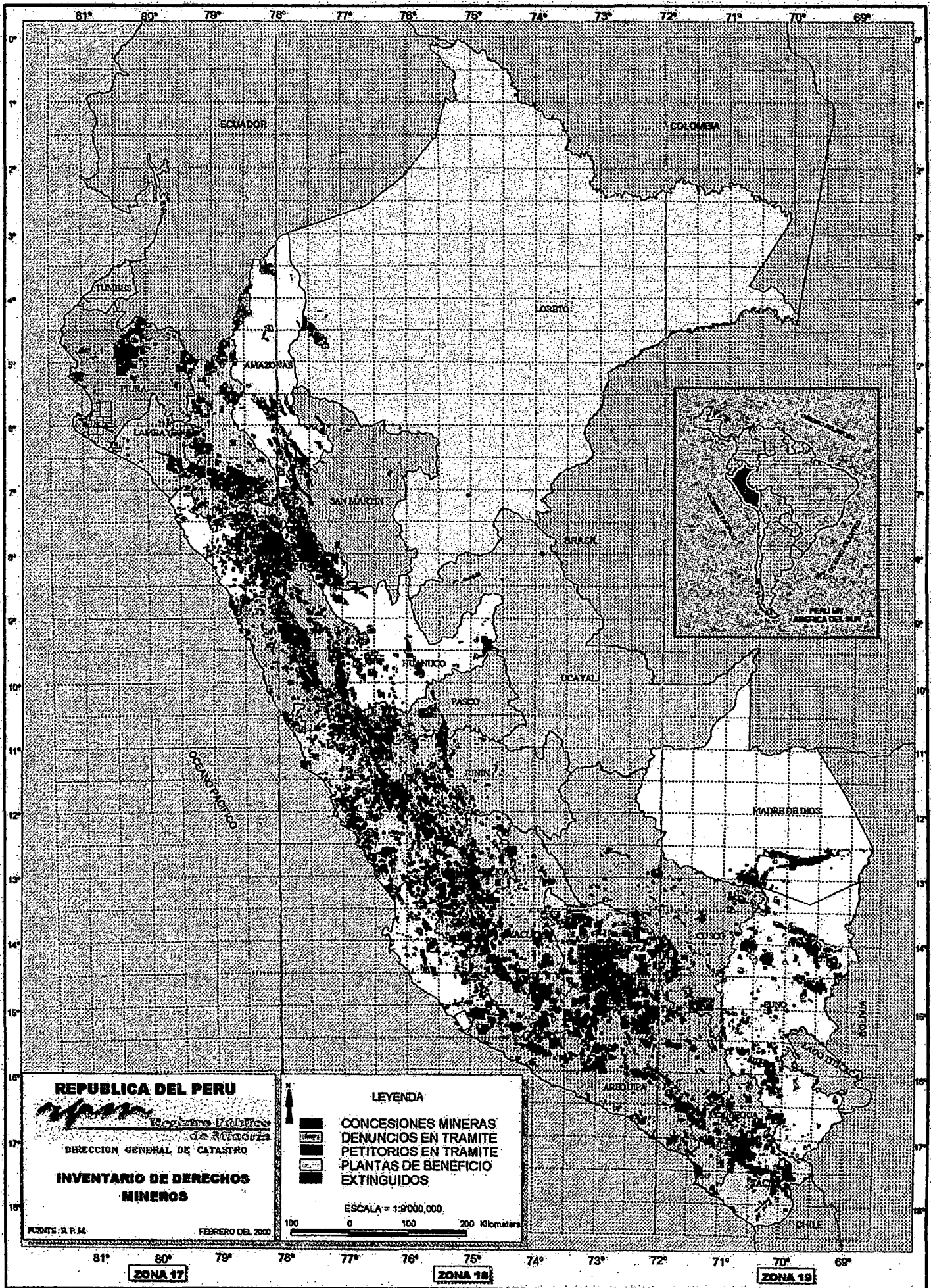


Fig. 2-1. Mapa Minero del Perú

Complementariamente, se describe la flora y fauna presentes en este piso ecológico a efecto de que sirvan como referencia para los Proyectos que incluyan trabajos de revegetación, y se analiza la presencia de suelos críticos dentro de la coyuntura expuesta.

2.1 UBICACIÓN

La Zona Alto Andina, se encuentra ubicada entre las altitudes mayores a los 3500 msnm y comprende las regiones Suni, Puna y Janca o Cordillera. Esta situación hace que se generen bajos rendimientos tanto en la mano de obra como en la maquinaria, elevándose, por lo tanto, los costos unitarios; haciendo particularmente costosos los proyectos de Adecuación del Medio Ambiente.

En los pisos ecológicos referidos, existe una flora relativamente escasa debido a las condiciones climáticas adversas para el desarrollo de la misma. Las especies que seguidamente se describen, deben ser tomadas en cuenta en los proyectos del PAMA que contemplen trabajos de revegetación.

La fauna en la Zona Alto Andina es escasa y está constituida principalmente por auquénidos, ovinos y aves presentes en las lagunas de las altas mesetas. Los proyectos del PAMA que incluyan desarrollos longitudinales extensos y que interrumpan el paso de los animales deben preverles sistemas de protección. Muchas veces es necesario la colocación de alambrados en la entrada y salida de *drops*, o zonas donde se desarrollan grandes velocidades de flujo.

Para el paso libre de los animales se hace necesario proyectar "ecoductos", estas estructuras, que fueron desarrolladas con gran éxito en Europa, en las carreteras que cruzaban zonas con presencia de fauna silvestre, pueden ser adoptadas en nuestro medio. Estas deben estar provistas sin embargo de andenes que "encaucen" el paso de los animales.

2.1.1 Región Suni

La Región Suni se localiza entre los 3500 y los 4100 m de altitud. Su nombre significa "*tierra alta*", con relación a la Región Quechua.

En la Región Suni existe abundante vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. La vegetación herbácea es densa y crece a expensas de las lluvias de verano y conforma los pastos naturales, que sirven de sustento a la ganadería de vacunos.

Entre los arbustos presentes en este piso ecológico podemos mencionar: la *taya-taya* o *chamiso*, la cantuta y el *tarwi* silvestre o *paccho*. Entre los árboles de la región Suni destacan las siguientes especies: el quinal o el queños, el *quisuar* o *quishuar*, el *colli* y el saúco.

2.1.2 Región Puna

La región Puna se encuentra entre los 4100 y los 4800 metros sobre el nivel del mar. La palabra Puna significa soroche o mal de altura, que afecta a las personas que incursionan por primera vez y no están adaptadas a este medio geográfico. Esta situación debe ser contemplada en la programación de la obra de los PAMA. Es recomendable, por tanto, que la mano de obra no calificada debe estar conformada por lugareños.

El tapiz vegetal más importante de la Región Jalca o Puna es el pajonal, constituido por más de veinte especies de gramíneas, de hojas filiformes, de diferentes longitudes, conocido con el nombre genérico de ichu.

Las plantas que más abundan en la formación de la champa (nombre regional que se le da a la vegetación formada por raíces, tallos y hojas de diversas especies) son: la *yareta* y la *pallagua*. La *yareta* forma almohadillas convexas, de color verde y de consistencia dura, por la forma apretujada con que se disponen sus ramas y hojas raquílicas. Las *pallaguas* forman también almohadillas afelpadas, de consistencia blanda y color verde claro.

Otra variedad de las plantas de la región Puna las conforman las de tallos jugosos y espinosos y frutos esféricos y comestibles, entre las que destacan: la *ulluyma* (*opuntia floccosa*), cubierta de abundante pilosidad blanquecina; el *huagoro* o *huaraco* (*opuntia lagopus*), de pilosidad de color crema; y el *pujuro* (*opuntia ignescens*), carente de pilosidad, pero espinoso y con flores rojas.

Entre los arbustos de la Región Puna, destaca el *shauli shauli*, de hojas espinosas y flores de color anaranjado. Entre los árboles, cabe mencionar al *quiñual*, y la *titanca* o Puya Raymondii, que abunda en los parajes que circundan al Callejón de Huaylas.

2.1.3 Región Janca o Cordillera

La Región Janca o Cordillera, esta conformada por los parajes más elevados del Perú, es decir, los situados a más de 4800 metros sobre el nivel del mar. Su nombre alude a la nieve y a los glaciares que existen en sus altas cumbres.

Debido a la altitud y a las bajas temperaturas, la vegetación en la Región Janca o Cordillera queda reducida a sólo unas cuantas especies de musgos y líquenes: la huamanripa y la yareta. Es una región despoblada, forma un desierto helado, en donde la vida vegetal es raquílica o nula. Este hecho hace de la región Janca el piso ecológico más vulnerable, pues cualquier alteración en la flora tarda mucho tiempo en recuperarse.

Esta situación hace que los trabajos de reforestación que puedan proyectarse para el cumplimiento del PAMA, presenten el inconveniente de no existir especies que se adecuen a este medio y que no se cumplan los objetivos para los que fueron proyectados.

2.2 CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS

La Zona Alto Andina tiene una topografía accidentada y presenta paisajes heterogéneos, con colinas moderadas líneas de cumbres pronunciadas que en algunos casos se cubren con casquetes de hielo, valles interandinos muy profundos, etc. Esta situación hace que los canales proyectados para el cumplimiento del PAMA presenten en muchos casos grandes pendientes, desarrollándose consecuentemente grandes velocidades de flujo y que las estructuras de concreto sean expuestas al fenómeno de la cavitación, situación que debe ser contemplada en la etapa de diseño de los proyectos.

La topografía accidentada de la Zona Alto Andina genera incrementos en los costos de los insumos y en la partida de "Movilización y Desmovilización de Maquinaria y Equipo".

El flanco occidental de la Zona Alto Andina se halla drenado por los torrentosos ríos costeros y el flanco oriental por los grandes ríos de la cuenca del Amazonas.

Las altiplanicies o altiplanos que se hallan alrededor de los 4000 msnm, son considerados como restos de una superficie peneplanizada durante el Terciario Medio o Superior y que luego sufrió movimientos epirogénicos a fines del terciario y principio del cuaternario hasta su altura actual (*Mc Laughlin, 1924*).

Según *Mc Laughlin* en la región central del Perú hay dos y hasta posiblemente 3 estados de levantamientos de los Andes durante el Pleistoceno. Los episodios que marcaron el levantamiento de éstas superficies son el "Episodio Puna", que representa el primer periodo de reposo durante el cual se formaron valles de gradientes suaves y vertientes laterales tendidas.

El segundo levantamiento "Episodio Chacra" fue de mayor intensidad pues las corrientes rejuvenecidas erosionaron sus cauces entre 300 y 600 m por debajo de la superficie anterior. En el tercero y último levantamiento "Episodio Cañón", las corrientes profundizan notablemente sus cauces, formándose gargantas estrechas de paredes escarpadas.

2.2.1 Región Suni

El relieve de la región Suni es abrupto y empinado. Presenta muros escarpados, desfiladeros rocosos y cumbres afiladas. Los valles poseen fondos estrechos, con tierras agrícolas escasas, las quebradas se han formado sobre materiales rocosos.

2.2.2 Región Puna

El relieve de la región Puna o Jalca está conformado por las mesetas andinas, de superficie plana o ligeramente ondulada, con montañas de flancos de suave pendiente.

En esta región hay abundantes lagunas que tienen una variada fauna y numerosas fuentes o *puquios*. Las áreas que permanecen inundadas, llamadas canales, están cubiertos por una densa vegetación raquílica conocida con el nombre genérico de "*champa*".

La meseta es la forma de relieve que predomina en la Región Puna, sobre las que destacan también colinas de suave pendiente. Hay mesetas de pie de monte o sea situadas en la base de las montañas o cadenas de montañas. Existen también las llamadas intramontañas, que son aquellas que están situadas entre dos cadenas de montañas, como la Meseta del Collao, limitada por la cordillera Volcánica al sur, la Cordillera de Carabaya al Norte y la Cordillera de Vilcanota al Oeste y la de Bombón o Junín limitada por el Nudo de Pasco al Norte y la cadena Occidental y Central de los Andes Centrales.

Las quebradas ubicadas en esta región tienen pendientes relativamente abruptas y con pequeñas cuencas de drenaje.

2.2.3 Región Janca o Cordillera

El relieve de la Región Janca o Cordillera está conformado por las montañas más altas del Perú, de estructura rocosa, cubierta, en grandes sectores, por glaciares y nieves persistentes.

Los glaciares, inmensas masas de hielo acumuladas en las cimas de las montañas que sobrepasan los 5000 m de altitud, se forman a partir de la nieve, con los deshielos y congelamientos sucesivos.

La Janca o Cordillera esta formada por las altas cumbres de la Cordillera de los Andes, especialmente por la línea divisoria de las tres regiones hidrográficas del Perú.

En la base de los picos más elevados se observan inmensos taludes de escombros rocosos, conformados por porciones de rocas que se han desprendido de la roca madre, por acción del intemperismo o meteorización. También se observan grandes acumulaciones de morrenas producto de la acción erosiva de los glaciares. Es en este piso ecológico donde se encuentran la mayor cantidad de los recursos minerales.

Las quebradas en esta región tienen poca profundidad y lecho rocoso, generalmente solo discurre agua de deshielo, casi sin presencia de sedimentos.

2.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

De acuerdo al "Resumen Geológico del Perú", realizado por Mc Laughlin en 1924, y publicado por el Organismo Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN), las rocas más antiguas que forman el basamento estrato-cristalino en la zona altoandina son Precambrianas, compuestos por gneis, filitas, esquistos micáceos y cloritosos, granitos, etc. Estas solamente afloran en algunos lugares, como por ejemplo en ciertas áreas de la Cordillera Oriental (Huancapistana - Tarma) y algunas zonas ubicadas a lo largo de la Cordillera de la Costa, la región sur del Perú, y en el valle del Marañón en los Andes Septentrionales.

Sobreyacen al basamento cristalino o metamórfico, formaciones sedimentarias del Paleozoico y algunas veces del Mesozoico, distribuyéndose en forma continua a lo largo

de casi toda la Cordillera Oriental, desde los 7° hasta cerca de los 15° de latitud sur. También aparecen en forma aislada en la Cordillera Occidental.

Las rocas mesozoicas son las que en mayor volumen forman los Andes, tanto en su sección septentrional como en la Central. Los Sistemas Triásico, Jurásico y Cretáceo del Mesozoico están representados por rocas sedimentarias de origen marino y continental, siendo las lutitas, areniscas y calizas las rocas más comunes.

En su sección meridional y Sud-Oriental las formaciones Mesozoicas están cubiertas por un grueso manto de rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario siendo visibles en el fondo y en los flancos de los valles profundos. En ciertas áreas de la región andina los depósitos del Terciario son continentales y de característica coloración pardo-rojiza.

El Cuaternario comprende extensos depósitos de gravas, arenas y arcillas inconsolidadas de orígenes marino y aluvial.

Entre las rocas ígneas destaca el Batolito Andino que conforma la estructura de la Cordillera Occidental de los Andes, aflorando en casi toda su vertiente occidental alcanzando muchas veces la misma línea de playa. Este Batolito se considera emplazado en el Cretáceo Superior y el Terciario Inferior. Asimismo, existen otras rocas ígneas como los stocks, lacolitos, andesita, etc.; así como numerosas intrusiones netamente terciarias, con ellos está relacionada la mineralización.

En la vertiente oriental hay también intrusiones de dimensiones batolíticas de edad más antigua (Paleozoica hasta Pre-Cambriana).

En la zona alto andina existen algunas minerales como la tetraedrita, la calcopirita, la enargita, la cuiprita, la malaquita, la azurita, la covelita, la galena, la cerusita, la anglecita, etc. que habitualmente están asociadas a con los sulfuros de plata (Ag), oro (Au), arsénico (As), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi), telurio (Te), etc. y que producen las aguas ácidas a las cuales se hace referencia en el cuadro 3-10.

2.4 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS-HIDROLÓGICAS

2.4.1 Características Hidrográficas

El territorio peruano esta dividido en tres regiones hidrográficas a saber: la región hidrográfica del Pacífico, la región hidrográfica del Amazonas y la región hidrográfica del Titicaca. Los proyectos del PAMA que incluyan la restauración de ríos y riberas, deben contemplar los regímenes hidráulicos propios de cada región hidrográfica.

La región hidrográfica del Pacífico tiene su origen en la cadena occidental de los Andes, los ríos pertenecientes a esta vertiente son torrentosos, de corta longitud y de régimen irregular.

La región hidrográfica del Amazonas se localiza al Este de la cadena occidental de los Andes del Norte y del centro y al Este de la cadena oriental de los Andes del sur. Los ríos de esta región tienen dos principales centros de origen en el nudo de Pasco y el nudo de Vilcanota, son los ríos de cursos más largos de nuestro territorio, son torrentosos y tienen un régimen regular.

La región hidrográfica del Titicaca está conformada por los ríos que vierten sus aguas en dicho lago, tiene su origen en la cadena occidental o Cordillera Volcánica, en la Cordillera del Vilcanota y en la Cordillera de Carabaya; todas ellas en los Andes del Sur. Los ríos de esta región son poco torrentosos, de corta longitud y de régimen irregular.

2.4.2 Características Hidrológicas

En 1984 se realizó el "Estudio de la Hidrología del Perú", ejecutado mediante la cooperación técnica del Instituto Italo Latinoamericano (IILA), la Universidad Nacional de Ingeniería y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), cuantificándose, entre otros parámetros, los valores de las precipitaciones. Para tal efecto el Perú fue dividido en 10 regiones pluviométricas diferentes.

De acuerdo a dicho estudio, podemos establecer que las mayores intensidades de precipitación en la zona alto andina se dan en las regiones más cercanas al Ecuador, correspondientes a las cuencas hidrográficas del Pacífico y del Amazonas que se encuentran aproximadamente entre los 4° y 10° de latitud.

Asimismo, los valores del coeficiente de desuniformidad, estimados como el cociente entre la precipitación media anual y la precipitación en el cuatrimestre de máxima lluviosidad, en esta región varía en promedio entre 0.67 y 0.73.

Aunque existen pocos registros de precipitación instantáneos, los cuales generalmente han sido tomados por empresas particulares, para esta región se han observado, en promedio, lluvias de 4 horas de duración. Esta observación debe ser tomada en cuenta para fines de diseño de los proyectos hidráulicos planteados para el cumplimiento de lo establecido por el PAMA.

2.5 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

En 1990 se elaboró el mapa de temperaturas mínimas absolutas del Perú para ubicar y determinar las zonas de la sierra del Perú en las cuales la construcción estaría afectada por las temperaturas más bajas, dando lugar a la toma de medidas preventivas para cada caso en particular.

El análisis de la información climatológica de las temperaturas mínimas absolutas es de vital importancia para la programación de las obras proyectadas, esta permite determinar los períodos constructivos para proteger y prevenir daños al concreto debido a la congelación de las estructuras recién colocadas.

El resultado del procesamiento de la información climatológica referida se da en los cuadros 2-1, 2-2 y 2-3.

El clima de la Región Suni es templado - frío. El aire es seco (tiene escasa humedad o vapor de agua y poco polvo atmosférico). En esta región hay lluvias regulares durante los meses de verano, presentándose en mayor cantidad en el flanco oriental.

La Región Suni es, también, la región donde empiezan las heladas, con los descensos bruscos de la temperatura nocturna, especialmente durante las noches despejadas o sin nubes.

La temperatura media anual es de 10 °C, siendo además marcada la diferencia de temperaturas entre el día y la noche y entre el verano y el invierno. La región Suni es el límite superior para la actividad agrícola.

Cuadro 2-1
Temperaturas Mínimas Absolutas Promedio del Perú por Intervalo de Altitud

Intervalo de Altitud (msnm)	Número de Estaciones	TMA Promedio (°C)
0 - 500	159	10.2
501 - 1000	27	8.2
1001 - 1500	18	4.7
1501 - 2000	14	2.9
2001 - 2500	25	1.7
2501 - 3000	37	-0.6
3001 - 3500	47	-4.1
3501 - 4000	51	-11.2
4001 - 4500	23	-14.7
4501 - 5000	7	-14.0

Cuadro 2-2
Temperaturas Mas Bajas Registradas en el Perú por Intervalo de Altitud

Intervalo de Altitud (msnm)	Altitud msnm	Temp. Min. Abs. Mas Baja (°C)	Lugar de Ocurrencia
0 - 500	473	1.8	Arequipa - Castilla
501 - 1000	890	0.0	Tacna - Tacna
1001 - 1500	1255	-7.2	Arequipa - Arequipa
1501 - 2000	2000	-1.8	Amazonas - R. de Mendoza
2001 - 2500	2100	-9.7	Cajamarca - Chota
2501 - 3000	2902	-9.4	Apurímac - Aymaraes
3001 - 3500	3296	-14.8	Ayacucho - Parinacochas
3501 - 4000	3900	-27.0	Puno - Puno
4001 - 4500	4045	-24.5	Puno - Chucuito
4501 - 5000	4680	-17.5	Cuzco - Espinar

La región Puna tiene un clima frío y seco con precipitaciones sólidas (granizo y nieve) durante los meses de verano. El frío de esta región tiene como factor determinante la altitud. El aire es seco y poco denso y, por tanto sin capacidad para absorber ni retener calor. La temperatura diurna esta por encima de los 0 °C, en cambio por las noches, siempre es inferior a los 0 °C. El agua de los puquiales o manantiales se congela superficialmente, formando una delgada capa de hielo.

En la Región Puna tienen lugar las precipitaciones de lluvias, granizo y nieve, acompañadas de fuertes descargas eléctricas o rayos, relámpagos y truenos y con presencia de vientos arremolinados.

Cuadro 2-3
Frecuencia de Ocurrencia de Heladas Meteorológicas ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$)

Altitud (msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
0 – 500													
501 – 1000							1						1
1001 – 1500						1	1	1					3
1501 – 2000						1		1					2
2001 – 2500		1				1	1	1			2	1	7
2501 – 3000				1	3	2	9	2			2	2	21
3001 – 3500	1		1	1	3	7	16	4	1	4	3	2	43
3501 – 4000		2			2	15	26	5	1				51
4001 – 4500					1	4	9	5	2		2		23
4501 – 5000						3	1	1	2				7
TOTAL	1	3	1	2	9	34	64	20	6	4	9	5	158

El clima de la región Janca o Cordillera es glacial, es decir, extremadamente frío, con temperaturas inferiores a 0°C . El aire es seco y está completamente enrarecido, con baja proporción de oxígeno. La presión atmosférica está reducida a cerca de 50% de la que corresponde al nivel del mar. Las personas sienten fatiga al menor esfuerzo, dificultades en la respiración y sensación de asfixia en grado mayor que en la Jalca o Puna. Las precipitaciones son sólidas son frecuentes, como en la Jalca o Puna, las fuertes descargas o rayos destruyen a las rocas y afectan a la vida.

2.6 SUELOS CRÍTICOS

Debido a las condiciones topográficas propias de la zona alto andina se tiene la presencia de algunos suelos críticos, siendo común la existencia de suelos pantanosos (suelos donde predominan limos y arcillas con presencia de abundante material orgánico y alto nivel freático) como por ejemplo los bofedales o turberas, constituidos por el musgo *esfangnínea*, el cual conforma probablemente el 80% de la capa inferior y que al morir, descomponerse y ser sepultado se convierte en turba (la primera etapa en la formación del carbón) como se observa en la Figura 2-2.

Los depósitos de turba son también conocidos con el nombre de "oconales" o "humedales", son de color gris oscuro y generalmente tienen un olor característico producto de la putrefacción de la cobertura vegetal. Son suelos muy compresibles (se ha observado que algunas veces presentan 1 ó 2 golpes en los Ensayos SPT) y con elevadas relaciones de vacíos, lo que los hace particularmente inadecuados para la cimentación de obras de ingeniería.



Fig. 2-2. Estrato de turba propio de la zona alto andina

Los estratos de turba pueden tener grandes potencias, por lo que es importante que el estudio geotécnico de los proyectos del PAMA contemplen ensayos puntuales para determinar la solución más idónea para la cimentación de las estructuras proyectadas. De acuerdo a la experiencia constructiva en el Proyecto Pasto Grande el reemplazo total de este tipo de suelos es antieconómico para potencias de más de 10 metros. □

CAPÍTULO 3

**Mirar el río hecho de tiempo y agua
y recordar que el tiempo es otro río.
Saber que nos perdemos como el río
y que los rostros pasan como el agua.**

Jorge Luis Borges

ASPECTO LEGAL DEL PAMA

CAPÍTULO 3: ASPECTO LEGAL DEL PAMA

Actualmente, en el mundo, prevalecen las tendencias "ambientalistas" en todas las actividades comerciales, en la minería, por ejemplo, el desarrollo de la tecnología ha permitido incrementar la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones; estudios económicos han revelado que cuando los programas ambientales se ejecutan mediante acciones de mitigación extemporánea, el costo ambiental es significativo y afecta enormemente al costo de producción, mas si por el contrario existe un plan ambiental programado anticipadamente, dichos costos pueden llegar a ser bajos. En el acervo técnico se han acuñado términos como "*tecnología limpia*", para denominar los métodos inocuos para el medio ambiente o "*pasivos ambientales*", para denominar cuantitativamente al nivel de daños producidos al entorno natural.

De acuerdo a las exigencias de los organismos internacionales y de los postulados de la Constitución de 1993, en el Perú se ha adoptado una política ambiental con el fin de preservar y mejorar la interrelación del hombre y el medio ambiente, para tal efecto de ha dictado una serie de Leyes y Reglamentos y creado algunas instituciones, entre las que destacan la Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas y el Reglamento Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas, donde se establece la necesidad de la realización de Estudios de Impacto Ambiental y Programas de Adecuación del Medio Ambiente.

En el presente capítulo se aborda el proceso evolutivo de las Normas Ambientales, asimismo se explica lo especificado en las que rigen actualmente para las Actividades Minero Metalúrgicas en lo referente a sus respectivos Programas de Adecuación del Medio Ambiente, explicándose el curso legal, los requisitos y las instituciones encargadas de la aprobación de los mismos, indicándose los niveles permisibles, los plazos y las penalidades.

Se examina también el estado de cumplimiento de los Programas de Adecuación del Medio Ambiente mencionándose las principales acciones emprendidas por las empresas mineras y las cuencas más afectadas debido a las actividades minero metalúrgicas.

Se describe sucintamente las experiencias similares en otros países, en aras de comparar los resultados obtenidos bajo los diversos criterios adoptados por estos para reducir los niveles de contaminación y polución en sus respectivos territorios.

3.1 EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL EN EL PERÚ

En lo referente a la gestión medioambiental en nuestro país las estadísticas señalan que hasta 1999, se han dictado más de 4 700 normas legales con implicancia directa o indirecta en materia ambiental; más de 800 han sido emitidas en los últimos 5 años, siendo el sector minero metalúrgico el que cuenta con más leyes y normas ambientales.

La Normatividad Ambiental en el Perú se inició formalmente en la Constitución de 1979. El 8 de septiembre de 1990 y mediante el Decreto Legislativo 613, se señaló el establecimiento del Código del Medio Ambiente, en ella se establecía, por ejemplo, la prohibición de la construcción de las presas de relaves a menos de 500 m de cualquier cuerpo o curso de agua y se mencionaba la necesidad de la existencia de una autoridad ambiental encargada del manejo de la política ambiental nacional.

Mediante Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, se señaló que la única autoridad que debe conocer los aspectos ambientales de una empresa es el Ministerio del rubro donde la empresa realiza sus actividades y que en caso de que una empresa desempeñe actividades en más de un sector, la autoridad ambiental sería el Ministerio del rubro en el que obtiene sus mayores ingresos.

De acuerdo a los lineamientos de la Constitución de 1993 a este respecto, se creó el Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM) el 22 diciembre de 1994 y en el Código Penal se tipificó los delitos contra la Ecología, estableciéndose penas privativas de la libertad que van de no menos de uno ni mayores de tres años ó 180 a 365 días multa hasta no menos de cuatro ni mayores de ocho años y 730 a 1460 días multa. Asimismo, y con el fin de evitar contradicciones entre diferentes autoridades del gobierno, se dictó una norma para formalizar las denuncias por los delitos contra la ecología.

A través del Decreto Supremo 027-93-EM, se creó la Dirección General de Asuntos Ambientales, entidad perteneciente al Ministerio de Energía y Minas, otorgándole las siguientes funciones y atribuciones:

- a. Proponer la política y normas legales relacionadas con la conservación y protección del Medio Ambiente en el Sector Energía y Minas.
- b. Proponer las normas técnicas para la adecuada aplicación de la conservación y protección del medio ambiente en el sector, en coordinación con las Direcciones Generales de Electricidad, Hidrocarburos y Minería;
- c. Normar la evaluación de impactos ambientales y establecer las medidas correctivas en caso que sea necesario para el control del medio ambiente en las zonas de influencia del Sector;
- d. Asesorar a la Alta Dirección en asuntos ambientales, relacionados con el Sector;
- e. Promover el uso racional de los recursos naturales integrando el concepto ecosocial en los programas, proyectos y actividades;
- f. Elaborar y difundir programas de promoción ambiental a fin de que las empresas del Sector, puedan mejorar su medio ambiente en provecho de sus industrias;

- g. Proponer los proyectos y/o analizar las solicitudes de cooperación Técnica Internacional que sean requeridos para el desarrollo de sus actividades;
- h. Mantener actualizados los Padrones relacionados con los asuntos del medio ambiente.

Una vez que se incorporaron a la Ley General de Minería las Normas de Promoción de la Inversión en Minería, el 4 de junio de 1992, se obtuvo el texto Único Ordenado de la Ley General de la Minería, donde señalan todos los mecanismos que se deben seguir para llevar adelante una operación minera. Sin embargo, esta norma de carácter general requería de una norma específica para reglamentar en aspectos ambientales como el Código del Medio Ambiente requería ser reglamentado en lo que respecta a las actividades mineras. Sobre la base de esta necesidad se emitió el Reglamento Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas, aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM del 01 de mayo de 1993. Entre los principales puntos que establece el Reglamento están los de la obligación de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para cada nueva operación que amplíe su capacidad en más del 50%. Con el fin de uniformizar los criterios de elaboración de dichos estudios, se emitió la Ley N° 26786 – Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades el 13 de mayo de 1997. En esta norma se encarga al CONAM la aprobación de los EIA.

Para las operaciones que se encontraban en marcha al momento de emitirse el Reglamento Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas, se estableció que debían presentar un Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA), que les permitiera adecuarse a las Normas Ambientales y cumplir con los límites máximos permisibles en un plazo de 5 años para actividades que no cuenten con procesos de fundición y de hasta 10 años para aquellas que si las incluyan.

Mediante la Ley N° 26793, del 22 de mayo de 1997, se creó el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) como fondo fiduciario intangible, con el objeto de financiar planes, programas, proyectos y actividades destinadas a la protección del ambiente, el fortalecimiento de la gestión ambiental, el uso sostenible de los recursos naturales y el patrimonio ambiental mediante mecanismos institucionales financieros. La Ley refiere como recursos del FONAM la reconversión de la deuda externa; las contribuciones no reembolsables de los Gobiernos, organismos internacionales, fundaciones y otros; la capitalización del financiamiento y la inversión de los mercados financieros nacionales e internacionales; las campañas de recaudación voluntarias en el ámbito local, regional o nacional; las herencias, legados y donaciones que reciba; y cualquier otro aporte o asignación proveniente de entidades públicas y privadas, nacionales o extranjeras.

Entre las normas que también rigen el aspecto ambiental de las actividades comerciales del sector Energía y Minas, y que se muestran en la Fig. 3-1, se encuentra la Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales, aprobada por Ley N° 26821 del 26 de junio de 1997, en la que se señala la modalidad de otorgamiento así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Así mismo, la Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas publicó las Guías Ambientales, las cuales incluyen protocolos de monitoreo a efecto de uniformizar los procedimientos de muestreo y análisis, así como la ubicación de los puntos de muestreo.

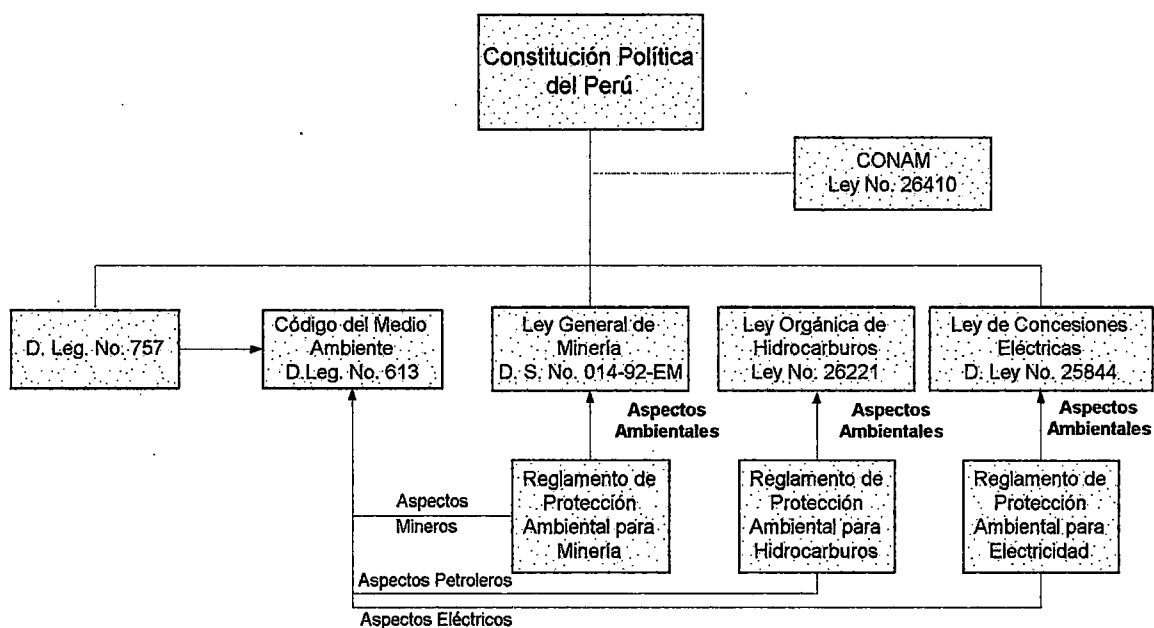


Fig. 3-1. Esquema de la Normatividad Ambiental del Sector Energía y Minas

Una de las restricciones que deben observarse en el desarrollo de nuevos proyectos, es la relación que éstos pudieran tener con Áreas Naturales Protegidas, cuyas especificaciones se encuentran establecidas en la Ley N° 26834 – Ley de Áreas Naturales Protegidas, donde se detalla dichas áreas, delimitándolas en el mapa del Perú. Una de las principales definiciones que señala esta Ley es la prohibición de extraer recursos naturales no renovables de los parques y santuarios nacionales o históricos, calificándolos como Áreas de Uso Indirecto; las demás áreas protegidas son catalogadas como Áreas de Uso Directo. Para estas últimas, la Ley no establece prohibición el aprovechamiento de recursos.

Con el fin de proteger la biodiversidad del Perú se emitió el 16 de julio de 1997, la Ley N° 26839 – Ley Sobre al Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, en la cual se fijan los lineamientos para la protección de los bosques, especies de flora y fauna y zonas de reserva de biodiversidad.

Otro de los puntos de referencia para la normatividad ambiental del Sector Energía y Minas ha sido la Ley N° 17752 – Ley General de Aguas. En ella se establecía la clasificación de las diferentes calidades de agua, de acuerdo a su uso, fijando niveles permisibles de concentración de metales y otros compuestos, de acuerdo a cada clase.

De igual manera que la Ley General de Aguas, el Código Sanitario es una norma que está orientada a la protección de la salud humana. Este Código fue derogado por la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, publicado el 20 de julio de 1997, el mismo que entró en vigencia completamente a partir de 1998.

3.2 REQUERIMIENTOS DEL REGLAMENTO PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS PARA LOS PROGRAMAS DE ADECUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (PAMA)

Los siguientes son los requerimientos del Reglamento para la Protección del Medio Ambiente para las Actividades Minero Metalúrgicas y la modificatoria al título décimo del mismo dado el 10 de diciembre de 1993 mediante Decreto Supremo N° 059-93-EM.

El Reglamento define como Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA) al Programa que contiene las acciones e inversiones necesarias para incorporar a las operaciones minero – metalúrgicas los adelantos técnicos y/o mediadas alternativas que tengan como propósito reducir o eliminar las emisiones y/o vertimientos para poder cumplir con los niveles máximos permisibles establecidos por la autoridad competente en un plazo máximo de 5 años para actividades que no cuenten con procesos de fundición y de hasta 10 años para aquellas que incluyan dichos procesos.

El Reglamento en mención, señala como autoridad competente al Ministerio de Energía y Minas y así mismo, le confiere la potestad de aprobar los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y los Programas de Adecuación del Medio Ambiente, autorizar la ejecución de los mismos y suscribir con los titulares de la actividad minero metalúrgica convenios de estabilidad administrativa ambiental sobre la base de los EIA y PAMA aprobados.

3.2.1 Obligaciones de los Titulares de la Actividad Minera

El Reglamento establece dentro de las obligaciones de los titulares de concesiones mineras y/o concesiones de beneficio, de labor general y de transporte minero que se encuentren en la etapa de producción u operación a las siguientes:

- a. Nombrar un Auditor Ambiental, responsable del control ambiental de la empresa, quién tendrá como función identificar los problemas existentes y futuros, desarrollar planes de rehabilitación, definir metas para mejorarlo y controlar el mantenimiento de los programas ambientales, registrado en el Ministerio de Energía y Minas.
- b. Presentar una Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP) suscrita por el Auditor Ambiental de la empresa.
- c. Presentar el PAMA en un plazo máximo de doce (12) meses después de aprobado el EVAP.
- d. Poner en marcha y mantener programas de previsión y control contenidos en el PAMA, basados en sistemas adecuados de muestreo, análisis químicos, físicos y mecánicos, que permitan evaluar y controlar los efluentes o residuos líquidos y sólidos, las emisiones gaseosas, los ruidos y otros, haciéndose responsable por todos ellos; debiendo el tipo, número y ubicación de puntos de control estar de acuerdo a las características geográficas de cada región donde se encuentra ubicado el centro productivo.

- e. Presentar anualmente al Ministerio de Energía y Minas, adjunta a la Declaración Anual Consolidada, antes de cada 30 de junio, la información referente a las emisiones al ambiente y el seguimiento que los titulares realizan al PAMA aprobados.
- f. Presentar para los efectos del cierre temporal o definitivo de labores según sea el caso, el Plan de Cierre que incluirá las medidas que deberá adoptar para evitar los efectos adversos al medio ambiente por efecto de los residuos sólidos, líquidos o gaseosos que puedan existir o puedan aflorar en el corto, mediano o largo plazo debiendo verificar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Reglamento.

3.2.2 Alcances de Tratamiento que debe Contemplar el PAMA

Dentro de los alcances de tratamiento que debe contemplar el PAMA de toda actividad minera, la Norma indica las siguientes:

- a. Emisiones de partículas, gases y ruido (de voladura, de equipo diesel, etc.).
- b. Calidad y flujo de aguas superficiales y subterráneas por descarga de aguas contaminadas (nitratos, metales pesados, acidez, etc.).
- c. Alteración de acuíferos por infiltración de colas, relaves y escorias.
- d. Estabilidad de taludes.
- e. Fracturas e inestabilidad del suelo.
- f. Remoción del suelo y de la vegetación.
- g. Disposición adecuada de materiales no utilizables.
- h. Impactos sobre la flora y la fauna.
- i. Interrupción de otros usos del suelo y áreas pobladas aledañas durante las actividades mineras; y,
- j. Otros que pudieran afectar la propiedad y el ecosistema.

Los PAMA que presenten los titulares de Concesiones de Beneficio, deben incluir el tratamiento efectivo de:

- a. La alteración física del suelo no requerido por la operación, la vegetación y el sistema de drenaje natural, que fueran modificados durante la preparación del terreno para la planta de beneficio.
- b. Contaminación ambiental por polvos, gases y material particulado.
- c. Contaminación de corrientes de agua por derrames en sistema de molienda y plantas de lavado de los procesos metalúrgicos.
- d. Contaminación de suelos, áreas de cultivo y aguas superficiales por transporte eólico de contaminantes dispuestos en la superficie.

e. Disposición de residuos.

Los PAMA de las operaciones hidrometalúrgicas deben evitar la pérdida de soluciones, los derrames, las filtraciones, los lavados y las neutralizaciones incompletas. Además deben contemplar medidas técnicas para controlar la estabilidad de las pilas, el control de las soluciones, la erosión por viento y las aguas de escorrentía e incluir también el tratamiento efectivo de los siguientes problemas:

- a. Alteraciones del suelo y la vegetación.
- b. Contaminación del aire por partículas y emisiones de gases.
- c. Contaminación de las aguas subterráneas o superficiales por derrames o infiltraciones de los residuos líquidos de los procesos hidrometalúrgicos.
- d. Peligro de la vida silvestre y ganado en las pozas hidrometalúrgicas.

Los PAMA de las operaciones de beneficio que utilicen la amalgamación deberán efectuar controles para impedir que el mercurio se incorpore al suelo o en los cursos de agua. Adicionalmente contemplarán el cumplimiento de las siguientes normas:

- a. Se prohíbe la utilización de mercurio directamente en el proceso de concentración gravimétrica.
- b. Las instalaciones deberán contar con amalgamadores y retortas y con depósitos para la sedimentación de las partículas.
- c. Mantendrán dispositivos que permitan la recuperación del mercurio y evitar la contaminación atmosférica y acuática.

Los PAMA deben enunciar los trabajos de revalorización de las áreas alteradas o su revegetación para el período de abandono, los mismos que deben ser detallados en el Plan de Cierre.

3.2.3 Curso Legal para la Aprobación del PAMA

Mediante una modificatoria del Reglamento del título décimo del Texto Unico de la Ley General de Minería, se estableció que previamente a la elaboración de un PAMA se debía realizar una Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP), con el objeto de identificar los problemas que se hayan generado en el medio ambiente por la actividad minero metalúrgica. La EVAP debía realizarse de acuerdo a un Programa de Monitoreo consistente en el muestreo sistemático con métodos y tecnologías adecuadas al medio en el que se realizaría el estudio, basados en normas de guías definidas por el Ministerio de Energía y Minas.

Todo EVAP debía ser suscrito por el auditor de la empresa e incluir la siguiente información:

- Los resultados del Programa de Monitoreo apropiado para cada actividad minera.
- Identificación de los problemas y efectos del deterioro ambiental y sus probables alternativas de solución.

Se estableció un período de doce (12) meses para el monitoreo de la situación ambiental en las unidades de explotación minera, una vez concluido el cual se disponía de un plazo de un mes para la presentación del EVAP respectivo, correspondiendo a la Dirección General de Asuntos Ambientales realizar la evaluación de los EVAP en un plazo máximo de tres (03) meses, determinando las observaciones que hubieran lugar y fijando el período de presentación del PAMA respectivo.

Asimismo, el Reglamento señala que trimestralmente y al término del mes siguiente del trimestre vencido, se debían entregar los resultados parciales del programa de monitoreo que comprende el EVAP. Esto regía para los tres (03) primeros trimestres.

En un plazo no mayor de doce (12) meses después de la aprobación del EVAP, el titular de la actividad minera, está obligado a presentar el PAMA detallado con su respectivo cronograma de aplicación, suscrito por el auditor de la empresa.

El PAMA debe establecer los plazos y procedimientos que se observarán para el logro de los objetivos fijados, debiendo incluir toda la documentación técnica e información adicional que el interesado considere pertinente para justificar su PAMA y cronograma respectivo.

Para la evaluación del EVAP y el PAMA, se tiene en consideración los impactos más severos de cada Unidad Minera Metalúrgica, la trascendencia de los efectos contaminantes, la magnitud de la operación y la complejidad tecnológica del proyecto y la situación económica del titular.

Los plazos fijados para la adecuación, rigen a partir de la fecha de notificación de las resoluciones que expida la Autoridad Sectorial Competente en primera y segunda instancia según corresponda.

El Reglamento establece un plazo no mayor de cuatro (04) meses para la aprobación del PAMA, indicando como entidad competente a la Dirección General de Minería, requiriéndose además la opinión favorable de la Dirección General de Asuntos Ambientales. De existir observaciones, estas deben absolverse en un plazo de dos (02) meses bajo apercibimiento de sanción. Asimismo, el Reglamento le confiere a la Dirección General de Minería la facultad de modificar, mediante Resolución Directoral, de oficio o a solicitud del interesado, el PAMA indicándose, si fuera el caso, los fundamentos técnicos, económicos, sociales, ecológicos y ambientales.

La modificación de oficio puede efectuarse dentro del plazo de doce (12) meses de presentado el PAMA y no afecta las actividades de adecuación ambiental que hayan significado inversiones o adquisiciones en bienes de capital u obras de infraestructura, siempre que las mismas permitan el cumplimiento de los niveles permisibles de contaminación correspondientes.

Se establece como última instancia administrativa al Consejo de Minería para la impugnación de la denegatoria y/o modificación del PAMA. La Figura 3-2, muestra el procedimiento de aprobación del PAMA.

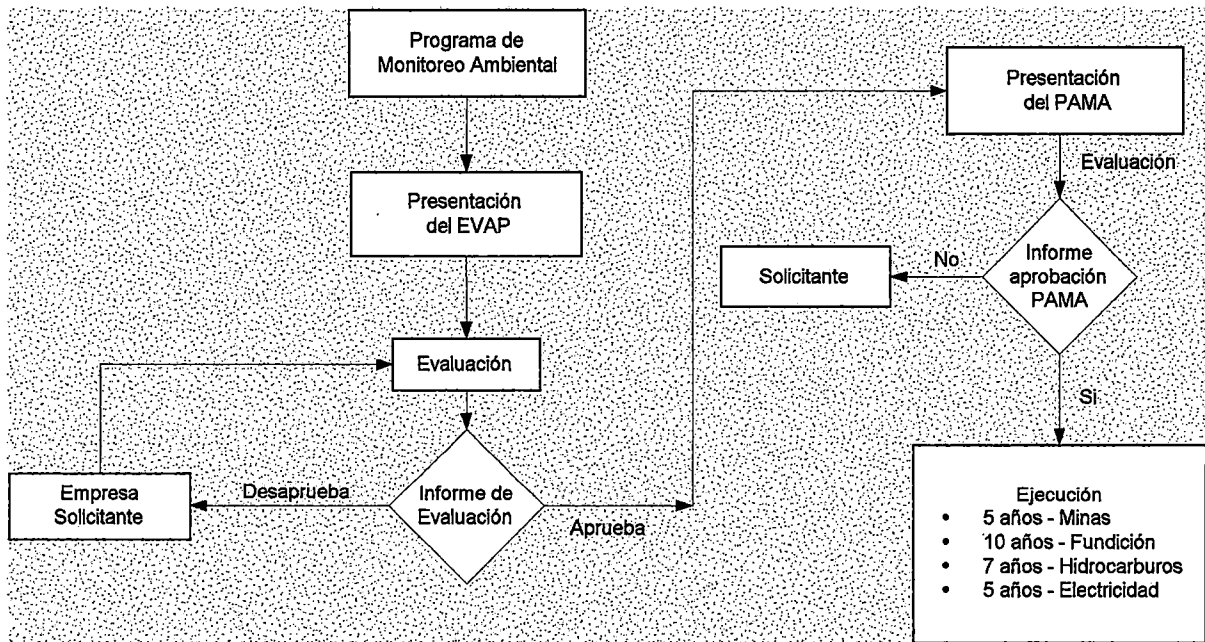


Fig. 3-2. Esquema del Procedimiento del PAMA para las actividades minero energéticas

Los titulares de la actividad minera en operación, pueden suscribir un contrato con el Ministerio de Energía y Minas, sobre la base del PAMA y/o Estudio de Impacto Ambiental EIA presentado, el cual formará parte integrante del mismo, y en el que se debe fijar la información que se detalla a continuación:

- a. El Plazo de Vigencia, que será el plazo límite para la adecuación ambiental, de acuerdo con lo estipulado como obligaciones del titular de la actividad minera.
- b. La frecuencia de los muestreos y los puntos de muestreo.
- c. Los Niveles Máximos Permisibles, vigentes al momento de la firma del Contrato, los cuales no estarán sujetos a modificación durante la vigencia del mismo.
- d. Que de no cumplir con los compromisos pactados en el contrato, se aplicará al titular de la actividad minera las penas o castigos que se establecen en el Reglamento.

Corresponde a la Dirección General de Minería disponer cada seis meses la verificación del cumplimiento del Contrato. Así mismo, el Reglamento indica que en el caso de que el titular de la actividad minera transfiera o ceda la operación, el adquiriente o concesionario está obligado a ejecutar el PAMA y/o el EIA que le haya sido aprobado a su transfierente o cediente.

La norma señala que la Dirección General de Minería dispondrá la realización de auditorías ambientales a los centros productivos mineros en los casos de denuncias. Asimismo, establece que dichas denuncias (que pueden ser recibidas por las autoridades locales, regionales, provinciales y/o distritales) deben ser tramitadas ante el Ministerio de Energía y Minas acompañadas por un informe suscrito por un Auditor Ambiental registrado.

3.2.4 Penalidades

Los titulares de la actividad minera en caso de incumplimiento del presente Reglamento pueden ser sancionados con multas de entre 0.5 UIT Y 500 UIT (entre US\$ 415 y US\$ 41,4286 aproximadamente). Asimismo, el Reglamento establece que los titulares de la actividad minera que incumplan, sin causa justificada, el PAMA presentado, sin perjuicio de las acciones judiciales a que hubiere lugar, la Dirección General de Minería para la aplicación de la sanción correspondiente, se sujeta a lo siguiente:

- a. Detectada la infracción se notifica al titular de la actividad minero metalúrgica para que en el plazo de noventa (90) días cumpla con las disposiciones contenidas en el Programa, bajo apercibimiento de proceder al cierre de la operación.
- b. Si vencido dicho plazo subsistiera el incumplimiento, la Dirección General de Minería ordenará el cierre de las operaciones por un período de treinta (30) días calendario.
- c. En caso de verificarse por segunda vez el incumplimiento, el cierre de las operaciones se efectuará por un período adicional de 60 días calendario y la multa se incrementará al doble de la establecida en el inciso anterior, y
- d. Si el infractor, incumple el programa por tercera vez, el cierre será por un período adicional de 90 días calendario y la multa será el triple de la primera.
- e. De persistir el incumplimiento, la autoridad competente dispondrá el cierre de la operación por períodos adicionales de 90 días, y el pago de la última multa impuesta. Para casos graves se procederá al cierre definitivo.

3.2.5 Límites Permisibles

a. Niveles Máximos Permisibles para la Emisión de Efluentes Líquidos

Los niveles permisibles a los cuales se deben sujetar las Unidades Minero Metalúrgicas están señalados en el Anexo 1 del Reglamento (ver Cuadro 3-1), así mismo las Unidades Mineras en Operación y aquellas que reinician sus operaciones pueden sujetarse a lo señalado en el Anexo 2 (ver Cuadro 3-2).

Los valores establecidos en el Anexo 2 son la base a partir de la cual se ajustarán gradualmente, mediante la ejecución del PAMA, hasta igualar a los Niveles Máximos Permisibles señalados en el Anexo 1, en un periodo no mayor de 10 años.

Respecto a dichos anexos, el Reglamento refiere que los resultados analíticos obtenidos para cada parámetro regulado a partir de la muestra recogida del efluente Minero Metalúrgico, no deben exceder en ninguna oportunidad los niveles establecidos en la columna "valor en cualquier momento" del Anexo 1 ó 2 según corresponda. Así mismo, las concentraciones promedio anuales, para cada parámetro regulado no deben exceder los niveles establecidos en la columna "valor promedio anual" en el Anexo 1 ó 2 según corresponda.

Cuadro 3-1

Niveles Máximos Permisibles de Emisión para las Unidades Minero Metalúrgicas Señaladas en el Anexo 1

Parámetro	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
PH	Mayor que 6 y menor que 9	Mayor que 6 y menor que 9
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	25
Plomo(mg/l)	0.4	0.2
Cobre(mg/l)	1.0	0.3
Zinc(mg/l)	3.0	1.0
Fierro(mg/l)	2.0	1.0
Arsénico(mg/l)	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l)*	1.0	1.0

* CIANURO TOTAL, equivalente a 0.1 mg/l de cianuro fácilmente dissociable en ácido.

Cuadro 3-2

Niveles Máximos Permisibles de Emisión para las Unidades Minero Metalúrgicas en Operación o que Reinician Operaciones Señaladas en el Anexo 2

Parámetro	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
Ph	Mayor que 5.5 y menor que 10.5	Mayor que 5.5 y menor que 10.5
Sólidos suspendidos (mg/l)	100	50
Plomo(mg/l)	1	0.5
Cobre(mg/l)	2	1
Zinc(mg/l)	6	3
Fierro(mg/l)	5	2
Arsénico(mg/l)	1	0.5
Cianuro total (mg/l)*	2	1

Los titulares mineros están obligados, de acuerdo al presente Reglamento, a establecer en el EIA y/o PAMA o declaración jurada de PAMA, un punto de control en cada efluente líquido Minero Metalúrgico, a fin de determinar la concentración de cada uno de los parámetros regulados y el volumen de descarga en metros cúbicos por día, que será medido al momento de efectuar la toma de la muestra. Los titulares mineros pueden eliminar o cambiar la ubicación de uno o más puntos de control, previa aprobación de la Dirección General de Minería, con la opinión favorable de la Dirección General de Asientos Ambientales, para la lo cual será necesario presentar la documentación sustentatoria.

El resultado del muestreo debe ser puesto en conocimiento de la Dirección General de Minería, de acuerdo a la frecuencia de presentación de reportes que sindicamos al Anexo 4 (ver Cuadro 3-3). Del mismo modo, la frecuencia de los análisis químicos de los efluentes Minero Metalúrgicos deben regirse por lo establecido en el Anexo 5 (ver Cuadro 3-4).

Cuadro 3-3
Frecuencia de Muestreo y Presentación de Reportes Señalados en el Anexo 4

Volumen total de Efluente	Frecuencia de Muestreo	Frecuencia de presentación de Reporte
Mayor que 300 m ³ /día	Semanal	Trimestral (1)
50 a 300 m ³ /día	Trimestral	Semestral (2)
Menor que 50 m ³ /día	Semestral	Anual (3)

Nota : (1) Último día hábil de los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre
 (2) Último día hábil de los meses de junio y diciembre
 (3) Último día hábil del mes de junio
 Los reportes del mes de junio estarán contenidos en el Anexo 1 del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

Cuadro 3-4
Frecuencia de Análisis Químico Señalados en el Anexo 5

Parámetro	Efluente Mayor que 300 m ³ /día	Efluente De 50 a 300 m ³ /día	Efluente Menor que 50 m ³ /día
PH	Semanal	Trimestral	Semestral
Sólidos suspendidos	Semanal	Trimestral	Semestral
Pb, Cu, Zn, Fe, As	Mensual	Trimestral	Semestral
CN total	Quincenal	Trimestral	Semestral

b. Niveles Máximos Permisibles para la Emisión de Gases y Partículas

Estos niveles fueron establecidos mediante la Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM del 19 de julio de 1996. En ella se aprobaron los niveles máximos permisibles de anhídrido sulfuroso, partículas, plomo y arsénico presentes en las emisiones gaseosas provenientes de las Unidades Minero Metalúrgicas. Ver Cuadro 3-5.

Cuadro 3-5
Niveles Máximos Permisibles de Gases y Partículas en Cualquier Momento en el Punto o Puntos de Control

Gas o Partícula Emitido	Nivel Máximo Permisible
Partículas	100 mg/m ³
Plomo	25 mg/m ³
Arsénico	25 mg/m ³

El Reglamento refiere que en tanto no se fijen los estándares nacionales de calidad del aire, regirán los niveles establecidos en el Anexo 3 de la mencionada Resolución Ministerial y que se muestran en el Cuadro 3-6.

Cuadro 3-6
Niveles Máximos Permisibles de Calidad del Aire Establecido en el Anexo 3 de
la R. M. N° 315-96-EM/VMM

Parámetro	Concentración Media Aritmética Diaria µG/M3(Ppm)	Concentración Media Aritmética Anual µG/M3(Ppm)	Concentración Media Geométrica Anual µG/M3
Anhídrido Sulfuroso	572 (0.2)*	172 (0.06)	-
Partículas en Suspensión	350*	-	150
Plomo	-	0.5	-
Arsénico	6	-	-

(*) No debe ser excedido más de una vez al año.

Además deberá considerarse:

Concentración Mensual de Plomo = 1.5 µg/m³

Concentración de arsénico en 30 minutos = 30µg/m³ (no debe ser excedido más de una vez al año)

3.3 PROYECTOS HIDRÁULICOS REALIZADOS EN EL PERÚ PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PAMA

Según conclusiones del Comité de Asuntos Ambientales de la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía (SNMPE), separar las operaciones existentes de los nuevos proyectos ha sido determinante para el progreso de la adecuación ambiental.

Hasta Septiembre de 1999, se han presentado, de acuerdo a estadísticas del Ministerio de Energía y Minas, 195 Estudios de Impacto Ambiental para proyectos mineros nuevos y para ampliación de instalaciones o incrementos de producción en más de 50%.

En lo referente a los Programas de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA), el Ministerio de Energía y Minas (MEM), indica que hay 61 empresas, representando 77 unidades de producción que poseen PAMA aprobado, los cuales representan un compromiso de inversión de alrededor de US\$ 900 millones, de los cuales quedan pendientes inversiones por un monto de US\$ 800 millones.

Se han establecido consorcios entre empresas mineras y Organizaciones No Gubernamentales (ONG). Estas uniones se han incrementado hasta la fecha, logrando mutuos beneficios.

3.3.1 Precedentes de los Programas de Adecuación del Medio Ambiente

Con el fin de identificar los pasivos ambientales ocasionados por la minería y las actividades conexas, entre 1997 y 1998, el MEM, realizó estudios denominados Evaluaciones Ambientales Territoriales (EVAT) en las 16 principales cuencas hidrográficas (mostradas en el Cuadro 3-7), en las que se ubicaban unidades de explotación minera.

Cuadro 3-7
Relación de EVAT

ENTIDAD CONSULTORA	CUENCA O ZONA
CESEL S.A. - TRC	Río Moche
ENVIROMENTAL SOLUTIONS, INC.	Río Llaucano, Río Parcoy - Llacubamba
ADI INTERNATIONAL INCORPORATED	Río Santa
KLOHN CRIPPEN - SVS S.A.	Río Mosna, Río Pativilca, Río Huaura
INGENIEROS CONSULTORES	Río Rimac, Río Alto Huallaga
KLOHN CRIPPEN - SVS S.A.	Zona Palpa - Nazca - Marcona
INGENIEROS CONSULTORES	Zona Ocoña - Acari
KLOHN CRIPPEN - SVS S.A.	Zona Cerro Verde - Yarabamba - Puquina
H.A. SIMONS LTD., HATFIELD	Río Azángaro - Carabaya (Puno)
CONSULTANTS LTD. Y KLOHN CRIPPEN - SVS S.A.	Río Mantaro
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Río Torres - Río Vizcarra

Los referidos estudios incidieron en los casos de unidades de explotación abandonadas en las que no existían personas naturales o jurídicas a las que podía atribuirse la responsabilidad ambiental y la elaboración de perfiles de proyectos encaminados a rehabilitar las zonas vulneradas (ver cuadros 3-8 y 3-9). Las siguientes son las conclusiones de los mencionados estudios:

- a. Todas las cuencas y zonas estudiadas han sufrido los efectos ambientales de las actividades mineras. La magnitud varía pero las más afectadas son las cuencas de los ríos Mantaro, Rímac y Madre de Dios.
- b. Los efectos negativos se deben a la combinación de inadecuadas prácticas de manejo ambiental y a dificultades propias de cada lugar, principalmente derivadas de una topografía abrupta, que limita espacios para desmontes y relaves.
- c. Los principales impactos ambientales observados son los siguientes:
 - Generación de grandes volúmenes de residuos (desmonte, escoria y relaves).
 - Inestabilidad geotécnica de los depósitos de relave, incluyendo el riesgo potencial de colapso de los mismos y que consecuentemente impactarían en las centrales hidroeléctricas, vías de transportes, sistemas de riego y abastecimiento de agua.
 - Erosión de las canchas de relaves.
 - Fisuración de estructuras geológicas.
 - Alteración del nivel freático de las minas.
 - Drenaje ácido con metales en solución, derivado de la presencia de abundante pirita expuesta al aire ya a la humedad.

Cuadro 3-8
Proyectos de Rehabilitación

Cuenca – Zona	No. de Proyectos	Descripción
Río Llaucano (Cajamarca)	6	Tributario del río Marañón. Mineralización polimetálica, 22 minas abandonadas, con un total de 6220 bocaminas, 23 botaderos de desmonte, 15 depósitos de relaves y 5 plantas inactivas.
Río Moche (La Libertad)	3	Desemboca en el Océano Pacífico. Mineralización Polimetálica. Todas las muestras de agua excedieron los niveles máximos permisibles (NMP) de pH y Fe de clase III de aguas para fines agrícolas. En varios puntos los niveles máximos permisibles de Cu, Pb, Zn y As también se excedieron.
Río Parcoy – Llacubamba (La Libertad)	1	Tributario del río Marañón. Distrito minero aurífero. Los NMP se excedieron en un total de 19 puntos de muestreo a lo largo de la cuenca, más frecuentemente en Cu y CN. Solución de acuerdo a los PAMA de las compañías mineras.
Río Santa (Ancash)	6	Desemboca en el Océano Pacífico. Existen zonas arqueológicas y zonas protegidas. Mineralización polimetálica y aurífera. Principales impactos: Relaves y drenaje ácido.
Río Mosna (Ancash)	25	Tributario del Río Marañón. Mineralización Polimetálica.
Río Pativilca (Ancash y Lima)	29	Desemboca en el Océano Pacífico. Mineralización Polimetálica.
Río Huaura (Lima)	11	Desemboca en el Océano Pacífico. Mineralización Polimetálica.
Ríos Torres – Vizcarra (Huánuco)	3	Tributario del Río Marañón. Mineralización Polimetálica.
Río Rimac (Lima)	11	Desemboca en el Océano Pacífico. Mineralización Polimetálica. La inestabilidad de los depósitos de relave es el problema más serio por el riesgo de falla.
Río Alto Huallaga (Pasco y Huanuco)	4	Tributario del Río Marañón. Mineralización Polimetálica.
Río Mantaro (Pasco, Junín y Huancavelica)	11	Tributario del Río Ucayali. Mineralización Polimetálica. Fundición de la Oroya.
Palpa – Nazca – Marcona (Ica), Acarí – Ocoña (Arequipa), Cerro Verde – Yarabamba – Puquina (Arequipa y Moquegua)	2	Varios valles y quebradas en la región costera árida. No hay drenaje ácido de roca. Vetas angostas (minería artesanal) y mina de hierro y minas de cobre. Uso inadecuado de mercurio.
Río Azángaro – Carabaya (Puno)	1	Desemboca en el lago Titicaca. Minas de Oro subterráneas en la Cordillera de Ananea con minería informal. Minería hidráulica en depósitos fluvio – glaciares de San Antonio de Poto.
Río Madre de Dios (Madre de Dios)	1	Tributario del río Amazonas. Minería hidráulica y mecanizada y lavado de oro. Uso inadecuado de mercurio. Descarga de sólidos en suspensión.

Cuadro 3-9
Inversión Estimada para los Proyectos de Rehabilitación

Grupo	Cuenca	Miles de US \$
A	Río Llaucano	60937
A	Río Moche	2 051
E	Río Parcoy – Liacuabamba	75
E	Río Santa	5 133
E	Río Mosna	1793
E	Río Pativilca	1 917
E	Río Huaura	1 756
G	Ríos Torres – Vizcarra	2 189
B	Río Rimac	12 140
B	Río Alto Huallaga	3 100
F	Río Mantaro (11 minas inactivas)	2 467
D	Río Azángaro – Carabaya	100
D	Río Madre de Dios	50 000
C	Paipa – Nazca – Marcona, Acari – Ocoña, Cerro Verde – Carabamba – Puquina	1 600
TOTAL		91 258

- Reacciones físico-químicas no deseadas en procesos hidrometalúrgicos, que incrementan la contaminación de los efluentes por iones disueltos e inestables que alteran la calidad de las aguas superficiales con la presencia de As, Cu, Zn, Fe y cianuro, y en algunos casos Hg. Sin embargo, las características geológicas del lecho y las condiciones ambientales de algunos ríos favorecen la precipitación de metales en forma de hidróxidos y oxi-hidróxidos, lo que reduce las cargas de metales disueltos en las aguas.
- Afectación de la vida acuática en los ríos, alcanzándose niveles de desaparición en muchos de ellos.
- En algunos casos hay acidificación y contaminación de suelos.
- Descarga de desechos industriales (aceites, grasas, combustibles y otros productos químicos).
- Descarga de residuos sólidos y aguas servidas de campamentos y poblados.

Frecuentemente hay una combinación de pasivos ambientales geotécnicos y geoquímicos. El primer tipo de pasivos comprende la inestabilidad de los depósitos de desmonte y de relaves, la que se agrava porque la mayoría de centros mineros están ubicados en zona sísmica. Los pasivos geoquímicos se refieren al drenaje ácido de roca de desmonte, de relaves y de bocaminas, así como la erosión y descarga de relaves a los cursos de agua.

- d. La cuenca del río Rímac tiene la prioridad, debido a las minas inactivas sin PAMA, alta densidad de población en la parte baja de la cuenca, la importancia del suministro de agua y energía a la capital y la infraestructura de transporte.
- e. El impacto ambiental en el río Mantaro es de magnitud similar a la del Rímac, con la diferencia de que importantes fuentes de contaminación cuentan con Programas de

Adecuación del Medio Ambiente, aún cuando hay también un significativo número de minas inactivas, 11 de las cuales requieren medidas de rehabilitación.

- f. La topografía abrupta y la escasez de áreas adecuadas han conducido a la práctica de descargar relaves directamente a los ríos, como en el caso de la mina Cobriza al río Mantaro. La inadecuada ubicación de los depósitos de relaves y de desmonte, el talud empinado y el deficiente manejo de agua son las principales causas de la descarga de sólidos por erosión. La deficiente práctica de manejo de agua y la presencia de sulfuros en los relaves y roca de desmonte contribuyen a la generación de drenaje ácido de roca, fenómeno común en los asentos mineros peruanos.
- g. En la cuenca del río Moche, la zona con mayor impacto ambiental corresponde a Quiruvilca, que con la ejecución del PAMA de la empresa minera que opera en dicha área debe conseguirse una mejora sustancial en la calidad de las aguas.
- h. La situación es similar en la cuenca del río Parcoy, en la que no hay minas inactivas y las empresas mineras de la zona que conducen operaciones de minería aurífera están desarrollando sus PAMA.
- i. El mayor pasivo ambiental corresponde a la destrucción de la selva por la explotación mecanizada, y en gran parte informal, de las operaciones de minería aurífera aluvial en los ríos Caychive y Huepetuhe, en la cuenca del río Madre de Dios. Los principales aquí son la deforestación, la descarga de sólidos en suspensión a los ríos y el inadecuado manejo del mercurio.
- j. La rehabilitación de las áreas afectadas en la cuenca del río Madre de Dios, debe ser planificada sobre la base de consultas con los dueños de las tierras, los pobladores de la zona y los gobiernos locales. Deben encontrarse nuevos usos de la tierra (forestales, agropecuarios) o como aérea de recreo. La recuperación de tierras ha comenzado con una reforestación de especies nativas capaces de desarrollarse en terrenos pobres en nutrientes y materia orgánica.
- k. Teniendo en cuenta la extensión de los impactos ambientales de las operaciones mineras, es necesario un cambio radical en la actitud en lo que respecta al desarrollo ambiental de las operaciones mineras, algo que ya se está produciendo gradualmente en las unidades mineras nuevas y en operación. Existen tecnologías adecuadas para eliminar o minimizar los impactos ambientales negativos de la minería identificados en los EVAT. El primer y más importante paso consiste en la adopción de las mejores prácticas en el manejo de desmontes, relaves y agua, aunados a la introducción de adecuados sistemas de manejo ambiental congruentes con los estándares internacionales.
- l. Las principales medidas de mitigación comprenden principalmente tres frentes:
 - Estabilización de taludes y control de la erosión en depósitos de relaves.
 - Taponeo de bocaminas, y
 - Tratamiento de drenaje ácido.
- m. Los cuadros 3-8 y 3-9, resumen el número de proyectos prioritarios de rehabilitación ambiental y el costo por cuenca, totalizando un monto de US\$ 91 258, estimando sobre la base de los perfiles de proyectos de rehabilitación ambiental.

- n. El principio fundamental del desarrollo ecológicamente sostenible implica que los daños ambientales ocasionados por unidades mineras activas y abandonadas deben ser reparadas en la medida de lo que sea técnica y económicamente factible. El principio de que "el contaminador paga" debe aplicarse en los casos en que se identifique al responsable; en caso contrario, debe aplicarse el principio de que "el beneficiario paga", siempre que haya equidad social.
- o. Por otro lado, las unidades minero metalúrgicas en operación han presentado y están ejecutando sus Programas de Adecuación y Manejo Ambiental con los que debe conseguirse, a mediano plazo, una mejora en la calidad de las aguas de las cuencas, así como la calidad del aire en las poblaciones vecinas a las funciones.
- p. Para la rehabilitación de las áreas afectadas por minas abandonadas se podría utilizar los fondos de canje de deuda por medio ambiente, donaciones de organismos internacionales de cooperación y fondos administrados por el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM).

3.3.2 Programas de Adecuación del Medio Ambiente Realizados hasta la Fecha

La ejecución de los PAMA, que si bien comenzó entre enero y julio de 1997, con la ejecución de los PAMA de 13 empresas correspondientes de la gran minería, 34 a la mediana y 25 a la pequeña, no ha tenido un avance homogéneo. El Cuadro 3-10 muestra las empresas mineras y sus acciones más relevantes en este sentido.

3.4 EXPERIENCIAS SIMILARES EN OTROS PAISES

En muchos países del orbe, las corrientes de agua son bienes públicos y a los contaminadores no les significa costo alguno utilizarlas para recibir y transportar sus desechos, de esta manera, la población y sectores productivos descargan flujos crecientes de residuos a las corrientes naturales; sin embargo el uso de las aguas como receptor y transportador de desechos si tiene costos, contaminar el agua impone costos insostenibles a las comunidades, consumidores y ecosistemas ubicados aguas abajo y que dependen del agua limpia para su bienestar.

Para revertir esta situación, se han diseñado diversos sistemas entre los que se pueden señalar el Sistema de Comando y Control, el Sistema de Cruce de Cuentas y el Sistema de las Tasas Retributivas.

El Sistema de Comando y Control fue desarrollado y establecido en Estados Unidos de acuerdo a la Ley Federal de Contaminación del Agua de 1972. Este programa imponía el uso tecnologías y estándares específicos que tenían que cumplir todas las fuentes de contaminación, sin tener en cuenta los costos de descontaminación. Al imponer metas demasiado ambiciosas y estándares rígidos para cada fuente, el ente regulador impuso costos a la economía que frecuentemente sobrepasaban los beneficios para la sociedad, creando una fuerte oposición del sector regulado. Por no considerar la costo-efectividad como fundamento de la política, el resultado fue la inversión ambiental más costosa del planeta, en el caso específico de EE.UU.

Cuadro 3-10
PAMAS REALIZADOS A SETIEMBRE DE 1999

Compañía Minera	Acciones Referentes a la Ejecución de sus PAMA
MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A. (MARSA)	<ul style="list-style-type: none"> • Rehabilitación de las canchas de relave de flotación y cianuración. • Construcción de dos depósitos de desmontes. • Construcción de una nueva y moderna cancha de relave de flotación. • Construcción de una red de pozos sépticos para el tratamiento de las aguas servidas. • Mejoramiento del manejo de residuos de sólidos domésticos.
COMPANÍAS DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – Unidad Minera Orccopampa	<ul style="list-style-type: none"> • Revegetación de las canchas de desmontes. • Revegetación de las canchas de relave. • Trabajos de arborización. • Implementación de un wetland para tratar los afluentes ácidos de las minas Santa Rosa y Santiago. • Construcción de un "parque ecológico", en la antigua presa de relaves No. 1.
COMPANÍAS DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – Unidad Minera de Julcani	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas ácidas. • Revegetación de la cancha de relaves. • Saneamiento ambiental. • Rehabilitación de las canchas de desmontes.
COMPANÍAS DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – Unidad Minera Recuperada	<ul style="list-style-type: none"> • Revegetación de la cancha de relaves. • Clausura de las bocaminas. • Forestación de áreas degradadas.
COMPANÍAS DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – Unidad Minera Uchuchacua SOUTHERN PERU	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de una nueva cancha de relaves. • Tratamiento de efluentes. • Medidas de mitigación y cambio del proceso en sus minas Toquepala y Cuajone. • Control de su drenaje en minas. • Tratamiento de relaves. • Construcción de botaderos para desechos. • Construcción de depósito de relaves en Quebrada Honda.
COMPANÍA MINERA SANTA LUISA S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas ácidas. • Recirculación de efluentes líquidos residuales. • Estabilidad de los taludes de los relaves Chuspic.
COMPANÍA MINERA VOLCAN S.A.A. Unidad San Cristóbal Unidad Minera Andaychagua	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas ácidas. • Construcción de una nueva cancha de relaves para sus dos unidades.
COMPANÍA MINERA PODEROSA	<ul style="list-style-type: none"> • Rehabilitación de las canchas de relave. • Construcción de tres depósitos de desmontes. • Recuperación de áreas disturbadas.
COMPANÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de residuos sólidos. • Control de efluentes. • Construcción de una presa de relaves en la zona conocida como "La Esperanza".
COMPANÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA	<ul style="list-style-type: none"> • Programa integral de control de mitigación de contaminantes. • Uso del relave como relleno. • Construcción de tres viveros y sembrado de árboles. • Construcción de una cancha de desmonte con capacidad para almacenar 400 000 m³ de material de mina.
SOCIEDAD MINERA EL BROCAL	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas ácidas. • Se están construyendo dos plantas de tratamiento de aguas residuales. • Trabajos de revegetación y forestación.

El Método del Cruce de Cuentas plantea que el contaminador debe invertir directamente en los procesos de descontaminación invirtiendo en ello el monto que debería pagar a la autoridad ambiental por concepto de tasas. El contaminador no transfiere los pagos por contaminar a la autoridad ambiental durante la implementación del proceso descontaminador, aunque esté contaminando. La autoridad ambiental debe verificar que el contaminador realice la inversión igual al monto y en la solución de descontaminación pactados.

Bajo este esquema la autoridad ambiental asume funciones de auditor de los gastos en inversiones del contaminador, pero no posee la información necesaria para determinar y garantizar la existencia y la eficiencia de estas inversiones. Asimismo, los costos administrativos de la autoridad ambiental crecen rápidamente cuando el número de fuentes contaminadoras que deben ser auditadas es alto.

El cruce de cuentas no estimula la búsqueda de sistemas apropiados de mínimo costo sino la adopción de sistemas cuyo monto sea igual a lo que tendría que pagar por contaminar.

El sistema de Tasas Retributivas tiene como base al sistema desarrollado en Francia en 1964 por la *Agence de l'eau* (Agencia del Agua) y a sido adoptado con buenos resultados en Holanda, Cataluña, Colombia, Alemania, entre otros.

El sistema de tasas retributivas plantea la implementación de un sistema y método de tasas por contaminar de manera que las empresas prefieran descontaminar que pagar la tasa. Este sistema genera dos beneficios simultáneos: la descontaminación al mínimo costo en la fuente productiva y la generación de un flujo de ingresos para autofinanciar la gestión ambiental y cofinanciar la inversión. A través de un proceso de concertación con la comunidad, necesario para implementar las tasas en cada región, este sistema busca destinar los ingresos en forma transparente y eficiente.

Para minimizar el costo total de cumplimiento respecto a una meta total de reducción, el instrumento económico debe ser diseñado para alcanzar el principio equimarginal, es decir buscar que las decisiones tomadas por las fuentes reguladas bajo una señal económica específica, minimicen sus costos de descontaminación y reduzcan sus flujos contaminantes hasta que el costo marginal de descontaminación sea igual a la tasa a pagar. De esta forma los costos marginales de descontaminación serán aproximadamente iguales entre todos los agentes contaminadores, obteniéndose una solución comprobada como la de mínimo costo para la economía y la sociedad.

En una economía en la cual los productores deben minimizar sus costos para poder competir, la imposición de una tasa por kilogramo de contaminante vertido, igual para todos, conlleva a que cada uno de estos agentes compare sus costos de descontaminación con el valor presente del pago de tasas. Para dicho efecto, se ha estimado en cinco años el período de regularización de nuevas tasas. Sobre la base de dichas consideraciones, los productores deben tomar la decisión económicamente más conveniente.

Una ventaja adicional del instrumento es la generación de una nueva y amplia demanda de servicios profesionales y soluciones tecnológicas para la reducción de la contaminación.

Sin desmerecer sus logros, este sistema está siendo fuertemente criticado por los entes reguladores de Francia, los mismos que luego de una evaluación han establecido que el sistema gasta demasiado dinero en gestión e inversión, que el nivel de la tasa cobrada es demasiado baja y que el sistema ha perdido la transparencia administrativa inicial.□

CAPÍTULO 4

No puedo cantar,
Ni quiero,
A ese Jesús del madero
Si no al que anduvo en la mar.

Antonio Machado.

ESTUDIOS BÁSICOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS HIDRÁULICOS REQUERIDOS POR EL PAMA

CAPÍTULO 4: ESTUDIOS BÁSICOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS HIDRÁULICOS REQUERIDOS POR EL PAMA

En el presente capítulo se describen los lineamientos que deben seguir los Estudios Básicos para la elaboración de los proyectos hidráulicos requeridos por el Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA), entendiéndose como Estudios Básicos a todos los estudios de Ingeniería realizados para determinar los parámetros de diseño de las estructuras comprendidas en el Proyecto.

Los Estudios Básicos están constituidos principalmente por el Estudio Topográfico, el Estudio Geológico-Geotécnico y el Estudio Hidrológico, cada uno de los cuales debe ser realizado por un especialista, el que se constituirá en el Profesional Responsable del mismo.

Previo a todo Estudio Básico, el Profesional Responsable debe realizar un reconocimiento de campo para constatar in situ las condiciones geomorfológicas de la zona del Estudio. Esta actividad es también necesaria para que elabore su propuesta técnico-económica.

El Estudio Topográfico comprende los levantamientos topográficos específicos, las secciones transversales, los perfiles longitudinales y los levantamientos topográficos de detalle, que elaborados en escalas adecuadas, permiten la ubicación y el diseño a nivel constructivo (para el caso de Estudios Definitivos) de todas las estructuras comprendidas dentro del Proyecto. En la zona alto andina, este Estudio está restringido por las condiciones climáticas inherentes a los pisos ecológicos superiores de nuestro territorio, este factor debe ser tomado en cuenta para establecer el plazo y costo del Estudio.

El Estudio Geológico-Geotécnico, tiene como objetivos realizar la sectorización ingeniero geológica de la zona del Estudio; definir las características geotécnicas de los espacios de emplazamiento de las estructuras y las canteras de materiales de construcción y emitir las recomendaciones de diseño pertinentes. Ante la ausencia en nuestro país de una norma que reglamente este tipo de Estudios para el caso de estructuras hidráulicas, en el presente capítulo se recomienda un programa de investigación de acuerdo a las recomendaciones del *United States Bureau of Reclamation*.

En lo referente al Estudio Hidrológico, dirigido a cuantificar los parámetros hidrológicos, que con un período de retorno adecuado, permitan calcular los eventos de diseño para definir las características geométricas de las estructuras hidráulicas, se enumera las fuentes de información básica y las consideraciones para la realización y el contenido del Informe del Estudio referido.

En el presente capítulo se plantea los requerimientos básicos del Estudio Complementario en proyectos de Adecuación del Medio Ambiente que incluyan trabajos de revegetación. Las condiciones particulares de la zona alto andina, dificultan la introducción de especies foráneas dentro de este contexto por lo que la adopción de especies nativas, que han sido poco estudiadas, hace necesario este Estudio debe ser realizado por un Biólogo o un Ingeniero Agrónomo.

Es necesario mencionar que la zona del Proyecto, tramo en el cual es necesario erigir estructuras para cumplir con lo establecido por el PAMA, es determinado previamente, como lo establece el Ministerio de Energía y Minas (ver 3.2.3), mediante el Estudio Ambiental Preliminar (EVAP).

4.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El Estudio Topográfico tiene como objetivo desarrollar la representación adecuada del terreno y la posición de las obras existentes en planos que permitan ejecutar el diseño a nivel constructivo, para el caso de Estudios Definitivos, y para elaborar Estudios de Factibilidad.

Previo al estudio topográfico, se debe realizar una visita a la zona del Estudio a efecto de realizar el planeamiento del replanteo de la red de triangulación principal y/o la red topográfica de apoyo, referidas en lo posible a señales geodésicas establecidas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Se debe realizar una red de control vertical a lo largo de la zona comprendida en el proyecto, la misma que debe estar referida al sistema de *Bench Marks* (BMs) del IGN. Para asegurar la permanencia de los BMs deben ser implantados mojones de concreto de 0.10x0.10x0.40 m, proveídos de una barra de acero de 1/2" para el estacionamiento del instrumento. Las referidas barras deben estar pintadas con colores llamativos a efecto de permitir una ubicación rápida de las mismas. Los BMs deben estar codificados, espaciados a cada 250 m como máximo y contener la información de control vertical (cota) y horizontal (coordenadas).

Los planos deben disponer de coordenadas y orientación Norte, deben mostrar todas las obras conexas al proyecto (camino, edificaciones, cultivos, postes de electricidad, etc.) y la toponimia de los accidentes naturales o artificiales comprendidos en la zona del Estudio.

A efecto de elaborar el plano de distribución de las estructuras necesarias para el cumplimiento del PAMA, se debe elaborar un plano general de la zona a una escala mínima de 1/5000. Los perfiles longitudinales deben estar, de ser posible, a la escala horizontal de 1/2000 y vertical 1/200. Las secciones transversales deben ser presentadas a la escala 1/200 como mínimo y las curvas de nivel a cada metro como máximo.

En los proyectos hidráulicos de Adecuación del Medio Ambiente que contemplen obras de encauzamiento (como las obras de encauzamiento del río Moche, correspondiente al PAMA de la unidad minera *Quiruvilca*, en el departamento de la Libertad), la escala de la planta debe ser como mínimo 1/2000, con secciones transversales distanciadas entre 5 m y 50 m a escala 1/200, cubriendo una distancia de 4 m por encima de las marcas de agua. El distanciamiento de las secciones está supeditado a la longitud del encauzamiento y a la naturaleza y dimensión del cauce.

La planta en las zonas donde se determine la ubicación de obras de arte, debe ser levantada a la escala 1/200, con coordenadas en la proyección *Universal Transversal Mercator* (UTM), orientación topográfica y curvas a cada metro.

Para asegurar el nivel de confiabilidad del Estudio Topográfico, es necesario realizar un trabajo de supervisión al mismo. Teniendo en cuenta que los trabajos de campo del Estudio Topográfico en la zona alto andina están limitados por la presión, las pocas horas de luz, la velocidad del viento y la temperatura que pueden distorsionar las lecturas de campo es recomendable comprobar el avance cada 5 días.

Los planos topográficos finales deben ser presentados en un original impreso y dos copias. Adicionalmente se debe presentar dicha información dentro de una plataforma informática, debiendo esta ser esta en un soporte lógico (*software*) de uso común en el medio. A este respecto, el software más usado en nuestro medio es el AUTOCAD, por lo tanto es recomendable que las capas que contienen curvas de nivel maestras y curvas de nivel ordinarias sean editadas como polilíneas y contengan la información de la cota respectiva.

Este tipo de edición hace posible el uso de otros soportes lógicos, como por ejemplo aquellos que realizan seccionamientos o aquellos que permiten la interacción con otros soportes lógicos.

4.2 ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Tan importante como el conocimiento de las características geológicas de la zona donde se proyecta una obra hidráulica para el cumplimiento del PAMA, es la exploración sub superficial de la zona. Esta exploración debe ser desarrollada para determinar:

- Las distintas masas de suelo y roca que existen en la fundación o en un área ubicada dentro del área de interés,
- Que dimensiones tienen dichas masas, y,
- Cuales son sus propiedades ingenieriles.

La determinación de las masas de suelo existentes debe realizarse con un nivel de detalle tal que permita un control de la valorización del movimiento de tierras, y la mínima ejecución de adicionales de obra. Para tal efecto, todo estudio geológico geotécnico debe contar con un programa de investigación y de un informe detallado del mismo.

4.2.1 Programa de Investigación

El programa de investigación debe realizarse sobre la base de un reconocimiento de campo previo y requiere del juicio del especialista y está supeditado a la magnitud y la clase de la estructura proyectada.

En nuestro país no existe un reglamento que establezca los lineamientos para la exploración geotécnica en estructuras hidráulicas, por eso es conveniente adoptar las recomendaciones del *United States Bureau of Reclamation* (USBR). De acuerdo al *Earth Manual* (Manual de Suelos) publicado por dicho organismo se distinguen los siguientes tipos de estructuras:

a. Estructuras Puntuales

Comprende a las pequeñas estructuras (, pequeñas plantas de bombeo (como la estación de bombeo para el drenaje de las aguas ácidas de la unidad minera *Paragsha*), pilares de puentes, etc. En este tipo de estructuras, una calicata puede satisfacer los requerimientos de conocimiento del suelo de fundación. Sin embargo en los casos en los que la ubicación exacta de la estructura depende de las condiciones de fundación el número de calicatas debe incrementarse. Para esas situaciones dos o tres son suficientes para una exploración preliminar. La Figura 4-1 sugiere profundidades para exploración preliminares para algunas estructuras puntuales.

b. Estructuras Lineales

Comprende a los canales (ejemplo canal de derivación PAMA de la unidad minera San Cristóbal), drenes, muros de contención (ejemplo abandono definitivo de la cancha de relaves Antuquito), caminos, líneas de tubería (como la línea de descarga de aguas ácidas de la unidad minera *Paragsha*), defensas ribereñas (ejemplo PAMA de la unidad minera Quiruvilca), etc. El número de calicatas en este tipo de estructuras varía considerablemente de acuerdo al tamaño y la importancia de la misma y al carácter del suelo donde será localizada.

En estructuras lineales que serán cimentadas a pocas profundidades, como canales y drenes, y en visibles suelos uniformes, relativamente pocas calicatas serán necesarias para los requerimientos del estudio de suelos, usualmente calicatas espaciadas a cada 1500 m son suficientes para estudios de viabilidad e intervalos de 600 m, como máximo, para estudios definitivos. Para el caso de defensas ribereñas, son necesarias calicatas espaciadas, como máximo, a 500 m.

Para el caso de estructuras lineales en la zona alto andina, la naturaleza de los suelos críticos presentes dentro de este contexto (Ver ítem 2.6), como es el caso de depósitos de bofedales, se hace necesaria la ejecución de ensayos específicos para determinar la potencia del estrato, es así que complementariamente a los ensayos estándar se deben realizar, si así lo estima el profesional responsable, ensayos más puntuales, debido a que el flujo que discurre por las estructuras hidráulicas de Adecuación del Medio Ambiente puede, muchas veces, contener sustancias contaminantes antes de llegar al punto donde son tratados para cumplir con los niveles permisibles.

Para alternativas de solución en estructuras mayores, el número de calicatas requeridas es muy variable, las zonas de derrumbes, taludes inclinados y flujos de

escombros (huaycos) requieren de una completa exploración. Cada rasgo geológico debe ser explorado con al menos dos calicatas espaciadas a 30 m, si este afecta la estructura lineal por más de 60 m de extensión.

En áreas donde se realizarán grandes volúmenes de corte se deben realizar exploraciones con al menos dos calicatas ubicadas a 1/4 y 3/4 a lo largo de la longitud comprometida. Usualmente una calicata, ubicada en el punto donde se ubica el máximo relleno es también necesaria.

Adicionalmente, se deben realizar calicatas en zonas cercanas a la estructura lineal ubicadas dentro de cada rasgo geológico descrito, el número requerido depende de las condiciones topográficas, geológicas y condiciones subsuperficiales. Cuando el número de ítems de costo comprendidos es alto, se requiere de una exploración precedente para estimar la viabilidad del proyecto.

La Figura 4-2 muestra las profundidades mínimas de exploración para estructuras lineales. Muchas veces son necesarias profundidades mayores en suelos críticos, como es el caso de los bofedales.

c. Diques

Este tipo de estructuras se ubican generalmente en zonas donde existen estrechamientos de cauce. Estos estrechamientos, se deben a cambios en las condiciones geológicas en dicho punto y dichas condiciones pueden ser favorables o desfavorables para la construcción del dique es así que en muchos casos la geología de la superficie ayuda proporcionando puntos de ubicación de las calicatas.

Dentro de este tipo de estructuras podemos mencionar a los diques proyectados para la construcción de depósitos de relaves o aquellas construidas para proteger depósitos existentes.

Para el caso de estas estructuras un mapa geológico junto con 4 ó 5 calicatas alineadas perpendicularmente a la dirección del movimiento del agua y a una profundidad que alcance un suelo competente o un estrato impermeable son suficientes para un estudio de viabilidad. Una línea o dos de calicatas a lo largo de uno o ambos estribos también son necesarios para delimitar las condiciones aguas abajo de la estructura. Se debe poner cuidado en la ubicación de las calicatas, ya que estas pueden ser localizadas para satisfacer dos o más requerimientos.

Cabe recordar un dique es una de las estructuras que conforman un reservorio y que por lo tanto es imprescindible realizar exploraciones aguas arriba del mismo para verificar la existencia de zonas de infiltración o zonas de riesgo de deslizamiento. En el caso de los diques proyectados para cumplir con los requerimientos del PAMA, se debe verificar también la existencia de túneles debajo del reservorio.

Para estudios definitivos, son necesarios calicatas adicionales en los estribos y en los puntos donde se ubicarán las estructuras conexas. El número, espaciamiento y profundidad de dichas calicatas depende no solo de las dimensiones del dique y las estructuras sino también de la complejidad de la cimentación.

d. Túneles

El programa de investigación en estas estructuras está supeditado a la complejidad geológica y a las fases del estudio. Preliminarmente, mapas geológicos y datos deben ser obtenidos y utilizados y en los casos en que sólo existan limitadas investigaciones geológicas éstas deben ser también consideradas para el alineamiento tentativo del túnel. Para un estudio definitivo se requiere sin embargo del desarrollo de una detallada investigación geológica.

Es necesario la ejecución de calicatas realizadas mediante el uso de taladros en áreas próximas a cada portal a efecto de definir la extensión y carácter de los materiales de sobrecarga y, como es requerido, a lo largo del alineamiento del túnel.

e. Canteras

La exploración de canteras o áreas de préstamo, puede ser dividida en dos tipos. El primer tipo incluye todas las exploraciones realizadas para localizar una clase específica de material como agregado para el concreto, base y sub base de carreteras, material de filtro para drenes, colchones y material de revestimiento para canales, material para enrocado o materiales para estabilización de suelos. El segundo tipo es realizado para la definición de las clases de material disponibles en un área.

En el primer tipo de exploración, una calicata ubicada en el punto más probable de existencia del material es suficiente para establecer si el material con las características requeridas existe, cuando un área potencial es encontrada, se deben excavar calicatas complementarias para determinar la cantidad disponible.

El segundo tipo de exploración es desarrollado para localizar grandes cantidades de material en los cuales la accesibilidad, uniformidad y trabajabilidad son tan importantes como sus propiedades ingenieriles. Un área potencial con esos requerimientos es usualmente localizada mediante evidencias superficiales y algunas calicatas para determinar la potencia del material existente, luego el área debe ser cubierta con una red de calicatas para establecer el volumen disponible. El esquema de dicha red, sin embargo debe proveer la máxima información con el menor número de calicatas. Para estudios de viabilidad para canteras las calicatas deben estar separadas, en ambas direcciones, entre 150 m y 300 m, para estudios definitivos, el espaciamiento debe reducirse entre 60 y 120 m, siendo necesarias calicatas adicionales durante la etapa constructiva. Para el caso de canteras requeridas para canales, el material del préstamo se debe tomar, en la medida en que esto sea posible, de las áreas adyacentes al mismo.

4.2.2 Informe del Estudio Geológico - Geotécnico

El informe del Estudio Geológico-Geotécnico, como mínimo, debe comprender las siguientes partes:

a. Geología del Área del Estudio

Debe incluir la geología regional y local. Sobre la base de los mismos, se debe determinar las posibles canteras para los diferentes materiales a usarse en el proyecto.

El estudio geológico debe realizar una evaluación de la geomorfología de los principales cauces que abarque el proyecto. En este punto también deberá considerarse

la presencia de las quebradas y su comportamiento geodinámico en relación con el proceso de transporte de sedimentos al cauce principal del proyecto.

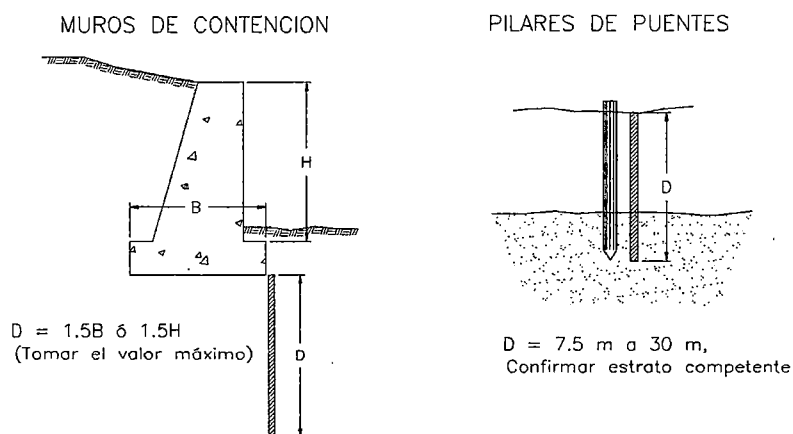


Fig. 4-1. Profundidades Mínimas de Exploración Preliminar para Estructuras Puntuales

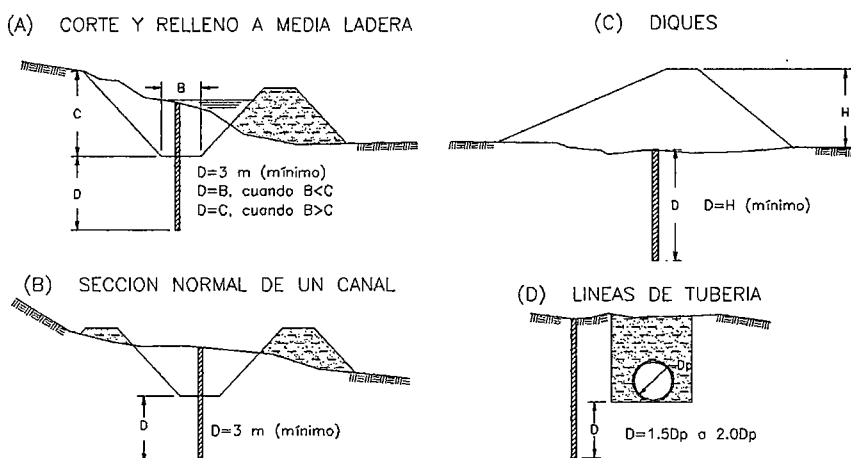


Fig. 4-2. Profundidades Mínimas de Exploración Preliminar para Estructuras Lineales

El estudio geológico debe mostrar, de presentarse el caso, la información referente a la naturaleza de los estratos que pudieran incidir en la composición físico-química de las aguas o del comportamiento de los suelos en cuanto a sus condiciones de infiltración y facilidad de drenaje.

Las canteras determinadas en este estudio deben ser indicadas, en lo posible, en un mapa de canteras indicando la ubicación, tipo de material, las vías de acceso y el estado de las mismas, la eficiencia y el volumen de cada uno de ellos.

b. Memoria Descriptiva

b.1 Resumen de las Condiciones de Cimentación.

Descripción resumida de todos y cada uno de los tópicos principales del informe, a saber:

- Tipos de cimentación.
- Estratos de apoyo de la cimentación.
- Parámetros de diseño para la cimentación (profundidad de la cimentación, presión admisible, factores de seguridad por corte y asentamiento diferencial y total).
- Agresividad del suelo a la cimentación (presencia de sulfatos, acidez, presencia de material orgánico, etc.).
- Recomendaciones adicionales inherentes a las condiciones de cimentación.

b.2 Información Previa.

Descripción detallada de la información proporcionada por la entidad que solicita el Estudio Geológico-Geotécnico y de la recolectada por el Profesional Responsable.

b.3 Exploración de Campo.

Descripción de los ensayos efectuados, con referencia a las Normas empleadas en el campo.

b.4 Ensayos de Laboratorio.

Descripción de los ensayos efectuados, con referencia a las Normas empleadas en el laboratorio.

b.5 Perfil del Suelo.

Descripción de los diferentes estratos que constituyen el terreno investigado, indicando para cada uno de ellos: origen, nombre, nombre y símbolo del grupo del suelo (Ver Cuadro 4-1), según el sistema unificado de suelos (SUCS, ASTM D 2487), plasticidad de los finos, consistencia o densidad relativa, humedad color, tamaño máximo y angularidad de las partículas, olor, cementación, acidez (pH) y otros comentarios (raíces, cavidades, etc.), de acuerdo a la Norma ASTM D 2488.

b.6 Nivel de la Napa Freática.

Ubicación de la napa freática indicando la fecha de medición y, de ser posible, datos y comentarios de su variación en el tiempo.

b.7 Análisis de la Cimentación.

Descripción de las características físico – mecánicas de los suelos que controlan el diseño de la cimentación, análisis y diseño de la solución adoptada para la cimentación.

Se debe incluir memorias de cálculo en cada caso, indicándose los valores de todos los parámetros utilizados y los resultados obtenidos. Sin tener carácter limitativo y de acuerdo a los requerimientos del Estudio, en esta sección se deben incluir:




- Presión admisible del terreno, indicando las precauciones especiales que deberá tomar el diseñador o el constructor de la obra, como consecuencia de las características particulares del terreno investigado (efecto de la napa freática, contenido de sales agresivas al concreto).
- Parámetros para el diseño de muros de contención (peso específico, coeficiente de empuje activo, ángulo de fricción interna).
- Tipo de cimentación y otras soluciones si las hubiera.
- Profundidad de cimentación.
- Estimación de asentamientos que sufriría la estructura con la carga aplicada (diferenciales y/o totales).
- Parámetros para el diseño de defensas ribereñas (clasificación SUCS del cauce y de las riberas del río, ángulo de fricción, densidad, granulometría).

c. Planos y Perfiles de Suelos

c.1 Plano de Ubicación del Programa de Exploración.

Comprende el plano topográfico o planimétrico del terreno relacionado a una base de referencia y mostrando la ubicación física de la cota o BM de referencia utilizada, empleándose, en el plano de ubicación, la nomenclatura mostrada en el Cuadro 4-1.

Cuadro 4-1
Nomenclatura de las Técnicas de Investigación para el Estudio Geotécnico

Técnica de Investigación	Símbolo	Símbolo Gráfico
Pozo o calicata	C – n	
Perforación	P – n	
Auscultación	A – n	

c.2 Perfil Estratigráfico por Punto Investigado.

Debe incluirse la información del perfil del suelo, así como las muestras obtenidas y los resultados de los ensayos "in situ". Para este efecto, existe en nuestro medio una simbología de uso común como lo muestra la Figura 4-3.

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION
		SUCS	GRAFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO INORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		ARCILLAS ORGANICAS O LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	PT		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	

Fig. 4-3. Simbología de Suelos

d. Resultados de los Estudios "In Situ" y de Laboratorio

Comprenderá los gráficos y resultados obtenidos en el laboratorio según lo establecido por las normas señaladas en el Cuadro 4-2.

Cuadro 4-2
Normas Aplicables en Ensayos de Suelos

Ensayo	Norma Aplicable
Análisis Granulométrico	ASTM D 422
Peso Específico de los Sólidos	ASTM D 854
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	ASTM D 1557
Compresión no Confinada	ASTM D 2166
Contenido de Humedad	ASTM D 2216, ASTM 4643
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	ASTM D 2487
Descripción Visual - Manual	ASTM D 2488
Corte Directo	ASTM D 3080
Densidad Relativa	ASTM D 4253, ASTM D 4254
Límite Líquido y Plástico	ASTM D 4318
Contenido de Sulfatos, Cloruros, Sales Solubles Totales en el suelo y en el agua	BS 1377 - Parte 3

4.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

Este estudio está dirigido a calcular los parámetros hidrológicos, que con un período de retorno adecuado, permitan calcular los eventos máximos (caudales, niveles de socavación, flujo subsuperficial, etc.) y/o mínimos de diseño para definir las características geométricas que deberá disponer las estructuras hidráulicas tendientes a cumplir con el Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA).

El Profesional Responsable de este estudio debe realizar el cálculo de los referidos eventos de diseño bajo el criterio de que las dimensiones de las estructuras hidráulicas sean técnica y económicamente viables, utilizando para tal efecto los métodos hidrológicos que más se ajusten a la zona alto andina y a la disponibilidad de datos, sustentando cada valor adoptado.

Muchas de las estructuras hidráulicas proyectadas para el cumplimiento del PAMA, están destinadas a la protección de las estructuras existentes en los asentamientos mineros del flujo de quebradas, es necesario por lo tanto que el Profesional Responsable, a partir de los eventos ocurridos anteriormente, considere e interprete el comportamiento de los eventos constituidos por flujos de lodo y escombros, conocidos como huaycos, ligándolos a las características climatológicas, geomorfológicas y topográficas de la misma. Teniendo en cuenta la falta de información estadística, sobre este tipo de eventos, el Profesional Responsable debe estimar mediante métodos indirectos la velocidad, altura y volumen de los flujos de escombros, así como su frecuencia de ocurrencia, los cuales servirán para el diseño de las estructuras. Dentro de los estimados para el diseño deberán establecerse los parámetros para la estabilidad y comportamiento de las obras tales como la velocidad y fuerza de impacto de los materiales arrastrados sobre la obra, ángulo de deposición de los materiales detrás de los diques, forma de deposición, erosión en los anclajes y pie aguas abajo de las presas, entre otros, que permitan fundamentar los diseños referidos.

Para el caso de proyectos que incluyan obras de defensa ribereña, el Estudio Hidrológico debe determinar los parámetros hidráulicos que permitan precisar el comportamiento hidrodinámico del río, evaluar la probabilidad de permanencia o cambio del cauce del río en las secciones prefijadas para el encauzamiento, establecer y cuantificar las zonas erosionables. Así mismo, el Estudio debe considerar, el comportamiento del río con relación a las quebradas y al aporte de sedimento de éstas.

Todo Estudio Hidrológico está supeditado a la disponibilidad de información existente, por lo tanto el Profesional Responsable debe agotar todas las instancias para coleccionar la información básica, conformada por la información relativa al relieve de las cuencas y la información meteorológica y/o hidrométrica.

El Estudio Hidrológico propiamente dicho, debe ser realizado mediante métodos apropiados y los resultados del mismo deben ser contrastados con las observaciones de campo para calibrar dichos modelos. A este respecto, la información histórica de eventos provenientes de antiguos reportes periodísticos, registros de daños en las minas, huellas en carreteras y vías ferreas pueden ser de gran ayuda. Asimismo, las evidencias geológicas, geomorfológicas y botánicas, estudiadas por lo que se ha denominado paleohidrología, pueden ser usadas.

El Informe del Estudio debe contener una breve descripción de la zona comprendida dentro del proyecto, las fuentes de información y los valores asumidos por el Profesional Responsable.

4.3.1 Recopilación de la Información Básica

a. Información Relativa al Relieve de las Cuencas

La información referente al relieve de las cuencas puede ser obtenida de las cartas geográficas publicadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a las escalas 1/100000 y 1/25000. La presencia de mesetas en la zona alto andina, sin embargo, hace que muchas veces dicha información sea insuficiente.

Otra fuente de información que puede ser utilizada como referencia para el análisis del relieve de las cuencas son los mapas geológicos publicados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMET) y cuya última versión data de 1997.

Las cartas geográficas permiten trazar la red hidrológica de la cuenca objeto del estudio, esta labor se realiza mediante la ejecución del proceso inverso al recorrido del agua, para identificar los efluentes que pudieran existir. Las cartas referidas permiten la delimitación de la cuenca mediante la identificación de las altas cumbres de las montañas, observándose que la línea que divisoria (*divortium acuarium*) siempre corta ortogonalmente a las curvas de nivel y que no debe cortar ningún curso de agua de la red hidrológica a excepción de la desembocadura.

Sobre la base de la información referida es necesario determinar las características fisiográficas de la cuenca, estableciendo para ello los parámetros geométricos y los parámetros relativos o índices más relevantes de la cuenca de estudio.

a.1 Parámetros Geométricos

i. Area de la Cuenca (A_c)

Representa la superficie de la cuenca proyectada sobre un plano horizontal delimitado por la línea divisoria.

ii. Centro de Gravedad de la Cuenca (CG)

Representa el centro de gravedad de la superficie de la cuenca proyectada sobre un plano horizontal delimitado por la línea divisoria.

iii. Perímetro (P_c)

Representa la longitud total de la línea divisoria proyectada sobre un plano horizontal.

iv. Longitud Máxima (L_b)

Representa la medida longitudinal de la línea de longitud máxima desde la desembocadura hasta el punto más alejado de la línea divisoria. Dicha línea determina el desarrollo del cauce principal.

v. Longitud del Punto más Cercano al Centro de Gravedad a la Desembocadura de la Cuenca (L_c)

Representa la medida de la longitud medida entre el centro de gravedad de la cuenca y la desembocadura de la misma, siguiendo el cauce principal.

a.2 Parámetros Relativos o Índices de la Cuenca

i. Pendiente del Canal (S)

Representa la pendiente del cauce principal de la cuenca. Este parámetro está condicionado por el caudal, la carga de sedimentos y el tamaño de la cuenca, por lo general la pendiente de los cauces disminuye al aumentar la superficie de la cuenca vertiente.

ii. Jerarquización de la Red de Drenaje

El estudio de la jerarquización de la red de drenaje en tramos de cada vez mayor rango, según la clasificación de *Strahler* (1964), permite situar al tramo de proyecto de forma relativa al conjunto de la red, analizando de dicha manera las influencias que recibe del resto de los tramos, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 4-4. Obsérvese que de acuerdo al criterio desarrollado por *Strahler*, los tramos de orden 1 son los que sólo reciben la escorrentía directa de las laderas, que dos tramos de orden 1 forman uno de orden 2, dos tramos de orden 2 forman uno de orden 3 y así sucesivamente. La jerarquización de la red de drenaje está condicionada por la escala topográfica que se maneja y ésta debe ser señalada dentro del informe del Estudio Hidrológico.

Es necesario también realizar el análisis de las superficies que vierten directamente al cauce principal, en relación con las superficies que vierten a través de afluentes, como se aprecia en la figura 4-4. Este análisis permite dimensionar las posibilidades de control de las avenidas, áreas de inundación potencial, llegada de sedimentos, contaminación, efecto de la regulación de caudales, etc., las cuales pueden actuar en las sub cuencas correspondientes o en propio cauce principal.

Para los proyectos hidráulicos destinados al cumplimiento del Programa de Adecuación del Medio Ambiente, el tramo del proyecto debe ser determinado previamente mediante el Estudio Ambiental Preliminar (EVAP) tal como se ha señalado en el ítem 3.2.3.

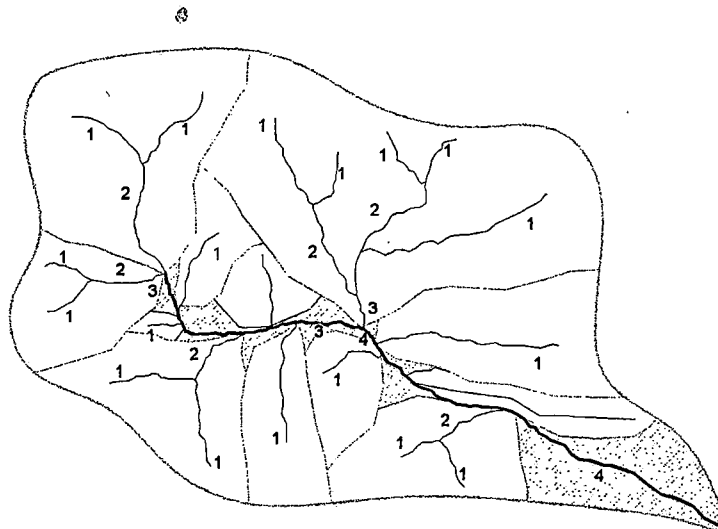


Fig. 4-4. Jerarquización de la Red de Drenaje según el Orden de Cada Tramo

b. Datos Hidrometeorológicos

La información hidrometeorológica puede ser obtenida de los registros de las diferentes estaciones pertenecientes a las operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI). Paralelamente a la información que pueda ser obtenida del SENAMHI, existe información, aunque escasa, de las estaciones instaladas por las empresas mineras en algunos asientos mineros. El SENAMHI cuenta con las siguientes clases de estaciones:

b.1 Estaciones de Observación Meteorológica

i. Estaciones Climatológicas Ordinarias

Estaciones climatológicas en las que se efectúan observaciones tres veces al día, de los siguientes elementos: viento, temperatura del aire (incluidas las temperaturas extremas), temperatura del agua, evaporación, precipitación, humedad del aire, nubosidad y visibilidad.

ii. Estaciones Climatológicas Principales

Estación climatológica en las que se hacen lecturas horarias de observaciones por lo menos tres veces al día, además de las lecturas horarias efectuadas según datos registrados automáticamente.

En este tipo de estaciones se registran los siguientes elementos: estado del tiempo, viento, nubosidad, tipo de nubes, visibilidad, temperatura (incluidas las temperaturas extremas), humedad, evaporación, presión atmosférica, precipitación, insolación, radiación solar, estado del suelo, temperatura del suelo (a 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 y 1.00 m).

iii. Estaciones Sinópticas

Estaciones desde las cuales se efectúan observaciones sinópticas a horas prefijadas y cuya información es transmitida de inmediato.

En este tipo de estaciones se registra la dirección y velocidad del viento, la nubosidad, el tipo de nubes, movimiento de las nubes, la visibilidad, la temperatura (incluidas las temperaturas extremas), la humedad, la presión atmosférica, la cantidad de precipitación y la ocurrencia de fenómenos especiales.

iv. Estaciones Pluviométricas

Estaciones en las que se efectúan dos observaciones diarias de la precipitación.

b.2 Estaciones de Observación Hidrológica

Comprende a las estaciones donde se efectúan observaciones de uno o más elementos hidrológicos y comprende a las estaciones hidrométricas (en las que se observan el nivel de los ríos, lagos y embalses; el flujo de las corrientes; transporte y/o depósito de sedimentos y las propiedades físicas y químicas del agua) y a las estaciones climatológicas para fines hidrológicos (aquellos en los que se efectúan observaciones meteorológicas de temperatura, evaporación, vientos, etc. en apoyo a fines hidrológicos).

Dentro de las hidrométricas se observan los siguientes tipos:

i. Estaciones Hidrométricas Principales

Son aquellas donde se observan, durante numerosos años, uno o cierto número de elementos hidrológicos, teniendo en cuenta la importancia de los mismos en relación con el medio ambiente físico. Este tipo de estaciones están dotadas de aparatos registradores.

ii. Estaciones Hidrométricas Secundarias

Son estaciones hidrométricas establecidas únicamente para que funcione durante un número limitado de años con el fin de complementar la red básica de las estaciones hidrométricas principales.

4.3.2 Período de Retorno

Dentro del marco establecido por el Ministerio de Energía y Minas para los proyectos de Adecuación del Medio Ambiente, no se ha precisado los valores recomendables para el Período de Retorno, sin embargo este parámetro, supeditado al período de explotación de la mina y el nivel de riesgo aceptable para las estructuras a proteger, puede ser establecido de acuerdo a las recomendaciones mostradas en la tabla 4-3. Estas recomendaciones han sido elaboradas sobre la base de los niveles de riesgo propuestos por Ven Te Chow (*Applied Hydrology*, Mc Graw Hill, New York, 1994), la elección de este parámetro, sin embargo, es un tanto subjetiva y requiere de un cierto grado de experiencia del Profesional Responsable.

Existen tres procedimientos para la selección del evento de diseño a saber: el método empírico, el análisis de riesgo y el análisis económico. En el método empírico, se selecciona como magnitud de diseño el evento extremo del registro histórico de N años, luego el período de retorno, bajo el criterio de que dicho evento sea igualado o excedido una vez durante los n años siguientes es $(N+n)/n$. El análisis de riesgo parte del hecho que la estructura puede fallar si la magnitud para el período de retorno, es excedida durante la vida útil de dicha estructura. El análisis económico, que requiere del conocimiento de la naturaleza probabilística del evento hidrológico y del daño económico que resultaría en el caso de ocurrir, se basa en el criterio de que a medida que se incrementa el período de retorno, aumenta el costo de la estructura, pero disminuye el monto de los daños esperados, por lo tanto se puede llegar a un período de retorno para el cual se minimizan los costos totales sobre una base anual.

Otro criterio de elección del período de retorno lo constituye el valor límite estimado, definido como la magnitud máxima posible de un evento hidrológico en un sitio determinado, basado en la información hidrológica disponible. A este respecto, la *U. K. Flood Studies Report* recomienda que el período de retorno debe ser de sólo $2N$ años (N es la longitud de registros) y que más allá de un periodo del retorno de $4N$ años, es recomendable una curva de frecuencia regional para un periodo de 200 años e incluso de 500 años, con el riesgo de una baja exactitud.

Cuadro 4-3
Período de Retorno de las Avenidas de Diseño

Tipo de Estructura	Periodo de Retorno (años)
Obras de drenaje pluvial en campamentos (*)	25 - 50
Obras de protección para el abandono definitivo de canchas de relaves	
Alejados de cursos de agua	50 - 100
Cercanos a cursos de agua	50 - 100
Defensas Ribereñas	50 - 100
Alcantarillas	25 - 100
Drenaje de Aguas Ácidas	50 - 100
Diques con bajo riesgo de pérdida de vidas	
Diques pequeños	50 - 100
Diques medianos	100 +
Diques grandes	-

(*) De acuerdo al período de explotación de la mina.

4.3.3 Consideraciones para el Estudio Hidrológico

a. Análisis de la Información Existente

En todo Estudio Hidrológico debe realizarse un análisis de la información existente, esta actividad esta dirigida a detectar cualquier tipo de inconsistencia en la información colectada y es absolutamente necesaria para evitar resultados extraños en los cálculos que se requieran realizar. Para el caso de la información meteorológica, existen para este efecto dos métodos de análisis: el gráfico y el estadístico. El análisis de la información existente, le permite al Profesional Responsable tener elementos de juicio para, de ser justificable, proceder a completar la información referida (Ver figura 4-5).

El análisis gráfico de la información puede ser realizado contrastando los histogramas de serie (gráfico que representa la información hidrológica en el tiempo) con las observaciones realizadas en la visita de campo, detectando la existencia de datos discordantes. De la apreciación visual del histograma es posible deducir si la información es aceptable o dudosa, considerándose como información dudosa, por ejemplo, aquella que muestra valores constantes en períodos en los cuales es físicamente imposible debido a la naturaleza aleatoria de los datos. Este método es bastante limitado ya que sólo permite detectar saltos y/o tendencias en la información histórica, por lo que es recomendable realizar un análisis estadístico.

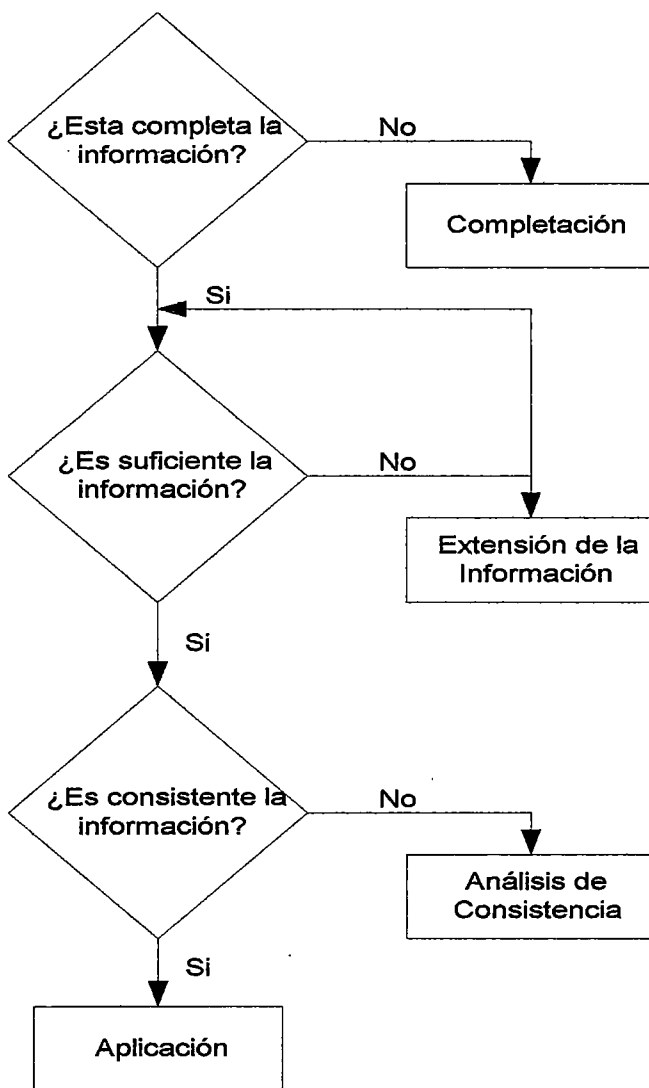


Fig. 4-5. Diagrama de Flujo del Análisis de la Información Hidrológica

b. Análisis de Frecuencia

Para el análisis de frecuencia, actividad referida al cálculo de los eventos de diseño para el período de retorno recomendado y para la cual es necesario crear, sobre la base de los datos colectados y de los cuales se ha verificado su consistencia, una serie de datos anuales (un valor extremo por año) para ajustarlos a una función de distribución de valores extremos, como la Normal, Log-Normal, Gumbel, Person Tipo III o Log-Person Tipo III (Ver Cuadro 4-4), es recomendable para el cálculo de las frecuencias observadas, usar el método de Weibull, $m/(n+1)$, donde m es el rango de cada valor, y n el número de años de la serie.

Cuadro 4-4
Principales Funciones de Distribución de Valores Extremos

Distribución	Aplicación /Ventajas	Desventajas
Normal	VARIABLES hidrológicas como la precipitación anual, calculada como la suma de los efectos de muchos eventos independientes.	Su variación sobre el rango continuo $[-\infty, \infty]$ y su simetría, ya que las variables hidrológicas no son negativas y tienden a ser asimétricas.
Log-Normal	En relación con la normal, su rango es limitado ($X > 0$) y la transformada logarítmica tiende a reducir la asimetría positiva común a los datos hidrológicos.	La limitación de esta función radica en que posee sólo dos parámetros y requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos con respecto al promedio.
Gamma	Es aplicable para el cálculo de la altura de precipitación de tormentas.	La distribución Gamma involucra a la función Gamma $\Gamma(\beta)$ y posee dos parámetros λ y β , y tiene su límite inferior en cero, la misma que representa una desventaja para su aplicación a variables hidrológicas que poseen un límite inferior mayor que cero.
Gumbel o Valor Extremo Tipo I	Aplicable a cualquier conjunto de valores extremos máximos.	Por ser una distribución doble exponencial, la variable puede tomar cualquier valor, por lo que se puede asignar probabilidades a valores negativos a la variable aleatoria.
Person Tipo III	Aplicable a la distribución de caudales instantáneos máximos mensuales.	
Log-Person Tipo III	Puede adaptarse bien para el análisis de frecuencia de los caudales máximos anuales.	

La bondad de ajuste de la serie creada a cada una de las funciones de distribución mencionadas debe llevar a cabo mediante la Prueba Chi-Cuadrado (χ^2), aplicable a las distribuciones Normal y Log-Normal, y la Prueba de Kolmogorov-Smirnov, aplicable a cualquier distribución, y es un paso necesario para realizar el modelamiento del sistema hidrológico objeto del Estudio.

En nuestro medio, la disponibilidad de escasa información meteorológica, representa una tara para la ejecución del Estudio Hidrológico, es así que alternativamente, para el cálculo de eventos máximos como las precipitaciones máximas e intensidades de tormentas regionales, se puede hacer uso del "Estudio de la Hidrología del Perú", el mismo que fue realizado en mediante la cooperación técnica del Instituto Italo-Latinoamericano (IILA), la Universidad Nacional de Ingeniería y el SENAMHI.

c. Modelamiento del Sistema Hidrológico

El modelamiento del sistema hidrológico, necesario para cuantificar su salida en un punto dado, debe ser realizado por el modelo matemático que mejor describa sus variables de entrada y de salida (ver tabla 4-5). La elección del modelo a ser usado es bastante subjetiva, sin embargo se deben tener en cuenta:

- La forma y estructura de los métodos disponibles, los factores que consideran, la base teórica y sus grados de precisión.

- Si es requerido el uso de un modelo determinístico o probabilístico, y si se dispone de los valores de los parámetros para la aplicación de un método en particular.
- El tipo e importancia del proyecto para el cual se requiere la estimación, los efectos de la inexactitud y la excedencia en la estimación, y si el caudal pico o el hidrograma completo es requerido.
- El tiempo que puede demandar la estimación.
- La experiencia disponible ya que los métodos más complejos requieren de gran experiencia de parte del Profesional Responsable, sin la cual, los resultados pueden ser más pobres que los obtenidos con métodos simples.

Cuadro 4-5
Métodos de Estimación de la Escorrentía Superficial(*)

Método	Tamaño del Área de Drenaje	Información Requerida	Variables	Resultados	Aplicación
Racional	$\leq 8 \text{ Km}^2$	Cobertura superficial, t_c , curvas IDF	Coefficiente de escorrentía (C)	Caudal pico	Obras menores de drenaje urbano y rural
Hidrograma Unitario	$\leq 2590 \text{ Km}^2$ (sólo precipit. diarias y descargas medias diarias)	Precipitación y datos de descarga		Hidrograma	Cálculo de avenidas para sistemas mayores de drenaje, volúmenes de almacenamiento
Hidrograma Unitario del USSCS**	$\geq 50 \text{ Km}^2$	Tipo de suelo, datos de precipitación, t_c	Número de curva (CN), retardo (L), tiempo pico (t_p)	Hidrograma	Cálculo de avenidas para sistemas mayores de drenaje, volúmenes de almacenamiento
Gráfico USSCS **	$\leq 50 \text{ Km}^2$	Tipo de suelo, precipitación acumulada, (t_c)	Número de curva (CN), índices de pérdidas	Caudal pico	Flujo pico para el diseño de sistemas mayores y menores
Racional Ingreso Masa	$\leq 8 \text{ Km}^2$	Suelo de cobertura, curvas IDF, curva masa de la salida	Coefficiente de escorrentía (C)	Volumen de Almacenamiento	Detenciones.

(*) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products, American Iron and Steel Institute, 3rd Edition, Washington D. C., 1983, pag. 169.

(**) USSCS: United States Soil Conservation Service.

Para el cálculo del caudal pico en pequeñas y medianas áreas de drenaje, es de uso frecuente el uso del Método Racional y el Método de la *Unites States Soil Conservation Service* (Método de la SCS). Aunque no es posible definir exactamente los umbrales para caracterizar a un cuenca como pequeña o mediana, se usan limites superiores a 25 Km^2 y 500 Km^2 , respectivamente, para tal fin.

El Método Racional, usado para el caso de cuencas menores a 8 Km², considera, como afirma *Ven Te Chow*, que si una lluvia con intensidad *i* empieza en forma instantánea y continua en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que llegue al tiempo de concentración *t_c*, en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en un punto dado y que el producto de la intensidad de la lluvia *i* y el área de la cuenca *A* es el caudal de entrada al sistema, *iA*, y la relación entre este caudal y el caudal pico *Q* (que ocurre en el tiempo *t_c*) representa el coeficiente de escorrentía *C* ($0 \leq C \leq 1$) y que por lo tanto: $Q = CiA$. Cabe mencionar que el coeficiente de escorrentía *C* (que depende principalmente de las características, condiciones, pendiente y grado de compactación del suelo, la proximidad del nivel freático, la vegetación, la porosidad del subsuelo y el almacenamiento por depresión) es la variable menos precisa del Método Racional, por lo tanto su elección requiere del conocimiento y la experiencia del Profesional Responsable.

El uso del método de la SCS es simple y directo, sin embargo, la estimación del tiempo de concentración, *t_c*, y la elección del número de curva CN, puede llevar a errores considerables en la estimación del caudal pico si no se realizan correctamente.

La presencia de nieve perpetua en la zona alto andina hace que necesario considerar la existencia de un caudal base en algunos cursos de agua.

d. Routing

Este procedimiento es necesario para predecir los cambios de magnitudes, velocidad y distribución de una onda de flujo como una función del tiempo en un o más puntos a lo largo de un curso de agua (río, quebrada, reservorio, canal, etc.). Los métodos más usados para este efecto son mostrados en el cuadro 4-6. La elección del modelo utilizado para esta actividad debe ser realizada sobre la base de los siguientes considerandos:

Cuadro 4-6
Principales Métodos Aplicados para el Routing de Flujos

Método	Variables/Aplicación	Desventajas
Múskingum	K (de 0.1 a 150 hr), x (de 0 a 0.6)	Algunas veces arroja resultados iniciales negativos de un hidrograma
Múkingum-Cunge	Sección de cruce, longitud del cauce, pendiente de energía (puede aproximarse a la pendiente del canal), coeficiente de rugosidad de Manning	Empieza a divergir de la solución para un flujo inestable cuando se realiza el routing de hidrogramas muy ascendentes a través de pendientes bajas.
Múkingum-Cunge de 8 Puntos	Longitud del cauce, pendiente de energía (puede aproximarse a la pendiente del canal), coeficiente de rugosidad de Manning, posición de 8 puntos de una sección	
Onda Cinemática	Sección de cruce, longitud del cauce, pendiente de energía, coeficiente de rugosidad de Manning	

- El modelo debe arrojar la información necesaria de las variables de diseño.
- El modelo debe tener un nivel de exactitud aceptable.
- El tipo y disponibilidad de datos.
- El costo y la disponibilidad de herramientas de cálculo.
- La extensión de la información, su rango de aplicabilidad y su nivel de confiabilidad.
- La complejidad de la formulación matemática.
- El nivel de experiencia del Profesional Responsable.
- El tiempo disponible para la ejecución de los cálculos.

e. Simulación de Eventos

En nuestro medio existen modelos de simulación de eventos que pueden modelar un evento único de lluvia-escorrentía y eventos de simulación continua, los cuales incluyen procedimientos para tener en cuenta el contenido de humedad del suelo con el fin de simular la escorrentía causada por lluvias con intervalos de días u horas a lo largo de grandes períodos. Uno de los más usados modelos de simulación de eventos es el HEC-1, el cual fue desarrollado en 1981, en el ambiente DOS, por la *United States Army Corps of Engineers* (USACE) y cuya primera versión en el entorno Windows, desarrollada en 1998, lo constituye el soporte lógico (software) llamado *Hydrologic Modeling System* (HMS).

En proyectos de Adecuación del Medio Ambiente donde se requiera que el Estudio Hidrológico precise el comportamiento hidrodinámico de un río, el modelo de simulación más usado lo constituye el HEC-2, el cual también fue desarrollado por el USACE en el entorno DOS y cuya versión en el ambiente Windows, es el HEC-RAS (siglas en inglés del *River Analysis System*).

4.3.4 Contenido del Informe Hidrológico

El Informe, sin ser limitativo, debe contener la siguiente información:

a. Datos Generales de la Cuenca

Se debe describir la ubicación geográfica de cuenca, mostrando la información referente a las latitudes y longitudes del sector comprendido, las cotas máxima y mínima, las características físicas (área, longitud del cauce principal, pendiente promedio, etc.).

b. Información Básica

Debe señalarse las fuentes de obtención de la información básica, indicando el código y la escala de las cartas nacionales usadas, en caso de haberse utilizado estudios topográficos anteriores, se debe indicar la fecha de realización y la institución por la fue realizada. Para el caso de la información referente a los datos meteorológicos y/o hidrométricos, se debe mencionar la ubicación (latitud, longitud, cota), tipo de la estación, período de registro, así como la institución encargada de monitorearla.

c. Clima y Geomorfología

Se debe describir sucintamente las condiciones meteorológicas de la cuenca, indicando las temperaturas máximas y mínimas, las velocidades del viento, humedad, etc., señalando además la presencia de estaciones definidas, la variación temporal de la precipitación y la precipitación mensual promedio. Asimismo, debe ser indicada la geomorfología de la cuenca, señalando los principales cursos y accidentes geográficos comprendidos en la zona del proyecto.

d. Observaciones de Campo

Dentro de este ítem, se deben indicar los niveles de las señas de eventos extremos, diámetro del material de arrastre, tipos y grados de vegetación, tipos de suelo, taludes, anchos de cauce, etc. que el Profesional Responsable haya observado en la visita de campo.

e. Criterios de Cálculo

El Profesional Responsable debe fundamentar la elección de los métodos de cálculo elegidos, el tipo de hidrograma usado y el método para el tránsito de avenidas, explicando además los considerandos para la asunción de todos los parámetros que intervienen en los mismos.

En caso de que se utilicen en el Estudio Hidrológico soportes lógicos de modelamiento hidrológico como el HEC-1, HEC-2, HEC-RAS o HMS, se debe indicar la versión de los mismos, detallando además los valores de entrada.

f. Conclusiones y Recomendaciones

Se debe incluir las conclusiones y recomendaciones del Estudio Hidrológico, incidiendo en los parámetros de diseño que regirán el diseño definitivo.

Dentro de las recomendaciones, el Profesional Responsable debe referirse a la necesidad de medidas necesarias para la operación y mantenimiento de las estructuras (ubicación de estaciones de control, ubicación de áreas críticas, un plan de monitoreo, etc.).

g. Anexos

Se debe incluir dentro de los anexos las memorias de cálculo, indicándose los valores de todos los parámetros utilizados, los gráficos, los ábacos. En caso de que se haya utilizado algún tipo de soporte lógico para la simulación de los eventos extremos, se debe señalar la versión de los mismos, detallando los valores de las variables de entrada, los resultados obtenidos y de ser posible la bitácora de advertencias de salida del programa (*log file*).

4.4 ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA PROYECTOS QUE INCLUYAN TRABAJOS DE REVEGETACIÓN

En proyectos de Adecuación del Medio Ambiente que incluyan obras de revegetación (ver cuadro 3-10) se precisan de estudios complementarios tendientes a determinar el tipo de especie vegetal, el modo de sembrado, el espesor de la cobertura de hùmus

mínima, etc. Los trabajos de revegetación son necesarios para la cobertura de las canchas de relaves en proceso de abandono definitivo, la estabilización de taludes, reducción de polvo y ruido, tratamiento de quebradas, reforestación de las riberas de ríos, etc. Esta actividad es toda una disciplina para la que se ha acuñado el término de Bioingeniería.

En este tipo de trabajos se distingue la existencia de tres tipos de vegetación: (1) la vegetación que se desarrolla a lo largo de los cursos de agua y es estructuralmente distinta a la que se desarrolla en las zonas próximas, no afectadas, por la presencia del curso referido; (2) la asociación de especies de plantas que típicamente crecen en las proximidades de cursos de agua y necesitan y toleran una mayor humedad en el suelo respecto a las restantes especies de las laderas; o (3) la vegetación terrestre que crece a lo largo de los ríos u otras zonas acuáticas, y dependen del agua suministrada por éstas para disponer en el suelo de mayor humedad que la correspondiente a las precipitaciones recibidas en la zona.

La revegetación mejora el comportamiento hidrológico de una cuenca, favoreciendo al almacenamiento de agua, el retraso de las avenidas, la reducción de los daños por erosión de márgenes, el depósito de sedimentos y partículas orgánicas, la mejora de la recarga acuífera, estabilización del trazado del cauce, mejoramiento del paisaje, etc. La naturaleza de las especies vegetales utilizadas, proporciona una estabilización creciente, debido a su capacidad regenerativa, sin embargo, la vegetación por sí sola, resulta a veces insuficiente para cumplir eficientemente con los requerimientos, por lo que es necesario el emplazamiento de obras complementarias y el uso de materiales inertes (geotextiles, redes, geoceldas, etc.). Cabe señalar que dentro de los materiales inertes pueden distinguirse dos clases: los biodegradables y los no biodegradables.

La desventaja de la revegetación, radica en el hecho de que alcanzan una plena eficacia después de un intervalo de tiempo y exigen espacio. En la zona alto andina, se hace necesario el uso de especies nativas, de algunas de las cuales, al no ser comercialmente demandadas en los viveros, se desconoce el proceso de su desarrollo radicular, por lo que se requiere la asesoría de un Biólogo o un Ingeniero Agrónomo, el mismo que se constituye en el Asesor de esta actividad y debe realizar sus funciones en estrecha coordinación con los otros Profesionales que participan en el Proyecto.

Las actividades necesarias para el desarrollo de los proyectos del PAMA incluyan trabajos de revegetación, son los siguientes:

4.4.1 Análisis de la Zona de Plantación

El Asesor debe analizar la topografía y tipo de suelo de la zona de plantación a efecto de determinar las pendientes existentes y cuantificar la superficie de la misma. El grado de inclinación de los taludes determina la necesidad de estructuras complementarias, observándose que por ejemplo taludes con pendientes superiores al 30% deben calzarse con muros de gaviones o geoceldas, uso de mallas, etc., sobre las que se puede introducir la vegetación (ver Anexo A.1 – Materiales Inertes Aplicables a Trabajos de Revegetación).

El Asesor debe analizar también la naturaleza de los suelos existentes, observándose en grado de compactación, determinándose si un alto grado de compactación ha sido causado por la influencia de personas, paso de maquinaria pesada usada en las labores de extracción y acarreo de minerales, etc. Debe analizarse,

asimismo, la posibilidad de saturación y la necesidad de un avenamiento adecuado para la protección de los plántones.

Es necesario analizar el pH del suelo y en el caso de que existan condiciones limitantes para el desarrollo de ciertas especies por la existencia de altos niveles de acidez y se requiera la remoción o la cobertura de dicho material, se debe determinar el espesor mínimo de humus necesario para el desarrollo radicular de las especies vegetales consideradas. Este parámetro es necesario también para el caso del recubrimiento de canchas de relaves en proceso de abandono definitivo.

4.4.2 Elección de las Especies Vegetales

La selección de las especies vegetales plantea el dilema de usar especies nativas y especies foráneas. Para el caso de la zona alto andina, existen pocas especies foráneas que se adaptan a este contexto, debiendo ser prioritario el uso de especies nativas.

Las especies nativas de la zona alto andina (descritas en el ítem 2.1 de la presente Tesis) que han evolucionado en las mismas condiciones locales de clima y suelo; están adaptadas a las fluctuaciones meteorológicas; que una vez establecidas, no necesitan riego ni mantenimiento; y que son las que utiliza la fauna silvestre de la zona, no son comerciales por lo que se sabe poco respecto a sus desarrollos vegetativos.

Existen algunos estudios realizados por los equipos ambientalistas de las mineras Yanacocha y Milpo que pueden aportar información referente a la reforestación en la zona alto andina como son las tasas de crecimiento en dos tipos de *quinual*, el efecto del suelo en el crecimiento de los árboles, el comportamiento de las especies arbóreas y arbustivas ante diferentes tamaños de hoyos y efectos de abonamiento, fertilización y crecimiento de las especies evaluadas (especies nativas como los *colles* y *quinuales* y especies exóticas como eucaliptos, pinos y cipreses).

De acuerdo a las conclusiones preliminares de dichos estudios, el colle tiene el mayor potencial de sobre vivencia y crecimiento, indistintamente del tamaño de hoyo en el que fue plantada y es recomendable para la estabilización de suelos en menor tiempo.

Una vez elegida la lista de especies, el Asesor de esta actividad, debe determinar la disposición de las plantaciones de acuerdo a los requerimientos de protección y a su posición con respecto a su cercanía a cursos de agua.

4.4.3 Preparación del Terreno Previa a la Plantación

El Asesor de esta actividad debe determinar las condiciones que debe tener el terreno para que faciliten el establecimiento de las especies vegetales durante los primeros períodos vegetativos.

En este punto se debe verificar la necesidad (como es el caso de las obras de abandono definitivo de canchas de relaves) de obras de drenaje para el control de la escorrentía superficial de las laderas adyacentes.

4.4.4 Técnicas de Plantación

El Asesor de esta actividad debe determinar las técnicas de plantación adecuadas para el contexto de la zona alto andina, indicando la necesidad de usar elementos inertes, los períodos de riego, los taludes de siembra, los tamaños de los hoyos (para el caso del trasplante de almácigos), el espaciamiento entre plantones, el tipo de riego, la "intensidad de la lluvia" de riego y su variación a lo largo del período vegetativo, la necesidad del uso de estacas, etc.

En esta etapa, el Asesor debe proponer, de estimarlo necesario, la instalación de sectores destinados al monitoreo del desarrollo de las especies vegetales, especialmente en las primeras etapas. Asimismo debe prever la necesidad de restituir las plantas que no hubiesen germinado:

4.4.5 Cuidados Posteriores a la Revegetación

El Asesor de esta actividad debe elaborar un plan de mantenimiento de la superficie revegetada, dicho plan debe incluir un programa de monitoreo. "Una manera de estimar el desarrollo de la plantación es marcar y revisar un 10% de la plantación, y determinar la supervivencia y el vigor de las plantas", como afirman Marta González y Diego García (Restauración de Ríos y Riberas, Escuela Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, 1995).■

CAPÍTULO 5

No abuses de mi inspiración
No acuses a mi corazón
Tan maltrecho y ajado
Que esta cerrado por derribo
Por las fisuras de mi voz,
Se filtra la desolación
De saber que estos son los últimos versos
Que te escribo.

Joaquín Sabina

**CALIDAD DEL
CONCRETO EN
OBRAS
HIDRÁULICAS
REQUERIDAS PARA
EL PAMA**

CAPÍTULO 5 : CALIDAD DEL CONCRETO EN OBRAS HIDRÁULICAS REQUERIDAS PARA EL PAMA

La zona alto andina representa un contexto particular para el emplazamiento de estructuras de concreto, por lo que todo diseño debe contemplar los problemas inherentes a la producción del concreto y a los requerimientos de la calidad de éste para estructuras hidráulicas destinadas al cumplimiento del Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA.

El concreto en climas fríos está expuesto al fenómeno de congelación y deshielo por el cual el agua presente en la pasta o en los agregados se congela y se expande en el sistema de vacíos, pudiendo dañar a la pasta y dejando al agregado ileso, o afectando al agregado y dejando indirectamente afectada a la pasta.

Las estructuras hidráulicas proyectadas para el cumplimiento del PAMA, poseen algunos problemas no comunes en otros usos del concreto. Por la naturaleza de las aguas (ácidas y/o no ácidas) que estarán en contacto con estas estructuras es necesario que en el concreto utilizado en este tipo de obras se verifiquen las siguientes características:

- Alta densidad e impermeabilidad, para minimizar la contaminación de las fuentes de agua, suelos o el ambiente,
- Gran resistencia a las sustancias químicas naturales o a las utilizadas en los procesos de obtención de los minerales, y,
- Superficies suaves para minimizar la resistencia al flujo.

Las características climáticas de la zona alto andina, limitan la producción y durabilidad del concreto. Durante el invierno o estación seca, los cambios bruscos de temperatura, inducen esfuerzos internos en el concreto que pueden producir fisuras considerables. Asimismo, durante el verano o estación húmeda, las continuas precipitaciones, dificultan las labores de vaciado que hacen necesario el uso de estructuras de protección como se muestra en la figura 5-1. Todas estas dificultades deben ser por tanto previstas en la etapa de diseño.

La práctica constructiva en la zona alto andina ha demostrado que un concreto con aditivo incorporador de aire es menos permeable que un concreto convencional con el

mismo contenido de cemento e igual asentamiento, ya que es más trabajable, cohesivo y presenta menor exudación (propiedad que cuantifica al agua que emerge hacia la superficie del concreto en su estado fresco y que se origina debido a la sedimentación de los sólidos de la mezcla). Estas características inducidas por el aditivo incorporador de aire tienden a producir concretos más homogéneos en los que se previene la formación de fisuras en las capas superiores del concreto, haciendo al concreto más durable y resistente al medio ambiente agresivo. Asimismo el uso de aditivo acelerante de fragua, que incrementa el fraguado del concreto a edades tempranas, y aditivo incorporador de aire, a dados buenos resultados en lo que a concreto destinado a estructuras hidráulicas se refiere.

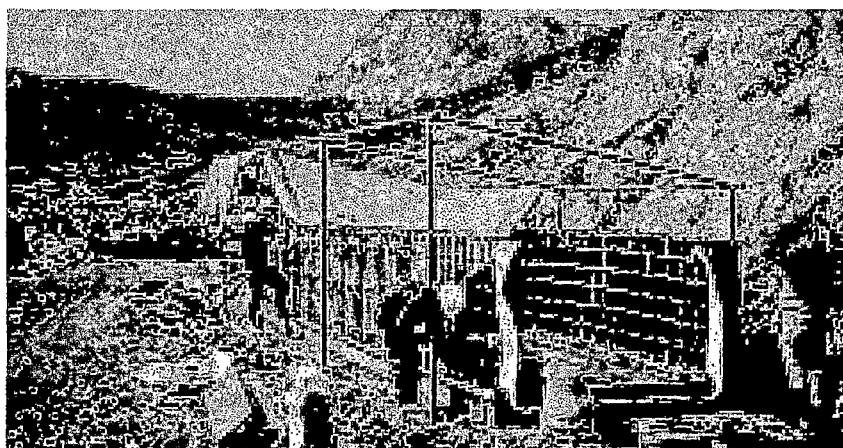


Fig. 5-1. Cobertura Impermeable para la Producción de Concreto en la Zona Alto Andina

Los criterios que seguidamente se exponen, están sustentados en las recomendaciones del *American Concrete Institute (ACI)* para el concreto en obras ambientales, el *Concrete Manual* publicado por el *U.S. Bureau of Reclamation* y las experiencias constructivas en el túnel trasandino Kovire (ubicado en el departamento de Tacna a 4450 msnm), el canal de derivación Choclococha (perteneciente al proyecto especial hidroenergético Tambo-Ccaracocho, ubicado a 4600 msnm en la provincia de Huaytara, departamento de Huancavelica), y los proyectos de Mejoramiento del Sistema de Agua Potable, Tratamiento de Aguas Servidas y Relleno Sanitario Manual de la CC. HH. Pachachaca para el cumplimiento del PAMA (ubicado en la provincia de Yauli, departamento de Junin, a 3979 msnm), proyecto de Construcción de Depósitos Sépticos para el Tratamiento de Aguas Servidas para el cumplimiento del PAMA de la unidad minera Orccopampa (perteneciente a las COMPAÑIAS DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.).

Lo expuesto en el presente capítulo debe ser tomado en cuenta para las Especificaciones Técnicas de Obra y los Costos Unitarios de la partida correspondiente.

5.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO

Desde el punto de vista hidráulico, en el concreto para estructuras de concreto destinadas al cumplimiento del PAMA, deben verificarse las siguientes propiedades:

5.1.1 Impermeabilidad

La impermeabilidad en el concreto se obtiene si el concreto está bien compactado, si se minimiza el ancho de las grietas, si se da un buen diseño y una correcta ejecución de las juntas y si se colocan recubrimientos impermeables donde sea necesario. Por efectos prácticos y económicos, es mejor diseñar, producir y colocar buenos concretos que garanticen la impermeabilidad, a tener que recurrir a recubrimientos con barreras impermeables.

Para obtener concretos poco permeables es necesario que el material sea denso y resistente, para tal efecto, se deben utilizar bajas relaciones agua/cemento (a/c), sin que esto interfiera con los procesos de colocación y vibrado, que son igualmente importantes. La experiencia constructiva ha demostrado que en la zona alto andina, la utilización de incorporadores de aire, un adecuado manejo de las juntas y un excelente proceso de curado garantizan la impermeabilidad del concreto.

5.1.2 Resistencia a la Erosión

Las principales causas de erosión en las estructuras hidráulicas de concreto son el movimiento de material abrasivo en el flujo, el impacto de hielo y principalmente el fenómeno de la cavitación. Al igual que la impermeabilidad, la resistencia del concreto a la erosión aumenta al disminuir la relación a/c.

La erosión varía proporcionalmente al tipo y la cantidad de material abrasivo, con su velocidad y con el cambio de dirección del flujo. Para minimizar la erosión es necesario especificar, en la etapa de diseño, una apropiada operación y un buen mantenimiento y una buena ejecución en la etapa constructiva.

El fenómeno de la cavitación es causado por obstrucciones, cambios abruptos de pendiente, sección y alineamiento en tramos de alta velocidad debidas a pendientes pronunciadas (como las que usualmente existen en la zona alto andina).

En tramos de alta velocidad, una sección donde existe una obstrucción o un cambio abrupto en la sección o alineamiento, origina una zona de presiones menores a la atmosférica en la superficie de la sección ubicada inmediatamente aguas abajo. Esta zona está formada por un flujo turbulento de agua y pequeñas burbujas de vapor de agua viajando a gran velocidad. Las burbujas formadas aguas arriba de esta zona, pasan a través de esta e implosionan debido al incremento de la presión dentro del flujo en la sección aguas abajo. Cuando la implosión ocurre, el agua ubicada en los límites de las burbujas viaja a grandes velocidades hacia el centro de éstas, concentrando grandes cantidades de energía.

Se ha estimado que la implosión de las burbujas de vapor de agua producen presiones de hasta 713 MPa (7273 Kg/cm²), la repetición de estos impactos causan los agujeros característicos de la erosión por cavitación.

Ante este fenómeno, ningún concreto es capaz de resistir la erosión, aunque entre mejor concebido sea, menores serán los daños. Existen pocos estudios realizados al respecto, los ejecutados por el *U. S. Bureau of Reclamation* son expuestos en el *Engineering Monograph No. 41, Air - Water Flow in Hydraulic Structures*. Asimismo, esta institución ha ensayado secciones mixtas de concreto y grava (grava suelta que yace sobre una superficie revestida con concreto) que ha dado buenos resultados; los

parámetros de diseño de este método son expuestos en el *Riprap Design for Overtopped Earth Embankments*.

5.2 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS EN LOS COMPONENTES DEL CONCRETO

5.2.1 Cemento

El cemento se elegirá de acuerdo al nivel de exposición al ataque químico que sufrirá el concreto (Ver Cuadro 5-1).

Cuadro 5-1
Uso del Cemento de Acuerdo al Nivel de Exposición al Ataque Químico

Cemento	Uso
Tipo I	Este tipo de cemento es utilizado en obras que no requieran protección contra los sulfatos y en que no sea necesario un bajo calor de hidratación; por ejemplo, alcantarillas tipo marco, depósitos, canales, tubos, etc.
Tipo II	Posee mayor resistencia a los sulfatos que el Tipo I y un moderado calor de hidratación. Puede aplicarse en pilas profundas, muros de contención y en general obras donde se tengan considerables masas de concreto.
Tipo III (*)	Se utiliza en obras donde se requiera una resistencia inicial alta.
Tipo IV (*)	Tiene bajo calor de hidratación y se usa preferentemente en la colocación de grandes masas de concreto, como por ejemplo presas de concreto, donde se requiere que el calor de hidratación sea mínimo.
Tipo V	Resistente a los sulfatos. Este tipo de cemento se usa únicamente y exclusivamente en estructuras expuestas a una severa acción de los sulfatos.

(*) No existen en el mercado nacional

No todos los tipos de cemento mencionados anteriormente están disponibles en nuestro medio por lo que antes de especificar un determinado tipo de cemento se debe establecer si puede ser suministrado por los productores.

La experiencia constructiva ha demostrado que se requiere mayor volumen de cemento para preparar un metro cúbico de concreto, para una misma relación a/c, en la zona alto andina que a nivel del mar. Ver Cuadro 5-2.

En la zona alto andina, debe especificarse que el cemento presente en los almacenes de obra, no debe tener más de 30 días de antigüedad, que deben apilarse sobre bases de madera, en columnas de no más de 10 bolsas.

Cuadro 5-2

Uso del Cemento de Acuerdo al Nivel de Exposición al Ataque Químico

a/c	Lima (1)		Pañe - Arequipa (2)		Kovire - Tacna (3)	
	Cemento (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Cemento (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Cemento (Kg)	f'c (Kg/cm ²)
0.45	430	330	400	210	482	290
0.50	405	310	380	221	428	275

- (1) Se usó cemento Sol tipo I.
- (2) Se usó cemento Yura tipo I.
- (3) Se usó cemento Yura tipo I.

En la zona alto andina, debe especificarse que el cemento presente en los almacenes de obra, no debe tener más de 30 días de antigüedad, que deben apilarse sobre bases de madera, en columnas de no más de 10 bolsas.

5.2.2 Agregados

Debido a que los agregados ocupan entre el 60% al 80% del volumen del concreto, se deben seleccionar adecuadamente, procurando obtener la mayor cantidad de propiedades deseables en el material, a saber: limpieza, dureza, resistencia, poca porosidad, durabilidad y ausencia de sustancias químicas y recubrimientos que impidan una adecuada unión entre la pasta y los agregados. Los agregados para las estructuras hidráulicas deberán cumplir con las normas establecidas para agregados de concreto de la Norma ASTM C33.

Las propiedades particulares de los agregados se escogen de acuerdo con las características de funcionamiento de la estructura. Por ejemplo, donde se espera transporte de material sólido en el fluido, como es el caso de algunas estructuras requeridas por el PAMA, se debe utilizar agregados resistentes al impacto y al desgaste, como es el agregado proveniente de roca andesita y cuarcita, muy comunes en la zona alto andina.

En lo referente a la forma de las partículas, las partículas agudas, rugosas y alargadas resultan antieconómicas ya que se requieren alto contenido de cemento para obtener una buena trabajabilidad y deben ser limitadas al 15% de la cantidad total de agregados.

Al momento de elegir la gradación, se debe recordar que de ésta depende la dosificación de la mezcla, los requerimientos de agua, la trabajabilidad y la economía del concreto. Gradaciones gruesas producen mezclas ásperas, poco trabajables y causan exudación.

En la elección del material fino es recomendable que entre el 15% y el 30% pase el tamiz de 300 mm (Nº 50) y que del 3 al 7% pase el tamiz de 150 mm (Nº 100); con estas cantidades de material fino, el concreto adquiere mejor trabajabilidad y más cohesividad.

El cuanto al tamaño máximo del agregado, de acuerdo a las Normas de la American Concrete Institute (ACI), éste debe elegirse de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- Que no exceda 1/5 de la de la dimensión mínima de un elemento no reforzado.
- Que no exceda 1/3 parte del espesor de losas no reforzadas.
- Que no exceda las 3/4 partes del espaciamiento entre las barras de refuerzo o entre el esfuerzo y el encofrado.

5.2.3 Agua de Mezcla

Las recomendaciones básicas en cuanto a la calidad de agua son que ésta debe ser potable, libre de azúcares, ácidos, sales, material vegetal, aceites, sulfatos o cumplir con todos los niveles permisibles para agua potable excepto con los límites turbiedad, aceptándose niveles inferiores a 200 ppm, como los que usualmente se encuentran en la zona alto andina. El agua más apropiada, sin embargo, debe ser incolora e insípida.

La presencia de una concentración de 1% de sulfatos en el agua de mezcla puede rebajar más de 10%, la resistencia final del concreto, por lo que ante aguas que presenten dudas para el mezclado, es recomendable hacer probetas de comparación entre el agua destilada y el agua en cuestión. La resistencia obtenida en la probeta fabricada con agua no potable no debe diferir en más del 10% de la alcanzada en la probeta hecha con agua destilada.

5.2.4 Aditivos

En el concreto para las estructuras hidráulicas en la zona alto andina, se ha encontrado grandes beneficios al utilizar incorporadores de aire y aditivos acelerantes de fragua. Entre los beneficios a los que se hace referencia, se pueden mencionar: mayor trabajabilidad, menor exudación, menor riesgo de alteración del concreto, menor contracción, menor capilaridad, etc. Dosificaciones de 10 a 20 cc/saco de cemento han demostrado ser óptimos. La desventaja del aditivo incorporador de aire es que reduce la resistencia a la compresión (hasta un 4% con relación al concreto patrón sin aditivos, para una dosis de 17 cc/saco de cemento a 4600 msnm) y el peso unitario del concreto (hasta 2210 Kg/m³, para una dosis de 10 cc/saco de cemento a 4450 msnm).

La adición de aditivo acelerante de fragua, que incrementa el fraguado a edades tempranas (período de mayor riesgo de alteración del concreto), al concreto con aditivo incorporador de aire, ha demostrado mejorar las condiciones de impermeabilidad y minimizar la disminución de la resistencia mecánicas del mismo (ver Tesis "Determinación de las Características Físicas y Mecánicas del Concreto Fresco y Endurecido Fabricado en Clima Riguroso con Cemento Pórtland Tipo I y Aditivo Acelerante de Fragua e Incorporador de Aire", del Ingeniero Roberto Flores Jiménez).

De acuerdo a las conclusiones de la referida Tesis, para relaciones $a/c=0.4$, una dosis de 0.4% de peso de cemento de acelerante de fragua y 17 cc/saco de cemento, ha dado buenos resultados.

Entre los aditivos incorporadores de aire existentes en el mercado podemos mencionar al *ENTRAMPAIRE* (productos *CHEMA*), *SIKA AER* (productos *SIKA*). Entre los aditivos acelerantes de fragua podemos mencionar al *CHEMA PLUG*, *CHEMA 3*, *CHEMA 4*, *CHEMA 5*, *CHEMA ESTRUCT*, *CHEMA PUNA* *CHEMA PUZOLAN* y *CHEMA*

TUNEL (productos CHEMA); SIKA 3 (productos SIKA) y CAVE RAPID (productos CAVE); Z FRAGUA 5, Z AFRAGUA 4, Z AER (Z ADITIVOS). Las características de estos productos pueden ser proporcionadas por los proveedores señalados en el Anexo A.2 – Materiales Resistentes al Ataque Químico.

5.3 RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y F'c MÍNIMO

A efecto de restringir la permeabilidad en las estructuras hidráulicas de concreto, para condiciones normales de servicio (líquidos con pH>5 o sulfatos presentes con menos de 1500 ppm) la relación a/c máxima debe ser de 0.50 y para condiciones severas (cuando los límites exceden las condiciones normales) la relación a/c máxima debe ser 0.45.

Una forma de cumplir con las relaciones a/c señaladas es restringiendo el valor del f'c del concreto, es así que de acuerdo a las recomendaciones del Comité 350 del *American Concrete Institute*, ACI, para estructuras de concreto ambientales, para el caso de concretos expuestos a condiciones normales es recomendable la utilización de concretos con f'c=24 MPa (245 Kg/cm²) como mínimo. Asimismo para concretos expuestos a condiciones severas es recomendable un f'c mínimo de 27.4 Mpa (280 Kg/cm²).

5.4 TEMPERATURA DE COLOCACIÓN

La temperatura mínima recomendable para el vaciado del concreto en la zona alto andina es de 7 °C a 13 °C para una temperatura ambiente no menor de 7 °C (ver cuadro 5-3). Si la temperatura es menor a dichos valores, puede procederse a calentar el agua, aunque la forma más efectiva es a través de los agregados, ya que éstos representan, en promedio el 70% de la mezcla. Una práctica adecuada es exponer los agregados al Sol, extendiendo las rumas para que aumente su temperatura en el día y protegerlos al inicio de la tarde para que no la pierdan en la noche.

Para obtener buenas temperaturas de colocación del concreto, es necesario llevar un inventario de los depósitos de cemento, ya que el cemento fresco puede presentar temperaturas de hasta 60 °C.

Cuadro 5-3
Temperaturas de Vaciado del Concreto de Acuerdo al Espesor de las Estructuras

Espesor de la Estructura	Temperatura de Vaciado (°C)
Menor a 0.30 m	Mayor a 13 °C
Entre 0.30 m y 0.90 m	Mayor a 10 °C
Entre 0.90 m y 1.80 m	Mayor a 7 °C

5.5 CURADO Y PROTECCIÓN

El curado; necesario para retener o suministrar humedad al concreto para completar la hidratación del cemento y así obtener mayor resistencia, durabilidad e impermeabilidad a la mayoría de ataques químicos; debe comenzar inmediatamente después del fraguado inicial o del acabado superficial, los métodos comúnmente usados son el rocío de agua, la inundación de la superficie y la aplicación de una capa de líquido sellante para formar una membrana impermeable al agua.

Este último método ha mostrado ser eficiente durante la construcción del canal de derivación del Módulo Cabana – Mañazo situado en el departamento de Puno, a 3935 msnm (ver “Memoria de la Quinta Reunión Técnica Taller de Irrigaciones”, organizado por la Gerencia de Proyectos en sierra y Selva del Instituto Nacional de Desarrollo en febrero de 1999).

La protección del concreto en la zona alto andina, puede ser realizada con materiales propios de la zona como paja, ichu, totora y tierra; o por otro material aislante (tekpor, yute, lana de fibra de vidrio, etc.). Aunque no se puede estimar con precisión el espesor requerido para la protección del concreto en la zona alto andina, el Ing. Enrique Pasquel Carbajal, sugiere los espesores de recubrimientos mostrados en el Cuadro 5-4 y que cualquier protección que se elija debe cubrir completamente toda la superficie expuesta del concreto, incluso el encofrado si este libera calor. Asimismo, el desencofrado debe realizarse cuando la temperatura ambiente es como mínimo 10 °C y el gradiente térmico con el concreto no es mayor a 15 °C.

Cuadro 5-4
Espesores de Materiales Aislantes Usados para la Protección del Concreto (*)

Material Aislante	Espesor (m)
Paja	0.350
Ichu	0.350
Tierra	0.200
Totora	0.150
Madera	0.150
Tekpor	0.100
Lana de Fibra de Vidrio	0.075

(*) Tomado del Artículo “Tecnología del Concreto para Obras en Altura en el Perú”, Revista El Ingeniero Civil, No. 116.

5.6 JUNTAS

Debido a los cambios dimensionales en este tipo de estructuras hidráulicas, se debe construir juntas de contracción, de expansión y juntas constructivas. Las juntas de contracción sirven para disipar los efectos de las restricciones de la contracción del concreto, las de expansión se realizan para atenuar los efectos del incremento de volumen del material debido a los cambios de temperatura, las constructivas, tienen como función permitir el libre desplazamiento de las estructuras ante esfuerzos causados por

asentamientos diferenciales, y movimientos de expansión y contracción y deben coincidir, en lo posible, con las juntas de contracción o expansión.

5.6.1 Espaciamiento de las Juntas

Las longitudes de separación recomendables de las juntas de dilatación son de 15 a 18 metros, para elementos expuestos a la atmósfera, y de 24 a 30 metros para elementos enterrados. Para el caso de canales usualmente se prescinde de estas juntas porque "significa aumentar el número de aberturas y el riesgo de pérdida de agua", como lo afirma Francisco Coronado del Aguila (Diseño y Construcción de Canales, Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil, Lima, 1992).

Las juntas de contracción deben estar espaciadas en un rango de 3 a 9 metros y por lo general se debe colocar refuerzos en ambas caras de la estructura para soportar los esfuerzos de flexión y de tracción a que serán sometidos. Para este tipo de juntas es de uso común en nuestro medio el uso del water stop (tapajuntas), debiendo rellenarse la ranura abierta con un sello apropiado.

Las juntas de construcción deben estar espaciadas a una distancia no mayor a 10 m y deben coincidir, por conveniencia con las juntas de contracción o expansión.

Los anchos de los tapa juntas (*water stop*) existentes en el mercado son de 0.15 m (6") y 0.23 m (9") y deben ser elegidos bajo el criterio de que éstos deben ser menores que los espesores mínimos de la estructura, ver figura 5-2.

5.6.2 Elección del Tipo de Sello

Existen en nuestro medio tres tipos de materiales de sello a saber: los mastics, los termoplásticos y los elastoméricos.

El uso de *mastics* (constituidos por líquidos viscosos semejantes a aceites secos o asfaltos de bajo punto de fusión a los que se ha añadido partículas de asbesto), es recomendado en los casos en que el movimiento no superará 1/6 del ancho de la junta. El factor de forma (relación profundidad/ancho) para este tipo de sellos, debe estar comprendido en el rango de 1.5:1 y 2:1. En la zona alto andina se ha observado el resecaimiento de este tipo de juntas y su reactividad con sustancias ácidas.

Los *termoplásticos*, constituidos por los asfaltos, brea, carbón de alquitrán, cauchos, etc. son recomendables en juntas con movimientos de 1/4 del ancho de las aberturas de la junta.

Los *elastómeros*, constituidos por las resinas epóxicas, los polisulfidos polímeros, las mezclas epoxi-polisulfides, los acrílicos y los polyuretanos, presentan propiedades elásticas que permiten absorber eficientemente los movimientos de las juntas al mismo tiempo que presentan buena adherencia con el concreto. Las ventajas de este tipo de sellos con relación a los anteriormente señalados, radica que no necesitan calentamiento para su instalación, poseen mayor grado de elasticidad que puede absorber mejor las deformaciones de tracción y compresión, tienen buena durabilidad y poseen un buen desempeño en canales donde se desarrollan flujos supercríticos. Los factores de forma, según el U. S. Bureau of Reclamation "Concrete Manual" Chapter IV y el ACI 504 R-77

"Performance, Defects, Repair and Maintenance of Sealants", para este tipo de sellos es de 1 ó menos. Es necesario que se evite necesariamente la adherencia del sello con el fondo de la bruña, recomendándose la disposición mostrada en la Figura 5-2.

Entre los *mastics* que existen en el mercado podemos mencionar al *CHEMA JUNTA RUBBER* y *CHEMA JUNTA NEGRA* (productos *CHEMA*) y entre los elastómeros al *CAVE LASTIC PRT* (productos *CAVE*), *SIKA FLEX 1-A11 FC* (productos *SIKA*), etc. Asimismo, entre los *water stops* que existen en el mercado podemos mencionar al *CAVE JUNTAS* (productos *CAVE*), *CINTAS PVC* (productos *SIKA*). Las características de estos productos pueden ser proporcionadas por los proveedores señalados en el Anexo A.2 – Materiales Resistentes al Ataque Químico.

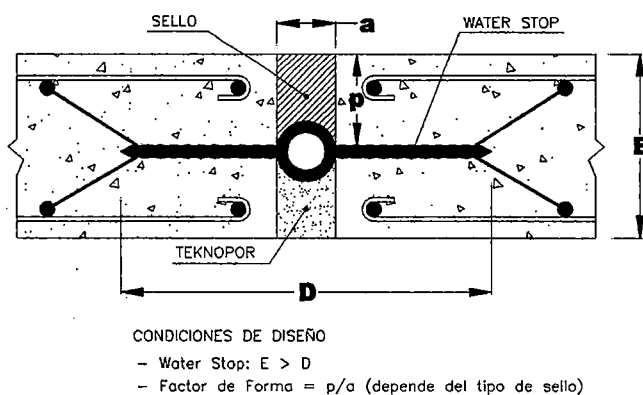


Fig. 5-2. Disposición de Juntas para Obras Hidráulicas

5.7 PROTECCIÓN CONTRA EL ATAQUE QUÍMICO

Los concretos producidos con el tipo de cemento adecuado, bien dosificado y mezclado; colocados y curados adecuadamente serán densos, impermeables y resistentes a la mayoría de ataques químicos. Por lo tanto, el concreto de calidad no requiere protección contra el deterioro, ni contra la corrosión química.

Para el caso en que las condiciones corrosivas varían de medianas a severas, se hará necesario la protección de las superficies del concreto (Ver Cuadro 5-5). La protección varía dependiendo de la concentración, la frecuencia de contacto y las condiciones físicas (temperatura, presión y abrasión) del químico. Los recubrimientos o barreras protectoras evitarán el contacto con las superficies y deben exhibir buena adhesión al concreto y ser completamente impermeables, sin embargo si las condiciones son demasiado severas, es difícil proveer una protección completa y duradera al concreto, aun con todos los tipos de protección.

Entre los tipos de aguas ácidos presentes en los flujos de proyectos PAMA podemos mencionar a los sulfuros de hierro y cobre y a los cianatos de sodio (NaCN), potasio (KCN) y magnesio ($\text{Mg}(\text{CN})_2$). Estos ácidos dependen del tipo de mineral que se extrae de la unidad minera.

Cuadro 5-5
Niveles de Exposición del Concreto a Sulfatos

Exposición a los Sulfatos	Sulfato soluble en Agua, presente en el suelo o flujo como SO ₄ (% en Peso)	Sulfato en Agua (ppm)	Cemento Tipo	Relación a/c Máxima
Despreciable	0.00 – 0.10	0 – 150	I	
Moderado	0.10 – 0.20	150 – 1500	II	0.50
Severo	0.20 – 2.00	1500 – 10000	V	0.45
Muy Severo	Mayor a 2.00	Mayor 10000	V más puzolana	0.45

Entre los productos que se pueden usar para la protección del concreto podemos mencionar a las pinturas asfálticas como el *CAVE DENSO* (productos *CAVE*), *IGOL DENSO* (productos *SIKA*), *ADI-DENSO* (productos *POLCHEM*), *CHEMA BITUMEN EPOX* (productos *CHEMA*), etc. Ver Anexo A.2 – Materiales Resistentes al Ataque Químico.

5.8 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

Para mejores resultados en las estructuras hidráulicas requeridas por el PAMA, dada la naturaleza del flujo y el entorno donde se desarrollan, algunas recomendaciones iniciales a tener en cuenta son:

5.8.1 Drenaje

Un drenaje apropiado mejora la durabilidad, especialmente donde el concreto está expuesto a la acción de sulfatos. Los toques de los muros y de las superficies expuestas deben tener suficiente pendiente para permitir el drenaje rápido, recomendándose pendientes de 1% como mínimo.

5.8.2 Aditivo Incorporador de Aire

El concreto puede ser menos permeable y más durable con el uso de incorporadores de aire, es decir la adición de pequeñas burbujas de aire distribuidas de manera uniforme en toda la masa de concreto, las concentraciones de este aditivo para la zona alto andina han sido expuestas en el ítem 2.04 del presente capítulo.

5.8.3 Protección del Refuerzo

El refuerzo utilizado en estructuras de concreto hidráulico se debe proteger contra la posible corrosión. Esta puede obtenerse ya sea con un adecuado recubrimiento o con el uso directo de anticorrosivos sobre el refuerzo. En el primer caso el espesor de recubrimiento dependerá del nivel de exposición a que estará sometido el concreto y el refuerzo, recomendándose un espesor de 0.075 para superficies en contacto con el suelo y 0.05 m para superficies en contacto con agua y 0.025 m para otros casos.

En lo que respecta al uso de anticorrosivos sobre el refuerzo, existen en el mercado una serie de pinturas epóxicas para este fin, entre las que podemos mencionar al Z PRIMER (Z ADITIVOS).

5.9 RECOMENDACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

De acuerdo a las experiencias constructivas en las obras referidas, se recomiendan los siguientes pasos para la producción del concreto en la zona alto andina:

- Es necesario ensayar siempre cualquier diseño de mezcla de concreto *in situ*.
- El uso del aditivo incorporador de aire en la mezcla, garantiza en el concreto endurecido durabilidad al medio ambiente, pero no aumenta su resistencia a la abrasión.
- La adición de aditivos acelerantes de fragua e incorporador de aire a la mezcla deben realizarse por separado.
- Los aditivos deben ser ensayados previamente a fin de verificar las cualidades que le atribuye el fabricante.
- El tiempo de mezclado de los componentes del concreto, para obtener una homogeneidad en la pasta y una buena formación de aire incorporado, debe ser como mínimo de 2 minutos.
- Los materiales de producción del concreto deben ser introducidos a la mezcladora en el siguiente orden: piedra, arena, cemento y agua (con o sin aditivo incorporador de aire).
- No es necesario calentar el agua a menos las temperaturas en la zona de trabajo sean inferiores a 4°C.
- La fabricación y colocación del concreto deben realizarse cuando la temperatura ambiente se encuentra entre los 10°C y 13°C.
- Es necesario llevar un registro de temperaturas ambientales a fin de determinar las horas más adecuadas de fabricación y colocación del concreto, observándose que en la zona alto andina este lapso de tiempo varía entre las 8:30 a.m. y las 5:00 p.m.

- Si no se da una debida protección al concreto durante los primeros siete días de llenado, no se podrá obtener durabilidad y resistencia al ambiente agresivo.
- Es recomendable que luego del primer día de vaciado no descubrir el concreto antes de que la temperatura ambiente sea mayor o igual a 13°C.
- Debe llevarse un control mensual de calidad.
- La calibración de los equipos de laboratorio deberá verificarse mensualmente como mínimo.□

CAPÍTULO 6

En los labios niños,
las canciones llevan
confusa la historia
y clara la pena;
como clara el agua
lleva su consejo
de viejos amores,
que nunca se cuentan.

Antonio Machado

METODOLOGÍA DE ESTUDIOD DEL PAMA DE LA UNIDAD MINERA PILOTO “SAN CRISTÓBAL”

CAPÍTULO 6 : METODOLOGÍA DE ESTUDIO DEL PAMA DE LA UNIDAD MINERA PILOTO "SAN CRISTÓBAL"

El presente capítulo abordará la metodología de estudio seguida por el autor de la presente Tesis para el diseño de las estructuras hidráulicas necesarias para el cumplimiento del Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA, de la unidad minera "San Cristóbal", la cual será tomada como una unidad piloto para la aplicación de los criterios expuestos en los capítulos anteriores. Para tal efecto, se describe los alcances y conclusiones de los Estudios Básicos realizados y los antecedentes referentes al curso legal para la aprobación de su PAMA respectivo.

La unidad minera "San Cristóbal" sirve para la extracción de zinc y cobre, pertenece actualmente a VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A., se encuentra ubicada en el departamento de Junín, provincia y distrito de Yauli, a 4678 msnm, se encuentra asentada en el cauce de la quebrada Carahuacra y ha reiniciado sus operaciones desde 1996.

6.1 ANTECEDENTES

Las labores de extracción en la Unidad de Explotación Minera "San Cristóbal" (UEMSC), asentada dentro del cauce de la Quebrada, se ven perjudicadas por las intensas precipitaciones ocurridas durante la estación húmeda, asimismo, durante este período la infraestructura existente se ve sujeta a flujos de lodo y escombros que discurren por su cauce.

La UEMSC, forma parte del complejo minero *Yauli* (conformado por las minas Carahuacra, San Cristóbal, *Andaychahua* y *Ticlio*), abarca junto con la mina *Andaychahua* un total de 31,134 Ha, las mismas que fueron adquiridas a *Centromín* durante el proceso de privatización. Según los sondeos realizados por el equipo técnico de VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A., se espera un período de explotación de 20 años más.

De acuerdo a la Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP) de la UEMSC, parte de las aguas que discurren por la Quebrada Carahuacra, a su paso por la referida Unidad, se infiltran inundando las galerías subterráneas existentes y las aguas que discurren superficialmente llegan al Río Pomacocha, afluente del río Yauli, contaminadas con una serie de elementos disueltos entre los cuales se pueden mencionar al plomo (Pb), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el fierro (Fe), y el arsénico (As) (Ver Cuadro 6-1). La EVAP, planteó, en una primera etapa, la construcción de un canal de derivación de aproximadamente 3 Km, a efecto de derivar las aguas de la Quebrada Carahuacra y evitar su paso por la unidad referida. Asimismo, el EVAP contemplaba, en una segunda etapa, la construcción de una planta de tratamiento de los desechos del campamento de la UEMSC.

La EVAP fue aprobada, por lo que de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Energía y Minas, en un plazo no mayor de doce (12) meses después de la aprobación del mismo, el titular de la actividad minera, debía presentar el Programa de Adecuación del Medio Ambiente detallado con su respectivo cronograma de aplicación y objetivos fijados. Según los resultados analíticos mostrados en el Cuadro 6-1, las emisiones líquidas en el "Efluente San Cristóbal, ubicado a la salida de la UEMSC como se muestra en la Figura 6-5, superaban ampliamente los valores permisibles.

Dada la importancia de los efectos contaminantes, la magnitud y la complejidad técnica del Proyecto, la Oficina de Asuntos Ambientales de VCMSAA, un plan de actividades para la elaboración de los Estudios Hidráulicos pertinentes para el cumplimiento del PAMA de la citada unidad de explotación.

Cuadro 6-1

Resultados Analíticos de los Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos en el "Efluente Total San Cristóbal"(*)

Fecha de Muestreo	Caudal (m ³ /s)	pH	Pb (mg/lit)	Cu (mg/lit)	Zn (mg/lit)	Fe (mg/lit)	As (mg/lit)
15 y 30/01/98	0.173	6.7	0.13	0.03	3.75	0.37	0.07
12 y 26/02/98	0.047	4.3	0.50	5.06	2.60	0.66	ND
10/03/98	0.110	3.1	0.45	3.75	38.50	24.00	ND
18 y 29/04/98	0.240	2.8	0.55	4.50	30.00	35.70	0.03
18 y 27/05/98	0.046	2.6	0.22	0.02	31.50	27.30	0.02
04 y 08/06/98	0.121	3.1	1.00	7.30	48.50	40.00	0.15
02 y 08/07/98	0.120	4.5	0.30	0.10	20.70	40.00	0.01
01 y 03/08/98	0.002	2.8	0.37	7.50	37.70	2.15	0.02
04 y 08/09/98	0.003	3.9	0.37	2.37	37.50	30.00	0.03
14 y 26/10/98	0.201	5.9	0.15	0.05	7.00	0.42	82.00
13 y 26/11/98	0.077	3.8	0.30	0.20	30.70	50.00	ND
09/12/98	0.030	2.9	0.25	7.50	46.50	45.00	0.03
Nivel Máximo Permisible (**)		5.5	1.00	2.00	6.00	6.00	1.00
		a					
		10.5					

(*) Información proporcionada por la Oficina de Asuntos Ambientales de VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

(**) Límites establecidos por el PAMA (Ver Cuadro 3-2)

ND No detectado.

Una vez recabada la información preliminar, consistente en levantamientos topográficos y estudios anteriores, información hidrológica y fotografías de la zona del Estudio, un grupo de Ingenieros y el Bachiller Ronald Gutiérrez Llantoy, autor de la

presente Tesis, realizaron una visita de campo entre los días 24 y 25 de Septiembre de 1998 a efecto de constatar *in situ* la magnitud y las condiciones de la zona del Proyecto y elaborar el plan de actividades para la ejecución del Estudio.

Luego de una segunda visita de campo realizada por el mismo equipo técnico en diciembre de 1998, se estudiaron las dos alternativas de trazo del canal de derivación mostradas en la figura 6-4. La Alternativa 1, planteaba un desarrollo que bordeaba al tajo abandonado San Martín siguiendo la trayectoria de un camino carrozable existente. Esta alternativa fue descartada por las siguientes razones:

- El referido tajo representaba un área potencial de infiltración,
- La existencia de pendientes abruptas,
- La necesidad de realizar un desarrollo sinuoso en planta,
- Alto volumen de corte y, sobre todo,
- La presencia de material deleznable en las laderas.

Los Estudios Topográfico (ejecutado por VCMSAA y supervisado por el autor de esta Tesis), Geotécnico (ejecutado por el especialista determinado por VCMSAA), se realizaron por tanto, siguiendo la Alternativa 2. Esta alternativa, que es a todas luces la más idónea, será utilizada también por el autor de la presente Tesis para la elaboración del Estudio Hidrológico.

6.2 DATOS GENERALES

6.2.1 Objetivo

El objetivo del Proyecto Piloto es el diseño, a nivel constructivo, del "Canal de Derivación San Cristóbal – Carahuacra" y la elaboración del Expediente Técnico de Obra, para el cumplimiento de lo establecido por el Programa de Adecuación del Medio Ambiente (PAMA) para la Unidad de Explotación Minera "San Cristóbal", tomada como unidad minera piloto, en virtud de lo cual esta estructura debe cumplir las siguientes funciones:

- Derivar las aguas de la Quebrada Carahuacra a fin de evitar la inundación de los tajos abiertos e instalaciones del complejo minero, y,
- Evitar que las aguas que discurren superficialmente por la Quebrada Carahuacra, a su paso por la referida Unidad Minera, se contaminen y lleguen contaminadas al Río Pomacocha.

6.2.2 Ubicación

La zona del Estudio, tal como se muestra en las figuras 6-1 y 6-2, tiene la siguiente ubicación:

- Políticamente, se encuentra en el Departamento de Junin, Provincia de Yauli y Distrito de Yauli.
- Hidrográficamente, pertenece a la Región Hidrográfica del Amazonas, cuenca del Río Mantaro, sub cuenca río Pucará, sector del Río Yauli.
- Altitudinalmente, pertenece a la región Puna, entre las cotas 4526 y 4678 msnm.
- El área de interés está ubicada entre las coordenadas UTM: 8'700,606 N - 387,120 E y 8'707,075 N - 379,280 E y las coordenadas geográficas 76°06'18" - 11°41'36" y 76°02'12" - 11°45'06"

6.2.3 Clima

El clima de la zona del Estudio es en general frío y seco (baja humedad relativa del aire), como corresponde a la región Puna, con presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales y de nieve. Las principales condiciones climatológicas que caracterizan el área, son las siguientes:

- Durante los meses comprendidos entre noviembre y abril (estación húmeda) se producen grandes precipitaciones pluviales (hasta 264 mm mensuales, como se muestra en la figura 6-3), nevadas y granizadas que coinciden con las mayores temperaturas estacionales. Entre los meses de mayo y agosto (estación seca), se producen grandes descensos de temperatura junto con escasez de precipitaciones que determinan congelamientos de agua.

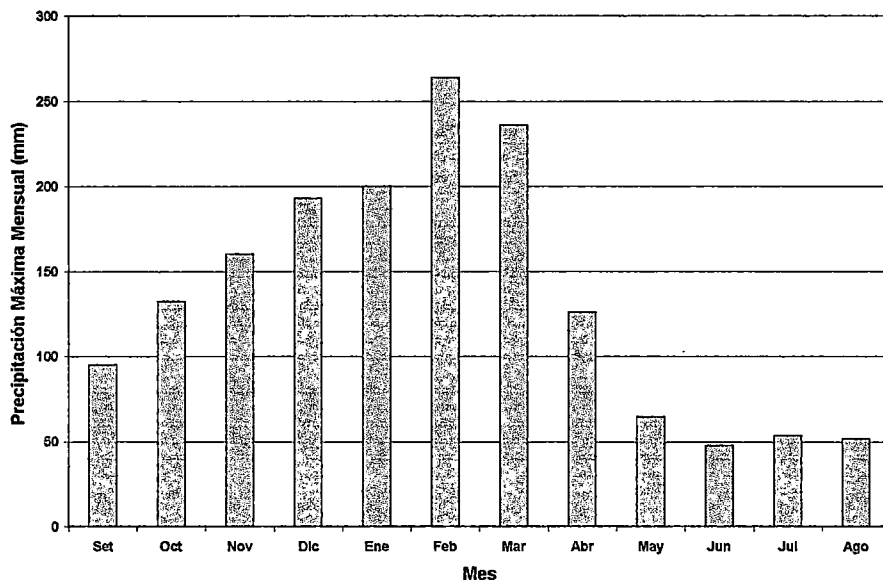


Fig. 6-1. Precipitaciones Máximas Mensuales en la Estación *Huallacocha Baja*. Ver cuadro 6-6.

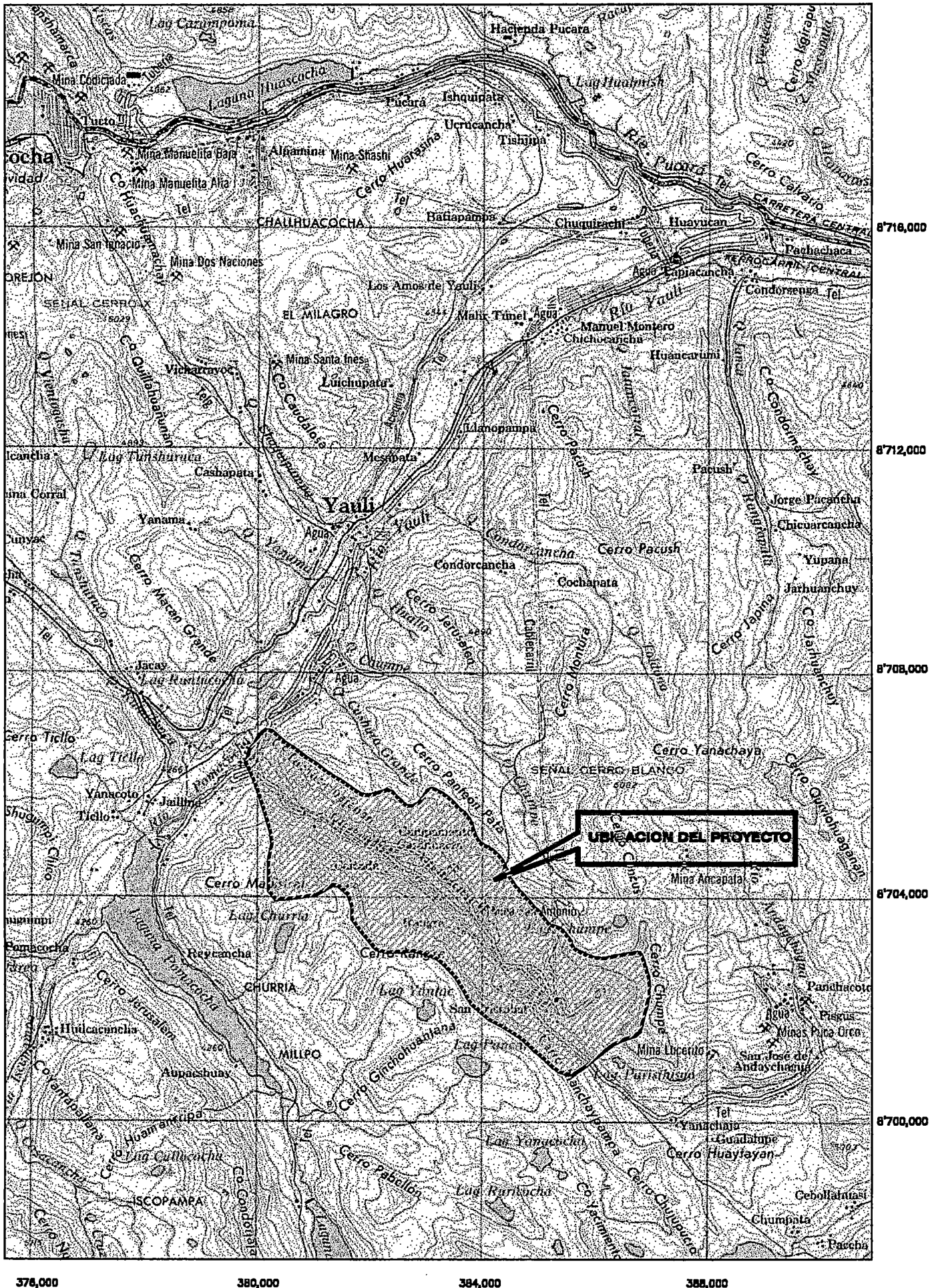


Fig. 6-2 Ubicación de la Quebrada Carahuacra

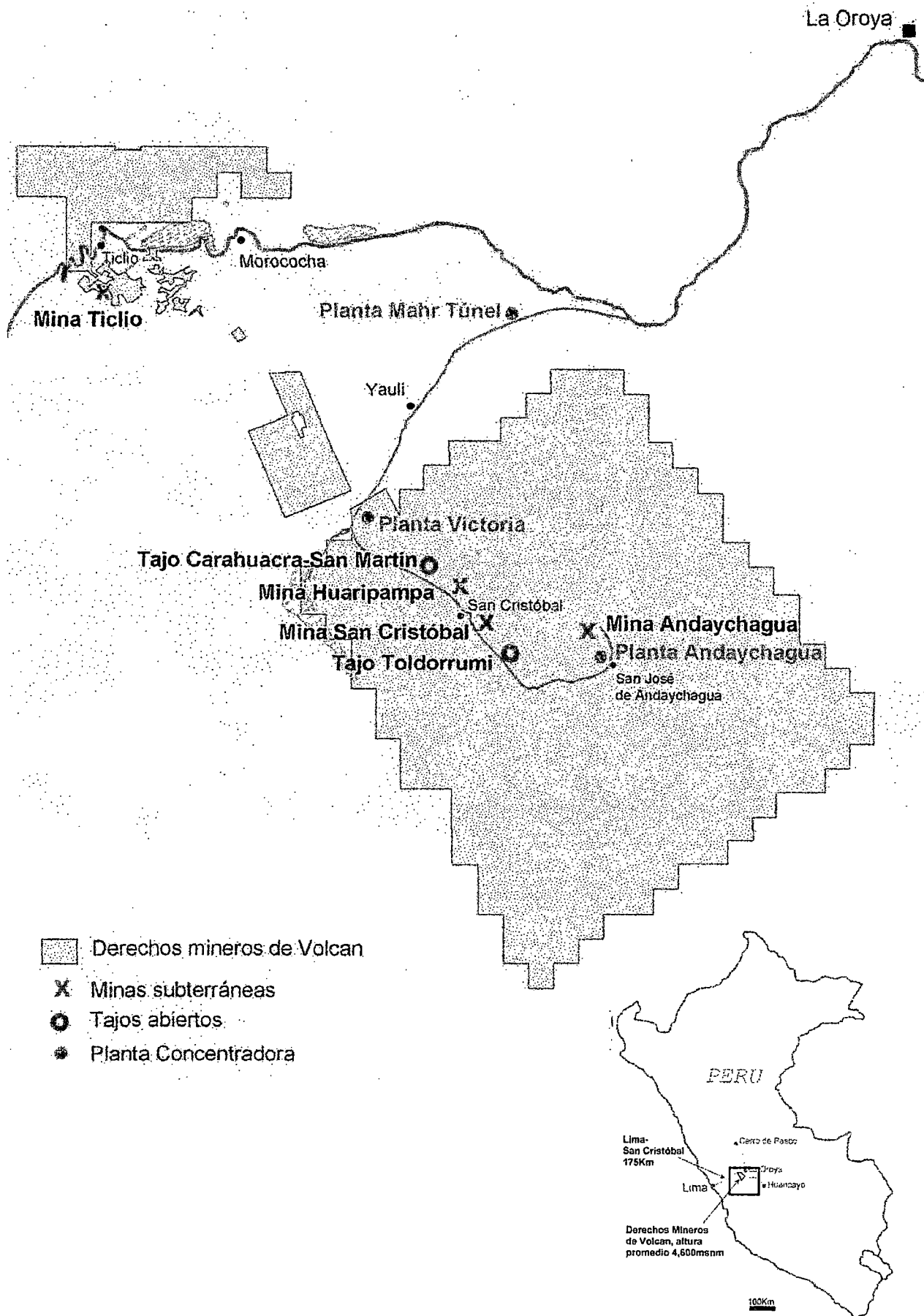


Fig. 6-3 Ubicación de la Unidad Minera "San Cristóbal"

- Las temperaturas promedio son relativamente bajas tanto en verano como en invierno. Los períodos de temperatura muy fría (entre 0°C y -5°C) ocurren muy temprano y en la noche. Las temperaturas medias o altas durante el día, aunadas a la baja presión atmosférica (altitud muy elevada) determinan un grado de evaporación alto.

6.2.4 Vías de Acceso

La distancia entre Lima y la Zona del Proyecto es aproximadamente 175 Km, como lo muestra el Cuadro 6-2.

Cuadro 6-2
Accesos a la Zona del Proyecto

Tramo	Tipo de Vía	Distancia Aprox.
Carretera Central Lima - Desvío Pachachaca	Asfaltada (carretera central)	150 Km
Desvío Pachachaca - Yauli	Carretera afirmada	10 Km
Yauli - Proyecto	Carretera en trocha	15 Km

6.2.5 Infraestructura Existente en la Zona del Proyecto

La infraestructura existente en el ámbito del Estudio (ver figuras 6-4, 6-5 y 6-6) y que podría verse comprometida ante la ocurrencia de una avenida en la quebrada Carahuacra está constituida por:

a. Campamento San Cristóbal

Este campamento se encuentra asentado en el cauce de la quebrada Carahuacra (por lo que representa un área potencial de inundación), y está constituido por las viviendas del personal administrativo, técnico y obreros que laboran en esta unidad minera. Dentro del campamento San Cristóbal, se encuentran también las oficinas técnicas y administrativas de VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

b. Tajo San Martín

El tajo abierto San Martín esta ubicado aproximadamente 750 metros aguas abajo del campamento San Cristóbal, se encuentra abandonado y como producto del corte masivo realizado, la zona circundante a éste es inestable y está constituida por material deleznable. Debajo del Tajo San Martín se desarrollan galerías subterráneas para la extracción del mineral, por lo que representa una zona potencial de infiltración.

c. Instalaciones del Complejo Minero

Está constituido por la subestación eléctrica, los talleres de equipo pesado, campamentos portátiles, surtidores de combustible, balanza de pesaje de camiones, desmontes de mina, etc. que permiten ejecutar las labores de extracción y acarreo del mineral.

Estas instalaciones se encuentran ubicadas dentro del cauce de la quebrada Carahuacra y constituye un área potencial de inundación y contaminación de las aguas de escorrentía superficial.



Fig. 6-4. Infraestructura Existente en la Unidad de Explotación Minera San Cristóbal – Campamento San Cristóbal

d. Tajo Santa Agueda

Constituye parte de las instalaciones del complejo minero San Cristóbal, y esta ubicado al pie de la margen derecha de la quebrada Carahuacra. Este tajo se encuentra activo y constituye un área potencial de inundación y contaminación de las aguas que discurren superficialmente.

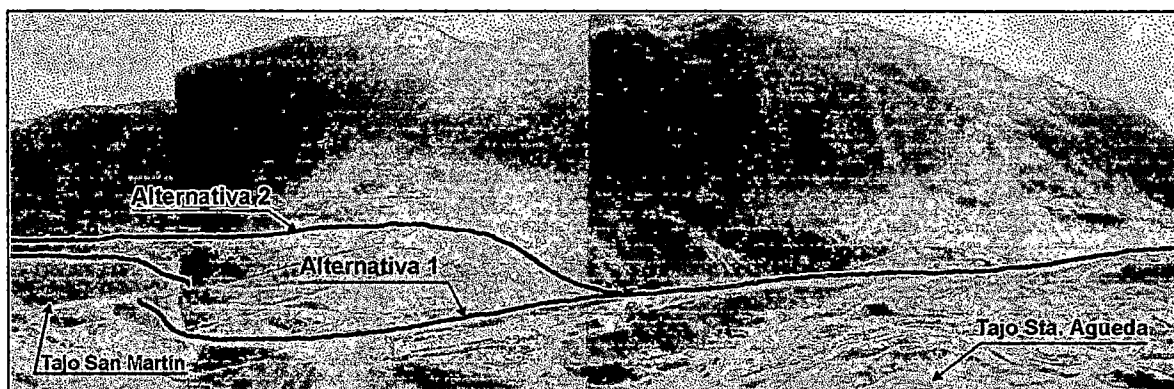


Fig. 6-5. Infraestructura Existente en la Unidad de Explotación Minera San Cristóbal – Tajo San Martín y Tajo Santa Agueda

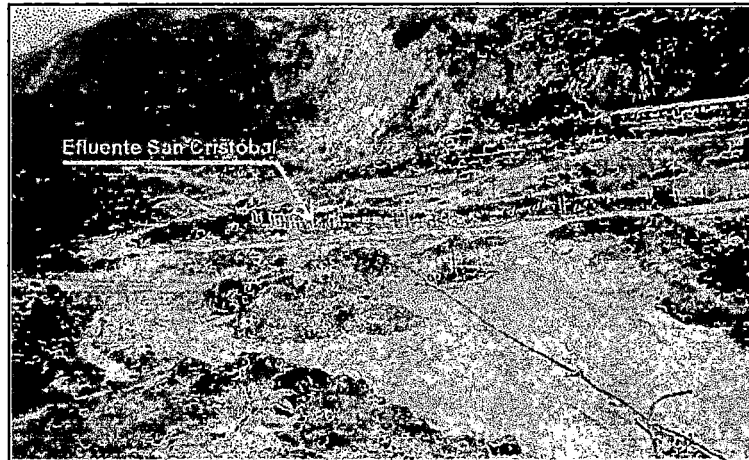


Fig. 6-6. Infraestructura Existente en la Unidad de Explotación Minera San Cristóbal – Instalaciones del Complejo Minero

6.3 ESTUDIOS BÁSICOS

Los Estudios Topográfico y Geotécnico que a continuación se describen se realizaron, como ya se dijo anteriormente, de acuerdo a la alternativa de trazo más óptima, Alternativa 2 (ver Figura 6-7), y serán tomadas por el autor de la presente Tesis para la ejecución del Estudio Hidrológico y posterior dimensionamiento de las estructuras comprendidas en el Proyecto Piloto.

6.3.1 Estudio Topográfico

a. Información Preliminar

La información preliminar para este Estudio, consistió en el levantamiento en planta topográfico de la zona del Estudio, realizado en Enero de 1997 para la ejecución de la Evaluación Ambiental Preliminar, a escala 1/2000, fue proporcionada por VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

Este levantamiento topográfico fue realizado por GEOSURVEY S.A. y se observaron discrepancias del orden de los 50 m respecto a las cotas absolutas observadas por el equipo de topografía de la Unidad Minera, por lo que sólo sirvió como referencia para la ubicación de las principales estructuras del Proyecto y para realizar un desarrollo tentativo del canal de derivación.

b. Información Generada

El Estudio Topográfico fue realizado por el equipo técnico de topografía de VOLCAN CIA. MINERA S.A.A., bajo la supervisión del Bachiller Ronald Gutierrez Llantoy.

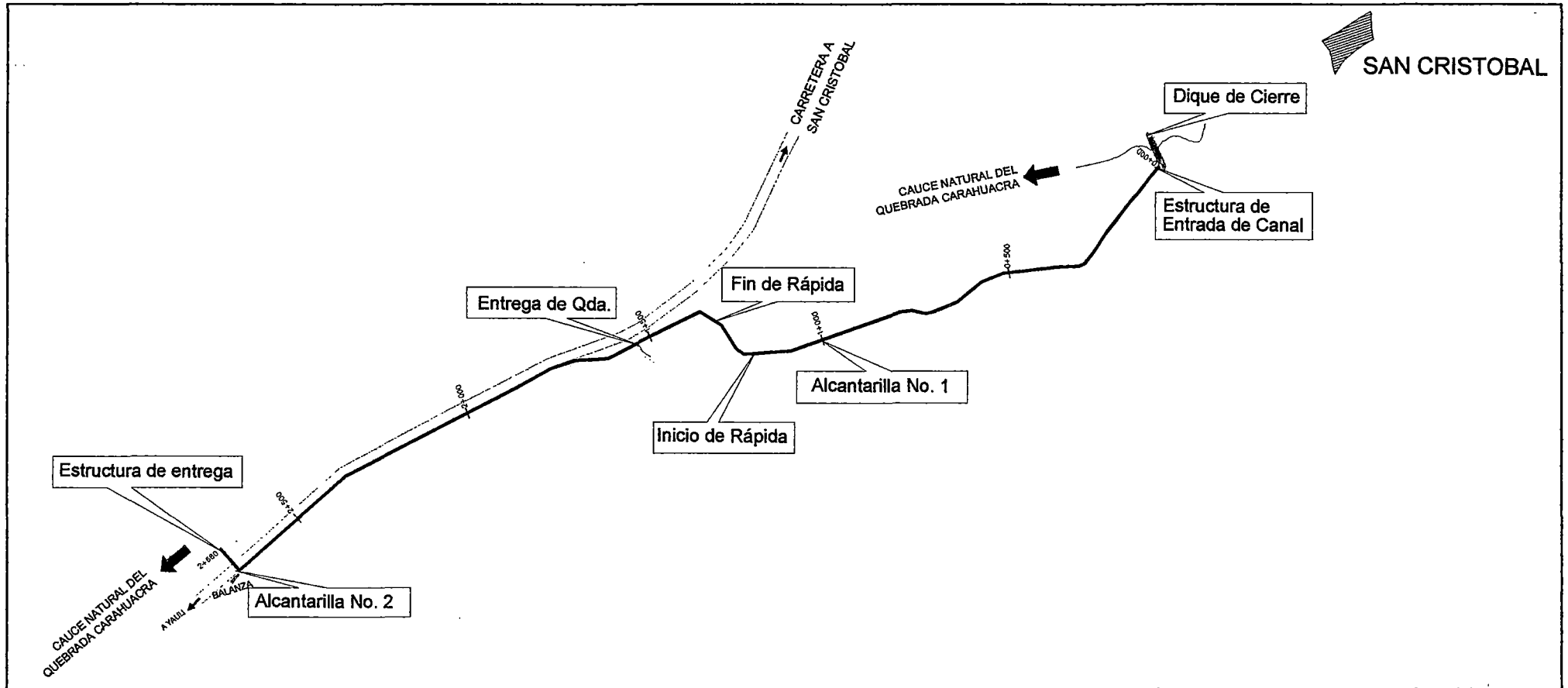


Fig. 6-7 Esquema del Anteproyecto

El Estudio constó de las actividades que seguidamente se señalan (los planos resultantes fueron proporcionados en el formato AUTOCAD).

- Estacado de la captación y el canal de derivación, con estacas de madera de 1"x1"x1 m, siguiendo el desarrollo del dique de cierre y el canal definido sobre la visita de campo y la información preliminar, tomando como Km 0+000 en un punto cercano al estribo derecho del dique.
- Levantamiento topográfico de la zona del Estudio a escala 1/2000, con curvas de nivel a cada metro y perfil longitudinal de la captación y el canal de derivación a la escala H:V=1/2000:1/200.
- Monumentación de dos (02) BMs con hitos de concreto y fierro de 3/8" indicando sus respectivas cotas y coordenadas para el replanteo del eje de la captación.
- Monumentación de los BMs con hitos de concreto y fierro de 3/8" a cada 500 m a lo largo del canal, y PIs en cada punto de cambio de alineamiento, para su posterior replanteo.
- Levantamiento de las secciones transversales, a lo largo del eje de la captación y el canal, a cada 20 m en una franja mínima de 20 m a cada lado del eje.
- Levantamiento al detalle de las obras de arte a la escala 1/100.

6.3.2 Estudio Geológico – Geotécnico

Este Estudio fue ejecutado por el Especialista determinado por VOLCAN CIA. MINERA S.A.A. y será tomado por el autor de la Tesis para el desarrollo del PAMA de unidad minera piloto; se realizó casi paralelamente al Estudio Topográfico y se muestra en su totalidad en el ANEXO B – ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO.

a. Programa de Investigación

El programa de investigación se realizó sobre la base de la visita de campo y siguiendo las progresivas del desarrollo tentativo (Alternativa 2) y que se muestra en la figura 6-7.

De acuerdo a este programa, debían realizarse 02 calicatas de 2 m de profundidad en la zona donde se ubicaría la captación y 15 calicatas de 2 m y 3 m de profundidad (3 metros en los depósitos de turbas o bofedales) en la zona por donde se desarrollaría el canal, espaciadas a cada 180 m en promedio, previendo la ubicación de calicatas en los puntos donde se ubicarían las obras de arte.

b. Investigación de Campo y Ensayos de Laboratorio

Debido a las condiciones del terreno y a las potencias de los depósitos de bofedales (turbas), se ejecutaron un total de 20 calicatas, distribuidas a lo largo de la captación y el canal (Ver Plano de Ubicación de Calicatas en el ANEXO B – ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO).

Complementariamente se realizaron ensayos de permeabilidad *in situ* de carga variable en el dique de cierre. Adicionalmente se realizaron 5 sondajes de hasta 9 metros para determinar el nivel de suelo competente a la altura de la rápida como se muestra en el anexo 2.0 del Anexo B.

A efecto de determinar las propiedades ingenieriles y la agresividad de los suelos de fundación, se realizaron Ensayos Estándar y Ensayos Químicos de Suelos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) y se muestran en el anexo respectivo.

c. Resultados del Estudio Geológico-Geotécnico

c.1 Geología de la Zona del Estudio

De acuerdo a este Estudio, regionalmente, el basamento rocoso está conformado por rocas sedimentarias de los grupos: *Pucará*, *Machay* y *Gollarizga* y rocas volcánicas como las filitas excelsior constituidas por calizas, lutitas y areniscas. Asimismo, el marco tectónico regional está caracterizado por la intensa deformación de las unidades litoestratigráficas, el plegamiento intenso de las rocas sedimentarias, las fallas y sobreescurrecimientos tienen dirección dominante NW-SE. El intenso plegamiento de los estratos determinan buzamientos de hasta 75° y en algunos casos la inversión de la secuencia estratigráfica es normal como consecuencia de los pliegues tumbados.

Los depósitos cuaternarios de mayor importancia en la quebrada Carahuacra son los fluvio-glaciares y coluviales, que cubren sus laderas en una gran extensión, observándose la presencia de suelos turbosos que se han formado por factores climáticos y topográficos. Asimismo, los macizos rocosos existentes en la quebrada referida, presentan condiciones para formar acuíferos y actúan como un medio para el flujo superficial y que existen fallas, grietas y oquedades en los asentamientos rocosos de la margen izquierda de la ladera donde se ubicará la rápida.

c.2 Perfil Estratigráfico

De acuerdo a este Estudio, el subsuelo de la zona del Proyecto está constituido principalmente por una capa de espesor variable (entre 0.40 y 5.0 m) de turba (Pt) medianamente rígida y con nivel freático alto; arcilla (CH y CL) de consistencia blanda, de espesor variable (entre 0.50 y más de 10 m) y contenidos de humedad altos; arena arcillosa (SC) con potencias de 1.0 a 3.0 metros; roca caliza y limo arcilloso. Ver figuras 03 (a), 03 (b) y 03 (c) del Anexo B.

c.3 Análisis de las Cimentaciones

El análisis de la cimentación de las diferentes estructuras se realizó sobre la base del anteproyecto e incluye las siguientes recomendaciones del Profesional Responsable:

i. Dique de Cierre (0+000 a 0+100)

El subsuelo donde se emplazará la captación, consistente en un dique de cierre, tiene la siguiente estratigrafía: una capa superior constituida por arcilla plástica con turba (CH) de 1.50 de potencia bajo la cual subyace una capa de turba medianamente rígida (Pt), de espesor variable (2 m como máximo). Bajo este último,

se encuentra un estrato de arcilla de baja plasticidad (CL) de mas de 10 m de potencia. El nivel freático se encuentra a 0.50 m de profundidad.

Sobre la base de los ensayos de permeabilidad realizados, se concluye que la capa superficial de aproximadamente 0.50 m, es relativamente impermeable, cuyo coeficiente de permeabilidad estimado es aproximadamente 1.0×10^{-6} cm/seg.

Asimismo, la construcción de esta estructura debe realizarse previa a la construcción del canal y debe contemplar el emplazamiento de drenes verticales de arena, en tresbolillo, a lo largo de su desarrollo.

Por estas razones, el Profesional Responsable de este Estudio, planteó la sección mostrada en el Anexo respectivo y que está conformado por un terraplén de desmonte de mina, impermeabilizado con capas de geomembrana.

ii. *Estructura de Entrada al Canal de Derivación (0+105 a 0+150)*

El subsuelo en este tramo, está constituido por arcilla de baja plasticidad (CL), por lo que es recomendable realizar el drenaje mediante drenes verticales de arena y precargar el área con material de desmonte de mina en una altura de 1.50 m durante un período de 2 meses.

iii. *Canal*

Para el canal de derivación, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 6-3.

iv. *Rápida (1+320 a 1+470)*

Esta estructura se cimentará en dos materiales diferentes a saber: los primeros 130 metros, sobre arcilla gravosa (CL) y el tramo final sobre roca calcárea competente, para lo cual previamente se debe eliminar la capa de turba medianamente rígida de aproximadamente 4 m de espesor.

Cuadro 6-3
Resultados del Estudio Geológico – Geotécnico para el Canal de Derivación

Tramo	Tipo de Suelo Predominante	Observaciones
0+105 a 0+400 y 0+980 a 1+320	Zona de bofedales	Se recomienda sección rectangular, cimentado sobre suelo GC, SC, CL y SM. Es necesario prever el drenaje de las paredes laterales.
0+400 a 0+980	Zona de suelo competente	Cualquier tipo de sección, el estrato superficial está constituido por GC y SC y no es necesario realizar el drenaje de las paredes laterales.
1+470 a 2+700	Zona de taludes inestables	Se recomienda una sección de canal tipo cajón enterrado.

c.4 Canteras

Sobre la base de la exploración de campo realizada por el Profesional Responsable de este Estudio, se identificaron las siguientes canteras:

i. Cantera de Roca

Ubicada aproximadamente a 5 Km aguas arriba de la Unidad Minera San Cristóbal, denominada cantera Cosapi, constituida por roca andesítica parcial a ligeramente meteorizada, buena para obras de enrocado y cuyo volumen satisface ampliamente las necesidades del Proyecto.

ii. Cantera para Agregados

La cantera para el acopio de material para agregados lo constituye la cantera Cosapi, en la cual puede obtenerse grava y arena de origen morrénico con relativo alto contenido de finos (10 a 15%), por lo que se hace necesario el lavado de los mismos en los cursos de aguas existentes en las cercanías. El volumen disponible de este material superan la demanda del Proyecto.

iii. Cantera para Finos

Está ubicada a 1.50 Km de la Unidad Minera San Cristóbal, en la margen izquierda de la quebrada Carahuacra, y es denominada cantera Cerro Pancar. Los suelos que pueden obtenerse de esta cantera son: arcilla medianamente plástica (CL), grava arcillosa (GC) y grava gruesa (GP) de origen coluvial.

El material de esta cantera es apropiado para construir un dique homogéneo impermeable para la captación del canal de derivación. Los volúmenes existentes de los materiales señalados cumplen con la demanda del Proyecto.

d. Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a este Estudio:

- Las obras que comprenden el Proyecto estarán cimentadas sobre los siguientes tipos de suelos: el dique, sobre arcilla plástica con turba; la estructura de ingreso del canal, sobre arcilla, la rápida sobre arcilla gravosa y roca caliza; y, el canal de derivación sobre arcilla, grava arcillosa, roca y arena arcillosa.
- Los suelos presentes a lo largo del desarrollo de canal no son agresivos a estructuras de concreto o acero enterradas, recomendándose el empleo de cemento tipo V en la preparación del concreto, debido a que el agua discurrirá por el canal tendrá niveles altos de acidez.
- La cimentación de las diferentes obras del proyecto será satisfactoria, por capacidad portante y por limitación del asentamiento siempre y cuando se apliquen las recomendaciones señaladas.

6.3.3 Estudio Hidrológico

El Estudio Hidrológico, realizado por el autor de la presente Tesis, tiene como objetivo cuantificar el caudal de las aguas provenientes de la escorrentía superficial de la

quebrada Carahuacra en el punto donde se ubica la Unidad de Explotación Minera San Cristóbal y se muestra en su totalidad en el ANEXO C – ESTUDIO HIDROLÓGICO. Este Estudio permitirá el dimensionamiento de las características geométricas que deberán disponer las diferentes estructuras comprendidas en el Proyecto.

El caudal de diseño ha sido calculado utilizando los métodos hidrológicos que más se ajustan a la zona alto andina y a la disponibilidad de datos.

a. Información Básica

La información básica referente al relieve de la cuenca de la quebrada Carahuacra, ha consistido en:

- Carta Nacional publicada por el IGN a escala 1/100000: 24-K, correspondiente a Matucana.
- Carta Nacional publicada por el IGN a escala 1/25000: 24K-I-SE y 24K-II-NE, para la delimitación de la quebrada.

La información básica hidrológica consiste en los registros pluviométricos pertenecientes a la Estación Climatológica Ordinaria de Mayupamapa, operada por el SENAMHI y cuenta con 24 años de registro. Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Junin, provincia de Yauli, distrito de la Oroya; y es la más cercana al Proyecto (ver Cuadro 6-4).

b. Datos Generales de la Cuenca

A efecto de determinar las áreas de drenaje, la quebrada Carahuacra será sub dividida en 6 sub-cuencas. El área acumulada hasta el punto de salida del canal de derivación, de acuerdo al modo de cálculo descrito, es de 9.5 Km² por lo que puede tipificársele como cuenca mediana.

Cuadro 6-4
Estación Hidrológicas Cercanas a la Zona del Proyecto

Nombre	Coordenadas	Altitud (msnm)	Tipo de Información	Institución que la Opera	Longitud de Registro (años)
San Cristóbal	11°44' Lat. Sur 76°03' Lon. Este	4710	Precipitación mensual	ELECTROANDES S.A.	28
Huallacocha Baja	11°26' Lat. Sur 76°05' Lon. Este	4371	Precipitación mensual	ELECTROANDES S.A.	40
Mayupampa	11°30' Lat. Sur 75°56' Lon. Este	3750	Precipitaciones máximas en 24 hrs.	SENAMHI	24

c. Análisis de Precipitación

Se ha realizado el análisis de la precipitación mediante los modelos probabilísticos Normal, Log-Normal, Log Pearson III y Gumbel. Asimismo se calculó la precipitación máxima en 24 horas mediante la fórmula regional del IILA.

De acuerdo a este análisis la fórmula regional del IILA tiende a sobre dimensionar la precipitación máxima en 24 horas (ver cuadro 6-5) por lo que su asunción fue descartada.

Cuadro 6-5
Resultado del Análisis de Precipitación

Período de Retorno	Precipitación Según Modelos Probabilísticos (mm)				Fórmula del IILA (mm)
	Normal	Log-Normal	Log-Pearson III	Gumbel	
5	28.57	28.21	28.07	28.85	40.75
10	30.89	30.96	31.17	32.48	45.65
20	32.80	33.43	34.12	35.98	50.54
25	33.36	34.18	35.06	37.08	52.11
50	34.95	36.44	37.96	40.49	57.01
100	36.39	38.59	40.86	43.88	61.90

d. Período de Retorno

De acuerdo al nivel de riesgo del proyecto, al hecho de que el período de explotación de la unidad minera "San Cristóbal" es de 20 años, a la escasa información hidrológica disponible y el criterio del *U. K. Flood Studies Report* que señala que el período de retorno máximo debe ser $2N$ años (donde N es la longitud de registro, 24 para nuestro caso), el período de retorno de la avenida de diseño es de 50 años.

e. Análisis de Bondad de Ajuste

De acuerdo a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov, la función de probabilidad que mejor se ajusta a los datos de la estación Mayupampa, es la *Log Pearson Tipo III*.

Para un período de retorno de 50 años, la precipitación es, de acuerdo al análisis de precipitación, 38 mm.

f. Esquema General del Sistema Hidrológico

Durante el desarrollo del Estudio Hidrológico, se tuvo que precisar algunas observaciones respecto a qué cuencas debían ser drenadas, de acuerdo al análisis respectivo, el sistema planteado para desviar la Quebrada Carahuacra consiste en un canal lateral que discurrirá por la ladera de la margen izquierda de la cuenca (Canal 1, mostrado en la Figura 6-8). Dicho canal tendrá su toma a 500 m aguas abajo de San Cristóbal, en este punto las aguas provenientes de la laguna y laderas situadas aguas arriba (Sub-cuencas 1, 2 y 3) serán interceptadas mediante un dique de cierre.

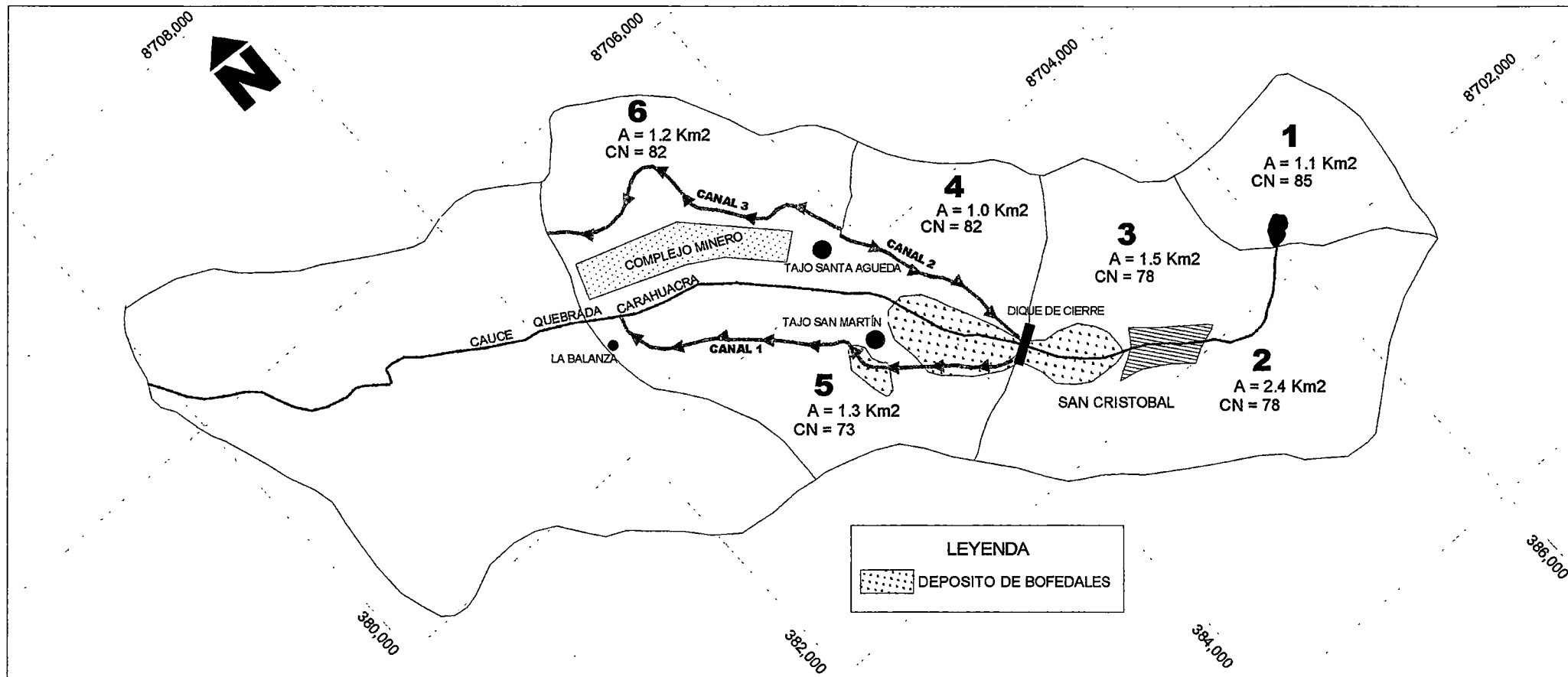


Fig. 6-8 Esquema Hidráulico del Proyecto

Para cumplir con los objetivos del Proyecto, es necesario realizar el drenaje de la ladera derecha (Sub-cuencas 4 y 6) de la quebrada Carahuacra, se trazaron en gabinete, sobre la base de la visita de campo y la información disponible, los trazos tentativos de los Canales 2 y 3, para el drenaje de las Sub-cuencas 4 y 6, respectivamente.

La localización del dique de cierre permitirá en el futuro el ingreso de las aguas que discurren por el Canal 2 mas no del Canal 3, por lo que éste último deberá ser evacuado hacia el cauce de la quebrada, a la altura de los límites del complejo minero.

El canal de derivación, Canal 1, tendrá una longitud aproximada de 3.0 Km y entregará las aguas a la altura de "La Balanza", en su recorrido entrarán al cauce las aguas provenientes de la margen izquierda aguas debajo de la toma (Sub-cuenca 5). Por consiguiente, el caudal de diseño del Canal 1 será calculado como el aporte de las Sub-cuencas 1, 2, 3, 4 y 5.

En la etapa de modelamiento del Sistema Hidrológico, se estimará un caudal de diseño del Canal 1 considerando un reservorio de detención (pondaje) a la altura de la captación y otro considerando que el caudal de aporte de las Sub-cuencas 1, 2, 3, 4 y 5 discurre directamente por este.

Aunque la topografía del cauce lo permite, el esquema desestima la colocación de un reservorio de detención a la altura de la captación, el cual podría reducir el caudal de diseño del Canal 1 a la mitad, según los cálculos realizados, por la existencia, a 100 m aguas arriba del dique de cierre, de una zona potencial de infiltración.

g. Modelamiento del Sistema Hidrológico y Simulación de Eventos

El modelamiento del sistema se realizó mediante el método del Hidrograma Unitario aplicable a cuencas medianas ($2.5 \text{ Km}^2 < \text{Área} < 10,000 \text{ Km}^2$), utilizando el programa HEC-1 "Flood Hydrograph Package" del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

La aplicación del paquete HEC1 se realizó utilizando las siguientes opciones:

- Determinación de la tormenta de diseño o hietograma usando la opción del método del bloque alterno sobre la base de la curva IDF.
- Determinación de la sustracción hidrológica usando el método de la Curva Número, CN, del *Soil Conservation Service*, SCS.
- Cálculo del hidrograma con el método del hidrograma unitario sintético del SCS, para lo cual se usaron los parámetros señalados en el ítem 4 del Anexo 8.2 del Anexo C – ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Las opciones de cálculo fueron elegidas en función del tipo de datos disponibles, tal como se muestra en la Memoria de Cálculos, Anexo 8.2.

h. Resultados

Los resultados del Modelo HEC -1 aplicado permiten concluir que el caudal de diseño empleado para el dimensionamiento del canal y sus obras de arte será de 4.2 m³/s, para un período de retorno de 50 años (ver Anexo 8.3.1 del Anexo C - ESTUDIO HIDROLÓGICO).

i. Conclusiones y Recomendaciones

- El caudal resultante depende en gran magnitud de la existencia de los bofedales, debido a la gran capacidad de retención de estas formaciones ecológicas.
- De eliminarse estos bofedales y desaparecer su capacidad de retención, el caudal que llegaría al canal sería de 7.7 m³/s, según el cálculo realizado (Ver Anexo 8.3.2 del Anexo C - ESTUDIO HIDROLÓGICO).
- De acuerdo a los objetivos del Proyecto, es necesario que se realice un estudio complementario para definir el desarrollo preciso de los canales 2 y 3.

6.4 METODOLOGÍA, CRITERIOS Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Sobre la base de los Estudios realizados, se ejecutará el diseño de las diferentes estructuras que conformarán el sistema siguiendo los criterios que seguidamente se describen:

- Los diseños se ceñirán a las normas y reglamentos vigentes del país y los reconocidos internacionalmente para estudios similares.
- El diseño definitivo comprenderá un riguroso análisis de todas las estructuras, de manera que cumplan con su objetivo en forma segura, económica y eficiente.
- Los diseños y especificaciones representarán con exactitud a las obras, de manera que su construcción se realice con un mínimo margen de situaciones imprevistas, disminuyendo los riesgos de cambios de los diseños y adicionales de obra.
- Los métodos de cálculo y diseño para las obras, considerarán el propósito de minimizar el costo de las partidas de concreto, las partidas de movimiento de tierras tendrán la segunda prioridad debido a que VOLCAN CIA. MINERA S.A.A. posee la maquinaria necesaria para realizar esta actividad.
- Los diseños serán realizados con el suficiente detalle de manera que alcancen el nivel apropiado para licitar y contratar las obras.▣

CAPÍTULO 7

Verano, ya me voy. Allá, en septiembre,
tengo una rosa que te encargo mucho;
la regarás de agua pura y bendita
todos los días de pecado y de sepulcro.

Cesar Vallejo

**DESARROLLO DEL
PAMA DE LA UNIDAD
MINERA PILOTO
“SAN CRISTÓBAL”**

CAPÍTULO 7 : DESARROLLO DEL PAMA DE LA UNIDAD MINERA PILOTO "SAN CRISTÓBAL"

En el presente capítulo se muestra la metodología y proceso de diseño de las estructuras comprendidas en el Proyecto de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA, de la unidad minera San Cristóbal, tomada como unidad minera piloto para la aplicación de los criterios expuestos en los capítulos precedentes.

Este Proyecto piloto, denominado en adelante "Derivación San Cristóbal Carahuacra", está constituido, como se ha señalado en el capítulo anterior, por el dique de cierre y el canal de derivación y tiene como objetivo el cumplimiento del PAMA de la Unidad de Explotación Minera San Cristóbal perteneciente a VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. De acuerdo a lo expuesto en el capítulo 6 el diseño se enfocará en el canal de derivación y sus siguientes obras de arte:

- La estructura de ingreso del canal a la altura del Km 0+105 (Ver figura 7-1).
- La alcantarilla No. 1 para permitir el paso del canal a través de la carretera carrozable alterna a la carretera Yauli - San Cristóbal a la altura del Km 0+930 (Ver figura 7-2).
- La caída entre el Km 1+320 y el Km 1+460 para salvar un desnivel de aproximadamente 38 m (Ver figura 7-2).
- Una estructura de entrega de la quebrada ubicada a la altura del Km 1+655 (Ver figura 7-2).
- La alcantarilla No. 2 para permitir el cruce con la carretera Yauli -San Cristóbal a la altura del Km 2+750 (ver figura 7-3).
- La estructura de entrega del canal al cauce natural de la quebrada Carahuacra (ver figura 7-3).

Los parámetros de diseño de todas las estructuras estarán sustentados en los estudios básicos realizados y su aplicación en las fórmulas de diseño será compatible con éstos. La fijación de los parámetros se hará en cada una de las especialidades, señalando los criterios y métodos de selección. El proceso de diseño se realizará sobre la base de lo señalado en el ítem 6.4 de la presente Tesis.

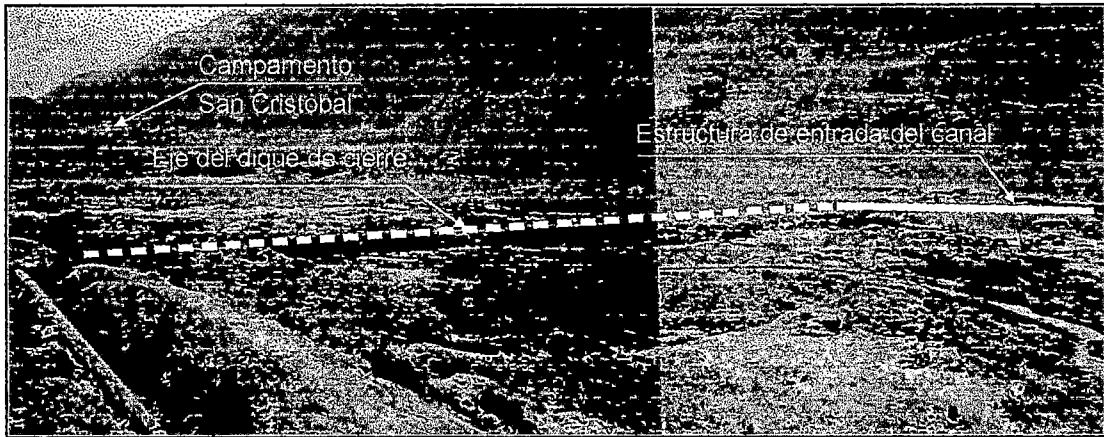


Fig. 7-1. Ubicación del Dique de Cierre y la Estructura de Entrada al Canal

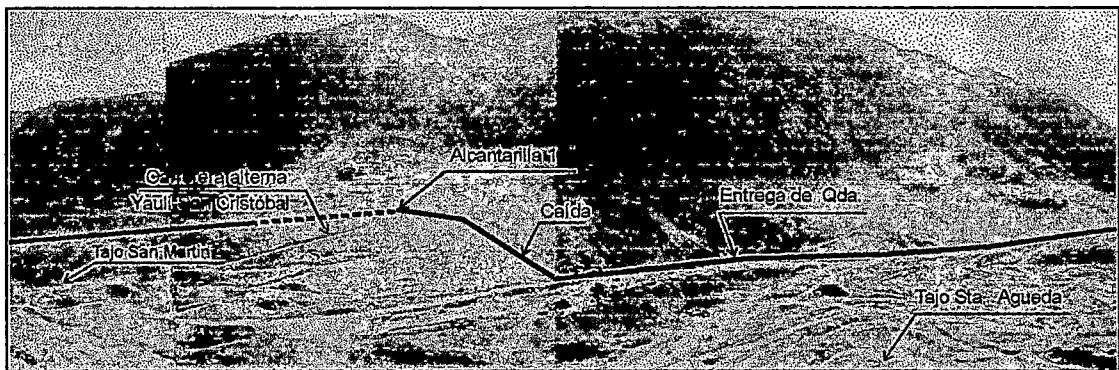


Fig. 7-2. Ubicación de la Alcantarilla No. 1, Caída y Estructura de Entrega de Quebrada

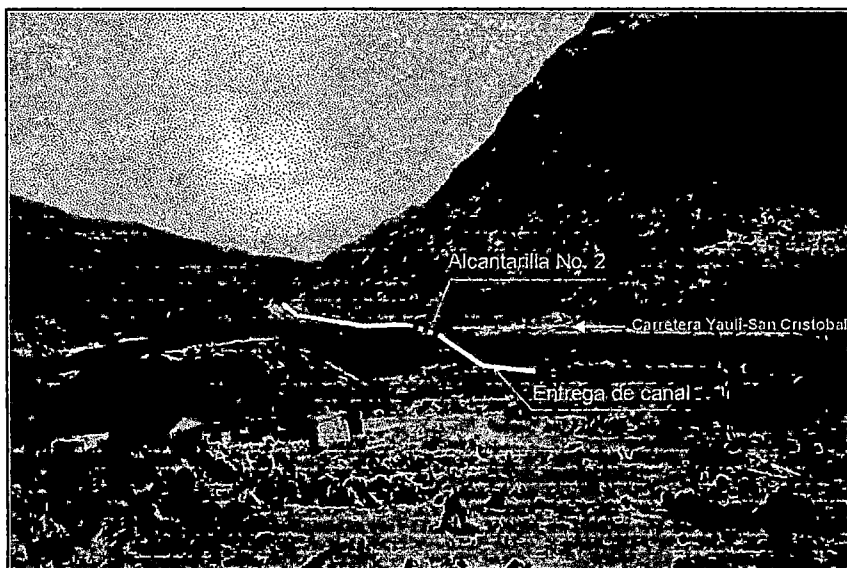


Fig. 7-3. Ubicación de la Alcantarilla No. 2 y la Estructura de Entrega de Canal

7.1 CRITERIOS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO

7.1.1 Trazo del Perfil

El trazo en perfil del canal, supeditado al nivel de cimentación, va a ser elegido de acuerdo a los siguientes criterios:

- El canal debe cimentarse sobre suelo competente, para lo cual debe removerse todo estrato de turba existente.
- En las zonas donde el canal cruza por estratos de turba (ver cuadro 6-5), la sección tipo 1 mostrada en la figura 7-4 es más económica que la sección tipo 2, por lo tanto debe adoptarse en lo posible esta última.
- Según el Estudio Topográfico realizado, se debe sortear una caída de aproximadamente 52 m entre las progresivas 1+200 y 1+460. La sección tipo 1 permite disminuir la altura de dicha caída ya que profundiza el nivel de cimentación entre las progresivas 0+105 y 0+400.
- En el tramo del canal donde el trazo en planta sigue el desarrollo de la carretera Yauli – San Cristóbal, la pendiente del canal debe coincidir en lo posible con la pendiente de dicha vía. Asimismo, en este tramo el nivel de la plataforma del canal debe ser tal que permita la colección de las aguas distribuidas superficialmente (*overland flow*) de la sub-cuenca 5.
- En el tramo final del canal, el nivel de cimentación debe profundizarse para permitir el cruce de la carretera Yauli – San Cristóbal (Alcantarilla No. 2 del anteproyecto, ver figura 7-3).

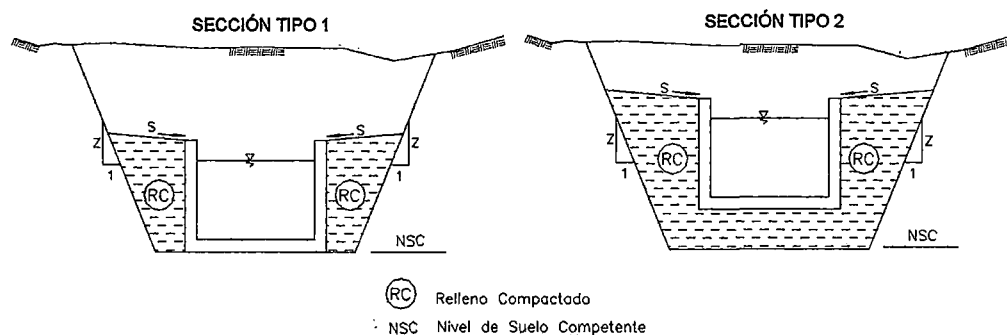


Fig. 7-4. Secciones en Tramos de Turba

Sobre la base del perfil estratigráfico determinado mediante el Estudio Geotécnico (ver figuras 03.a, 03.b y 03.c y registro de sondajes del Anexo B – ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO) y de los criterios señalados, las pendientes a lo largo del canal están definidas en el cuadro 7-1. Las pendientes, los tramos y las cotas de rasante

calculadas (Ver Cuadro No.1 del Anexo D.1) serán afinadas mediante el diseño hidráulico del canal y las obras de arte.

Cuadro 7-1
Pendientes del Canal de Derivación

Tramo Aproximado	Pendiente (m/m)	Descripción
0+100 a 0+150	0.0500	Estructura de entrada
0+150 a 1+000	0.0025	Canal
1+000 a 1+100	0.0800	Alcantarilla No. 1, Canal
1+100 a 1+320	0.1350	Canal
1+320 a 1+430	0.2050	Canal
1+430 a 1+470	0.6000	Rápida
1+470 a 1+720	0.0600	Canal
1+720 a 1+880	0.0200	Canal
1+880 a 1+980	0.1000	Canal
1+980 a 2+080	0.0350	Canal
2+080 a 2+300	0.0150	Canal
2+300 a 2+520	0.0800	Alcantarilla No. 2, Canal
2+520 a 2+740	0.0550	Estructura de salida

7.1.2 Tipo de Sección

El tipo de sección del canal será seleccionado sobre la base de los siguientes criterios:

- En los tramos donde el canal cruza estratos de turba (ver cuadro 6-5) la sección del canal debe ser rectangular a efecto de atenuar la fuerza de empuje en las paredes laterales de la sección debido a la existencia de napa freática alta (ver ítem 6.4.1 del Anexo B – ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO).
- En los tramos donde es necesario prever estructuras de cruce de vías existentes, la sección debe ser tipo cajón.
- En el tramo donde el desarrollo del canal coincide con el de la carretera Yauli – San Cristóbal, la sección debe ser tipo rectangular a efecto de no disminuir el ancho de dicha vía.

7.1.3 Tipo de Corte

De acuerdo a las recomendaciones del Informe Geotécnico, se adoptará el tipo de excavación mediante banquetas (ver ítem 6.4.1 del Anexo B – ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO). Asimismo, sobre la base de la mencionada referencia, el talud de corte en turba será de H:V=1:2. Para la zona donde existe un estrato rocoso el corte será vertical y para la zona donde el canal se cimienta en arena arcillosa el talud de corte será de H:V=1:1 para alturas de corte mayores a 3 metros y H:V=1:2 para alturas de corte menores a 3 metros.

Para el sistema de banquetas a adoptar (ver figura 7-5), se asumirá un ancho de 1.0 metro para permitir el movimiento del personal que realizará los trabajos de excavación y mantenimiento del canal.

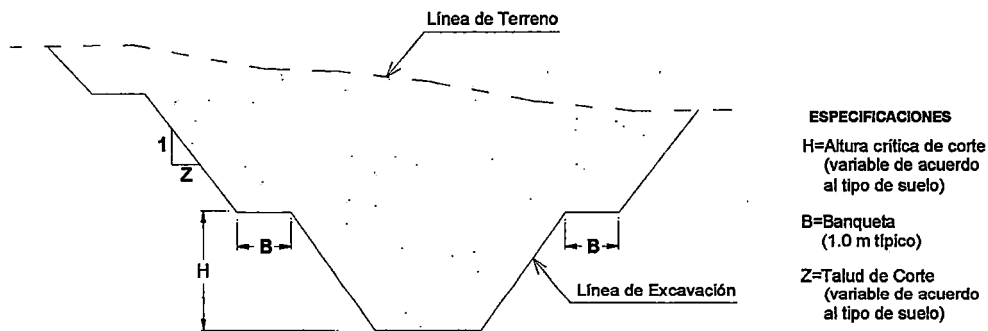


Fig. 7-5. Corte Mediante el Sistema de Banquetas

7.1.4 Material de Relleno

Para las estructuras hidráulicas para el cumplimiento del Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA, se debe usar en lo posible el material de desmonte de mina, ya que permite reducir el costo de la obra y usualmente existe en grandes volúmenes. Se debe realizar sin embargo los ensayos de suelos estándar para determinar si son aptos para los requerimientos de la obra y verificar que no genere aguas ácidas que puedan comprometer la estabilidad de la estructura.

Para nuestro Proyecto piloto, usaremos el material de desmonte de mina que de acuerdo a la visita de campo realizada por el autor de la Tesis, este material corresponde al descrito por la calicata número 13 (ver C13 del Anexo B). El material referido es el producto de las excavaciones en el tajo Santa Águeda, existe en volumen suficiente para los requerimientos del Proyecto y tiene las siguientes características: suelo tipo SC (areno arcilloso) según la clasificación SUCS, 21.3% de grava fina, 33.1% de arena fina, 45.6% de arcilla con LL=32.6 y LP 17.4, color marrón grisáceo, 20% de cantos de tamaño máximo 0.10 m y un contenido de sales totales igual a 0.017%.

De acuerdo a lo señalado podemos concluir que el material de desmonte de mina de la unidad San Cristóbal es granulométricamente apto para los requerimientos del proyecto y por el bajo contenido de sales solubles no generará aguas ácidas.

7.2 DISEÑO HIDRÁULICO

7.2.1 Consideraciones Previas al Diseño Hidráulico

a. Tipo de Revestimiento

El tipo de revestimiento más idóneo para los requerimientos del Proyecto es el concreto, esto se justifica por los siguientes criterios:

- Se prevé la presencia de sólidos en suspensión en el flujo a conducir, por lo que el tipo de revestimiento debe tener resistencia a la abrasión.
- De acuerdo al trazo en perfil del canal, existen tramos donde el flujo será del tipo súper crítico por lo que el tipo de revestimiento debe tener resistencia a la cavitación.
- Debido a la presencia de napa freática alta en los estratos de turba, es necesario prever la instalación de un sistema de drenaje, el tipo de revestimiento debe permitir la puesta en obra de los accesorios con un mínimo de fugas.
- El tipo de revestimiento debe minimizar los costos de mantenimiento.
- La duración del material de revestimiento debe ser de aproximadamente 40 años (20 años de periodo de explotación esperado de la unidad minera y 10 años para la puesta en marcha de las operaciones de abandono definitivo, la que incluirá obras de revegetación y drenaje).
- Por estar el Proyecto cerca de la ciudad de Lima y la Oroya, existe disponibilidad de material de construcción (como Cemento Andino, por ejemplo) y mano de obra.

b. Coeficiente de Rugosidad de Maning

El coeficiente de rugosidad, n , de Maning asumido para el concreto será de 0.012 como mínimo, 0.014 como valor normal y 0.015 como valor máximo. Estos valores corresponden al tipo de revestimiento de concreto sin pulir con encofrado metálico o de madera cepillada (ver Cuadro 3.5 de DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CANALES, Francisco coronado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1992, pagina 49).

Para prever el envejecimiento del concreto se asumirá un coeficiente de Maning de 0.015. Asimismo, en los tramos donde se verifique la existencia de flujos supercríticos se reducirá este valor, de acuerdo a las recomendaciones del *U. S. Bureau of Reclamation*, en un 20% como un factor de seguridad en el análisis hidráulico de las estructuras de disipación de energía.

c. Ancho de Base

El ancho de base igual se elegirá sobre la base de los siguientes criterios:

- Se debe minimizar la presión transmitida al terreno.

- Se debe evitar las obstrucciones causadas por la entrada de piedras, desperdicios del campamento San Cristóbal u otros elementos extraños presentes en el flujo de la quebrada Carahuacra.
- Por el volumen de excavación previsto, la excavación debe ser con maquinaria por lo tanto el ancho mínimo debe ser de 0.90 m (ancho de cuchara de un retroexcavador).

Por lo tanto, el ancho de base elegido para el predimensionamiento del canal será de 1.20 metros, como mínimo, y 1.80 metros como máximo.

d. Trazo en Planta

Un trazo en planta previo se definirá sobre la base de los Puntos de Inicio de Curva, PIs, determinados en el Estudio Topográfico, bajo el criterio de que el radio de curvatura mínimo debe ser igual al quíntuple del ancho de base (ver DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS, ACI Capítulo de Estudiantes de la UNI, pag. III-7). Los elementos de curva (ver figura 7-6) serán calculados de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$T = R \tan(\phi / 2)$$

$$E = R (\sec \phi - 1)$$

$$PI = PC + T$$

$$PT = PC + Lc$$

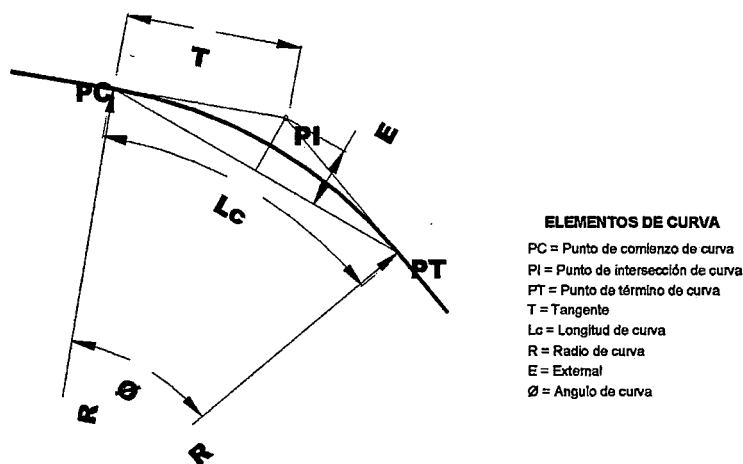


Fig. 7-6. Elementos de Curva

Los elementos de curva determinados y mostrados en el cuadro 2 del Anexo D.1, serán afinados luego de culminado el cálculo hidráulico.

e. Condiciones Topográficas en la Caída

De acuerdo al estudio topográfico, no existe suficiente superficie para proyectar una poza de disipación al pie de la caída, por lo tanto es necesario en este punto prever la instalación de una viga de impacto (*buffled outlet*) como se muestra en la figura 7-7.

Este tipo de estructura ha sido estudiada por el *U. S. Bureau of Reclamation* y su metodología de diseño ha sido estandarizado en el texto DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES. Esta estructura, de acuerdo al perfil longitudinal del canal, podría ser ubicada entre las progresivas 1+460 y 1+470.

7.2.2 Predimensionamiento del Canal

a. Ancho de Base

El predimensionamiento del canal se realizará mediante la fórmula de Maning, para este efecto se hará uso del software denominado *FlowMaster*. Este software ha sido desarrollado por la firma *Haestad Methods* de amplia experiencia en la producción de soportes lógicos dirigidos al diseño hidráulico. El cálculo se realizará para pendientes entre 0.0025 y 0.1000 (de acuerdo a las pendientes del perfil longitudinal mostrado en el cuadro 7-1) y anchos de base de 1.20 y 1.80 metros.

De acuerdo a los resultados del cálculo (ver Cuadro No. 3 del Anexo D.1), es conveniente un ancho de base de 1.80 m para pendientes menores a 0.0600 y un ancho de base de 1.20 para pendientes menores a dicho valor.

b. Borde Libre

Para los tramos en los el flujo es del tipo sub crítico, el borde libre será de 1/3 del tirante. Para los tramos en los que el flujo es super crítico, el borde libre (f_b) se calculará de acuerdo a las recomendaciones del *U. S. Bureau of Reclamation*, en virtud de lo cual:

$$f_b = 0.60 + 0.0037V^3d^{0.5}$$

Donde:

d = tirante en metros.

V = velocidad en m/s.

Esta fórmula tiende a sobre dimensionar el borde libre por lo que sólo se tomará como referencia. Los resultados obtenidos son detallados en el cuadro No. 4 del Anexo D.1 de la presente Tesis.

c. Altura del Canal

La altura del canal, resultado de la suma del tirante mas el borde libre, de acuerdo a criterios económicos, será de 1.50 m para un ancho de base de 1.80 m y 1.20 m para un ancho de base de 1.20 metros (ver figura 7-7 y 7-8).

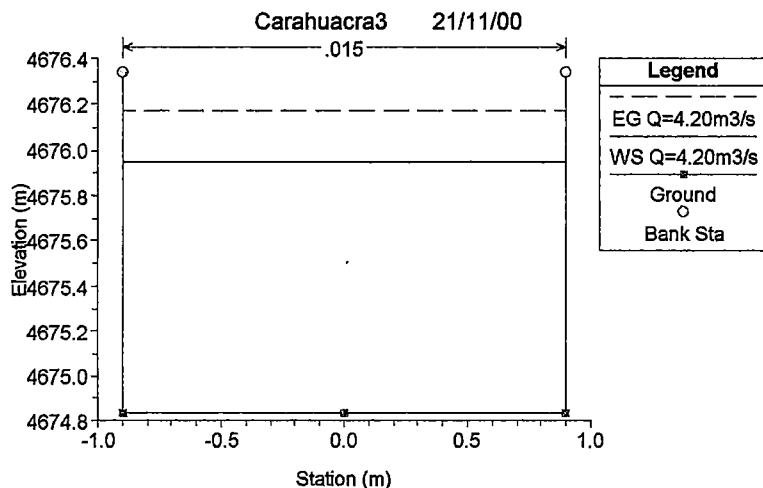


Fig. 7-7. Secciones Preliminares del Canal (b = 1.80 m)

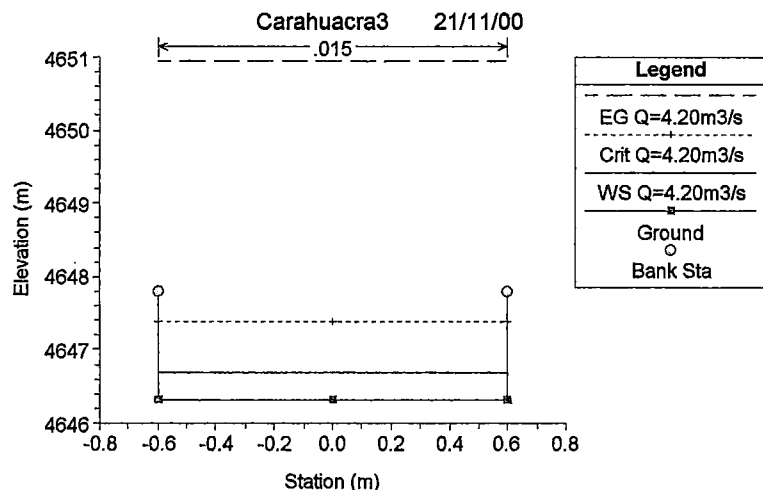


Fig. 7-8. Secciones Preliminares del Canal (b = 1.20 m)

7.2.3 Ubicación y Predimensionamiento de la Estructura de Entrada del Canal

La localización de la estructura de entrada del canal está supeditada a los siguientes requerimientos:

- Debe permitir la entrada del flujo en el menor tiempo posible de modo que el sistema no funcione como un reservorio por lo que la cota de entrada debe ser menor o igual a la mínima cota de la sección transversal de la quebrada donde se proyecta el dique de cierre.

- El inicio de la estructura de entrada debe ubicarse en el eje del dique de cierre.

Por lo tanto, el inicio de la estructura de entrada debe situarse en la progresiva 0+105 (Ver Plano PP-1 del Anexo G – PLANOS DE OBRA). Asimismo, esta estructura debe tener un ancho de base igual a 1.80 m en virtud de lo señalado en el ítem 2.2. Para empalmar esta estructura con el dique de cierre, el canal debe tener una altura de 2.40 m. Esta altura ha sido determinada en coordinación con el Profesional Responsable del Estudio Geológico Geotécnico tal como se señala en la figura 05 del Anexo B.

Como se ha indicado en el cuadro 7-1, la pendiente preliminar del canal en este tramo (0+105 a 0+150) es de 0.0500 y de 0.0025 para el tramo 0+150 a 1+000, por lo tanto se debe prever una poza de disipación aguas arriba de la progresiva 0+150. El dimensionamiento de la poza referida (ver Anexo D.2.1) se realizará bajo los siguientes criterios:

- No se alterarán en lo posible las cotas de rasante en las progresivas 0+105 y 0+150.
- Debido a que las fórmulas existentes para el cálculo de la longitud de la poza disipadora arrojan resultados poco conservadores, esta longitud será incrementada con el criterio de permitir el desarrollo completo del salto hidráulico y acumular los desperdicios que podrían afectar a la viga de impacto que se describe en el ítem 7.2.4.

De acuerdo a estos requerimientos, la longitud y altura de la poza serán 9.0 y 0.6 metros, respectivamente (ver Anexo D.2.1 y Figuras 7-9 y 7-10).

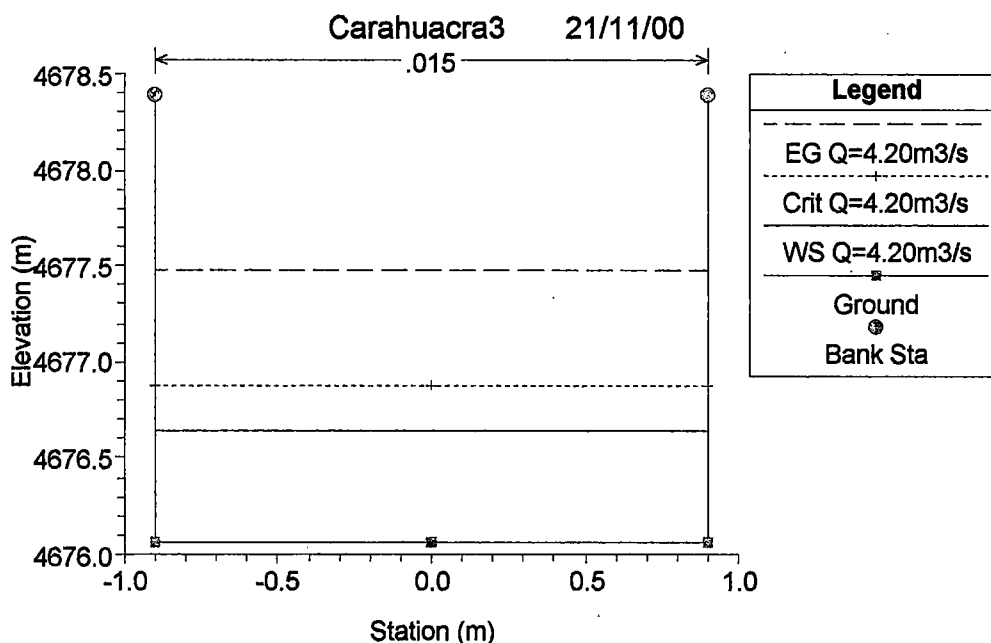


Fig. 7-9. Sección Típica de la Estructura de Entrada del Canal

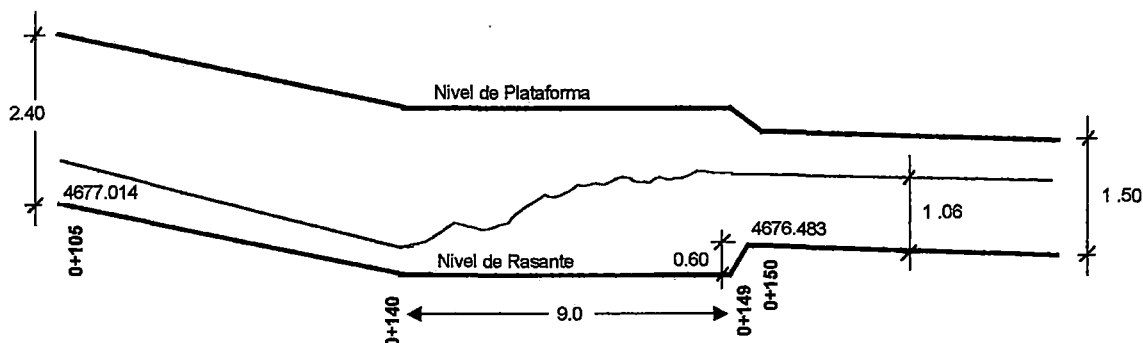


Fig. 7-10. Perfil Longitudinal de la Estructura de Entrada del Canal

7.2.4 Predimensionamiento de la Viga de Impacto

El predimensionamiento de la viga de impacto se realizará siguiendo la metodología del *U. S. Bureau of Reclamation* y que se detalla en el Anexo D.2.2. De acuerdo al cálculo efectuado, las dimensiones preliminares de la referida estructura son mostradas en la figura 7-11.

7.2.5 Predimensionamiento de la Estructura de Entrega de Canal

Para el predimensionamiento de la estructura de entrega del canal se hará uso del software HEC-RAS Versión 2.2, desarrollado por el *U. S. Corps of Engineers*. Este software permitirá realizar el cálculo hidráulico de la rápida en tramos de 1.0 m como máximo.

Los resultados obtenidos mediante el HEC-RAS serán utilizados para verificar la estabilidad hidráulica en la rápida, es decir, analizar la formación de ondas intermitentes (*slug flow*), ver Figura 7-12.

El predimensionamiento de la estructura del canal se realizará de acuerdo a los criterios desarrollados por el *U. S. Bureau of Reclamation*, (Ver *DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES*) en virtud de lo cual:

- Se preverá la existencia de una curva vertical del tipo parabólica al inicio de la rápida.
- Para que la poza de disipación funcione apropiadamente, deberá tener un ancho tal que genere valores del Número de Froude entre 4.5 y 15 al pie de la rápida.

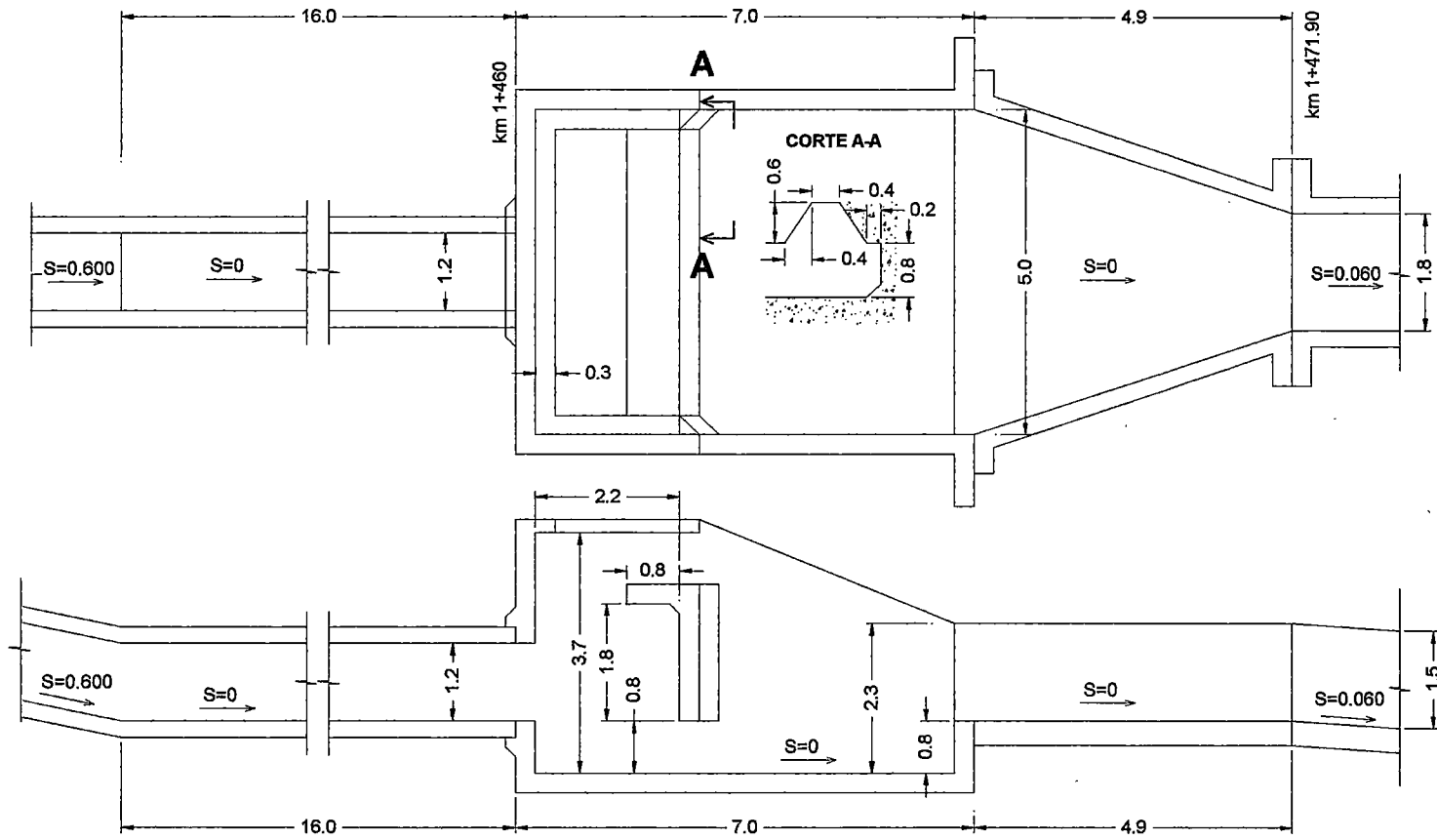


Fig. 7-11 Dimensiones Tentativas de la Viga de Impacto

- La transición entre el rápida y la poza de disipación será simétrica.
- El tirante y la carga de energía a lo largo de la rápida serán calculados con un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.010.
- El análisis del *slug flow* se realizará mediante el criterio de los números de Verdernikov y Montuori y el criterio de forma-pendiente.
- Se realizará un análisis de poza de disipación para un caudal de 4.20 m³/s (caudal de diseño), 1.40 m³/s (un tercio del caudal de diseño) y 0.50 m³/s (caudal aforado durante la visita de campo) para verificar que el salto es ahogado.

Las dimensiones de esta estructura son mostrados en la Figura 7-13. Asimismo, los cálculos realizados son expuestos en el Anexo D.2.3.

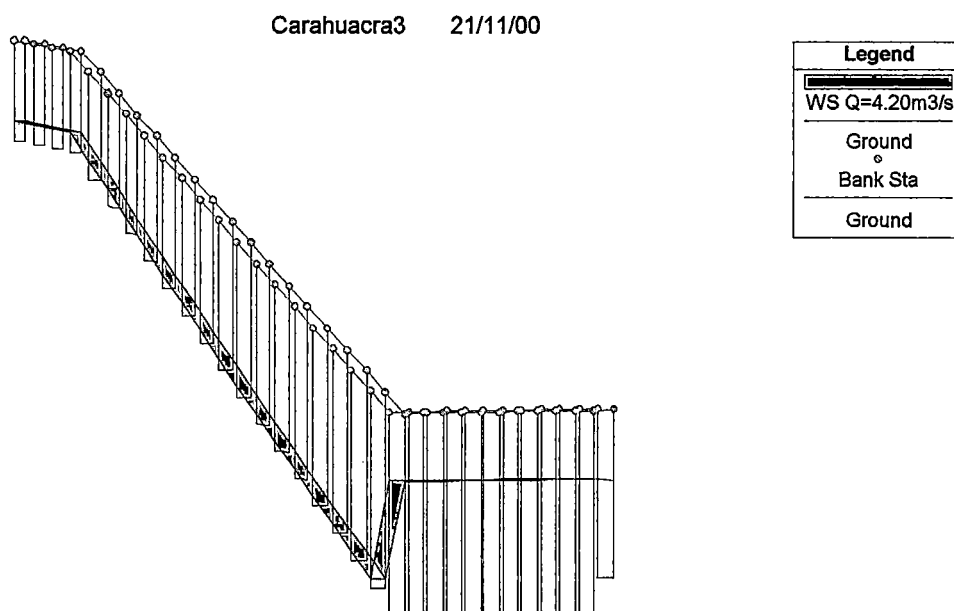


Fig. 7-12. Análisis Hidráulico de la Estructura de Entrega del Canal

7.2.6 Análisis Hidráulico del Sistema

Para la simulación del flujo en todo el sistema se usará el software HEC-RAS Versión 2.2, con los siguientes datos de entrada:

- Coeficiente de Manning de 0.015 previendo el envejecimiento del concreto por la existencia de velocidades erosivas.

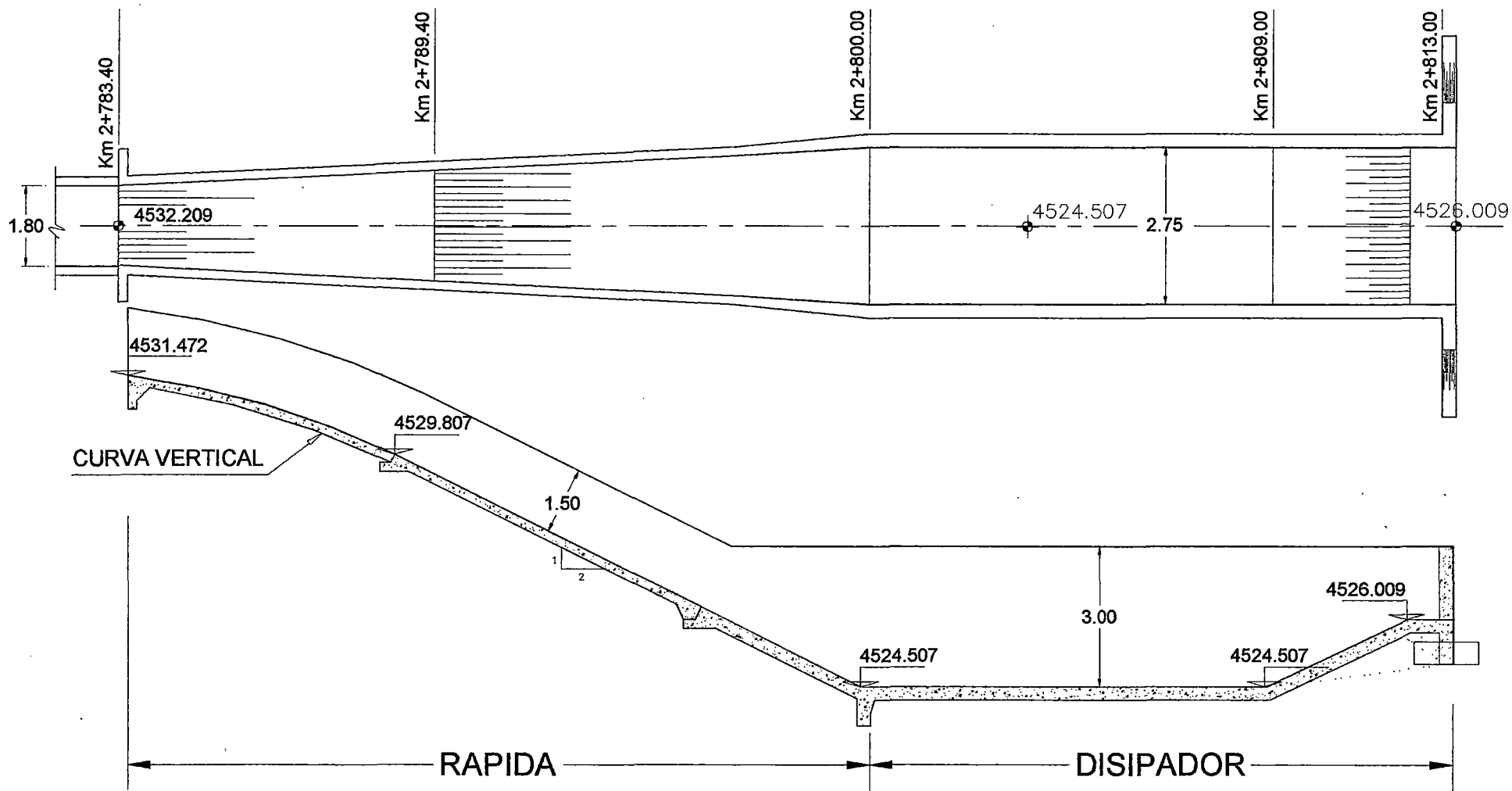


Fig. 7-13 Dimensiones Preliminares de la Estructura de Entrega del Canal

- Régimen de flujo mixto ya que el tramo 0+150 a 1+000 se desarrolla un flujo sub crítico.
- Condiciones de borde: tirante definido mediante la fórmula de Francis a la entrada y tirante normal a la salida del sistema.

Los resultados obtenidos, y que se muestran en el Anexo D.3 – ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA, indican que las dimensiones encontradas satisfacen los requerimientos del proyecto.

Como medida de seguridad se instalarán dados de concreto a lo largo de la rápida desde el Km 1+320 y en la poza de disipación de la estructura de entrega del canal a efecto de prever una protección a la estructura de las altas velocidades del flujo. Estas dados se muestran en los planos PE-6 y PE-10 del Anexo G – PLANOS DE OBRA. Asimismo, como se concluye en el Anexo D.2.2, se revestirá la viga de impacto con una plancha de acero de 1/4" de espesor como se muestra en el plano PE-7 del Anexo G.

7.2.7 Dimensionamiento de la Estructura de Entrega de Quebrada (Km 1+655)

Para el dimensionamiento de esta estructura se ha previsto encauzar la quebrada mediante terraplenes de encauzamiento separados por una distancia igual al ancho de la quebrada (aproximadamente 10 m).

De acuerdo al Estudio Hidrológico, esta quebrada pertenece a la sub cuenca 5, por lo que su caudal de entrega está incluido dentro del caudal de diseño.

Asimismo, de acuerdo a los resultados del HEC-RAS mostrados en el Anexo D.3 – ANALISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA, el tirante normal en este tramo es de 0.37 m, por lo que es necesario prever un desnivel entre la cota de rasante del canal y la cota de rasante de la quebrada. Para tal efecto se asumirá un desnivel de 0.50 metros.

Las dimensiones de esta estructura se muestra en el Plano PE-9 del Anexo G – Planos de Obra.

7.3 DRENAJE

Para el presente Proyecto Piloto, se preverá un sistema de drenaje en la zona por donde el canal cruza el depósito de bofedales y existe un nivel freático alto (tramo 0+105 a 0+400, ver cuadro 6-5) a efecto de descargar la presión que ejerce el agua sub superficial sobre las paredes del canal.

El filtro ha sido diseñado de acuerdo a los criterios de la Secretaría de Obras Públicas de México, tal como se señala en el Anexo D.4 - DRENAJE.

El sistema de drenaje referido estará constituido por drenes longitudinales conectados a otros transversales que descargan el agua debajo del canal en los puntos en la topografía lo permite (ver Planos ST-1 y ST-2 del Anexo G, Planos de Obra). Los drenes transversales estarán constituidos por lloradores o válvulas unidireccionales.

Las válvulas unidireccionales alivian cualquier presión lateral externa e impiden el reflujó (ver Figura 7-14). La ventaja de las válvulas unidimensionales con respecto a los lloradores es que permiten descargar mayor cantidad de agua debido a que pueden ser ubicadas más cerca de la rasante, por lo que estas se usarán para los requerimientos del Proyecto.

La elección del tipo de charnela y su disposición se realizará sobre la base de las recomendaciones del *U. S. Bureau of Reclamation* para este tipo de estructuras, en virtud de lo cual la válvula unidireccional será del tipo charnela debido se comporta mejor ante la presencia de sedimentos. De acuerdo a los cálculos realizados las charnelas estarán ubicadas a ambos lados de la caja del canal, en tramos donde el canal va totalmente enterrado, a cada 4 m y la tubería de drenaje longitudinal será corrugada y tendrá un diámetro de 0.10 metros. Asimismo se prescindirá de estas en el tramo cubierto próximo a la viga de impacto.

Este sistema sólo será instalado en el tramo 0+105 a 1+000, debido a en este tramo no se desarrollan velocidades que pueden arrastrar los finos del terreno lateral. Desde la progresiva 0+150 a la 0+820, el dren longitudinal tendrá una pendiente de 0.0025 y entre las progresivas 0+820 y 1+000 éste irá con una contrapendiente de 0.0025. Asimismo, las salidas hacia el cauce original de la quebrada Carahuacra estarán ubicadas en las progresivas 0+400, 0+540, 0+680 y 0+820.

Para el tramo 1+000 a 2+813, el sistema de drenaje sub superficial estará constituido por charnelas espaciadas a cada 4 m y ubicadas a cada lado del canal.

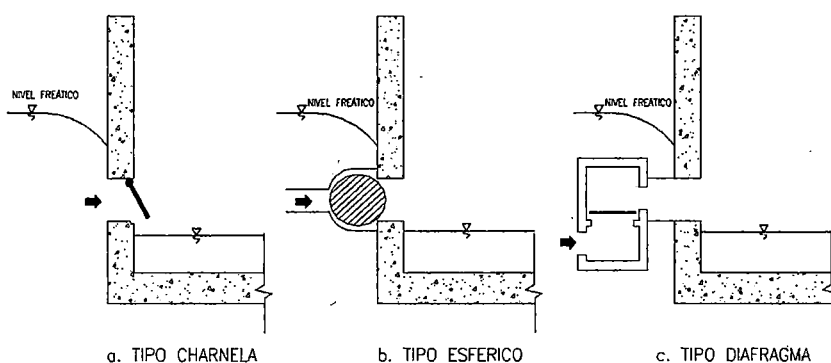


Fig. 7-14. Tipos de Válvulas Unidireccionales

A efecto de impedir que los finos colmaten la tubería de drenaje, éstas estarán recubiertas por una manta de geotextil no tejido del tipo 451 (I) de 1.2 mm de espesor el mismo que ha sido diseñado de acuerdo a los criterios de retención de suelo y permeabilidad adoptados para este tipo de requerimientos. Los cálculos justificativos se muestran en el Anexo D.4. Asimismo las especificaciones técnicas suministradas por el fabricante del tipo de geotextil empleado se muestran en el Anexo E.

7.4 CALIDAD DEL CONCRETO

Debido a que las aguas de la quebrada Carahuacra serán derivadas aguas arriba del punto donde estas se contaminan (aproximadamente 500 m aguas abajo del campamento San Cristóbal), podemos concluir que el concreto estará expuesto a condiciones normales.

De acuerdo a lo expuesto en el ítem 5.3, Calidad del Concreto en Obras Hidráulicas Requeridas para el PAMA, el $f'c$ mínimo a usarse será de 24 MPa (245 Kg/cm²). Asimismo el tipo de cemento usado para la producción del concreto será tipo I.

Las especificaciones técnicas referentes a la calidad del concreto del presente Proyecto Piloto, son mostradas en su totalidad en el ítem 3.02 del Anexo F.2 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA.

7.5 DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de las estructuras del presente Proyecto Piloto se ha realizado mediante el método por cargas factorizadas o LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) para obras hidráulicas (ver Figura 7-15), estos factores, han sido calibrados para controlar un ancho de grieta de 0.20 mm, para el caso para estructuras sometidas a severas condiciones de exposición y 0.25 mm para las sometidas a condiciones normales.

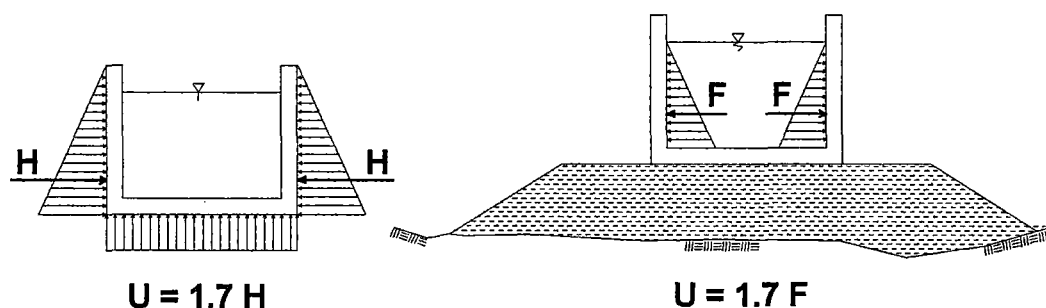


Fig. 7-15. Factores de Diseño Según el Método LRFD

Para el diseño de estructuras de cruce de vías, la carga viva a considerar será del tipo C-30 debido a la clase de vehículos (propios de actividades mineras) que por estas transitan.

De acuerdo al método LRFD, la carga última (U) considerando la carga viva (L) y la carga muerta (D) debe ser:

$$U = 1.4 D + 1.7 L$$

Asimismo, el valor de U obtenido, será multiplicado por el "coeficiente de durabilidad sanitario" determinado por el ACI y que es mostrado en el cuadro 7-2.

La cuantía mínima por contracción y temperatura, de acuerdo a la Norma del ACI para Estructuras de Concreto Ambientales, será 0.00325 para un espaciamiento de juntas de 9 m (ver Figura 7-16).

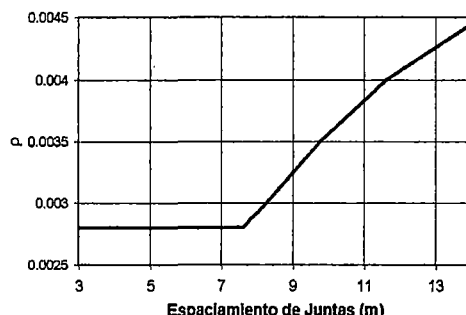


Fig. 7-16. Cuantía Mínima por Contracción y Temperatura

Los resultados obtenidos en el diseño estructural se muestran en los planos E-1 al E-7 del Anexo G – Planos de Obra.

Cuadro 7-2

Coefficiente de Durabilidad Sanitario para Estructuras de Concreto

Requerimiento	Coefficiente de Durabilidad Sanitario
Refuerzo en flexión	1.30
Tracción directa	1.65
Tracción diagonal	1.30
Zonas de compresión	1.00

7.6 DISEÑO DE JUNTAS

Debido a los cambios dimensionales que se presentarán en las estructuras debido a los gradientes de temperatura del campamento San Cristóbal, en el presente Proyecto Piloto, las juntas de contracción estarán separadas 9 metros entre sí y coincidirán con las juntas constructivas. Complementariamente, se instalarán juntas en los puntos donde existan cambios de sección.

De acuerdo al análisis hidráulico del sistema, el flujo predominante es super crítico, por lo que, sobre la base de lo expuesto en el ítem 6.00 del Capítulo V - Calidad del Concreto en Obras Hidráulicas Requeridas por el PAMA.. Se ha elegido entre las existentes en el mercado al CAVE LASTIC – PRT, por que es fácil de instalar, tiene un buen comportamiento en la zona alto andina y su precio está ligeramente por debajo de los demás el sello de las juntas será del tipo elastomérico. De acuerdo a las recomendaciones del fabricante el factor de forma será de 0.5:1 (ver Anexo E).

Asimismo, según el Diseño Estructural, el espesor de la caja de canal varía entre 0.20 y 0.30 metros, por lo tanto el ancho del *water stop* será de 0.15 m (6") del tipo U-15 (ver Anexo E). La Figura 7-18 muestra la configuración típica de las juntas.

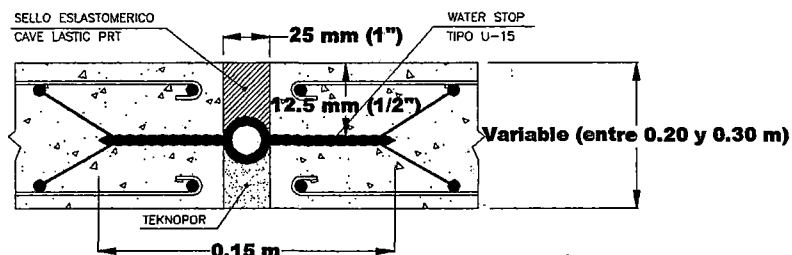


Fig. 7-18. Configuración Típica de las Juntas

7.7 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Debido a la necesidad de efectuar labores de mantenimiento, en el presente Proyecto Piloto se considerarán al menos dos puentes de cruce. Así mismo se ubicarán escaleras de gato en los puntos donde sean imprescindibles, estas tendrán una longitud de 0.30 de ancho, un paso de 0.15 m y un contrapaso de 0.30, de modo que permitan el acceso de los operarios.

Debido a las fuertes pendientes y por consiguiente grandes velocidades de flujo que desarrollará el canal, se preverán señales preventivas para evitar accidentes. Ante la posibilidad del tránsito de ganado (vacas, caballos, burros y ovejas) por las cercanías de la caída, se amurallará la zona con mallas metálicas cuyo costo será incluido en el Presupuesto de Obra.

El modo de instalación y dimensiones de estas mallas serán especificadas de tal modo que se siga las recomendaciones del *U. S. Bureau of Reclamation*, para canales tipo E (canales que podrían ser peligrosos para animales grandes, es decir animales mayores a un venado). Ver Capítulo 9 de *DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES*. Para este nivel de riesgo la referida institución establece que la altura de la protección será 1.80 m de altura, con mallas de alambre galvanizado de cocada 0.10x0.10 y alambre de calibre 0.71 mm. El costo unitario de esta partida incluirá la provisión de una señal preventiva en quechua y castellano.

Debido a que la Alcantarilla No. 2 es una obra de cruce con una vía bastante transitada (la carretera Yauli - San Cristóbal), se deben instalar barandas de seguridad a ambos lados de la vía. Para tal efecto, se utilizarán las barandas tipo G2 ARMCO o similar acuerdo a las recomendaciones del *American Iron and Steel Institute* (Ver *Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products*, 3rd Edition, Washington D. C., 1983, pag. 291).

A efecto de otorgarle mayor seguridad al canal de derivación, se proyectarán zanjas de evacuación de excedencias en las progresivas 0+536 y 2+105, éstas desfogarán el cauce hacia el cauce principal de la quebrada Carahuacra.

7.8 PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA

Sobre la base de los Diseños Hidrológico y Estructural, para el presente proyecto Piloto, se han elaborado los Planos de Obra a nivel constructivo que se muestran en el Anexo G – PLANOS DE OBRA. Estos han sido elaborados en el entorno AUTOCAD y en formato A1, sin embargo son mostrados en la presente Tesis en el formato A3, estando disponibles en el primer formato en el disco compacto que se adjunta.

Para la numeración de los planos se ha optado por la nomenclatura mostrada en el Cuadro 7-3 y que es de bastante uso en el medio. Adicionalmente a los acotamientos y dimensionamiento, se muestran en los planos las especificaciones y/o métodos constructivos asumidos en el diseño, de tal manera que durante la fase de licitación los postores tengan una idea clara y cabal de la magnitud del Proyecto y preparen debidamente sus ofertas técnicas y económicas correspondientes.

Las Especificaciones Técnicas de Obra han sido elaboradas para cada partida del Proyecto, en ellas se detallan los procesos constructivos; la forma de pago; los requerimientos de la mano de obra, materiales y equipo; y la forma de metrado respectivas. Estas Especificaciones se muestran en el Capítulo III del Anexo F – EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA.

Las Especificaciones Técnicas han sido ejecutadas, en concordancia con las normas nacionales (siempre que cubran los requerimientos) o las normas internacionales.

Cuadro 7-3
Nomenclatura de Planos

Nomenclatura	Tipo de Plano
PP-n	Plano de Planta y Perfil
PE-n	Plano de Encofrados
ST-n	Plano de Secciones Transversales
E-n	Plano de Estructuras

Los Planos junto con las Especificaciones Técnicas constituirán parte del Expediente Técnico de Obra del presente Proyecto Piloto que se muestra en el Anexo F.

7.9 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE OBRA

Sobre la base de los planos de Ingeniería al nivel constructivo desarrollados y las Especificaciones Técnicas, se han establecido todas las partidas (genéricas y

específicas) necesarias para la completa ejecución de la obra del presente Proyecto Piloto.

Todas estas partidas han sido cuantificadas y se han calculado sus costos unitarios a efecto de elaborar el Presupuesto de Obra (el cual constituirá parte del Expediente técnico de Obra) bajo los siguientes criterios:

7.9.1 Metrados

Las planillas de cantidades de obra o metrados de las partidas de cada una de las estructuras proyectadas, se han ejecutado de acuerdo al grado de precisión que se requiere para un Estudio Definitivo y se muestran en su totalidad en el Capítulo IV del Anexo F. El grado de aproximación de los metrados se ha realizado siguiendo las recomendaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual establece una aproximación al décimo como máximo.

7.9.2 Análisis de Costos Unitarios

El análisis de Costos Unitarios, se ha ajustado a las condiciones de la zona del proyecto, a las canteras identificadas mediante el Estudio Geológico - Geotécnico, a las facilidades de transporte y acarreo de materiales. Los Costos Unitarios incluyen los requerimientos de mano de obra, materiales de construcción; la maquinaria y equipos necesarios para la culminación de las obras proyectadas.

Los insumos de materiales se expresan en unidades usuales de comercialización (bolsas de cemento, metros cúbicos de arena, pies cuadrados de madera, litros de agua, etc.) y se han considerado las mermas y desperdicios, inevitables en actividades como la construcción. El costo de los materiales será el que corresponda a los materiales puestos en obra, es decir, el precio incluirá los gastos de transporte de acuerdo a las tarifas vigentes para el transporte terrestre.

Cabe precisar que en Proyectos PAMA, los precios de mano de obra, maquinaria, equipo y materiales debe ser coordinado por con el equipo de Proyectos de las unidades mineras ya que éstas siempre tienen información muy confiable al respecto.

Para el presente Proyecto piloto, los rendimientos de la mano de obra para las categorías: operario, oficial y peón han sido precisados para 8 horas de trabajo, de acuerdo al equipo y medios auxiliares seleccionados, grado de dificultad de los procesos, altitud a la que se encuentra ubicada la obra, organización de los trabajos, etc. Asimismo, el costo de los insumos de la mano ha sido proporcionado por el equipo técnico de VOLCAN CIA. MINERA S.A.A. y se expresarán en hora – hombre (hh).

La maquinaria y el equipo considerados necesarios para la ejecución de una determinada partida, se expresarán en horas máquina (hm) y horas equipo (he), respectivamente. El costo de una hm y una he, han sido determinados por los precios de mercado de la ciudad de Lima, por lo tanto ésta ciudad será el punto de partida para cuantificar la partida "Movilización y Desmovilización de Maquinaria y Equipo".

Los costos de las partidas consideradas estimadas o sub contratos, han sido cuantificados de acuerdo a los volúmenes de las partidas involucradas.

El análisis de Costos Unitarios se muestra en los Capítulos II y IV del Anexo F – EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA.

7.9.3 Presupuesto

Analizados los costos unitarios y calculados los metrados por partidas, se ha elaborado el Presupuesto de Obra con los precios vigentes a Octubre del 2000. El Presupuesto total de la obra ha sido dividido por partidas genéricas (obras preliminares, movimiento de tierras, obras de concreto, etc.) distribuidas de acuerdo al orden lógico constructivo. El Presupuesto de obra incluirá los costos directos, los costos indirectos (15% del costo directo), las utilidades (10% del costo directo) y los impuestos de Ley (Impuesto General a las Ventas, IGV, igual al 18% de la suma del costo directo, el costo indirecto y las utilidades).

El Presupuesto de Obra del presente Proyecto Piloto asciende a **S/. 5'459,901.11** (aproximadamente \$ **1'559,972**) y se muestra en los Capítulos II y IV del Anexo F.

7.10 MEMORIA DESCRIPTIVA

Se ha preparado una Memoria Descriptiva completa del presente Proyecto Piloto, detallando las características de las diversas partes que conforman las obras proyectadas a nivel definitivo, indicando las condiciones geológicas y geotécnicas de cada obra. La memoria descriptiva incluye los datos de parámetros meteorológicos como temperaturas máximas, mínimas, humedad relativa, precipitación, etc.; con el fin de mostrar el nivel de información que deben contener los expedientes técnicos de obra de este tipo de Proyectos para que los postores puedan preparar sus propuestas con los mejores y mayores conocimientos de las condiciones de la zona de Proyecto. La memoria constituye también parte del Expediente Técnico de Obra (Ver Capítulo I del Anexo F).

7.11 PROGRAMACIÓN DE OBRA

La programación de obra del presente Proyecto Piloto (ver Capítulo IV del Anexo F) se ha realizado de acuerdo a los siguientes criterios:

- La construcción del dique de cierre debe hacerse por etapas esperando la consolidación de la cimentación del lecho aluvial fino que se estima demorará 6 meses.
- Sólo al final de la consolidación y término de la consolidación del dique interceptor se deberá proceder a la construcción del primer tramo del canal (tramo 0+105 – 0+400).

Luego podemos concluir que la secuencia constructiva deberá ser:

Dique de Cierre	220 días calendario.
Tramo de Canal entre 0+300 – 2+813	241 días calendario (simultáneo a la construcción del dique de cierre).
Primer tramo del canal (0+105 – 0+300)	18 días calendario (después de la construcción del dique de cierre).

De acuerdo a lo expuesto podemos concluir que la obra tendrá una duración de 267 días calendario.□

CONCLUSIONES

Agua barro en el camino,
agua que esculpes paisajes,
agua que mueves molinos,
agua que me da sed nombrarte,
agua que le puedes al fuego,
agua que agujereas la piedra,
agua que estás en los cielos
como en la tierra.

Joan Manuel Serrat

Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado nos permite llegar a las conclusiones y emitir las recomendaciones que seguidamente se señalan:

Respecto a la Zona Alto Andina

- Debido a la altitud y a las bajas temperaturas, la vegetación en la Región Janca o Cordillera queda reducida a sólo unas cuantas especies de musgos y líquenes: la huamanripa y la yareta. Este hecho hace de la región Janca el piso ecológico más vulnerable, pues cualquier alteración en la flora tarda mucho tiempo en recuperarse, por lo que es necesario realizar más estudios para determinar que tipo de especies vegetales, en el menor tiempo posible, podrían permitir la revegetación de las zonas afectadas por las actividades mineras.
- En la zona alto andina existen algunas minerales como la tetraedrita, la calcopirita, la enargita, la cuiprita, la malaquita, la azurita, la covelita, la galena, la cerusita, la anglecita, etc. que habitualmente están asociadas a con los sulfuros de plata (Ag), oro (Au), arsénico (As), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi), telurio (Te), etc. y que producen la mayoría de las aguas ácidas presentes en las actividades mineras.
- El análisis de la información climatológica de las temperaturas mínimas absolutas es de vital importancia para la programación de las obras PAMA proyectadas, esta permite determinar los períodos constructivos para proteger y prevenir daños al concreto debido a la congelación de las estructuras recién colocadas.
- En la zona alto andina el suelo crítico más común es el conformado por depósitos de bofedales o turberas, que debido a sus propiedades ingenieriles (baja capacidad portante y elevada relación de vacíos) los hace inadecuados para la cimentación de estructuras. De acuerdo a la experiencia constructiva, el reemplazo total de este material para la cimentación de estructuras es antieconómico para alturas de más de 10 metros.
- En estructuras lineales proyectadas para el cumplimiento del PAMA que crucen zonas donde existe poblaciones de animales, es necesario proyectar "ecoductos",

estas estructuras, que fueron desarrolladas con gran éxito en Europa, en las carreteras que cruzaban zonas con presencia de fauna silvestre, pueden ser adoptadas en nuestro medio. Estas deben estar provistas sin embargo de andenes que "encaucen" el paso de los animales.

Respecto al Aspecto Legal del PAMA

- De acuerdo a la Evaluación Ambiental Territorial, EVAT, realizada por el Ministerio de Energía y Minas antes del establecimiento del Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA, para identificar los pasivos ambientales ocasionados por la minería, las cuencas más afectadas son las de los ríos Mantaro, Rímac y Madre de Dios. Se determinó además que los efectos negativos se debían a la combinación de inadecuadas prácticas de manejo ambiental y a dificultades propias de cada lugar, principalmente derivadas de una topografía abrupta, que limita espacios para desmontes y relaves.
- Los principales impactos ambientales que contempla el PAMA están constituidos por la generación de grandes volúmenes de residuos (desmonte, escoria y relaves); la inestabilidad geotécnica de los depósitos de relaves, incluyendo el riesgo potencial de colapso de los mismos y que consecuentemente impactarían en las centrales hidroeléctricas, vías de transportes, sistemas de riego y abastecimiento de agua; la erosión de las canchas de relaves; la fisuración de estructuras geológicas; la alteración del nivel freático de las minas; la necesidad de drenaje ácido; la presencia de As, Cu, Zn, Fe y cianuro, y en algunos casos Hg en los efluentes contaminantes; la afectación de la vida acuática en los ríos, alcanzándose niveles de desaparición en muchos de ellos; la acidificación y contaminación de suelos; la descarga de desechos industriales (aceites, grasas, combustibles y otros productos químicos); y la descarga de residuos sólidos y aguas servidas de campamentos y poblados.
- El muestreo y análisis físico-químico de los efluentes contaminantes (Evaluación Ambiental Preliminar, EVAP), es el primer paso para proyectar el PAMA de una determinada unidad minera. Estos usualmente son realizados por los equipo de Asuntos Ambientales de cada unidad y sirven para determinar los alcances del PAMA.
- El PAMA de una unidad minera debe contemplar una evaluación integral de los procesos de obtención de los minerales, a fin de determinar posibles cambios que conlleven a una disminución en la producción de residuos contaminantes y e en el mejor de los casos la eliminación de estos.
- De acuerdo al número de PAMAs presentados hasta la fecha, el programa se encuentra completado hasta la fecha en un 60%.

Respecto a los Estudios Básicos para la Elaboración de Proyectos Hidráulicos Requeridos por el PAMA

- Para asegurar el nivel de confiabilidad del Estudio Topográfico, es necesario realizar un trabajo de supervisión al mismo. Teniendo en cuenta que los trabajos

de campo del Estudio Topográfico en la zona alto andina están limitados por la presión, las pocas horas de luz, la velocidad del viento y la temperatura que pueden distorsionar las lecturas de campo es recomendable comprobar el avance cada 5 días.

- En nuestro país no existe un reglamento que establezca los lineamientos para la exploración geotécnica en estructuras hidráulicas, por eso es conveniente adoptar las recomendaciones del Manual de Suelos publicado por la *United States Bureau of Reclamation*.
- El PAMA de una unidad minera debe prever los trabajos de cierre definitivo de la mina, por lo que es necesario que el Consultor que la realiza mantenga una estrecha coordinación con el equipo de Asuntos Ambientales de ésta.
- Todo Estudio Hidrológico está supeditado a la disponibilidad de información existente, por lo tanto el Profesional Responsable debe agotar todas las instancias para coleccionar la información básica, conformada por la información relativa al relieve de las cuencas y la información meteorológica y/o hidrométrica.
- La información referente al relieve de las cuencas obtenida de las cartas geográficas publicadas por el Instituto Geográfico Nacional es muchas veces insuficiente, por lo que se puede recurrir a la información manejada por los equipos de topografía de las unidades mineras.
- En la zona alto andina existe la presencia de "cuencas ciegas", estas cuencas están formadas por depresiones que no deben ser consideradas como efluentes.
- El Período de Retorno para proyectos PAMA, está supeditado al período esperado de explotación de la mina, el nivel de riesgo aceptable para las estructuras a proteger y a la longitud de datos disponibles. La elección de este parámetro es un tanto subjetiva y requiere de un cierto grado de experiencia del Profesional Responsable.
- En nuestro medio, la escasa información meteorológica disponible hace que el criterio del valor límite estimado para la elección del período de retorno sea bastante recomendable. A este respecto, la *U. K. Flood Studies Report* recomienda que el período de retorno debe ser de sólo $2N$ años (N es la longitud de registros) y que más allá de un periodo del retorno de $4N$ años, es recomendable una curva de frecuencia regional para un periodo de 200 años e incluso de 500 años, con el riesgo de una baja exactitud.
- La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov es aplicable a cualquier función de distribución de valores extremos, debido a que es un método no paramétrico para el cual la condición *sine qua non* es que ésta sea continua.
- Dentro de las condiciones iniciales para la estimación del caudal de diseño, deben ser consideradas las pérdidas iniciales debido a la existencia de fisuras en las estructuras geológicas muy comunes en las unidades mineras y la existencia de plantas menores.
- Por ser las expresiones existentes para el cálculo tiempo de concentración, producto de resultados empíricos, se deben considerar valores de este parámetro

mayores o iguales a 10 minutos. Por consiguiente se debe considerar valores de tiempo de retardo mayores o iguales a 6 minutos (0.10 horas).

- El Profesional Responsable del Estudio Hidrológico debe especificar si existe la necesidad de medidas para la operación mantenimiento de las estructuras proyectadas.
- Es necesario analizar el pH del suelo y en el caso de que existan condiciones limitantes para el desarrollo de ciertas especies por la existencia de altos niveles acidez y se requiera la remoción o la cobertura de dicho material, se debe determinar el espesor mínimo de *humus* necesario para el desarrollo radicular de las especies vegetales consideradas. Este parámetro es necesario también para el caso del recubrimiento de canchas de relaves en proceso de abandono definitivo.
- De acuerdo a las conclusiones preliminares de los estudios realizados por los equipos ambientalistas de las mineras Yanacocha y Milpo, el colle tiene el mayor potencial de sobre vivencia y crecimiento en la zona alto andina, indistintamente del tamaño de hoyo en el que fue plantada y es recomendable para la estabilización de suelos en menor tiempo.
- Los criterios expuestos en la presente Tesis pueden ser usados también en Proyectos Hidráulicos incluidos en Estudios de Impacto Ambiental.

Respecto a la Calidad del Concreto en Obras Hidráulicas Requeridas por el PAMA

- Las estructuras hidráulicas proyectadas para el cumplimiento del PAMA, poseen algunos problemas no comunes en otros usos del concreto. Por la naturaleza de las aguas (ácidas y/o no ácidas) que estarán en contacto con estas estructuras es necesario que en el concreto utilizado en este tipo de obras se verifiquen las siguientes características: alta densidad e impermeabilidad, para minimizar la contaminación de las fuentes de agua, suelos o el ambiente; gran resistencia a las sustancias químicas naturales o a las utilizadas en los procesos de obtención de los minerales; y, superficies suaves para minimizar la resistencia al flujo.
- Las principales causas de degradación en las estructuras hidráulicas de concreto son el movimiento de material abrasivo en el flujo, el impacto de hielo y principalmente el fenómeno de la cavitación.
- En tramos de alta velocidad en estructuras hidráulicas lineales, deben evitarse las obstrucciones y cambios abruptos en el alineamiento y debe verificarse la existencia de zonas de cavitación.
- Para restringir la permeabilidad en las estructuras hidráulicas de concreto requeridas para el PAMA en la zona alto andina, se debe especificar que para condiciones normales de servicio (líquidos con $\text{pH} > 5$ o sulfatos presentes con menos de 1500 ppm) la relación a/c máxima debe ser de 0.50 y para condiciones severas (cuando los límites exceden las condiciones normales) la relación a/c máxima debe ser 0.45. Otra forma de cumplir con las relaciones a/c señaladas es restringiendo el valor del f'c del concreto, por lo que para concretos expuestos a

condiciones normales es recomendable la utilización de concretos con $f'c=24$ MPa (245 Kg/cm^2) como mínimo. Asimismo para concretos expuestos a condiciones severas es recomendable un $f'c$ mínimo de 27.4 Mpa (280 Kg/cm^2).

- De acuerdo a las experiencias constructivas, el sello de las juntas con material elastomérico tiene el mejor desempeño en canales donde se desarrollan flujos supercríticos.
- Entre los tipos de aguas ácidos presentes en los flujos de proyectos PAMA podemos mencionar a los sulfuros de fierro y cobre y a los cianatos de sodio (NaCN), potasio (KCN) y magnesio ($\text{Mg}(\text{CN})_2$). Estos ácidos dependen del tipo de mineral que se extrae de la unidad minera.

Respecto a la Metodología de Estudio del PAMA de la Unidad Minera Piloto

- El canal de Derivación "San Cristóbal – Carahuacra" además de cumplir con lo requerido con el PAMA, evitaría que la infraestructura existente dentro zona del Estudio se vea afectada por flujos de agua, lodo y escombros.
- Las obras que comprenden el Proyecto estarán cimentadas sobre los siguientes tipos de suelos: el dique, sobre arcilla plástica con turba; la estructura de ingreso del canal, sobre arcilla, la rápida sobre arcilla gravosa y roca caliza; y, el canal de derivación sobre arcilla, grava arcillosa, roca y arena arcillosa.
- El área que comprende la cuenca de la quebrada Carahuacra, desde la divisoria de altas cumbres hasta las cercanías a la entrega del canal de derivación (canal 1), se subdivide en tres zonas: una primera zona cubierta por abundante vegetación tipo pastizales en las partes altas hasta la captación del canal (subcuencas 1, 2 y 3); una segunda zona de aporte formada por la ladera derecha de la quebrada, aguas abajo de la captación de la quebrada, sin cubierta vegetal (subcuencas 4 y 6); y, una tercera zona de aporte formada por la ladera izquierda de la quebrada, aguas abajo del punto de captación de la quebrada, con aproximadamente 65% de su superficie con cubierta vegetal (subcuenca 5).
- El área acumulada de la quebrada Carahuacra hasta el punto de salida del canal de derivación es de 9.5 Km^2 por lo que puede tipificarse como una cuenca mediana.
- De acuerdo a la importancia de la obra, el periodo de explotación esperado de la unidad minera "San Cristóbal", estimado en 20 años, al efecto de los daños que se producirían de fallar la estructura y a la disponibilidad de datos hidrológicos, se estableció un período de recurrencia, de 50 años. Sobre la base de este planteamiento, podemos afirmar que el riesgo de falla de la estructura es de 33.2%.
- De acuerdo a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov, la función de probabilidad que mejor se ajusta a los datos de la estación Mayupampa, es la Log Pearson Tipo III, según esta función, la precipitación máxima en 24 horas es de 38 mm.

- La fórmula regional del IILA tiende a sobredimensionar la precipitación máxima en 24 horas, de acuerdo a esta fórmula el valor de este parámetro es 57.01 mm.
- El caudal de diseño empleado para el dimensionamiento del canal y sus obras de arte será de 4.2 m³/s. El caudal resultante depende en gran magnitud de la existencia de los bofedales, debido a la gran capacidad de retención de estas formaciones ecológicas. De eliminarse estos bofedales y desaparecer su capacidad de retención, el caudal que llegaría al canal sería de 7.7 m³/s.

Respecto al Desarrollo del PAMA de la Unidad Minera Piloto

- Para los tramos de canal donde existen flujos críticos, es necesario asumir un valor del coeficiente, *n*, de *Manning* con una reducción del 20% como un factor de seguridad en el análisis hidráulico de las estructuras de disipación de energía.
- La construcción del dique de cierre debe realizarse previa a la construcción del canal y debe contemplar el emplazamiento de drenes verticales de arena, en tresbolillo, a lo largo de su desarrollo.
- Para cumplir con los objetivos del Proyecto, es necesario realizar el drenaje de la ladera derecha (Sub-cuencas 4 y 6) de la quebrada Carahuacra, lo que implica una segunda etapa del Estudio para el diseño de los Canales 2 y 3, para el drenaje de las Sub-cuencas 4 y 6, respectivamente. ■

BIBLIOGRAFÍA

**Espíritu
es la vida que fluye infinitamente
en mi muerte, como un río que no teme
volverse océano.**

Gregory Corso

BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute – Capítulo Peruano. Concreto al Día No. 27. ACI – Capítulo Peruano. Lima. 1997.
- American Concrete Institute – Committee 350. Environmental Engineering Concrete Structures. ACI. 1989.
- American Iron and Steel Institute. Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products. Ohio. 1981.
- Arocha R. Simón. Abastecimientos de Agua – Teoría y Diseño. Ediciones Vega S.R.L. Caracas. 1977.
- Azevedo Netto J.M., Acosta A. Guillermo. Manual de Hidráulica. HARLA S. A. Sexta Edición. México. 1976.
- Black Arbeláez Thomas. El Marco Regulatorio para la Descontaminación Hídrica en Colombia. Tasas por Contaminar y Fondos Regionales. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Lima. 1998.
- Chow V. T. Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill. New York. 1994.
- Chow Ven Te, Maidment R. David, Mays W. Larry. Applied Hydrology. Mc Graw Hill. 1988.
- Colegio de Ingenieros del Perú. Saneamiento y Medio Ambiente. Año 5, No. 18. Lima. 2000.
- Colorado State University Engineering Research Center. Riprap Design for Overtopped Earth Embankments. U. S. Bureau of Reclamation. Denver, Colorado. 1996.
- Corner Robert M. Designing With Geosynthetics. Prentice Hall Inc. New Jersey. 1994.
- Coronado del Águila Francisco. Diseño y Construcción de Canales. Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil. Lima. 1992.
- De Novo Pedro, Chicarro F. Diccionario de Geología y Ramas Afines. Ediciones Labor. Madrid. 1957.

- Dirección de Vialidad de Chile. Manual de Carreteras, Capítulo Hidrología y Drenaje. Santiago. 1981.
- Dodson & Associates, Inc. HEC – RAS 2.2 – User's Manual. Dodson & Associates, Inc. Houston, Texas. 1998.
- Electroandes S. A. Estudio Hidrológico de las Cuencas de Electroandes S. A. La Oroya. 2000.
- Fread D. L. Hydrology Manual – Flow Routing. Mc Graw Hill. 1998.
- González del Tanago del Río Marta, García del Jalón L. Diego. Restauración de Ríos y Riveras. Universidad Politécnica de Madrid. 1995.
- Guevara Edilberto, Humberto A. Cartaya. Hidrología. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. 1991.
- Gutierrez Llantoy Sixto Ulises, Manejo y Tratamiento de Aguas Residuales en la Refinación de Cobre y Plata. Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima. 1995.
- Hamming R. W. Numerical Methods for Scientists and Engineers. Dover Publications, Inc. New York. Second Edition. 1986.
- Hoggan H. Daniel. Computer Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics. Mc Graw Hill Publishing Company. 1989.
- ILLA-SENAMHI-UNI. Estudio de la Hidrología del Perú. ILLA-SENAMHI-UNI. Lima. 1984.
- Instituto Geográfico Nacional. Atlas del Perú. Lima. 1998.
- Jiménez Flores Roberto. Tesis de Grado "Determinación de las Características Físico Mecánicas del Concreto Fresco y Endurecido Fabricado en Altura y Clima Riguroso con Cemento Pórtland Tipo I y Aditivos Acelerante de Fragua e Incorporador de Aire". Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil.
- Kite G. W. Frequency and Risk Analyses in Hydrology. Water Resources Publication. Fourth Printing. 1998.
- L & L Editores S. R. L. Minas y Petróleo. No. 208. Lima. 2000.
- L & L Editores S. R. L. Minas y Petróleo. No. 221. Lima. 2000.
- Mc Worther David B., Sunada K. Daniel. Ground-Water Hydrology and Hydraulics. Water Resources Publication. 1993.
- Minaya Rosario Carlos Danilo. Tesis de Grado "Determinación de las Características Físico Mecánicas del Concreto Fabricado en Altura y Clima Riguroso con Cemento Tipo I y Aditivo Incorporador de Aire". Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil.

- Ministerio de Energía y Minas - Dirección De Asuntos Ambientales. Compendio de Normas Ambientales para las Actividades Minero Energéticas. FIMART Editores & Impresores S.A. Lima. 1997.
- Pasquel Carbajal Enrique. Tecnología del Concreto para Obras en Altura en el Perú. El Ingeniero Civil. Lima. 2000.
- Perú Minero. Minería y Medio Ambiente Año V – No. 23. Instituto Manuel Samamé Boggio. Lima. 1999.
- Pilgrim H. David, Cordery Ian. Hydrology Manual – Flood Runoff. Mc Graw Hill. 1998.
- Rivera Feijoo Julio. Diseño Estructural de Obras Hidráulicas. El Ingeniero Civil. Lima. 2000.
- Rivva Lopez Enrique. Recomendaciones para el Proceso de Puesta en Obras de Estructuras de Concreto. Universidad Nacional de Ingeniería. 1988.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Reglamento Técnico de Meteorología e Hidrología. Ediciones SENAMHI. Lima. 1978.
- U. S. Army Corp of Engineers – Hydrologic Engineering Center. Hydrograph Package – HEC-1, User's Guide. Davis, California. 1990.
- U. S. Army Corp of Engineers – Hydrologic Engineering Center. Hydrograph Package – HEC-1, User's Manual. Davis, California. 1990.
- Vujica Yevjevich. Probability and Statistics in Hydrology. Water Resources Publications. Third Printing. 1982.
- Water and Power Resources Service. Engineering Monograph No. 41, Air – Water Flow in Hydraulic Structures . United States Department of the Interior. Denver, Colorado. 1980.
- Water and Power Resources. Design of Small Canal Structures. Denver, Colorado. 1978.
- Water and Power Resources. Drainage Manual. U. S. Bureau of Reclamation. Washington. 1978.
- Water and Power Resources. Earth Manual 2nd Edition. U. S. Bureau of Reclamation. Denver, Colorado. 1985.
- Water and Power Resources. Engineering Monograph No. 25 – Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators. U. S. Bureau of Reclamation. Denver Colorado. 1980.■

ANEXOS

**Y cuando ella sonríe,
brota el agua
en la remota infancia
a donde se asoma
tu pequeña vida ansiosa,
rapaz distante de todo.**

Manuel Scorza

ANEXO A

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN APLICABLES A PROYECTOS DEL PAMA

ANEXO A.1
MATERIALES INERTES APLICABLES A TRABAJOS DE REVEGETACIÓN

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	REPRESENTANTE EN EL PERÚ
Geomembranas	Resistentes al ataque químico, aplicables a la impermeabilización de depósitos de relaves	POLY-FLEX, ver www.poly-flex.com	Tecnología de Materiales S.A. Alameda la Encantada 129-Lima 09/ Telefax (511) 254-0024 / 254-0126 / 254-0151 / 254-2809 / 254-2929
Geoceldas	Aplicables a muros de contención sobre los cuales es posible sembrar los plantones		Tecnología de Materiales S.A.
CON-AID	Aplicable para la estabilización química de suelos		Tecnología de Materiales S.A
ENKA-MAT	Malla tridimensional que permite el crecimiento de las plantas, aplicable a la revegetación de pendientes suaves y revestimiento de márgenes para flujos de baja velocidad	NORTH AMERICAN GREEN ver www.nagreem.com	Tecnología de Materiales S.A
ENKA-MAT S	Similar al ENKA-MAT pero con mayor resistencia a la tensión	NORTH AMERICAN GREEN	Tecnología de Materiales S.A
MacMat R	Similar al ENKA-MAT pero reforzada con una malla metálica hexagonal de doble torsión, aplicable al revestimiento de canales donde se requiere mayor resistencia a la tracción y a la protección contra la caída de piedras.	NORTH AMERICAN GREEN	Tecnología de Materiales S.A
BIO-NET	Mantas aplicables al control de la erosión, consistente en tejidos entrelazados biodegradables, permite la retención de las plantas, favoreciendo su desarrollo vegetativo	NORTH AMERICAN GREEN	Tecnología de Materiales S.A
BIOMANTA	Manta producida con materiales biodegradables, aplicable a la protección contra la erosión superficial.	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
BonTerra S1 y S2	Mantas degradables para pendientes moderadas, permite la protección contra la erosión de zonas con bajas condiciones de escorrentía	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX Av. E. Aparicio 457 Lima 12 Telef. (511) 368-0757 / 368-3237 / Fax 368-1830
BonTerra CS2	Similar al BonTerra S1 y S2 pero aplicable a pendiente mayores	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX
BonTerra C2	Aplicable al revestimiento de zanjas de drenaje	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX

ANEXO A.1
MATERIALES INERTES APLICABLES A TRABAJOS DE REVEGETACIÓN

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	REPRESENTANTE EN EL PERÚ
BonTerra Eco Net	Mantas degradables para pendientes moderadas, permite la protección contra la erosión de zonas con <u>bajas condiciones de escorrentía</u>	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX
Bia Log	Fibras biodegradables	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX
TRM	Geotextil tejido tridimensional especial para climas fríos, permite el crecimiento de vegetación en pendientes	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX

ANEXO A.2
MATERIALES RESISTENTES AL ATAQUE QUÍMICO

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	REPRESENTANTE EN EL PERÚ
Geomembranas	Resistentes al ataque químico, aplicables a la impermeabilización de depósitos de relaves	POLY-FLEX, ver www.poly-flex.com	Tecnología de Materiales S.A. Alameda la Encantada 129-Lima 09/ Telefax (511) 254-0024 / 254-0126 / 254-0151 / 254-2809 / 254-2929
Tuberías de polietileno de alta densidad	Resistentes al ataque químico, aplicables al drenaje de aguas ácidas	POLY-FLEX, ver www.poly-flex.com	Tecnología de Materiales S.A.
Serrotfloor	Geomembrana para la protección de pisos de concreto	SERROT CORPORATION ver www.Serrot.com	Tecnología de Materiales S.A.
TENSAR	Mallas aplicables al reforzamiento de suelos donde se realizan actividades mineras		Tecnología de Materiales S.A.
ENVIROTEX	Geomembrana resistente al ataque químico		CIDELSA Gozzoli 670-674 San Borja Telef. 475-6151 / 475-8048 / 475-7821 / Fax 476-7660
N-12 y N-12 HC	Tuberías resistentes al ataque químico, aplicables al drenaje de aguas ácidas	ADS INC. Ver www.ads-pipe.com	Tecnología de Materiales S.A.
Tuberías de polietileno de alta densidad	Resistentes al ataque químico, aplicables al drenaje de aguas ácidas	HANCOR Ver www.hancor.com	Tecnología de Materiales S.A.
Pinturas epóxicas, juntas, impermeabilizantes	Aplicable a la protección del concreto	PRODUCTOS CAVE	Blanco Ingenieros S. R. L. Francisco Almenara 383 Urb. Santa Catalina Lima 13 Telefax 470-6272 / 470-8873.
Pinturas epóxicas, juntas, impermeabilizantes	Aplicable a la protección del concreto	CHEMA MASTERS	ITICSA Av. Industrial 765 Lima 1 - Telef. 336-6716 / 336-8407 / Fax 336-8408. Ver www.iticsa.com.pe
Pinturas epóxicas, juntas, impermeabilizantes	Aplicable a la protección del concreto	SIKA	SIKA PERÚ Av. Los Frutales 665 Ate-Vitarte 437-5888 / 437-7055 / Fax 435-9541
Pinturas epóxicas, juntas, impermeabilizantes	Aplicable a la protección del concreto	Z Aditivos S. A.	Los Faisanes W8A Chorrillos Telef. 521-4590 / 252-3058 / 252-3274

ANEXO A.3
OTROS MATERIALES APLICABLES A ESTRUCTURAS PAMA

Producto	Descripción	Fabricante	Representante en el Perú
Alcantarillas de acerom, guardavías, compuertas, revestimiento de acero para túneles, etc.	Aplicables para el drenaje de aguas con bajas concentraciones de pH	SIDER PERU	SIDER PERU Monte Rosa 171 Of. 3B-6 Chacarilla del Estanque/ Telefax (511) 372-0092 / 372-0567 / 372-0189 / 372-0038
MACTEX	Aplicable a la estabilización de suelos blandos para terraplenes de pequeña altura	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A. Alameda la Encantada 129-Lima 09/ Telefax (511) 254-0024 / 254-0126 / 254-0151 / 254-2809 / 254-2929
FINDRAIN	Geocompuesto aplicable al drenaje superficial, su utilización permite sustituir los métodos tradicionales	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
Gaviones	Aplicables a estructuras flexibles, permite absorber asentamientos diferenciales sin comprometer su funcionamiento, tiene alta permeabilidad lo que permite aliviar los empujes hidrostáticos	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
TERRAMESH	Aplicable a muros de contención flexibles y permeables	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
TCR-GRID	Aplicable a la estabilización de suelos blandos para terraplenes de mediana altura	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
PARAGRID / PARALINK	Aplicable a la estabilización de suelos blandos para terraplenes de gran altura	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
COLBONDRAIN	Geocompuesto aplicable al drenaje vertical, permite acelerar el proceso de consolidación de suelos arcillosos	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
ENKADRAIN	Geocompuesto drenante que sustituye eficientemente a las trincheras drenantes, cortinas drenantes, colchones drenantes, etc.	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
Mallas de alta resistencia	Aplicable a revestimientos de pendientes	MACCAFERRI ver www.maccafferri.com.br	Tecnología de Materiales S.A.
AdvanEDGE	Tubo panel utilizable en el drenaje superficial y sub superficial	ADS INC. Ver www.ads-pipe.com	Tecnología de Materiales S.A.

ANEXO A.3
OTROS MATERIALES APLICABLES A ESTRUCTURAS PAMA

Producto	Descripción	Fabricante	Representante en el Perú
Geotextiles	Aplicables a terraplenes de suelo reforzado, drenaje subsuperficial, etc.	SYNTHETIC INDUSTRIES ver www.fixsoil.com	ANDEX Av. E. Aparicio 457 Lima 12 Telef. (511) 368-0757 / 368-3237 / Fax 368-1830
Alambre plastificado, alambre industrial, alambre de púas, malla ganadera, alambre galvanizado, etc.	Aplicables a mallas de seguridad	PRODAC ver www.prodac.com.pe	PRODAC
Aditivo acelerante de fragua	Aplicable a la producción de concreto	PRODUCTOS CAVE	Blanco Ingenieros S. R. L. Francisco Almenara 383 Urb. Santa Catalina Lima 13 Telefax 470-6272 / 470-8873.
Aditivo incorporador de aire, aditivo acelerante de fragua, aditivo desmoldante	Aplicable a la producción de concreto	CHEMA MASTERS	ITICSA Av. Industrial 765 Lima 1 - Telef. 336-6716 / 336-8407 / Fax 336-8408. Ver www.iticsa.com.pe
Aditivo acelerante de fragua	Aplicable a la producción de concreto	Z Aditivos S. A.	Z Aditivos S. A. Los Faisanes W8A Chorrillos Telef. 521-4590 / 252-3058 / 252-3274

ANEXO B

ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO DEL PROYECTO PILOTO

INDICE

1.0 INTRODUCCION

- 1.1 Objetivo del Estudio
- 1.2 Ubicación del Area en Estudio
- 1.3 Características Estructurales de las Obras

2.0 GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

3.0 INVESTIGACION DE CAMPO

4.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

5.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS

6.0 ANALISIS DE LAS CIMENTACIONES

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXO

- 1.0 Figuras
 - 2.0 Resultados de Ensayos de Laboratorio
 - 3.0 Registro de Excavaciones
 - 4.0 Fotografías
-

1.0 INTRODUCCION

1.1 Objetivo del Estudio

El presente estudio tuvo por objeto realizar el estudio geotécnico de cimentación de las diferentes obras que constituyen el proyecto de derivación de las aguas del río Carahuacra hacia la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, en un tramo de aproximadamente 3 kilómetros. Esta derivación tiene dos finalidades principales : a) Evitar la infiltración de las aguas del río Carahuacra hacia las labores mineras subterráneas ubicadas en la margen derecha y b) Evitar la contaminación de las aguas del río Carahuacra a su paso por las labores mineras. El proyecto está constituido por un canal de aproximadamente 3.0 kilómetros de longitud y obras conexas relacionadas con la conducción (dique, estructura de toma y compuerta, rápida y obra de entrega).

El estudio contemplaba la realización de 20 calicatas de exploración de profundidad variable, de 2 a 3 metros de profundidad, obtención de muestras alteradas, ejecución de ensayos estándar y especiales de laboratorio, con el propósito de clasificación de suelos, estimación de parámetros mecánicos y de resistencia, así como la determinación de la agresividad de los suelos sobre las estructuras.

Adicionalmente, el estudio tuvo como objetivo la exploración de canteras tanto para agregados en la preparación de concreto, como para la obtención de suelos en la construcción del dique y enrocado para protección.

1.2 Ubicación del Area en Estudio

El área en estudio está ubicado en la quebrada del río Carahuacra, en el tramo comprendido por las unidades mineras San Cristóbal y Carahuacra, jurisdicción del distrito de Yauli, provincia de Yauli, departamento de Junín. Dicha área se encuentra aproximadamente a 4,500 metros sobre el nivel del mar.

1.3 Características Estructurales de las Obras

El proyecto contempla las siguientes obras :

- a) El dique será un terraplén de aproximadamente 2.50 metros de altura y 90.0 metros de largo, constituido por enrocado o desmonte de mina compactado, cuya cara en contacto con el embalse tendrá una geomembrana impermeable.
- b) La estructura de toma y compuerta será una estructura rígida de concreto armado.
- c) La rápida estará constituida por una estructura de concreto armado de sección rectangular cimentada y anclada en una quebrada pequeña, la cual será excavada hasta encontrar suelo firme o roca.

d) El canal estará constituido por dos secciones típicas : sección rectangular y sección tipo cajón, ambas secciones de concreto armado. El ancho y altura del canal son variables, la base de 1.50 a 2.0 metros y la altura de igual manera. En toda su longitud, el canal estará en corte, por lo que se requiere la excavación de la caja en una profundidad variable hasta encontrar suelo o roca, excavando previamente la capa superior de turba. El esfuerzo transmitido por esta estructura es del orden de 0.20 a 0.4 kg /cm².

2.0 GEOLOGIA DEL AREA EN ESTUDIO

2.1 Geología Local

2.1 Geología.

Las obras del proyecto de derivación San Cristóbal - Carahuacra están ubicadas en la ladera de la margen izquierda del río Carahuacra. Morfológicamente, el área corresponde a una zona de altiplanicie y región de glaciares antiguos, cuyo modelado ha estado determinado por los glaciares que se representa en el relieve actual.

El piso altitudinal localizado sobre los 4,000 m.s.n.m, constituye la alta montaña que es el dominio de las temperaturas gélidas y de las precipitaciones sólidas alternando con las lluvias. En esta zona la capa delgada de hielo que se forma durante las noches, así como la nieve depositada se funden con los primeros rayos solares, originando fenómenos morfológicos importantes (bofedales y turba).

Regionalmente, el basamento rocoso está conformado principalmente por rocas sedimentarias de los Grupos : Pucará, Machay, Gollarisquizga y Volcánicos : Catalina y Filitas Excelsior, constituidos por calizas, lutitas, areniscas y rocas volcánicas. Los depósitos cuaternarios de mayor importancia son los fluvio-glaciares, deluviales y de deslizamiento, que cubren la ladera en gran extensión. También, se han observado suelos turbosos y bofedales, que se han formado por factores climáticos y topográficos.

El perfil de la ladera muestra una secuencia ondulada, con algunos taludes empinados asociados a los afloramientos rocosos, taludes con menores inclinaciones asociados a depósitos cuaternarios y superficies llanas en el fondo de la quebrada donde se emplazará el dique, barraje de bocatoma y parte del canal. En un tramo de la ladera ocurren desprendimientos de bloques que ameritan cubrir el canal en dicho sector y fenómenos de solifluxión y reptación de suelos..

El marco tectónico regional está caracterizado por la intensa deformación de las unidades litoestratigráficas. El plegamiento intenso de las rocas sedimentarias, las fallas y sobreescurrecimientos tienen dirección dominante NW-SE. El intenso plegamiento de los estratos determinan buzamientos de alto ángulo (hasta 75 grados) y en algunos casos la inversión de la secuencia estratigráfica es normal como consecuencia de los pliegues tumbados. Existen otras estructuras menores, como son los fracturamientos.

INFORME GEOTECNICO

Los macizos rocosos tienen condiciones para formar acuíferos y actúan como un medio del flujo subterráneo. Existen fallas, grietas y oquedades en los afloramientos rocosos de la margen izquierda de la ladera donde se emplazará la rápida. Se recomienda en obras civiles de conducción de agua, emplear estructuras de concreto armado. La napa freática se encuentra en los depósitos cuaternarios, cuyos afloramientos de agua aparecen en las cotas inferiores de la ladera.

La geología superficial del área en estudio se presenta en la Figura 01 del Anexo (1.0), obtenido del departamento de Geología de Volcan.

2.2 Canteras

En base a la exploración de campo y consultas en la zona se identificaron dos canteras :

a) Cantera de Roca

Se ubica a 3 kilómetros aproximadamente de la unidad minera Andaychahua, cerca a la cantera de agregados Cosapi. En base a lo explorado, de acuerdo a la clasificación geomecánica, sus características son las siguientes :

Litología : roca andesítica

Alteración : meteorización parcial a ligera, mayormente en estado sano

Fracturamiento : medianamente fracturado

Peso específico : mayor de 2.50

Resistencia y estabilidad química : buena

Análisis geotécnico : buena para obras de enrocado. Para su explotación es necesario realizar voladuras

Volumen : satisface ampliamente las necesidades del proyecto

Existe acceso a esta cantera mediante una vía carrozable, tal como se puede apreciar en la Fotografía 01 del Anexo (4.0).

b) Cantera para Agregados

Se ubica a 3 kilómetros aproximadamente de la unidad minera Andaychahua y es denominada cantera Cosapi, ya que ha sido anteriormente explotada por dicha empresa constructora para obras de concreto armado. Los suelos que pueden obtenerse son grava y arena de origen morrénico (GP y SP) con contenidos de finos un poco altos (10 a 15 %), por lo que se hace necesario el lavado de dichos suelos. Afortunadamente, en la zona existen dos cursos de agua que facilitan el lavado en forma rápida y económica de dichos suelos. Los volúmenes disponibles de esta cantera satisfacen ampliamente la demanda del proyecto, tal como se puede apreciar en la Fotografía 02 del Anexo (4.0). No hubo necesidad de realizar ensayos de laboratorio de los suelos de esta cantera, dado que el origen, la apreciación visual manual y la experiencia pasada, demuestran que los materiales son adecuados como agregado para preparar concreto. Debe mencionarse que existe acceso hasta esta cantera mediante una vía carrozable.

c) Cantera de Finos

Ubicada a 1.5 kilómetros aproximadamente de la unidad minera San Cristóbal, en la margen izquierda de la quebrada Carahuacra y se denomina cantera Cerro Páncar. Los suelos que pueden obtenerse de esta cantera son : arcilla medianamente plástica (CL), grava arcillosa (GC) y grava gruesa (GP) de origen coluvial. El área de esta cantera tiene una longitud de 200 m. por 10 m. de ancho, y una profundidad promedio de 20 m., lo que hace un volumen aproximado de 40,000 m³. Esta cantera puede rendir volúmenes adicionales de material ampliando la carretera de acceso actual mediante cortes en la ladera, tal como se puede apreciar en la Fotografía 04 del Anexo (4.0). Debe mencionarse que esta cantera ha sido explotada para obtener material para relleno de mina.

Se concluye que el material de esta cantera es apropiado para construir un dique homogéneo impermeable constituido por grava arcillosa (GC).

3.0 INVESTIGACION DE CAMPO

Con el objeto de determinar las características geotécnicas del subsuelo a lo largo del canal y obras conexas, se ejecutaron 20 calicatas distribuidas a lo largo de las obras conforme a la variabilidad del terreno y con profundidades variables de 2 a 3 metros. Las calicatas fueron ejecutadas por personal contratado por la mina. De las calicatas se obtuvieron muestras con el objeto de determinar propiedades físico- mecánicas, parámetros de resistencia y agresividad de los suelos; también se realizaron en las excavaciones pruebas de resistencia in situ con utilización de penetrómetro manual y ensayos de permeabilidad in situ de carga variable. El plano de ubicación de las calicatas realizadas se presenta en la Figura 02 del Anexo (1.0). Asimismo, los registros de las calicatas se presentan en el Anexo (3.0).

4.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 Ensayos Estándar de Mecánica de Suelos

Con el objeto de clasificar los suelos, determinar propiedades físico mecánicas y estimar parámetros de resistencia, se realizaron los siguientes ensayos estándar sobre muestras alteradas obtenidas : 07 ensayos de análisis granulométrico por tamizado, 07 ensayos de límite líquido y 07 ensayos de límite plástico.

Las muestras que fueron ensayadas en el laboratorio han sido clasificadas utilizando el Sistema Unificado de Clasificación (SUCS). Las muestras no analizadas en el laboratorio han sido clasificadas por apreciación visual manual.

Los ensayos anteriormente mencionados se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del SENCICO. Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Los resultados de los ensayos de laboratorio estándar de

INFORME GEOTECNICO

mecánica de suelos se presentan en el Anexo (2.0).

4.2 Ensayos Químicos en Suelos

Para determinar la agresividad de los suelos sobre estructuras de concreto o fierro enterradas, se han ejecutado los siguientes ensayos químicos sobre muestras de suelo obtenidas : 02 ensayos de contenido de sales solubles totales, un ensayo de contenido de ion sulfato y un ensayo de contenido de ion cloruro. Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las normas del United States Bureau of Reclamation (USBR) y de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Los resultados de los ensayos químicos en suelos se presentan en el Anexo (2.0).

5.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS

En base a la inspección del terreno, ensayos de laboratorio y registro de las excavaciones, se ha elaborado el perfil estratigráfico longitudinal de las diferentes obras que constituyen el proyecto de derivación y se presenta en la Figura 03 del Anexo (1.0).

A lo largo de los tramos estudiados, el subsuelo está constituido principalmente por una capa superficial de espesor variable, de 0.0 a 5.0 metros de turba (Pt) medianamente rígida; arcilla (CH y CL) de consistencia blanda, de espesor variable, de 0.50 a más de 10 metros; arena arcillosa (SC) de 1.0 a 3.0 metros; roca y limo arenoso (ML) de 1.50 a 3.0 metros. Por debajo de la capa superficial de turba aparece grava arcillosa (GC), arcilla y arcilla gravosa (CL), suelos donde se cimentarán las estructuras. Subyaciendo la capa superficial de arcilla (CL) aparece arena limosa (SM) y grava arcillosa (GC).

En resumen, se puede concluir que el perfil del subsuelo a lo largo de las diferentes obras del proyecto, está constituido por una capa superficial de turba (Pt) y arcilla (CH y CL), con contenidos de humedad altos y nivel freático alto en la época de lluvias por recarga del flujo superficial y subsuperficial.

6.0 ANALISIS DE LAS CIMENTACIONES

El análisis de la cimentación de las diferentes estructuras que conforman el proyecto de derivación se ha realizado en base al anteproyecto. A continuación se presenta dicho análisis, el cual incluye recomendaciones para su diseño :

6.1 Dique

El subsuelo del emplazamiento de esta obra ha sido investigado mediante las calicatas : C-1 y C-2. En base al perfil estratigráfico presentado en la Figura 03 del Anexo (1.0) y los registros de las calicatas mostradas en el Anexo (3.0), se concluyen las siguientes consideraciones geotécnicas :

INFORME GEOTECNICO

a) El dique se cimentará sobre la estratigrafía siguiente: una capa superior constituida por arcilla plástica con turba (CH) de aproximadamente 1.50 metros de espesor. Subyaciendo la capa anterior, aparece una capa de turba medianamente rígida (Pt), de espesor variable hasta 2.0 metros aproximadamente. A continuación prosigue un estrato constituido arcilla (CL). Se desconoce la potencia de este último estrato, pero se estima mayor de 10 metros. El nivel freático es relativamente alto y se encuentra a 0.50 metros de profundidad. De hecho, el área donde se emplazará el dique es un depósito potente de material compresible.

b) En base a los ensayos de permeabilidad in situ de carga variable en la superficie del emplazamiento de la obra, se concluye que la capa superficial de aproximadamente 0.50 metros es relativamente impermeable, cuyo coeficiente de permeabilidad estimado es del orden $k = 1.0 \times 10^{-6}$ cm /seg..

c) Debido a la resistencia baja del subsuelo de cimentación ante carga rápida ($q_u = 0.25$ kg / cm², obtenido con penetrómetro manual) y a la alta compresibilidad del mismo con carga a largo plazo, con el objeto de acelerar la disipación de la presión de poros y evitar la falla ante carga rápida, se recomienda construir el dique por etapas o capas (0.50 metros cada 2 meses), controlando la sobrepresión de poros del suelo de cimentación.

d) Un método para acelerar tanto la disipación de la sobrepresión de poros como el asentamiento por consolidación del suelo de cimentación antes de iniciar la carga por etapas, consiste en realizar drenes verticales de arena en el emplazamiento del dique, tal como se muestra en la Figura 04 del Anexo (1.0). Para este caso se recomienda realizar 3 filas de drenes en tresbolillo a lo largo de dique, espaciados cada 5 metros. Los drenes serán excavados manualmente y tendrán las dimensiones siguientes : 1.50 metros de diámetro por 3.50 metros de profundidad.

e) Para la carga final del dique (aproximadamente 0.50 kg / cm²), se ha estimado un asentamiento a largo plazo de 0.50 metros.

f) Dado que el dique será de altura relativamente baja (2.50 metros), se propone una sección geotécnica homogénea, tal como la mostrada en la Figura 04 del Anexo (1.0). El material del cuerpo del dique estará constituido por enrocado o desmonte de mina compactado. Para evitar la filtración a través del cuerpo del dique se utilizará un geomembrana impermeable. Se asume, conservadoramente, que los parámetros de resistencia del desmonte de mina compactado en condición saturada y drenada (ligeramente sobreconsolidados) : $c' = 0.10$ kg/cm², $\phi' = 33$ grados. Para el suelo de cimentación (arcilla y turba), se estiman los parámetros de resistencia en condición saturada y no- drenada : $c = 0.10$ kg/cm², $\phi = 0.0$ grados y en condición saturada y drenada : $c' = 0.0$ kg/cm², $\phi' = 18$ grados. El resultado del análisis de estabilidad de la sección geotécnica representativa al final de la construcción arrojó un factor de seguridad, F.S. = 1.01. El mecanismo de falla crítico para esta la condición se presentan en las Figura 05 del Anexo (1.0).

6.2 Estructura de Toma y Compuerta

El subsuelo del emplazamiento de esta obra ha sido investigado mediante la calicata C-2. En base al perfil estratigráfico presentado en la Figura 03 del Anexo (1.0) y el registro de la calicata mostrada en el Anexo (3.0), se concluyen las siguientes consideraciones geotécnicas :

- a) La estructura se cimentará sobre un estrato de arcilla (CL). Se desconoce la potencia de este estrato, pero se estima mayor de 10 metros.
- b) Para el suelo de cimentación (CL), adoptar los parámetros de resistencia siguientes : $c' = 0.0$, $\phi' = 21$ grados.
- c) Se recomienda en el sitio de esta obra realizar dos drenes verticales y precargar el área con material de desmonte de mina en una altura de 1.50 metros y descargarla después de 02 meses, con el objeto de eliminar asentamientos a largo plazo.
- d) Para el caso de cimentaciones superficiales adoptar la presión de carga admisible después de la precarga, $q_{ad} = 0.50$ kg / cm². Para este valor de capacidad de carga se esperan asentamientos tolerables.

6.3 Rápida

El subsuelo del emplazamiento de esta obra ha sido investigado mediante las calicatas : C-10, C-11y C-12. En base al perfil estratigráfico presentado en la Figura 03 del Anexo (1.0) y los registros de las calicatas mostradas en el Anexo (3.0), se concluyen las siguientes consideraciones geotécnicas :

- a) La estructura se cimentará en dos materiales diferentes : al inicio de la rápida hasta dos tercios de su recorrido sobre suelo (arcilla gravosa, CL) y el tercio final o pie en roca calcárea competente. Previamente, se eliminará la capa superior de turba medianamente rígida de aproximadamente 4 metros de espesor al inicio de la rápida, de 3 metros en la parte central de la misma y de cero metros en el tercio final.
- b) Se adoptarán los parámetros de resistencia siguientes :
 - Arcilla gravosa (CL) : $c' = 0.0$, $\phi' = 23$ grados
- c) Para el caso de cimentaciones, se recomienda adoptar las presiones de carga admisible siguientes :
 - Arcilla gravosa, $q_{ad} = 0.50$ kg / cm²
 - Roca, $q_{ad} = 5.0$ kg / cm²
- d) Para el cálculo de empujes en obras de contención, se adoptará para la arcilla gravosa (CL)

INFORME GEOTECNICO

los parámetros siguientes:

- Peso unitario seco promedio, $\gamma = 1.80 \text{ tn/m}^3$
- Coeficiente de empuje activo, $K_a = 0.44$
- Coeficiente de empuje pasivo, $K_p = 2.28$ (para diseño tomar sólo el 50%)
- Coeficiente de presión de tierras en reposo, $K_o = 0.60$

e) Se recomienda para el relleno lateral de la estructura de la rápida material seleccionado, tal como desmonte de mina o enrocado. Para estos materiales se adoptarán los parámetros siguientes :

- Peso unitario seco promedio, $\gamma = 2.0 \text{ tn/m}^3$
- Coeficiente de empuje activo, $K_a = 0.30$
- Coeficiente de empuje pasivo, $K_p = 3.40$ (para diseño tomar sólo el 50%)
- Coeficiente de presión de tierras en reposo, $K_o = 0.45$

f) Con relación a las excavaciones para la construcción de la estructura, se adoptará talud de corte vertical con entibación apropiada.

g) Dado que el afloramiento rocoso presenta fallas transversales al recorrido de la rápida en su parte central (estaciones 62, 63 y 64), mostradas en las Fotografías 05 y 06 del Anexo (4.0)), la estructura deberá poseer un sistema que le permita asimilar desplazamientos longitudinales.

6.4 Canal

En base a la exploración de campo, perfil estratigráfico presentado en la Figura 03 del Anexo (1.0) y los registros de las calicatas mostradas en el Anexo (3.0), se concluye que el canal a lo largo de su recorrido estará en corte y se cimentará en tres zonas geotécnicas marcadamente diferenciadas. A continuación, para cada zona se concluyen las siguientes consideraciones geotécnicas :

6.4.1 Zona de Bofedales

a) En esta zona se recomienda para el canal sección rectangular, cimentado sobre suelo (GC, SC, CL y SM). Entre la pared vertical del canal y la turba excavada hasta la cimentación, deberá colocarse un dren de grava, tal como se muestra en la Figura 06 del Anexo (1.0). Además, con el objeto de drenar las áreas laterales, dichos drenes cada cierta distancia colectarán el agua superficial y subsuperficial con descarga al canal mediante lloraderos construidos en la pared del mismo, cuyo nivel deberá estar encima del tirante hidráulico de diseño. La sección de canal recomendada en esta zona dará mayor resistencia contra el empuje ascensional hidrostático.

b) Los suelos de cimentación a lo largo del canal son relativamente impermeables, dado que han permitido la excavación de las calicatas en tiempo de lluvia y han retenido agua después de realizada la excavación.

INFORME GEOTECNICO

c) En los tramos donde la excavación de la turba sea profunda para encontrar suelo de cimentación (aproximadamente 4.0 metros), se recomienda hacer banquetas de corte en la turba con el objeto de evitar deslizamientos en dicho material. Debe manifestarse que la turba es medianamente rígida, ya que ha permitido realizar excavaciones verticales hasta de más de 3 metros sin requerir entibación.

d) Además del sistema de drenaje anteriormente mencionado, deberá construirse una zanja de drenaje paralela y superior al lado izquierdo del recorrido del canal.

e) Para los tipos de suelo en esta zona, se adoptarán los parámetros de resistencia siguientes :

- Para la turba : $c' = 0.05 \text{ kg/cm}^2$, $\phi' = 10$ grados.
- Para grava arcillosa y arena arcillosa : $c' = 0.0$, $\phi' = 23$ grados.

f) Para el caso de cimentaciones, se recomienda adoptar la presión de carga admisible en grava arcillosa o arena arcillosa, $q_{ad} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$. No se recomienda cimentar el canal en turba.

d) Para el cálculo de empujes en obras de contención, se adoptaran los parámetros siguientes:

Para la turba :

- Peso unitario seco promedio, $\gamma = 0.40 \text{ tn/m}^3$
- Coeficiente de empuje activo, $K_a = 0.70$
- Coeficiente de empuje pasivo, $K_p = 1.43$ (para diseño tomar sólo el 50%)
- Coeficiente de presión de tierras en reposo, $K_o = 0.83$

Para la grava arcillosa y arena arcillosa :

- Peso unitario seco promedio, $\gamma = 2.0 \text{ tn/m}^3$
- Coeficiente de empuje activo, $K_a = 0.44$
- Coeficiente de empuje pasivo, $K_p = 2.28$ (para diseño tomar sólo el 50%)
- Coeficiente de presión de tierras en reposo, $K_o = 0.60$

6.4.2 Zona de Suelo Competente

a) En esta zona podría emplearse cualquier sección de canal, cimentado sobre suelo (GC y SC) con presencia de cántos y bloques.

b) Para los tipos de suelo en esta zona, se adoptarán los parámetros de resistencia siguientes : $c' = 0.0$, $\phi' = 33$ grados.

c) Para el caso de cimentaciones, se recomienda adoptar la presión de carga admisible, $q_{ad} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$.

INFORME GEOTECNICO

d) Para el cálculo de empujes en obras de contención, se adoptaran los parámetros siguientes:

- Peso unitario seco promedio, $\gamma = 2.2 \text{ tn/m}^3$
- Coeficiente de empuje activo, $K_a = 0.30$
- Coeficiente de empuje pasivo, $K_p = 3.40$ (para diseño tomar sólo el 50%)
- Coeficiente de presión de tierras en reposo, $K_o = 0.45$

6.4.3 Zona de Roca

a) En esta zona podría emplearse cualquier sección de canal, cimentado sobre roca caliza fracturada. Se recomienda revestir el canal en esta zona debido al fracturamiento y solubilidad a largo plazo de la roca caliza.

b) Para el caso de cimentaciones, se recomienda adoptar la presión de carga admisible, $q_{ad} = 5.0 \text{ kg / cm}^2$.

6.4.4 Zona de Taludes Inestables

a) En esta zona el canal correrá en su mayor parte paralelo a la carretera comprendida entre el área de mantenimiento y la balanza. La inestabilidad de los taludes se debe a cortes empinados realizados en la ladera adyacente a la carretera, tal como se puede apreciar en la Fotografías 07 y 08 del Anexo (4.0).

b) En esta zona se recomienda una sección de canal tipo cajón enterrado, tal que el talud inestable recupere su pendiente natural original como se muestra en la Figura 07 del Anexo (1.0). Esta solución permitirá proteger al canal de la caída de rocas y dará mayor seguridad a la circulación vehicular.

c) En esta zona el canal se cimentará en suelo (arena arcillosa con grava, SC), medianamente compacta. Para este tipo de suelo en esta zona, se adoptarán los parámetros de resistencia siguientes : $c' = 0.0$, $\phi' = 25.0$ grados.

d) Para el caso de cimentaciones, se recomienda adoptar la presión de carga admisible, $q_{ad} = 1.0 \text{ kg / cm}^2$.

e) Para el cálculo de empujes en obras de contención, se adoptaran los parámetros siguientes:

- Peso unitario seco promedio, $\gamma = 1.80 \text{ tn/m}^3$
- Coeficiente de empuje activo, $K_a = 0.40$
- Coeficiente de empuje pasivo, $K_p = 2.46$ (para diseño tomar sólo el 50%)
- Coeficiente de presión de tierras en reposo, $K_o = 0.58$

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados de la exploración de campo, ensayos de laboratorio, así como los análisis efectuados, se puede concluir lo siguiente :

1) Las diferentes obras a cimentar en el área en estudio, estarán sobre tres tipos de suelo predominantes al nivel de cimentación :

- a) Dique : sobre arcilla plástica con turba
- b) Estructura de Toma y Compuerta : sobre arcilla
- c) Rápida : sobre arcilla gravosa y roca caliza
- d) Canal : sobre arcilla, grava arcillosa, roca y arena arcillosa

2) Los suelos al nivel de cimentación de las obras son prácticamente impermeables. El flujo subsuperficial se desarrolla a través de canales y oquedades contenidos en el estrato superior de turba.

3) La cimentación de las diferentes obras del proyecto será satisfactoria, por capacidad portante y por limitación del asentamiento, siempre que se cumplan las recomendaciones de este informe.

4) En base a los ensayos químicos realizados, se concluye que los suelos presentes a lo largo del recorrido del canal no son agresivos a estructuras de concreto o fierro enterradas. No obstante, se recomienda utilizar cemento tipo V en la preparación de concreto, debido a que el agua que discurrirá por el canal tendrá niveles altos de acidez. Además, se requerirá utilizar aditivos incorporadores de aire para el concreto por las condiciones climáticas en donde se preparará.

5) Las conclusiones y recomendaciones de este estudio son sólo aplicables al área estudiada, no se pueden aplicar a otros sectores.

REFERENCIAS

- 1) ASOCEM (1993), "Cemento-Boletines Técnicos- Nos. 1 al 58", Lima.
- 2) ARMCO (1981), "Manual de Productos de Acero Para Drenaje y Construcción Vial", American Iron and Steel Institute, Ohio.
- 3) Bowles J.E. (1977), "Foudation Analysis and Design", McGraw-Hill Company, New York.
- 4) Clayton C.R., Simons N.E. and Matthews (1982), "Site Investigation", Granada Publishing, London.
- 5) Lambe T.W. y Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics" John Wiley, New York.

INFORME GEOTECNICO

ANEXO

1.0 Figuras

2.0 Resultados de Ensayos de Laboratorio

3.0 Registro de Excavaciones

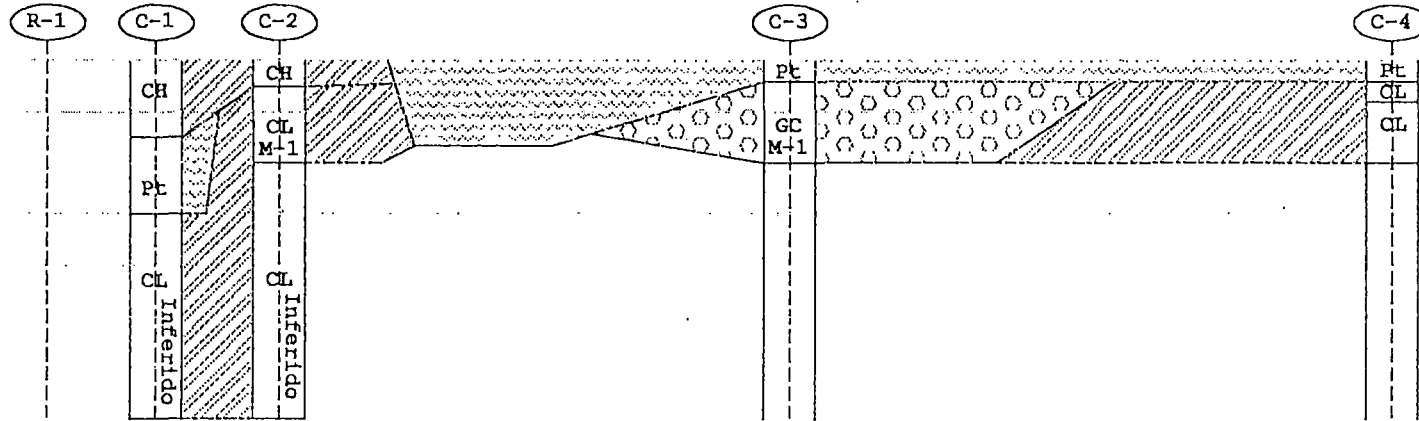
4.0 Fotografías

1.0 Figuras

PROFUNDIDAD

(metros)

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0

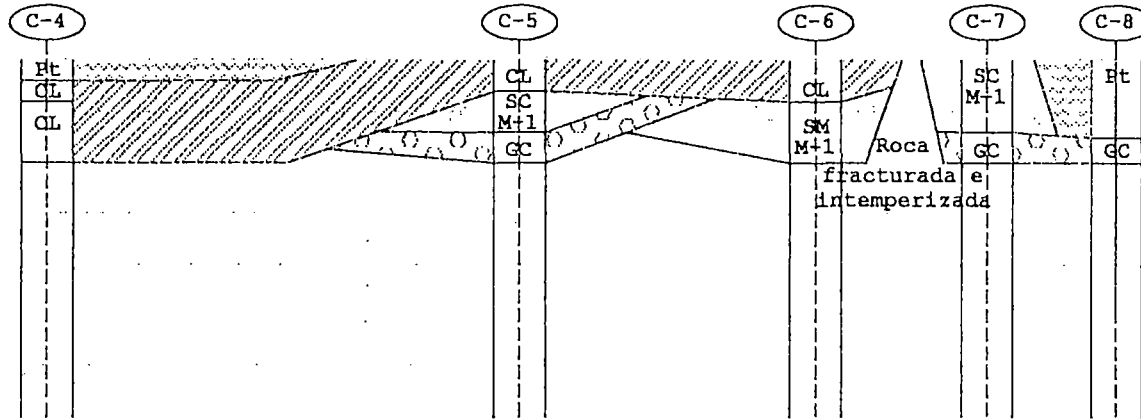


COTA	0000.00	4677.34	4677.82	4676.58	4675.79
N.F.		0.50	0.50	0.80	0.30
DISTANCIA	42.21	47.84	198.47	236.09	
DIST. ACUM.	42.21	90.05	288.52	524.62	

PROFUNDIDAD

(metros)

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0



COTA	4675.79	4675.52	4675.49	4678.76	4676.96
N.F.	0.30	0.50	0.60	0.90	0.00
DISTANCIA		183.51	115.15	66.72	50.88
DIST. ACUM.		708.13	823.28	889.99	940.87

Figura 03: Perfil Estratigráfico Longitudinal (a)

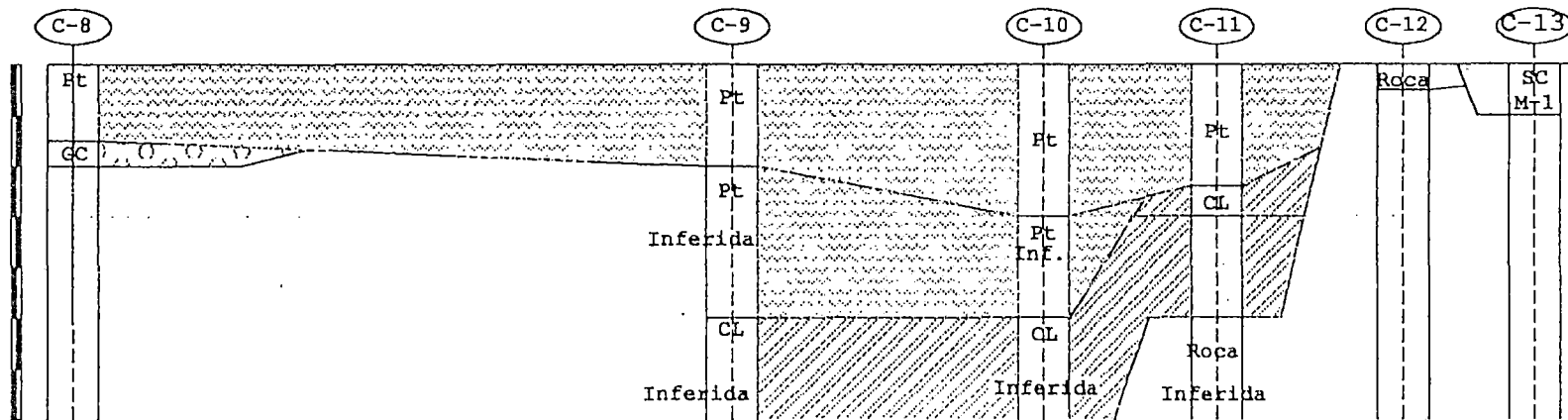
ESCALA HORIZONTAL: 1:3000

ESCALA VERTICAL: 1:150

PROFUNDIDAD

(metros)

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0

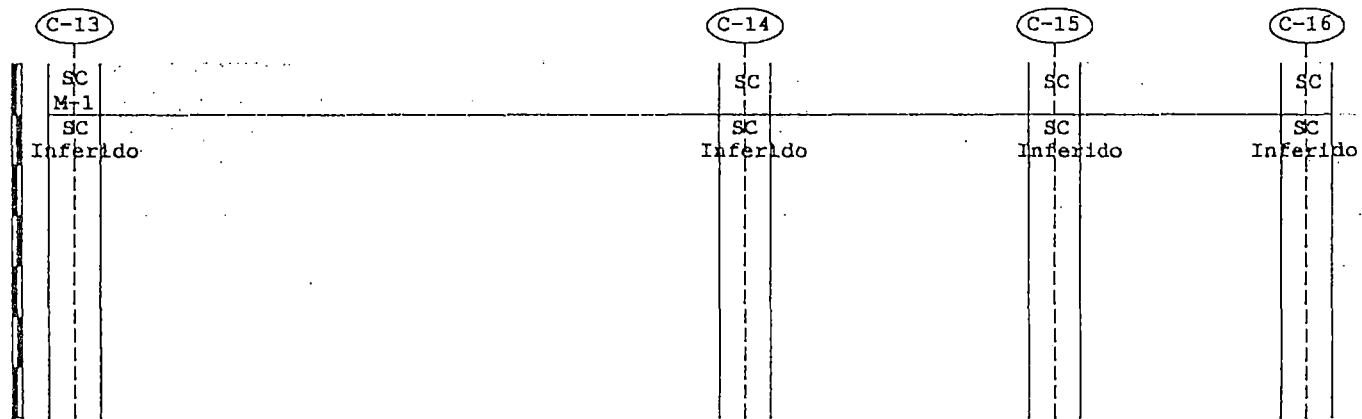


COTA	4676.96	4652.03	4638.70	4622.41	4599.80	4596.55
N. F.	0.00	0.20	0.00	0.40	N.P.	N.P.
DISTANCIA		258.30	122.34	69.48	73.08	30.57
DIST. ACUM.		1199.17	1321.51	1390.99	1464.07	1464.07

PROFUNDIDAD

(metros)

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0



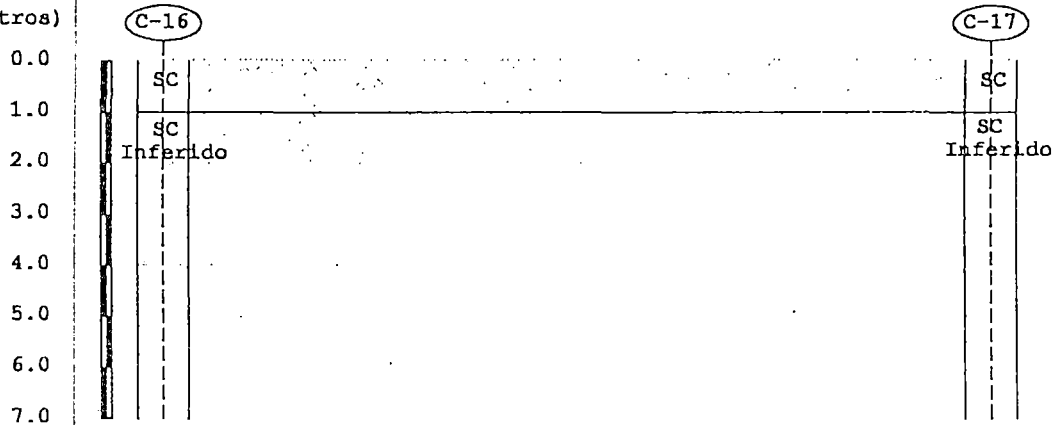
COTA	4596.55	4584.05	4579.53	4570.46
N. F.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
DISTANCIA		260.13	120.60	99.78
DIST. ACUM.		1754.78	1875.37	1975.15

Figura 03: Perfil Estratigráfico Longitudinal (b)

ESCALA HORIZONTAL: 1:3000

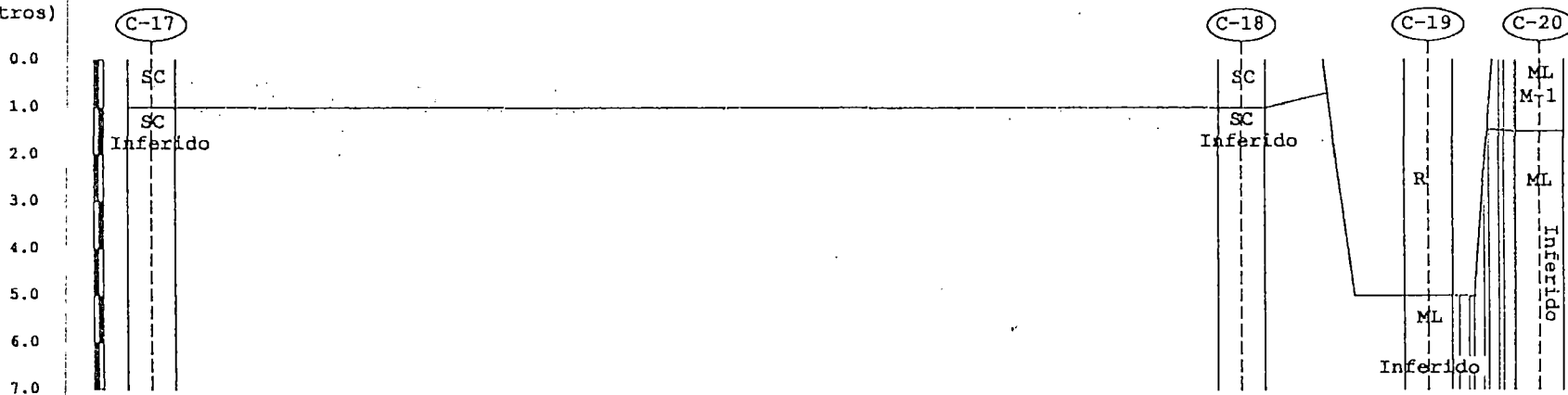
ESCALA VERTICAL: 1:150

PROFUNDIDAD
(metros)



COTA	4570.46	4563.25
N.F.	N.P.	N.P.
DISTANCIA	322.04	
DIST. ACUM.		2297.19

PROFUNDIDAD
(metros)



COTA	4563.25	4535.02	4532.72	4524.46
N.F.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
DISTANCIA	457.85	78.39	45.68	
DIST. ACUM.		2755.04	2833.47	2879.12

Figura 03: Perfil Estratigráfico Longitudinal (c)

ESCALA HORIZONTAL: 1:3000

ESCALA VERTICAL: 1:150

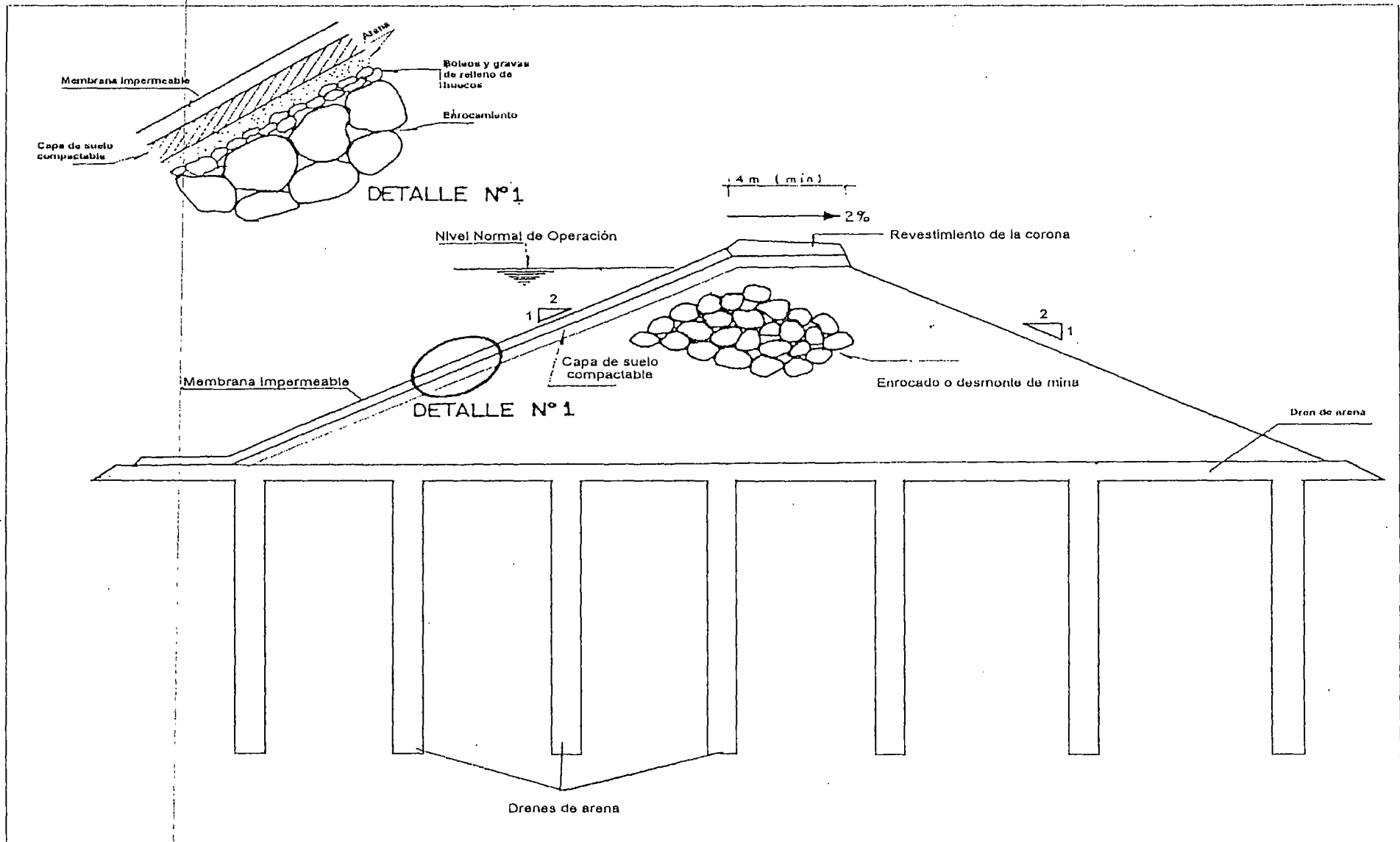
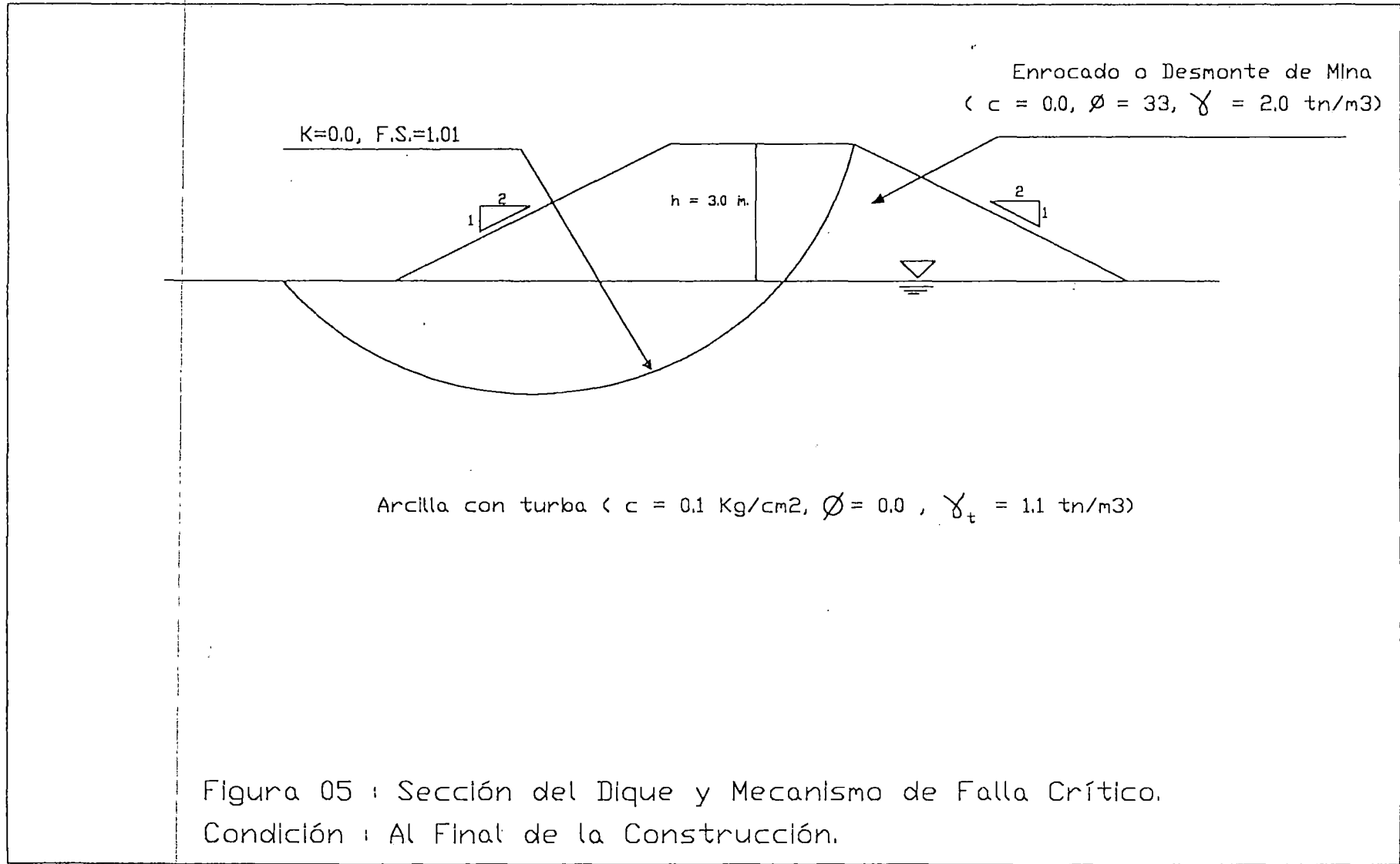


Figura 04 : Sección Geotécnica del Dique y Sistema de Drenes Verticales.



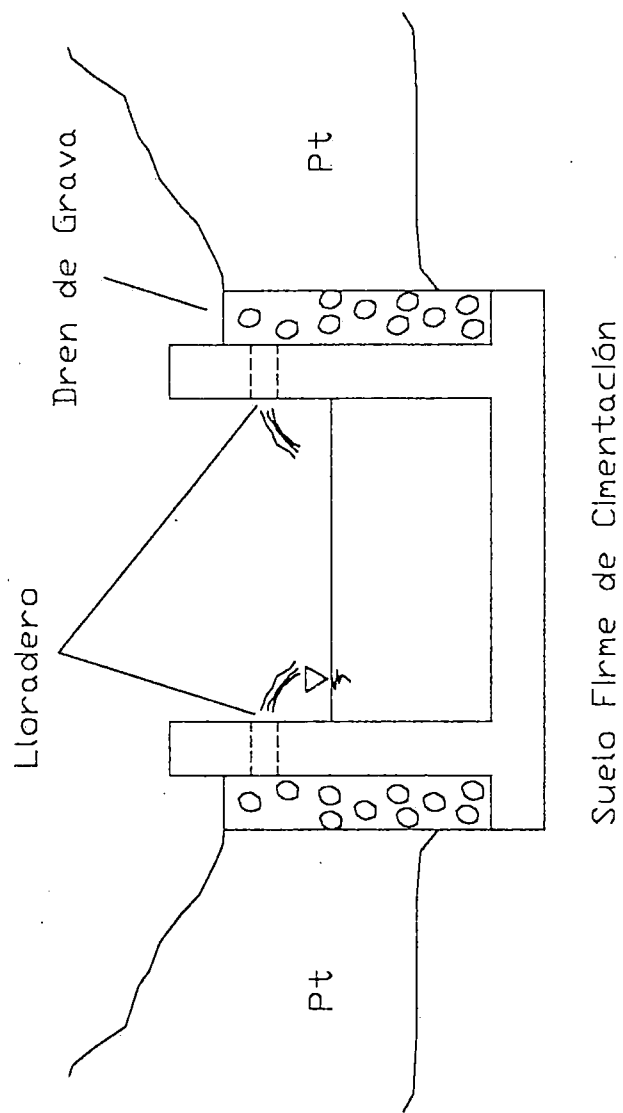


Figura 06: Sección de Canal en Zona de Bofedales

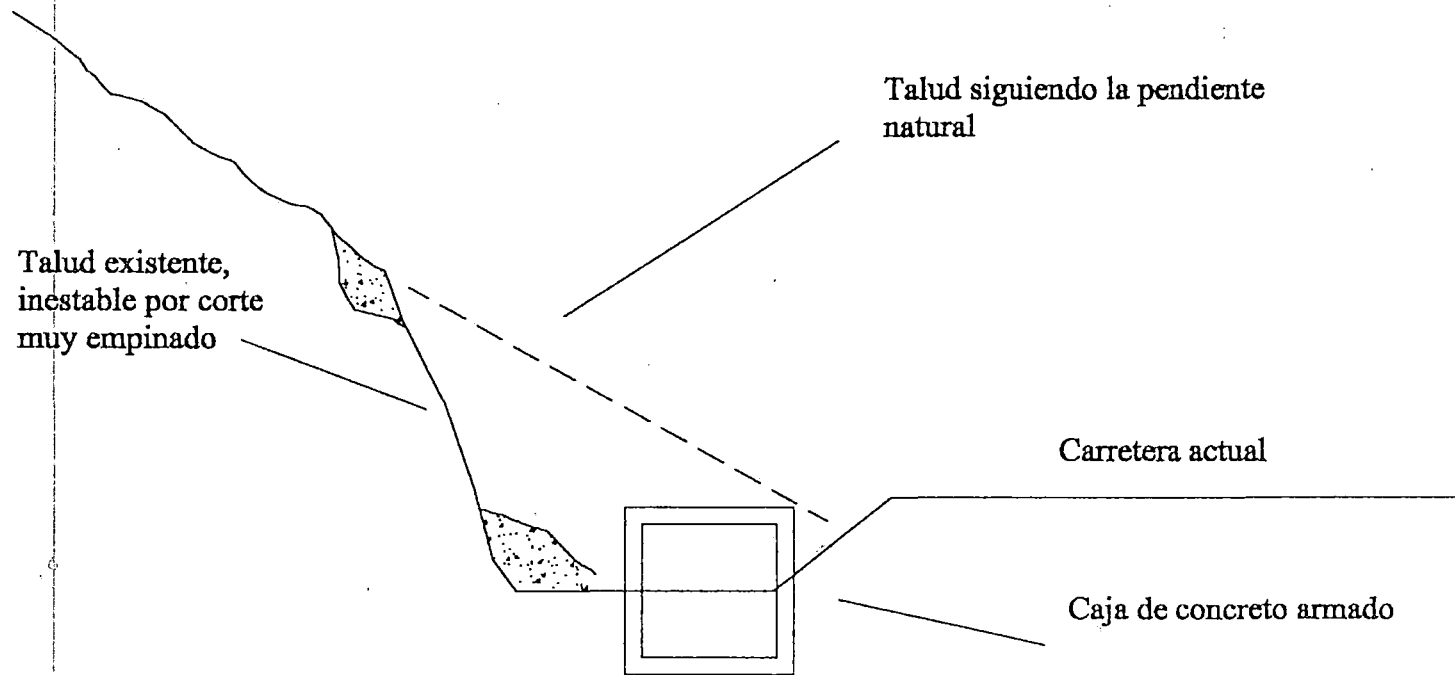


Figura 07: Sección de Canal en Zona de Inestabilidad de Taludes

INFORME GEOTECNICO

2.0 Resultados de Ensayos de Laboratorio

SENCICO
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

EXPEDIENTE N° : 6727-99
 SOLICITANTE: I.N.G. JORGE DIAZ COLLANTES
 OBRA: PROYECTO DERIVACION SAN CRISTOBAL CARAHUACRA
 LUGAR : YAULI - DPTO. JUNIN
 FECHA DE RECEPCION : 05-ABRIL-99
 FECHA DE EMISION : 13-ABRIL-99

ANALISIS GRANULOMETRICO
 POR TAMIZADO

ASTM D422

Calcatas		C - 2	C - 3	C - 5	C - 8	C - 7	C - 13	C - 20
Muestra		M - 1	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1	M - 1
Prof. (m)		0,50 - 2,00	0,40 - 2,00	0,60 - 1,40	0,80 - 2,00	0,00 - 1,40	0,00 - 1,00	6,00 - 1,50
PORCENTAJE	3"							
	2"		100,0					
ACUMULADO	1 1/2"		78,9		100,0			
	1"		78,9	100,0	90,9	100,0	100,0	
	3/4"		71,7	91,0	90,9	98,1	95,9	
	1/2"		65,8	87,9	89,9	90,9	91,1	
QUE	3/8"		61,3	84,5	88,6	84,8	86,1	
	1/4"		55,5	80,5	87,4	77,8	81,9	
PASA	N°4	100,0	51,9	77,4	86,4	73,1	78,7	100,0
	N°10	98,6	42,4	68,4	81,6	61,4	70,0	97,9
(%)	N°20	96,9	34,4	60,9	73,3	51,9	62,6	94,6
	N°40	95,6	28,8	55,6	65,2	44,8	57,3	89,8
	N°60	94,6	25,4	52,0	57,6	39,5	53,7	84,5
	N°140	91,8	20,7	44,9	34,9	32,3	47,3	60,5
	N°200	90,7	19,4	42,0	27,1	29,7	45,6	51,2
	LIMITE LIQUIDO (%)		41,2	24,8	25,5	--No presenta--	28,7	32,6
LIMITE PLASTICO (%)		23,2	15,1	16,3	--NP--	19,9	17,4	--NP--
INDICE PLASTICO (%)		18,0	9,7	9,2	--NP--	8,8	15,1	--NP--
CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)		CL	GC	SC	SM	SC	SC	ML

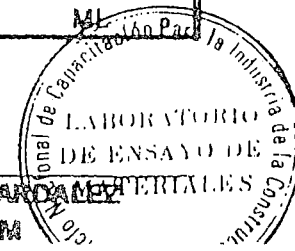
OBSERVACION

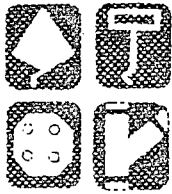
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUIA PERUANA INDECOPI : GP 004 :1993)

HECHO POR : R.C.M.

REVISADO POR : A.C.F.B.

ING. CARLOS PEREZ BARDAMEY
 DIRECTOR - LEM



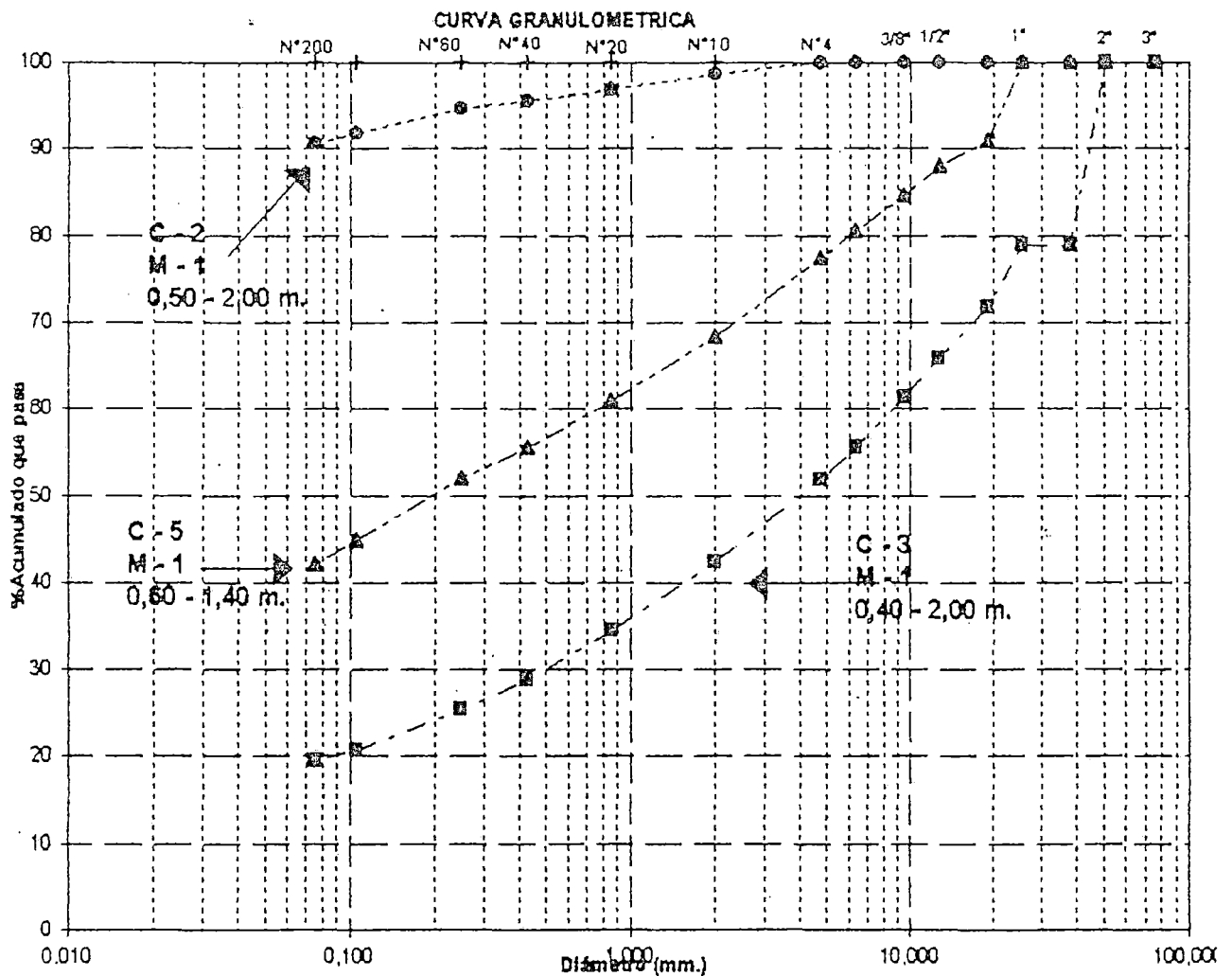


SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES,
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

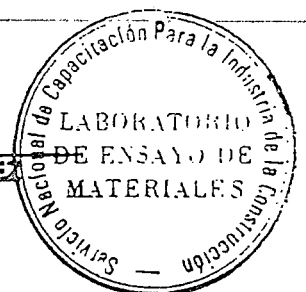
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

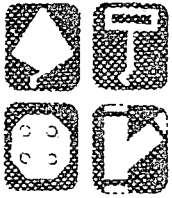
EXPEDIENTE N° : 6727-99
SOLICITANTE : ING. JORGE DIAZ COLLANTES
OBRA : PROYECTO DERIVACION SAN CRISTOBAL CARAHUACRA
LUGAR : YAULI - DPTO. JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 05-ABRIL-99
FECHA DE EMISION : 13-ABRIL-99



HECHO POR : R.C.M.
REVISADO POR : A.C.F.B.

ING. CARLOS PEREZ BARDALES
DIRECTOR - LEM



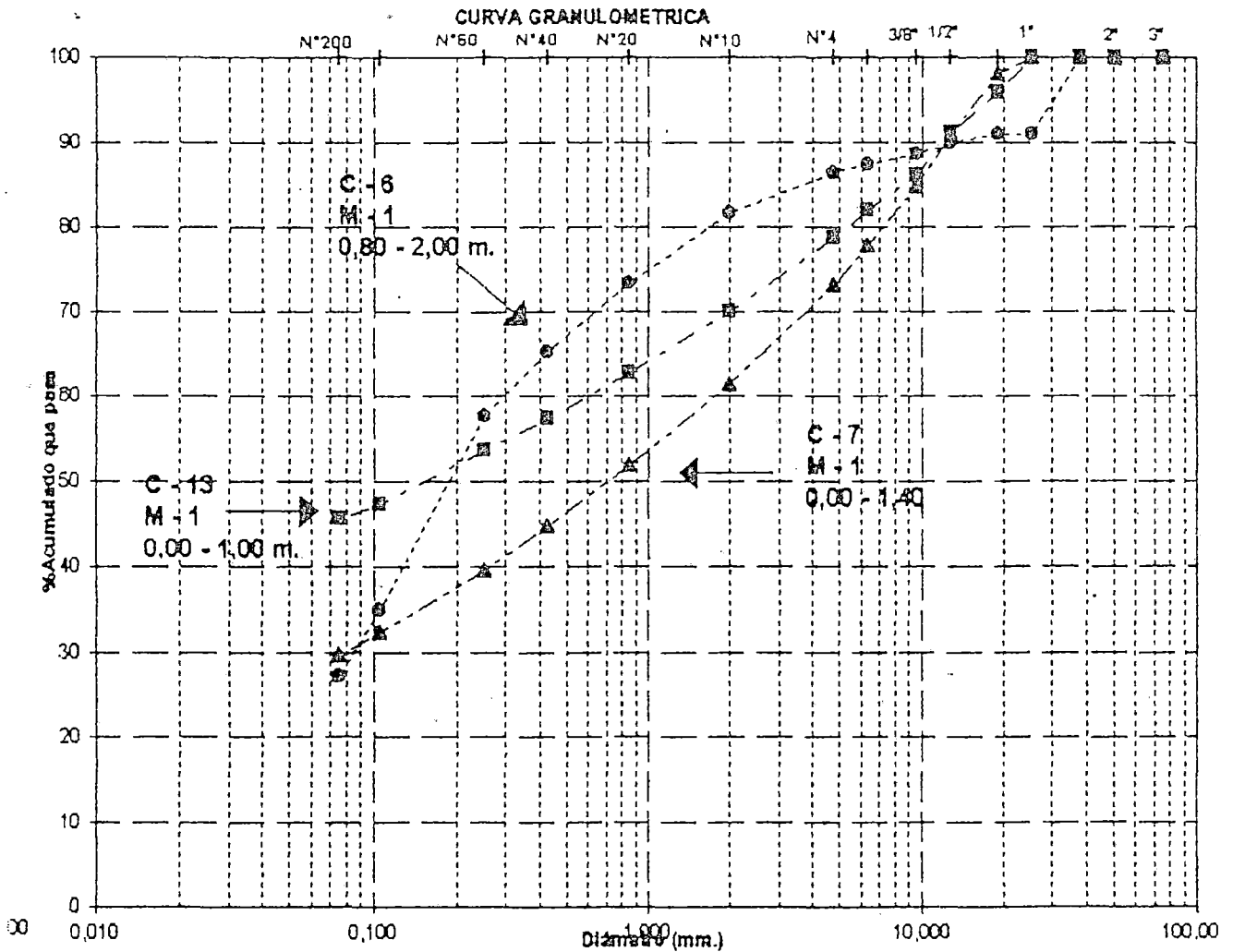


SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES,
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

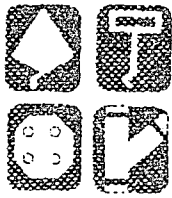
EXPEDIENTE N° : 8727-88
SOLICITANTE : I.N.G. JORGE DIAZ COLLANTES
OBRA : PROYECTO DERIVACION SAN CRISTOBAL CARAHUACRA
LUGAR : YAULI - DPTO. JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 05-ABRIL-89
FECHA DE EMISION : 13-ABRIL-89



HECHO POR : R.C.M.
REVISADO POR : A.C.F.B.

Carlos Pérez Bardales
ING. CARLOS PEREZ BARDALES
DIRECTOR - LEM



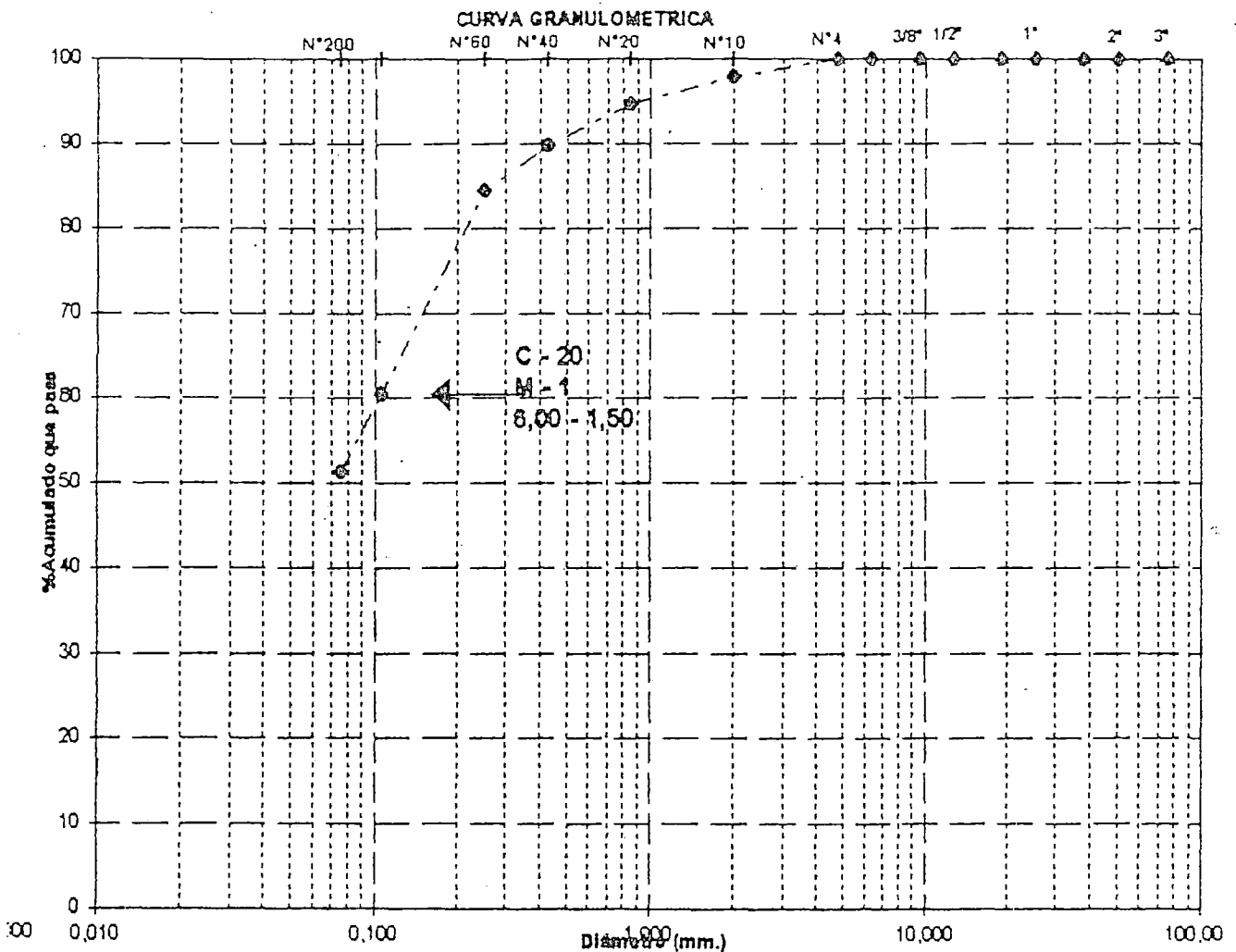


SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES,
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

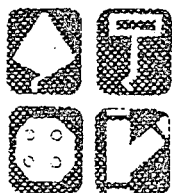
EXPEDIENTE N° : 6727-99
SOLICITANTE : I.N.G. JORGE DIAZ COLLANTES
OBRA : PROYECTO DERIVACION SAN CRISTOBAL CARAHUACRA
LUGAR : YAULI - DPTO. JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 05-ABRIL-99
FECHA DE EMISION : 13-ABRIL-99



HECHO POR : R.C.M.
REVISADO POR : A.C.F.B.

ING. CARLOS PEREZ BARDALES
DIRECTOR - LEM





SENCICO

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION
ORGANISMO PUBLICO DESCENTRALIZADO DEL SECTOR TRANSPORTES, COMUNICACIONES,
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

EXPEDIENTE : 6727-99
PETICIONARIO : ING. JORGE DIAZ COLLANTES
PROYECTO : PROYECTO DERIVACION SAN CRISTOBAL, CARAHUACRA
OBRAS : YAULI - DPTO. JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 05-ABRIL-99
FECHA DE EMISION : 13-ABRIL-99

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA DE SUELO

Calicata : C - 2
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0,50 - 2,00

ENSAYOS	RESULTADO (%)	NORMA
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)	0,099	USBR E-8
CONTENIDO DE SULFATOS (%)	0,014	AASHTO T290
CONTENIDO DE CLORUROS (%)	0,007	AASHTO T291

Calicata : C - 13
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0,00 - 1,00

ENSAYOS	RESULTADO (%)	NORMA
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)	0,017	USBR E-8

OBSERVACIONES : Muestra provista e identificada por el peticionario
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio
salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUIA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

HECHO POR R.C.M.
REVISADO POR A.C.F.B.

ING. CARLOS PEREZ BARDALE
ASESOR TECNO - LEM



INFORME GEOTECNICO

3.0 Registro de Excavaciones

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO: DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA
 LUGAR: Canal
 SOLICITADO POR: VOLCAN S.A.A. COMPAÑIA MINERA
 FECHA: 03 de marzo de 1999

EXCAVACION

C3
(Estac. 10)


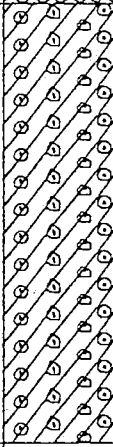
Cota superficial : (m.s.n.m.) 4676.58

Profundidad Total :

2.00

Profundidad N.F.:

0.80

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN, g/cm ³	HN, %			
0.40	C					Turba (Pt): Condición in Situ: esponjosa, húmeda, color negro.	Pt
	A						
	L						
	I						
	C	M-1				Grava Arcillosa con Arena (GC): 48.10 % de grava gruesa, 32.50 % de arena media, 19.4 % de arcilla (LL = 24.8, LP = 15.1). Condición in Situ: medianamente compacta, húmeda a saturada, color gris. La muestra tuvo 30 % de cantos subredondeados de tamaño máximo 0.30 metros	GC
2.00	A						
	T						
	A						

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYEC TO: DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA
 LUGAR: Punto Medio de Rápida
 SOLICITADO POR: VOLCAN S.A.A. COMPAÑIA MINERA
 FECHA: 03 de marzo de 1999

EXCAVACION

C11
(Estac. 65)


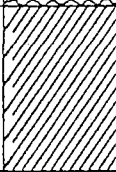
Cota superficial : (m.s.n.m.) 4622.41

Profundidad Total :

3.00

Profundidad N.F.:

0.40

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	
			DN, g/cm3	HN, %			
1.00	C A L				 <p>Turba con Arcilla (Pt) Condición in Situ: esponjosa y medianamente rígida, húmeda a saturada, color negruzco.</p>	Pt	
2.00	I C A						
2.40	T A						
3.00					 <p>Arcilla Gravosa Condición in Situ: medianamente compacta, saturada, color marrón, con presencia aislada de cantos de tamaño máximo de 0.20 metros.</p>	CL	

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO: DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA
 LUGAR: Canal
 SOLICITADO POR: VOLCAN S.A.A. COMPAÑIA MINERA
 FECHA: 03 de marzo de 1999

EXCAVACION

C19
 (Estac. P-9)

Cota superficial : (m.s.n.m.) 4532.72

Profundidad Total :

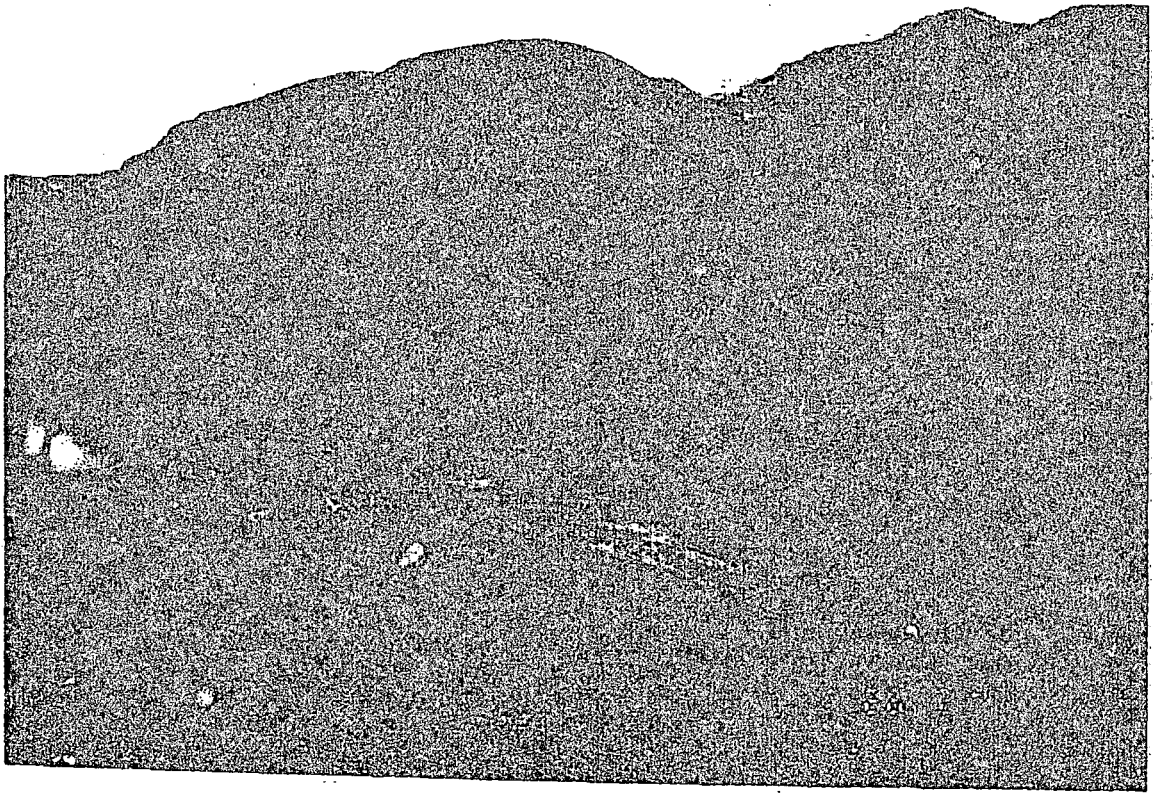
5.00

Profundidad N.F.:

N.P.

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)
			DN. g/cm ³	HN. %			
1.00						Relleno: constituido por grava, cantos, bloques y desperdicios metálicos. Condición in Situ: suelto, húmedo, color gris.	R
2.00							
3.00							
4.00							
5.00							

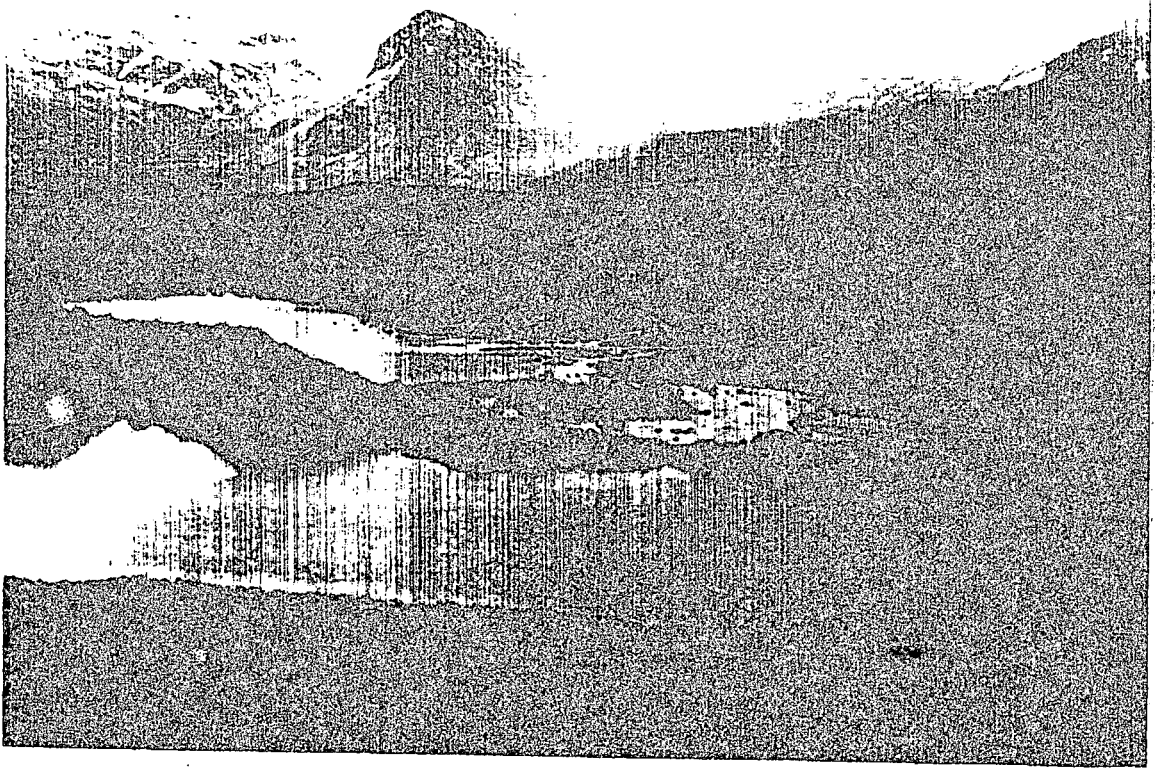
4.0 Fotografías



FOTOGRAFIA 01 : Cantera de Enrocado



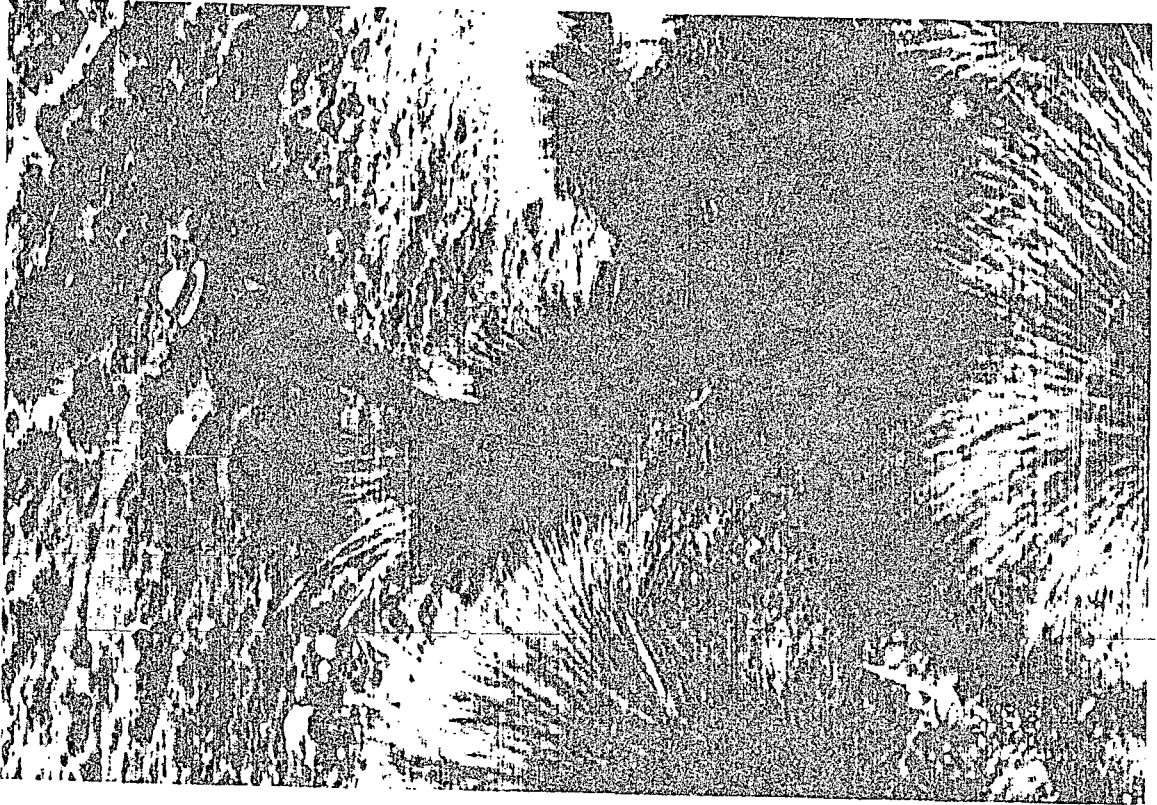
FOTOGRAFIA 02 : Cantera de Agregados COSAPI



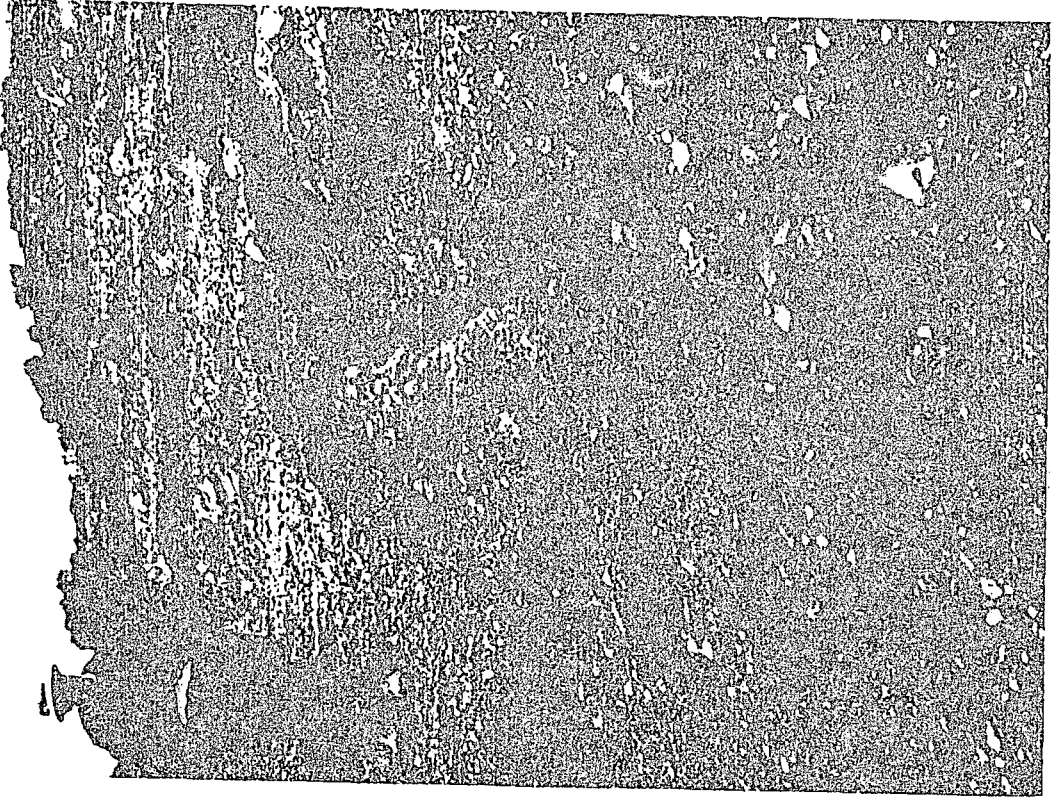
FOTOGRAFIA 03 : Lavadero de Agregados COSAPI



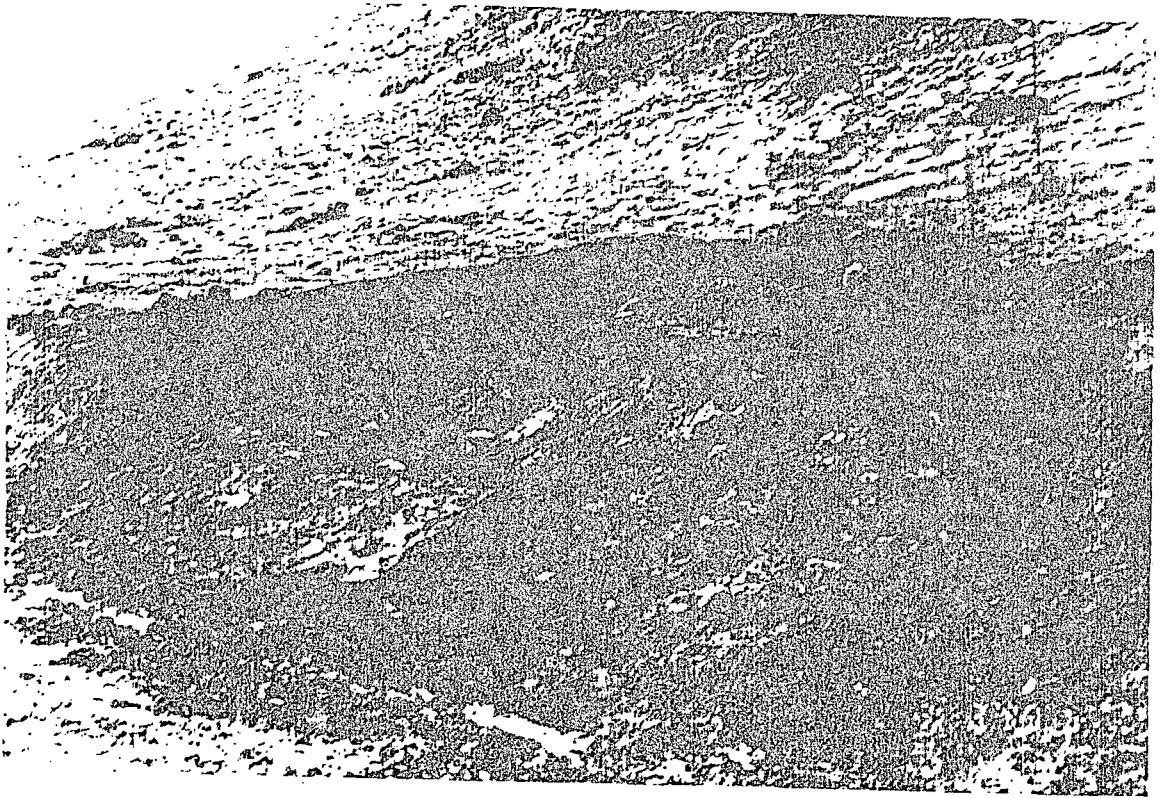
FOTOGRAFIA 04 : Cantera de Finos Cerro Páncar



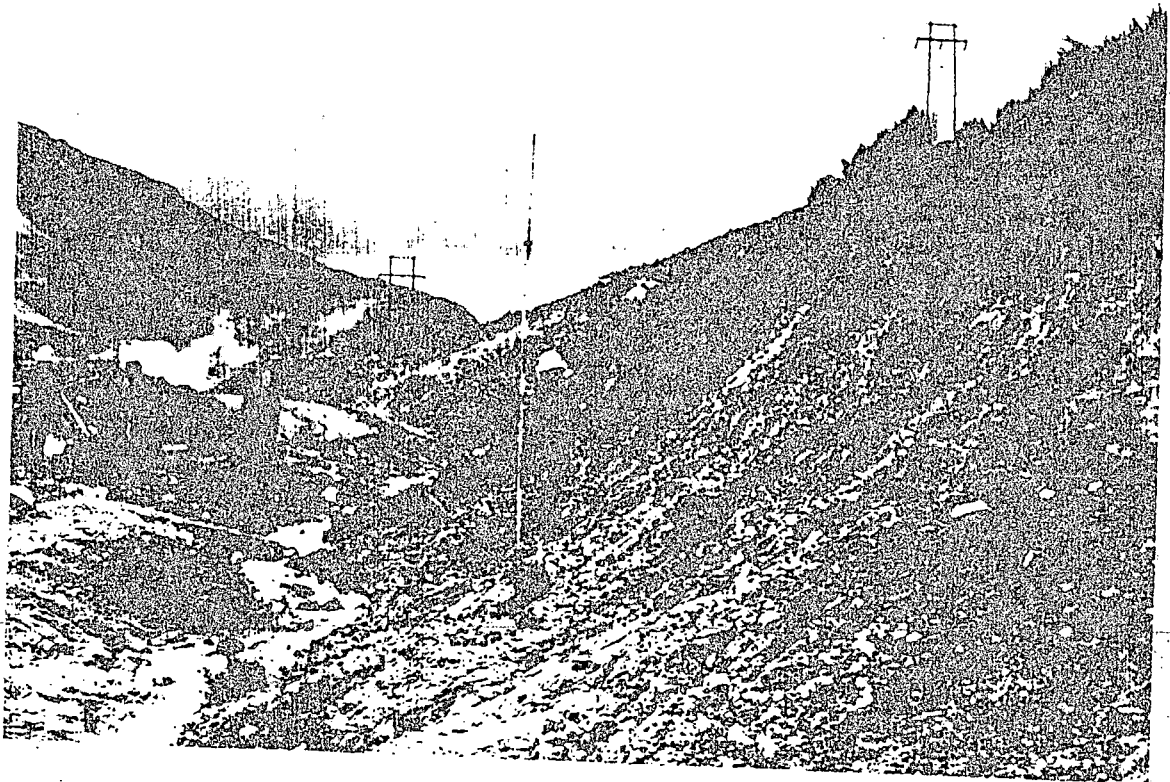
FOTOGRAFIA 05 : Grieta en el Area de
Emplazamiento de la Rápida



FOTOGRAFIA 06 : Grieta en el Area de
Emplazamiento de la Rápida



FOTOGRAFIA 07 : Canal en Zona de Taludes Inestables



FOTOGRAFIA 08 : Canal en Zona de Taludes Inestables



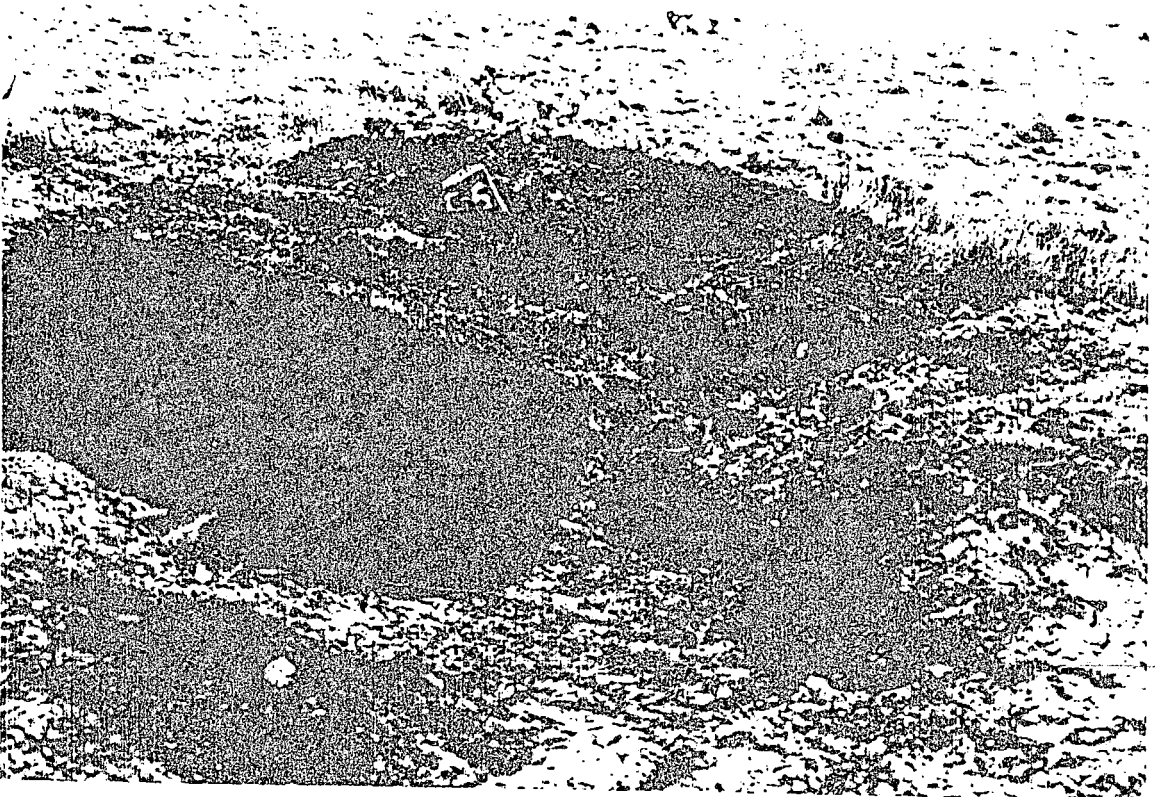
FOTOGRAFIA 09 : Zanja en el Area del Dique



FOTOGRAFIA 10 : Vista Exterior de la Calicata C-3



FOTOGRAFIA 11 : Vista Exterior de la Calicata C-5



FOTOGRAFIA 12 : Vista Exterior de la Calicata C-6



FOTOGRAFIA 14 : Vista Interior de la Calicata C-9



FOTOGRAFIA 13 : Vista Exterior de la Calicata C-7

ANEXO

1.0 Figuras

2.0 Registro de Sondajes y Excavaciones

3.0 Fotografías

1.0 Figuras

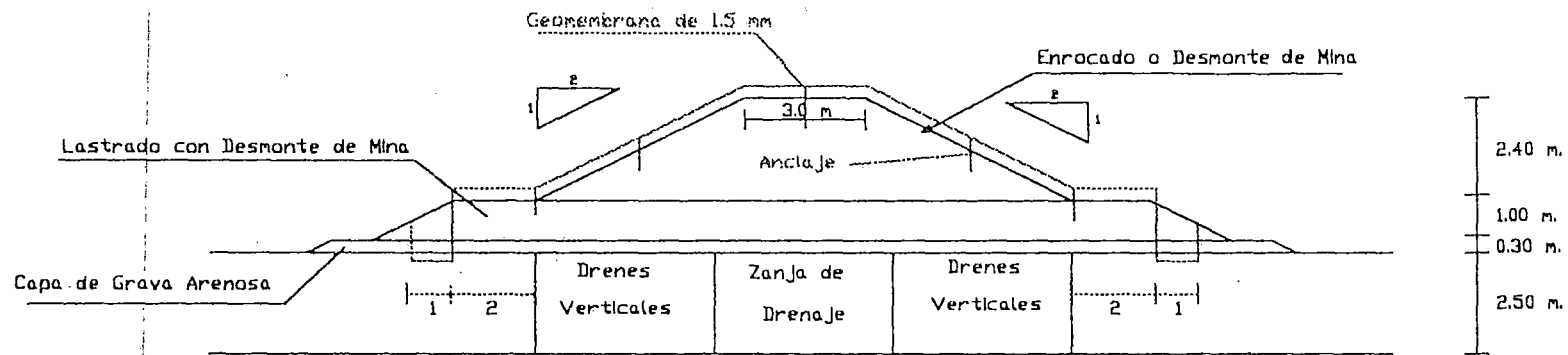


Figura 01 | Sistema de Drenaje e Impermeabilización del Dique

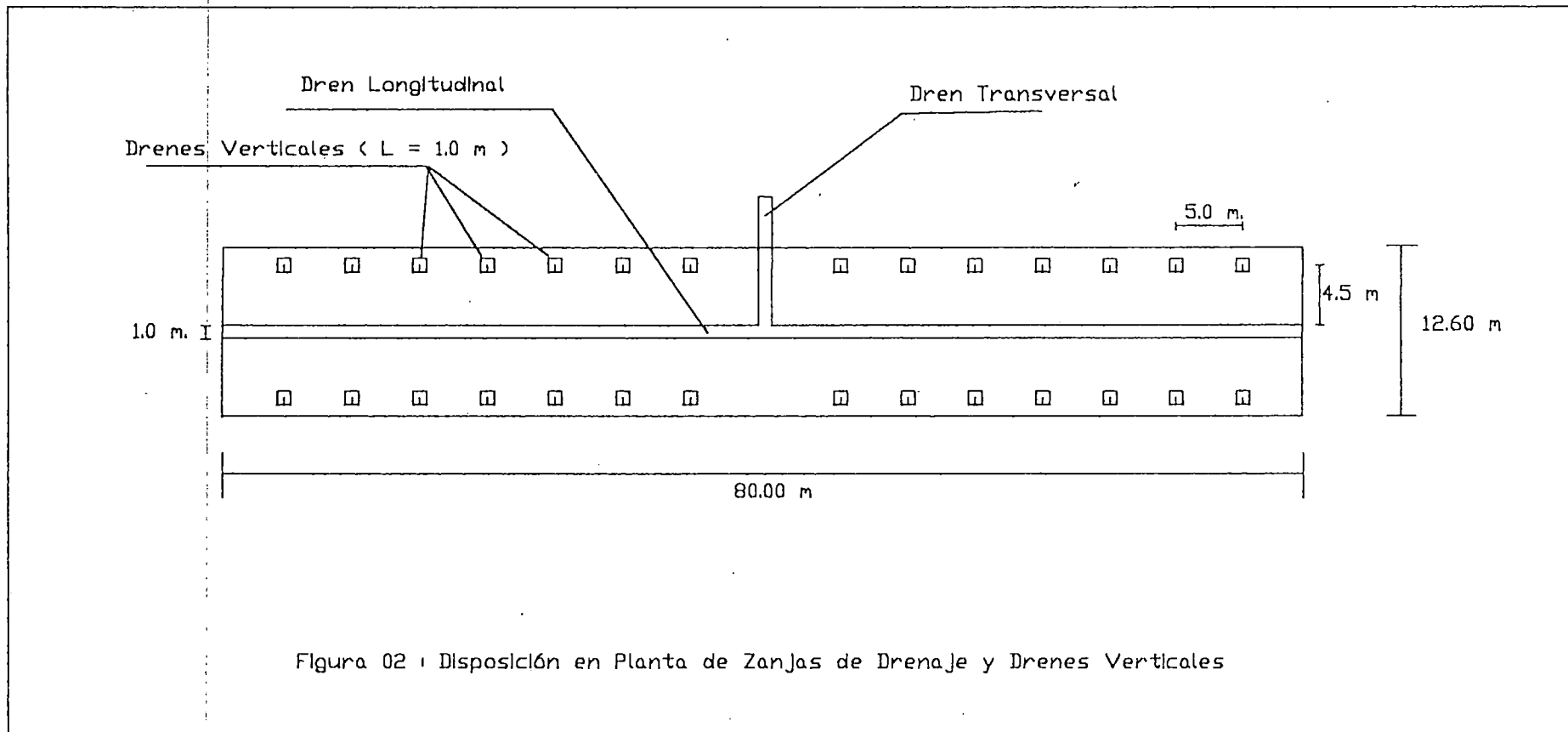


Figura 02 : Disposición en Planta de Zanjas de Drenaje y Drenes Verticales

2.0 Registro de Sondajes

Solicitado por : Compañía Minera Volcan S.A.A.
 Obra : Derivación San Cristóbal - Carahuacra
 Ubicación : Punto Medio del Dique

Operador : Henry Delgado
 Revisado : Ing. Jorge Diaz
 Fecha : 05/07/1999

R E G I S T R O D E S O N D A J E

SONDAJE N° S-1 Cota Superficial : (m.s.n.m.) 4,677.34
 Diámetro Cono 2.5 pulgadas

Profundidad Total : 9.0 metros
 Profundidad N.F. : 0.50 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO Y TAMAÑO DE SONDEO	FUNDA DE PROTECCION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS DE CAMPO		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)	PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA CON CONO (Nro. de golpes cada 0.15 metros)									
				D.N.	H.N.				Nro de Golpes Por			GRAFICA DE N ₆₀						
									0.15	0.15	Tot.	10	20	30	40	50	60	
1.00							Arcilla (CH) : Condición in Situ : blanda, húmeda a saturada, color marrón claro, con marcada presencia de turba.	CH										
1.50																		
2.00	C																	
	O																	
	N																	
	O																	
3.00	D						Turba con Arcilla (Pt) : Condición in Situ : esponjosa y medianamente rígida, saturada, color negruzco.	Pt										
	I																	
	N																	
	A																	
	M																	
	I																	
4.00	C																	
	O																	
5.00																		
5.10																		
6.00							Arcilla (CH) : Condición in Situ : blanda, saturada.	CH										

continúa en la página siguiente

JORGE DIAZ COLLANTES - ING. CIVIL

Solicitado por : Compañía Minera Volcan S.A.A.
 Obra : Derivación San Cristóbal - Carahuacra
 Ubicación : Punto Medio del Dique

Operador : Henry Delgado
 Revisado : Ing. Jorge Diaz
 Fecha : 05.07/1999


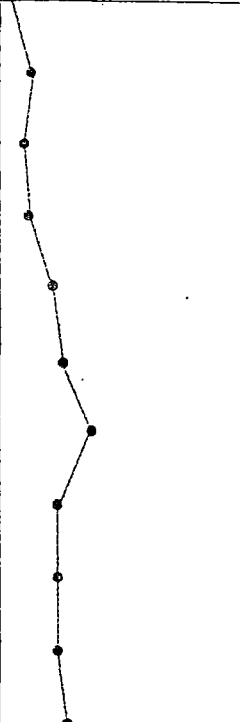
R E G I S T R O D E S O N D A J E

SONDAJE Nº

S-1

Cota Superficial : (m.s.n.m.) 4,677.34
 Diámetro Cono : 2.5 pulgadas

Profundidad Total : 9.0 metros
 Profundidad N.F. : 0.50 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO Y TAMAÑO DE SONDEO	FUNDA DE PROTECCION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS DE CAMPO		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)	PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA CON CONO (Nro. de golpes cada 0.15 metro)					
				D.N.	H.N.				Nro de Golpes Por			GRAFICA DE N ₆₀		
									0.15	0.15	Tot.	10	20	30
7.00	C O N O D I N A M I C O						Arcilla (CH) : Condición in Situ : blanda, saturada.	CH	5					
				4	9									
				4	7									
				5	9									
				6	12									
				8	14									
8.00				11	22									
				7	14									
				7	14									
				7	14									
9.00			8	16										

Solicitado por : Compañía Minera Volcan S.A.A.
 Obra : Derivación San Cristóbal - Carahuacra
 Ubicación : Tramo Inicial de Canal (Estación 5)

Operador : Henry Delgado
 Revisado : Ing. Jorge Diaz
 Fecha : 05.07/1999

R E G I S T R O D E S O N D A J E

SONDAJE Nº

S-3

Cota Superficial : (m.s.a.m.) 4,677.57
 Diámetro Cono : 2.5 pulgadas

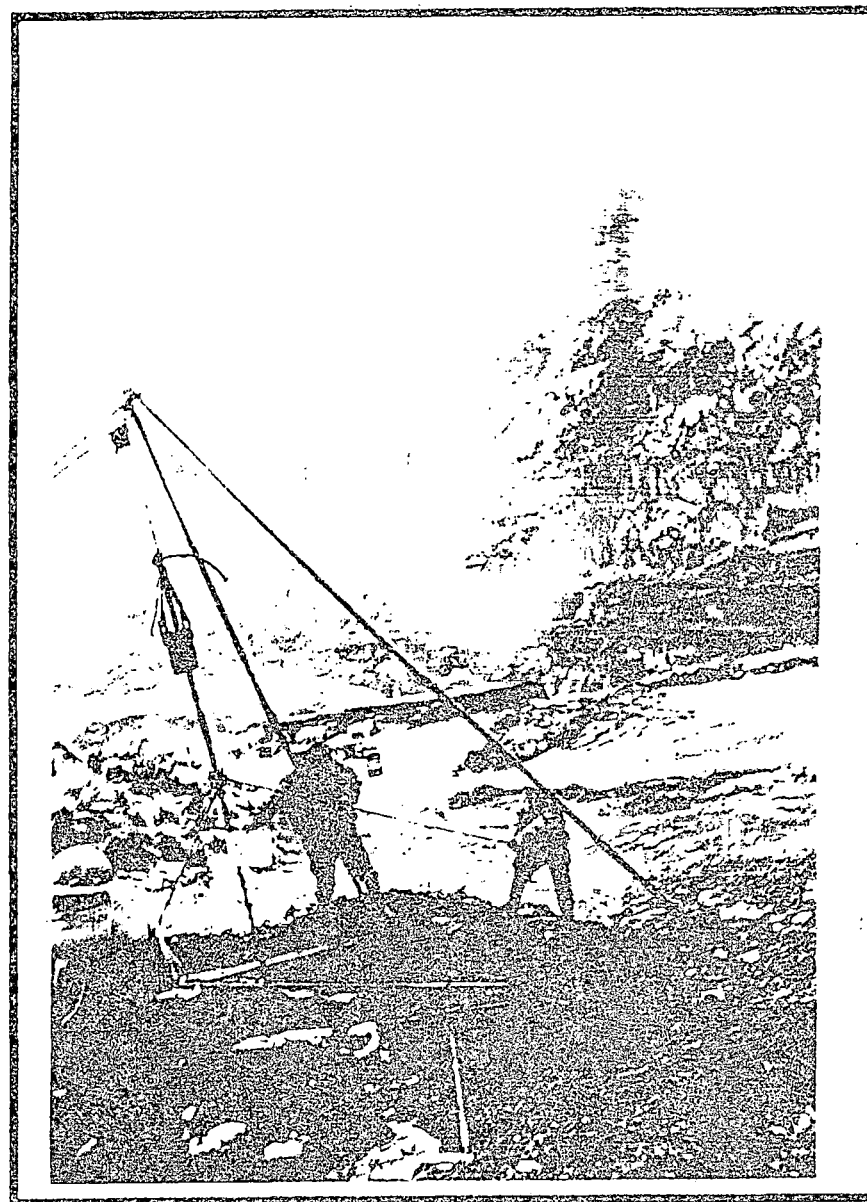
Profundidad Total : 5.40 metros
 Profundidad N.F. : -

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO Y TAMAÑO DE SONDEO	FUNDA DE PROTECCION	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS DE CAMPO		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION (SUCS)	PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA CON CONO (Nro. de golpes cada 0.15 metros)								
				D.N.	H.N.				Nro de Golpes Por			GRAFICA DE N ₂					
									0.15	0.15	Tot	10	20	30	40	50	60
1.00	C O N O D						Turba con Arcilla (Pt): Condición in Situ : esponjosa y medianamente rígida, saturada, color negruzco.	Pt	1								
				0.5	1.5												
									1	1.5							
										1	2						
									0.5	1							
										1	2						
										1	2						
2.00	I N M I C O						Arcilla (CH): Condición in Situ : blanda, saturada.	CH	1								
									1	2							
										1	2						
									1	2							
										1	2						
									1	2							
										1	2						
2.40	I N M I C O						Arcilla (CH): Condición in Situ : blanda, saturada.	CH	2								
										2	4						
									1	2	3						
									4	2	6						
									2	2	4						
									2	2	4						
									2	2	4						
									1	2	4						
										2	3						
									5	2	7						
4.90	I N M I C O						Grava Arcillosa (GC): Condición in Situ : compacta, saturada.	GC	2								
5.00									2	18	20						
5.40										30	30	60					

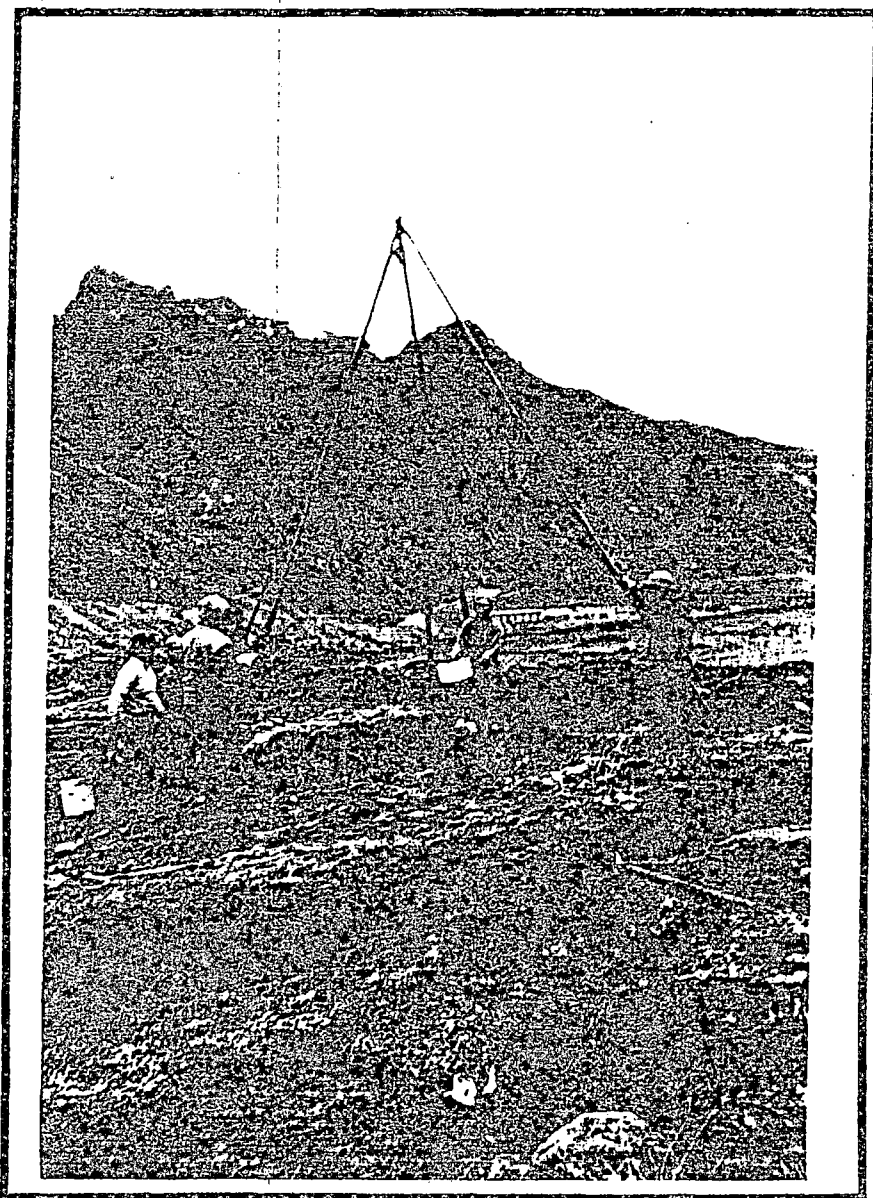
3.0 Fotografías



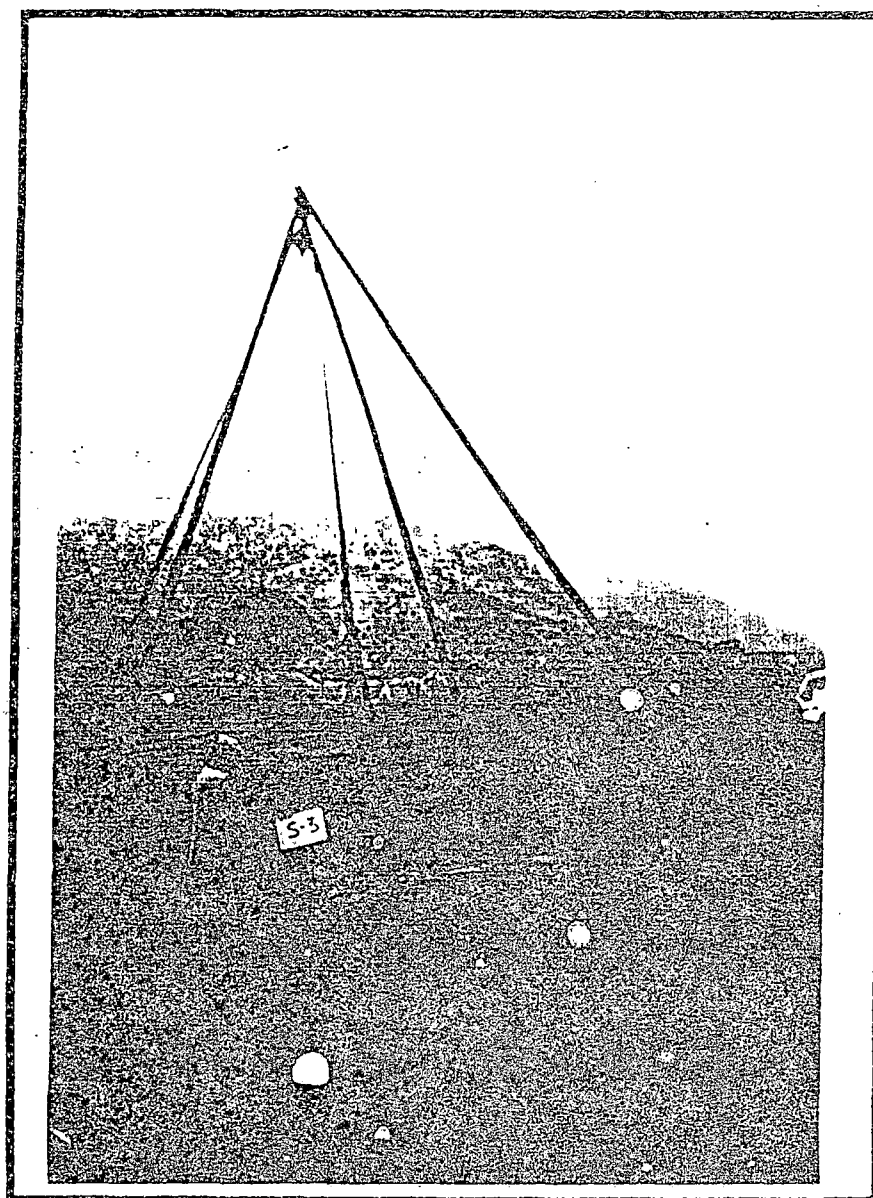
FOTOGRAFIA 03: Area de Inicio de Rápida y Sondaje S-4 Realizado con Equipo de Penetración (Cono Dinámico)



FOTOGRAFIA 04: Area de Tramo Medio de Rápida y Sondaje S-5 Realizado con Equipo de Penetración. (Cono Dinámico)



FOTOGRAFIA 01: Area de Dique y Sondaje S-1 Realizado con Equipo de Penetración (Cono Dinámico)



FOTOGRAFIA 02: Area de Tramo Inicial de Canal y Sondaje S-3 Realizado con Equipo de Penetración. (Cono Dinámico)

CANAL SAN CRISTOBAL - CARAHUACA

DISTANCIA DISTANCIA PUNTO DISTANCIA DISTANCIA
 ASUMBI COTA PUNTO COTA COTA COTA 100

4687.05 C5
 4679.72 S1
 4677.06 3
 4677.57 5
 4676.98 6
 4676.48 7

4679.72

4679.60 R*
 0 4677.34 0
 0 4677.82 47.84 BIQUE-CI
INICIO 02 47.84

206.32 4676.09 158.48 8
 226.32 4676.19 20.00 9
 246.31 4676.58 19.99 10 03 198.47 246.3139
 266.26 4676.70 19.95 11
 286.18 4675.24 19.91 12
 306.15 4675.41 19.98 13
 326.27 4675.29 20.11 14
 346.16 4674.93 19.90 15
 382.53 4675.76 36.36 16

ESTACION = C

4675.92

COTA

PTC

402.40 4676.14 19.88 17
 422.40 4675.67 20.00 18
 442.40 4675.70 20.00 19
 462.41 4675.84 20.00 20
 482.41 4675.79 20.00 21 04 236.09 482.4053
 502.40 4675.48 20.00 22
 522.42 4675.79 20.02 23
 4675.47 0

ESTACION = D

4675.47

560.93 4675.66 38.51 24
 580.93 4674.98 20.00 25
 600.92 4674.71 20.00 26
 620.92 4676.65 19.99 27
 4676.65 0

DISTANCIA ENTRE ESTACIONES DISTANCIA ENTRE ESTACIONES DISTANCIA ENTRE ESTACIONES DISTANCIA ENTRE ESTACIONES
 DISTANCIA ENTRE ESTACIONES DISTANCIA ENTRE ESTACIONES DISTANCIA ENTRE ESTACIONES DISTANCIA ENTRE ESTACIONES

ESTACION = E

4676.65

645.92	4675.84	25.00	29		
665.92	4675.52	20.00	29	183.51	665.9186
685.93	4675.44	20.01	30		
	4676.37				

ESTACION = F

4676.37

COTA

PTO

	4676.12		30		
706.00	4675.47	20.07	31		
741.06	4675.79	35.06	32		
761.06	4675.42	19.99	32		
781.07	4675.49	20.01	34	115.15	781.0685
815.88	4676.29	34.81	35		
830.96	4675.84	15.08	36		
	4675.95				

ESTACION = G

4676.12

4676.12

4676.12

4676.12

4676.12

ESTACION = H

4675.95

848.33	4677.35	17.37	37		
854.37	4678.10	6.04	38		
	4678.29		BM		
	4679.18				

ESTACION =

4679.18

COTA

PTO

ESTACION DISTANCIA
 COTA COTA PTO ESTACION DISTANCIA

891.32	4678.50	36.95	39		
898.66	4676.96	7.35	40	02	117.60 898.6641
918.79	4676.51	20.13	41		
938.65	4675.60	19.86	42		
958.64	4675.01	19.99	43		
978.56	4673.74	19.92	44		
	4673.74		44		

ESTACION = 44

4673.74

998.50	4671.92	19.93	45		
1018.38	4669.80	19.88	46		
1038.49	4667.36	20.11	47		
1058.78	4665.78	20.29	48		
1078.20	4663.44	19.43	49		

ESTACION = 49

4663.44

1098.07	4660.87	19.87	50		
1117.91	4658.20	19.84	51		
1137.77	4655.62	19.86	52		
	4663.44				

ESTACION = 52

4655.62

COTA

PTO

ZONA DE
 RAPIDA

ESTACION = J

4638.70

1156.96	4652.03	19.19	53	03	258.30 1156.962
1177.26	4649.14	20.29	54		
1197.14	4646.63	19.88	55		
1218.00	4643.50	20.86	56		
1238.02	4641.59	20.02	57		
1250.05	4640.16	12.03	58		
1269.30	4636.97	19.25	59		
1279.30	4638.70	10.00	J	04	122.34 1279.301

DISTANCIA	COTA	DISTANCIA	PTO	ESTACION	ESTACION	ESTACION
-----------	------	-----------	-----	----------	----------	----------

1299.10	4634.03	19.80	60			
1308.99	4631.78	9.89	61			
1319.14	4629.42	10.15	62			
1329.11	4627.34	9.97	63			
1338.96	4625.01	9.85	64			
1348.78	4622.41	9.82	65		69.48	1348.78
1359.10	4619.94	10.32	66			
1362.78	4619.28	3.68	67			

ESTACION = X

4596.26

4596.86

4596.26

4596.26

ESTACION = 67

4619.28

COTA

PTO

0.00

1372.67	4615.67	9.88	68			
1382.64	4612.91	9.97	69			
1392.47	4609.06	9.83	70			
1402.21	4605.86	9.75	71			
1412.09	4601.66	9.87	72			
1421.86	4599.80	9.77	73		73.08	1421.86
1432.47	4597.64	10.61	M			

ESTACION = M

4597.64

4597.64

4597.64

4597.64

4597.64

ESTACION = L

4596.86

1452.43	4596.55	19.97	75		30.57	1452.434
1472.35	4595.20	19.91	76			
1492.25	4594.49	19.90	77			
1512.23	4592.91	19.98	78			

ESTACION = N

1532.03	4591.42	19.81	79
	4587.97		N

ESTACION = N

4587.97

COTA

PTO

1557.32	4590.23	25.29	80
1572.85	4588.87	15.53	81
1592.88	4587.35	20.03	82
1612.80	4586.02	19.92	83
1632.78	4585.74	19.98	84
1672.31	4584.79	39.53	85
1692.40	4584.46	20.09	87
	4584.71		P1

ESTACION = P1

4584.71

1712.56	4584.05	20.16	88	260.13	1712.565
1732.46	4583.53	19.90	89		
1752.39	4582.96	19.93	90		
1772.46	4582.27	20.06	91		
	4583.66		P2		

CS-PA-P1

CS-PA-P2

PA

ESTACION = P2

4583.66

1793.35	4581.88	20.89	92		
1813.45	4580.89	20.10	93		
1833.16	4579.53	19.71	94	120.60	1833.163
1852.77	4576.75	19.61	95		
1872.82	4575.00	20.04	96		
1890.57	4549.96	17.76	97		
1907.71	4573.84	17.14	98-1m		
	4566.88		P3		

ESTACION = P3

4566.88

COTA PTO

1932.94	4570.46	25.23	99	99.78	1932.943
1934.80	4571.07	1.86	99*		
1958.87	4569.24	24.08	100		
1974.28	4568.53	15.41	101		
1994.35	4567.93	20.06	102		
2014.87	4567.00	20.52	103		
2034.62	4566.63	19.75	104		
2054.41	4566.41	19.79	105		
2074.29	4569.65	19.88	106		
2094.84	4566.25	20.55	107		
2115.07	4566.72	20.23	108		

4567.86 P4

ESTACION = P4

4567.86

2135.12	4566.67	20.05	109		
2154.99	4566.22	19.87	110		
2174.82	4566.00	19.82	111		
2194.77	4565.58	19.96	112		
2214.52	4564.87	19.75	113		
2234.60	4564.04	20.09	114		
	4564.73		P5		

ESTACION = P5

4564.73

2254.98	4563.25	20.38	115	322.04	2254.98
2275.06	4563.60	20.08	116		
2294.60	4559.76	19.54	117		
2314.73	4558.47	20.13	118		
2330.00	4564.73	15.27	119		
2354.72	4555.37	24.72	120		
2374.45	4576.54	19.73	121		
2394.08	4552.83	19.64	122		
	4553.83		P6		

ESTACION = P6

4553.83

COTA PTO

2414.49	4551.41	20.41	123		
---------	---------	-------	-----	--	--

DISTANCIA ACUMULADA	COTA	DISTANCIA ENTRE P...	PTO	DISTANCIA	DISTANCIA ACUMULADA
------------------------	------	-------------------------	-----	-----------	------------------------

2434.37	4549.47	19.88	124
2453.94	4548.16	19.57	125
2474.20	4546.92	20.26	126
2493.93	4545.28	19.73	127
2513.74	4543.98	19.81	128
2533.61	4542.73	19.88	129
2553.64	4541.68	20.03	130
	4541.97		P7

ESTACION = P7

4541.97

2573.79	4540.80	20.15	131
2593.40	4539.67	19.61	132
2613.11	4538.87	19.71	133
2632.98	4537.91	19.87	134
2652.76	4537.26	19.77	135
2672.82	4536.96	20.07	136
2692.49	4535.89	19.66	137
	4535.02		P8

ESTACION = P8

4535.02

2712.83	4535.02	20.35	138	0.19	457.85	2712.832
2791.23	4532.72	78.39	P9	0.19	78.39	2791.225

ESTACION = P9

4532.72

COTA

PTO

2826.91	4525.86	35.68	P10	0.70	35.68	2826.906
---------	---------	-------	-----	------	-------	----------

ANEXO C
ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL PROYECTO
PILOTO

**ANEXO C – ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL PROYECTO PILOTO
“DERIVACION SAN CRISTÓBAL – CARAHUACRA”
INFORME DE HIDROLOGIA**

INDICE

1. INTRODUCCION.....	1
2. AREA DE ESTUDIO.....	1
3. INFORMACION BASICA:.....	2
4. ESTUDIO DE PRECIPITACIONES	2
4.1. FÓRMULA REGIONAL DE PRECIPITACIONES E INTENSIDADES DEL IILA.....	3
4.2. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS	5
5. DESCARGAS DE DISEÑO PARA EL CANAL PROYECTADO	6
5.1. AREAS DE DRENAJE.....	6
5.2. PERÍODO DE RETORNO	7
5.3. DESCARGA DE DISEÑO	7
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	8
7. REFERENCIAS.....	9
8. ANEXOS	
8.1. DATOS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS. ESTACION OROYA – MAYUPAMPA.	
8.2. MEMORIA DE CÁLCULO	
8.3. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC – 1, PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	
8.3.1. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC – 1, CONSIDERANDO LA EXISTENCIA DE BOFEDALES AGUAS ABAJO DE SAN CRISTÓBAL.	
8.3.2. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC – 1, CONSIDERANDO LA NO EXISTENCIA DE BOFEDALES AGUAS ABAJO DE SAN CRISTÓBAL	
8.4. MEMORIA FOTOGRÁFICA	

1. INTRODUCCION

El presente Informe está orientado a determinar el caudal de diseño de las estructuras comprendidas en el Proyecto de derivación de las aguas de la quebrada Carahuacra.

Para este efecto, se expondrán los criterios y metodología usada, así como los resultados obtenidos.

2. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre los paralelos 11°41' y 11°45' de latitud sur y los meridianos 76°06' y 76°02' de longitud oeste, con altitudes que varían, siguiendo un perfil desde la ubicación de los nevados hasta las cercanías a la entrega del canal, entre los 4565 y los 5290 m.s.n.m.

El área que comprende la cuenca de la quebrada Carahuacra, desde la divisoria de altas cumbres hasta las cercanías a la entrega del canal de derivación, y que encierra el área de aporte a la descarga que conducirá el canal proyectado, se subdivide en tres zonas:

- Una primera zona cubierta por abundante vegetación tipo pastizales en las partes altas hasta la captación del canal. En esta zona se ubican depósitos de bofedales con presencia de pastos y costras salinas (Ver Foto No.1 del Anexo 8.4).
- Una segunda zona de aporte formada por la ladera derecha de la quebrada, aguas abajo de la captación de la quebrada, sin cubierta vegetal (Ver Fotos 2 y 3 del Anexo 8.4).
- Una tercera zona de aporte formada por la ladera izquierda de la quebrada, aguas abajo del punto de captación de la quebrada, con aproximadamente 65% de su superficie con cubierta vegetal (Ver Foto No. 4 del Anexo 8.4).

Bajo la concepción anteriormente explicada, el área que encierra la zona de aporte perteneciente a la quebrada Carahuacra es de 9.50 km². En consecuencia puede afirmarse que la cuenca así definida, corresponde a una cuenca mediana.

3. INFORMACION BASICA:

Para efectos de identificación del área de estudio se utilizó la carta nacional 28-K (Matucana), a escala 1:100,000:

Para la delimitación de la quebrada, como se muestra en la Figura No. 1 del Anexo 8.2, se usaron las cartas nacionales a escala 1:25000, correspondiente a la zona de Yauli (24K-I-SE y 24K-II-NE).

La información hidrológica disponible consistió en registros pluviométricos pertenecientes a la siguiente estación, operada por el SENAMHI (ver Anexo 8.1):

Estación	Tipo	Coordenadas		Altitud (msnm)	Dpto.	Prov.	Distrito	Período de Registro
		Lat. Sur	Long. Oeste					
Oroya Mayupampa	CO*	11°30'	75°56'	3750	Junín	Yauli	Oroya	1970-84 1986-93 1996

(*) CO: Estación Climatológica Ordinaria.

4. ESTUDIO DE PRECIPITACIONES

El estudio de precipitaciones tuvo como objetivo determinar:

- Los valores de precipitaciones máximas en 24 h.
- La precipitación es para duraciones cortas para fines de utilizarla en la aplicación del modelo Flood Hydrograph Package, HEC-1, para la simulación de crecientes de diseño en cuencas medianas.

Para este efecto se utilizó la fórmula regional de precipitaciones e intensidades desarrollada por el IILA y el análisis de los datos señalados mediante los modelos probabilísticos pertinentes.

4.1. Fórmula Regional de Precipitaciones e Intensidades del IILA

Las precipitaciones máximas e intensidades de tormentas que han sido estudiadas regionalmente por el "Estudio de la Hidrología del Perú" realizado por el IILA-SENAMHI-UNI, 1984, cuyas fórmulas tienen la siguiente forma:

$$p_{t,T} = a (1 + K \log T)t^n$$

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)t^{n-1}$$

Donde $P_{t,T}$ y $i_{t,T}$ representan la precipitación y la intensidad de tormenta para una duración "t" (en horas) y de período de retorno "T" (en años); asimismo, a, K y n son las constantes regionales.

Según la metodología empleada por el IILA las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas.

De acuerdo al plano n.2-C del mencionado estudio la zona del proyecto pertenece a la región hidrológica denominada 123₁₀ (Ver figura No.1). Para dicha región las constantes regionales son:

(*) Parámetros de fórmula IILA-SENAMHI-UNI Sub-Región 123 ₁₀		
a = 14.7 mm	N = 0.254	K = 0.553

(*) Tomado de los cuadros I:1-7, y I:1-9 del "Estudio de la Hidrología del Perú."

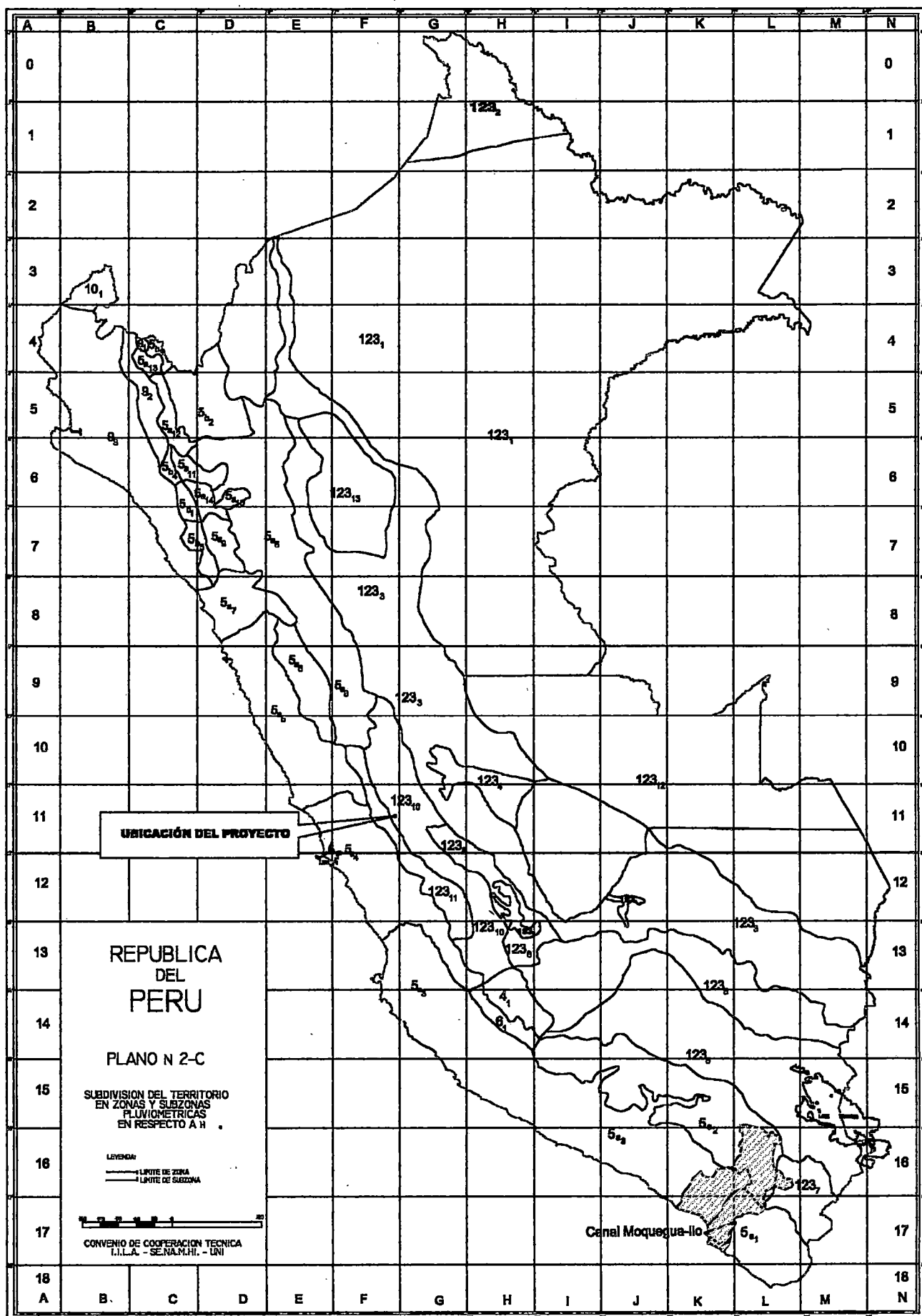


Figura No. 1 Ubicación de la Zona del Proyecto Según el Estudio del IILA-SENAMHI-UNI
Escala : S/E

4.2. Precipitaciones Máximas en 24 horas

Se hicieron análisis estadísticos de las distribuciones probabilísticas de las precipitaciones máximas en 24 h de la estación pluviométrica en La Oroya - Mayupampa, donde se dispone de estos tipos de datos en una longitud de registro de 24 años.

Los modelos probabilísticos empleados fueron: Normal, LogNormal, Log-Pearson III y Gumbel (ver Cuadros No. 2, 3, 4 y 5 del anexo 8.2).

Para los modelos referidos, se realizó el análisis de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov (Ver ítem 2.0 y Cuadro No. 6 del Anexo 8.2).

Los resultados mostrados en el anexo 8.2, y los cálculos obtenidos con la fórmula regional del IILA, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo al test de Kolmogorov-Smirnov, la función de probabilidad que más se ajusta a los datos de la estación Mayupampa es la Log-Pearson III.
- El valor de las precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas con los modelos probabilísticos, para cualquier período de retorno, son menores que las calculadas con la fórmula del IILA, como se muestra en el cuadro No. 1.

Cabe mencionar que la fórmula del IILA considera la duración media de precipitaciones igual a 15.3 horas por día ($P_{t=24\text{hrs}} = P_{t=15.3\text{ hrs}}$).

- La fórmula del IILA sobre dimensiona el valor de las precipitaciones máximas en 24 hrs.

Período de Retorno (años)	Precipitación Según Funciones de Probabilidad (mm)				Estudio ILLA (mm)
	Normal	Log-Normal	Log-Pearson III	Gumbel	
5	28.57	28.21	28.07	28.85	40.75
10	30.89	30.96	31.17	32.48	45.65
20	32.80	33.43	34.12	35.98	50.54
25	33.36	34.18	35.06	37.08	52.11
50	34.95	36.44	37.96	40.49	57.01
100	36.39	38.59	40.86	43.88	61.90

Cuadro No. 1

- Se debe asumir como precipitación máxima en 24 horas a las calculadas mediante la función de probabilidad Log-Pearson III.

5. DESCARGAS DE DISEÑO PARA EL CANAL PROYECTADO

Se determinarán las descargas de diseño para la quebrada Carahuacra (únicamente zona aportante al canal) con la aplicación de procedimientos Precipitación - Escorrentía, cuya selección específica de métodos está en función del tipo de respuesta hidrológica de la cuenca involucrada, es decir la predominancia de efectos de concentración o de difusión del flujo, y la predominancia de flujo en correntera (channel flow) o distribuido superficialmente (overland flow).

5.1. Areas de Drenaje

El área comprendida por la zona de aporte de la cuenca, ha sido subdividida en 6 subcuencas, de forma que describen un sistema que refleja el mejor acercamiento a la realidad con respecto al comportamiento hidrológico de la cuenca, que será simulado por el Modelo HEC – 1.

La subcuenca 1 de la quebrada tiene lagunas en sus partes altas. Estas lagunas tienen dos efectos: disminuyen y retrasan el pico proveniente de las aguas precipitadas en las áreas de drenaje tributarias de las lagunas, por la laminación que ocurre cuando las aguas transitan por embalses. Estos efectos han sido considerados en el Tránsito de la

escorrentía determinada para esa subcuenca por un embalse natural (la laguna) y posteriormente por el cauce natural de la quebrada hasta llegar a la captación del canal al aplicar el HEC - 1.

5.2. Período de Retorno

En función de la importancia de la obra, el periodo de explotación de la unidad minera "San Cristóbal" (N=20 años), al efecto de los daños que se producirían de fallar la estructura y a la disponibilidad de datos hidrológicos, se estableció un período de recurrencia, T; de 50 años para el diseño del canal.

De acuerdo a este planteamiento, podemos afirmar que el riesgo de falla, R, calculado mediante la siguiente relación:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

es de 33.2%.

5.3. Descarga de Diseño

Para la determinación de descargas máximas en las cuencas medianas, donde aparecen efectos de difusión, que atenúan el caudal pico, se aplicó:

Método del Hidrograma Unitario (en cuencas medianas $2.5 \text{ Km}^2 < \text{Area} < 10,000 \text{ Km}^2$), utilizando el programa HEC-1 "*Flood Hydrograph Package*."

La aplicación del paquete HEC1 se realizó utilizando las siguientes opciones:

- Determinación de la tormenta de diseño o hietograma usando la opción del método del bloque alterno sobre la base de la curva IDF (Ver ítem 3 del Anexo 8.2).

- Determinación de la sustracción hidrológica usando el método de la Curva Número, CN, del *Soil Conservation Service*, SCS, de acuerdo a los criterios mostrados en las cuadros 8 y 9 del Anexo 8.2.
- Cálculo del hidrograma con el método del hidrograma unitario sintético del SCS, para lo cual se usaron los parámetros señalados en el ítem 4 del Anexo 8.2.

Las opciones de cálculo fueron elegidas en función del tipo de datos disponibles, tal como se muestra en la Memoria de Cálculos, Anexo 8.2.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los resultados del Modelo HEC -1 aplicado permiten concluir que el caudal de diseño empleado para el dimensionamiento del canal y sus obras de arte será de $4.2 \text{ m}^3/\text{s}$, para un período de retorno de 50 años, como se muestra en el Anexo 8.3.1.
- El caudal resultante depende en gran magnitud de la existencia de los bofedales, debido a la gran capacidad de retención de estas formaciones ecológicas.
- De eliminarse estos bofedales y desaparecer su capacidad de retención, el caudal que llegaría al canal sería de $7.7 \text{ m}^3/\text{s}$, según el cálculo realizado (Ver Anexo 8.3.2).
- De acuerdo a los objetivos del Proyecto, es necesario que se realice un estudio complementario para definir el desarrollo preciso de los canales 2 y 3.

7. REFERENCIAS

- Ven Te Chow, Maidment, Mays. Hidrología Aplicada. 1994.
- V.M. Ponce. Engineering Hydrology. 1990.
- IILA - Senamhi - UNI. Estudio de Hidrología del Perú. 1984.
- Edilberto Guevara, Humberto A. Cartaya. Hidrología. 1991.
- David B. McWorther, Daniel K. Sunada. Ground-Water Hydrology and Hydraulics. 1993.
- Daniel H. Hoggan. Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics. 1989.
- U. S. Army Corp of Engineers – Hydrologic Engineering Center. Hydrograph Package – HEC-1, User's Manual. 1990.
- U. S. Army Corp of Engineers – Hydrologic Engineering Center. Hydrograph Package – HEC-1, User's Guide. 1990.

8. ANEXOS

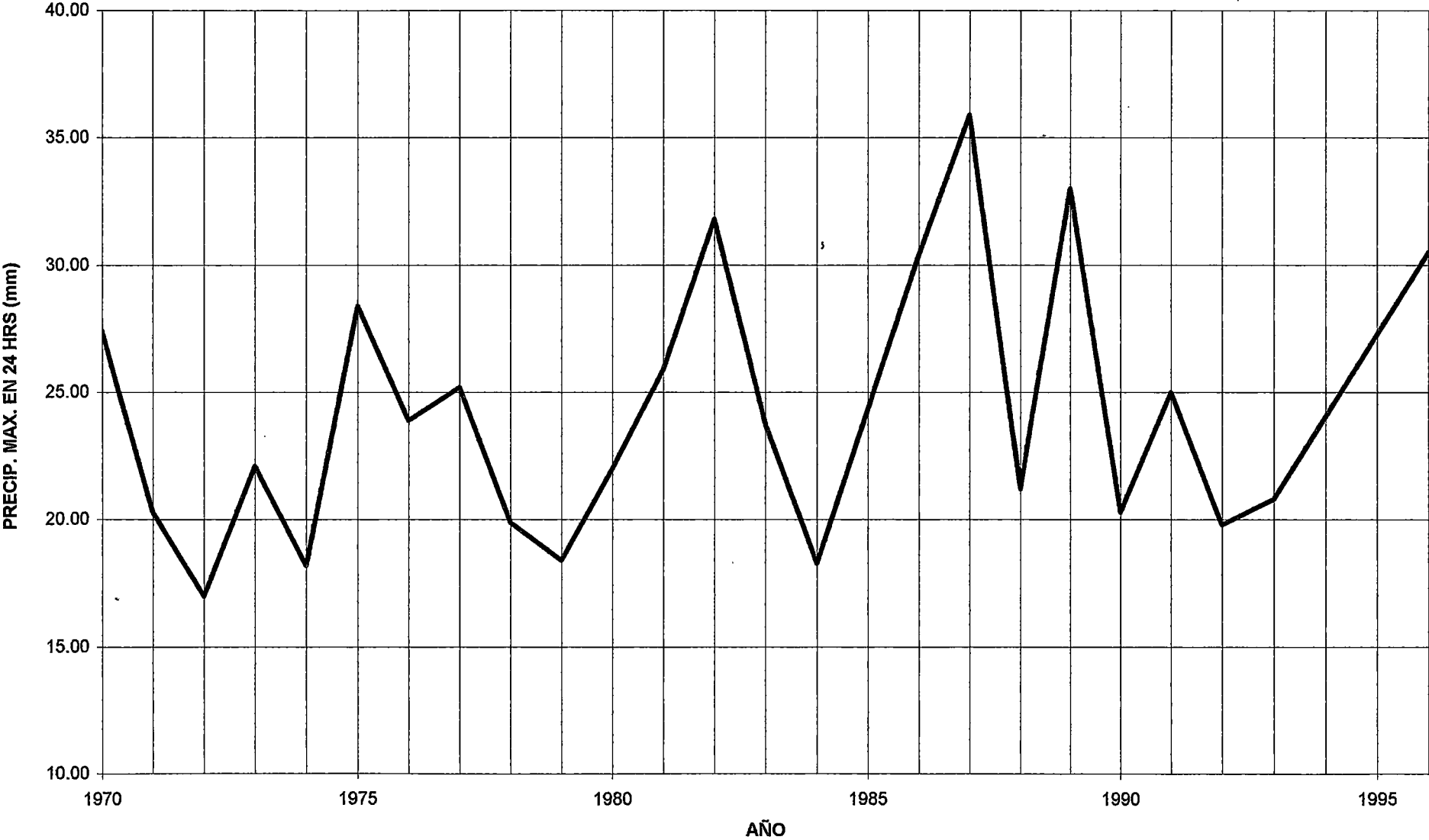
**8.1. DATOS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS
DIARIAS. ESTACION OROYA – MAYUPAMPA.**

**DATOS DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS
PARA LA ZONA DEL PROYECTO,**

- ESTACIÓN : OROYA MAYUPAMPA.
- PARAMETRO : PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS (mm)
- DEPARTAMENTO : JUNIN.
- PROVINCIA : YAULI.
- DISTRITO : OROYA.
- LATITUD : 11° 30' S
- LONGITUD : 75° 56' W
- ALTITUD : 3750 m.s.n.m.

AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
1970	27.4
1971	20.3
1972	17.0
1973	22.1
1974	18.2
1975	28.4
1976	23.9
1977	25.2
1978	19.9
1979	18.4
1980	22.0
1981	25.9
1982	31.8
1983	23.7
1984	18.3
1986	30.4
1987	35.9
1988	21.2
1989	33.0
1990	20.3
1991	25.0
1992	19.8
1993	20.8
1996	30.5

Precipitaciones Máximas Anuales - Estación Oroya Mayupamapa



8.2. MEMORIA DE CÁLCULO

ESTUDIO DE DERIVACIÓN SAN CRISTÓBAL - CARAHUACRA

ESTUDIO HIDROLÓGICO – MEMORIA DE CÁLCULO

1. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

Para la determinación de la lluvia de diseño se ordenaron los valores de la precipitación máxima en 24 horas anual en orden decreciente, designando con "m" al número de orden asignado a cada precipitación y con "n" el total de datos estadísticos, tal como se muestra en el Cuadro No. 1.

Se definieron los datos estadísticos x_i , correspondientes a los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas, y los datos estadísticos y_i correspondientes a la forma logarítmica de los mismos ($y_i = \log x_i$.)

Para cada uno de los datos referidos, se calculó el promedio (μ), la desviación estándar (σ) y el coeficiente de asimetría (g), de acuerdo a las siguientes relaciones.

$$\mu = \frac{\sum (x)}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{n - 1}}$$

$$g = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum (x - \mu)^3}{(\sigma)^3}$$

1.1. Análisis de Distribución Normal

Para el análisis de la distribución normal, se definió la probabilidad de excedencia del evento (p) como la inversa de un período de retorno (T) dado.

$$p = \frac{1}{T}$$

Se calculó el valor del parámetro "z" correspondiente a una probabilidad de excedencia p calculando para tal efecto una variable intermedia w :

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{1/2}$$

Luego el valor de "z" se calculó mediante la aproximación de Abramowitz y Stegun (1965).

ESTACIÓN OROYA MAYUPAMPA

Latitud 11° 30' S
Longitud 75° 56' W
Altitud (msnm) 3750

N°	P (mm)	log P
1	35.90	1.56
2	33.00	1.52
3	31.80	1.50
4	30.50	1.48
5	30.40	1.48
6	28.40	1.45
7	27.40	1.44
8	25.90	1.41
9	25.20	1.40
10	25.00	1.40
11	23.90	1.38
12	23.70	1.37
13	22.10	1.34
14	22.00	1.34
15	21.20	1.33
16	20.80	1.32
17	20.30	1.31
18	20.30	1.31
19	19.90	1.30
20	19.80	1.30
21	18.40	1.26
22	18.30	1.26
23	18.20	1.26
24	17.00	1.23
Suma (mm)	579.40	32.96
Media (mm)	24.14	1.37
D.Est. (mm)	5.26	0.09
C.V.	0.22	0.07
Coef.Asim	0.68	0.37
k		0.06

Cuadro No. 1

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

El valor de "z" es igual al factor de frecuencia K de una distribución normal.

$$z = K = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Luego el valor de "x" igual a la precipitación P para un determinado período de retorno, viene dado por la relación:

$$x = P = z\sigma + \mu$$

Los resultados se muestran en el Cuadro No. 2.

ESTACION OROYA MAYUPAMPA
Calculo de Precipitaciones Máximas Extremas en 24 hrs Usando
una Distribución Normal

T (años)	P	w	z	P (mm)
5	0.2000	1.7941	0.841	28.57
10	0.1000	2.1460	1.282	30.89
20	0.0500	2.4477	1.645	32.80
25	0.0400	2.5373	1.751	33.36
50	0.0200	2.7971	2.054	34.95
100	0.0100	3.0349	2.327	36.39
500	0.0020	3.5255	2.879	39.29

Cuadro No. 2

1.2. Análisis de Distribución Log-Normal

El ajuste estadístico Log-Normal es una extensión de la distribución normal, en la cual los valores logarítmicos de una secuencia son considerados como normalmente distribuidos. La función densidad de probabilidad, y todas las demás propiedades de la distribución normal, son aplicables a esta distribución cuando los datos son del tipo y_i .

Para el análisis de distribución Log-Normal, se utilizó el mismo procedimiento que el usado en el análisis de la distribución normal, con la diferencia que el valor el valor x calculado corresponde a un $x = \log x_i$. Luego el valor de la precipitación P para un período de retorno dado será:

$$P = 10^x$$

Los resultados se muestran en el Cuadro No. 3.

ESTACION OROYA MAYUPAMPA

Calculo de Precipitaciones Máximas Extremas en 24 hrs usando una distribución Log Normal

T (años)	P	w	z	log P	P	(mm)
5	0.2000	1.79412	0.841	1.450421		28.21
10	0.1000	2.14597	1.282	1.490765		30.96
20	0.0500	2.44775	1.645	1.524072		33.43
25	0.0400	2.53727	1.751	1.533773		34.18
50	0.0200	2.79715	2.054	1.561548		36.44
100	0.0100	3.03485	2.327	1.586527		38.59

Cuadro No. 3

1.3. Análisis de Distribución Log-Pearson III

Para el análisis de la distribución Log-Pearson III, se calcularon los parámetros "w" y "z" mediante las relaciones señaladas en el acápite 1.1. El factor de frecuencia K, fue calculado mediante la función de aproximación de Kite (1977).

$$K = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Donde el valor de k es igual a 1/6 del coeficiente de asimetría "g". El valor de x = log P viene dado por la relación:

$$x = \log P = z\sigma + \mu$$

Luego el valor de P es

$$P = 10^x$$

Los resultados se muestran en el Cuadro No. 4.

ESTACION OROYA MAYUPAMPA

Calculo de Precipitaciones Máximas Extremas en 24 hrs. Usando una Distribución Log Pearson III

T (años)	P	w	z	K _T	Log P	P (mm)
5	0.2000	1.79412	0.841	0.818	1.4482560	28.07
10	0.1000	2.14597	1.282	1.314	1.4937415	31.17
20	0.0500	2.44775	1.645	1.743	1.5330703	34.12
25	0.0400	2.53727	1.751	1.872	1.5448323	35.06
50	0.0200	2.79715	2.054	2.248	1.5792873	37.96
100	0.0100	3.03485	2.327	2.597	1.6112712	40.86

Cuadro No. 4

1.4. Análisis de Valores Extremos o de Gumbel

La precipitación P para un determinado período de retorno para la distribución Gumbel se ha realizado mediante la relación

$$P = K\sigma + \mu$$

Donde los valores de "σ" y "μ" representan la desviación estándar y la media de los datos estadísticos x_i .

El valor del factor de frecuencia K fue interpolado para un tamaño de muestra n = 24 entre los siguientes valores:

	n=20	n=25
T=5 años	0.919	0.888
T=10 años	1.625	1.575
T=20 años	2.302	2.235
T=25 años	2.517	2.444
T=50 años	3.179	3.088
T=100 años	3.836	3.729

Los valores referidos fueron tomados de la tabla C5 de HIDROLOGÍA, Edilberto Guevara - Humberto Cartaya, Valencia - Venezuela, 1991, Pag. 338.

Los resultados se muestran en el Cuadro No. 5.

ESTACION OROYA MAYUPAMPA

Calculo de Precipitaciones Maximas Extremas en 24 hrs. Usando una Distribución Valor Extremo Tipo I (Gumbel)

T (años)	K	P (mm)
5	0.8942	28.85
10	1.5850	32.48
20	2.2484	35.98
25	2.4586	37.08
50	3.1062	40.49
100	3.7504	43.88

Cuadro No. 5

2. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE KOLMOGOROV - SMIRNOV

La ejecución de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov, tiene como objetivo determinar la función de distribución que más se ajusta a los datos de la estación Mayupampa. Para tal efecto, se ordenaron en orden descendente los valores de la precipitación máxima en 24 horas designando con "m" el número de orden asignado a cada precipitación y con "n" el total de datos de la estadística, definiendo las funciones $F_o(x)$ para los x_m valores de la precipitación máxima en 24 horas y los y_m valores de sus respectivos logaritmos neperianos, tal que:

$$F_o(x) = \frac{m}{(n + 1)}$$

Para cada función de distribución se calculó el valor de F(x) según el criterio expuesto en el siguiente cuadro:

Función de Distribución	Criterio para Determinar F(x)
Normal	Distribución acumulativa normal para un x_m , y el μ y σ de la precipitación máxima en 24 horas.
Log-Normal	Distribución acumulativa normal para un y_m , y el μ y σ de los logaritmos neperianos de la precipitación máxima en 24 horas.
Log-Pearson III	Para un valor de $K=z_y$ dado, calcular el valor de z'_y , resolviendo la ecuación de aproximación de Kite. Haciendo $z=z'_y$, calcular el valor de w resolviendo la ecuación de aproximación de Abramowitz y Stegun. Calcular la probabilidad de que el evento no sea excedido. Luego: $F(y_m) = 1 - \sqrt{\frac{1}{e^{w^2}}}$
Gumbel	Para cada valor de x_m , calcular el valor de K, de acuerdo a la relación antes señalada. Calcular el valor de T, período de retorno despejándolo de la relación de Chow (1953) $T = \frac{1}{1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left(0.5772 + \pi \frac{K}{\sqrt{6}}\right)\right]\right\}}$ Luego: $F(x_m) = 1 - \frac{1}{T}$

Para cada x, se calculó el valor de Δ .

$$\Delta = | F_o(x) - F(x) |$$

Para cada función de distribución se calculó el valor del $\Delta_{m\acute{a}x}$.

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \max\{ | F_o(x) - F(x) | \}$$

El valor de $\Delta_{m\acute{a}x}$ calculado se comparó con el valor de Δ_o . Este último valor fue determinado de tablas, para un nivel de exactitud de 0.05 y N=24, interpolando los valores mostrados en la tabla 10.3 de PROBABILITY AND STATISTICS IN HYDROLOGY, Vujica Yevjevich, Third Printing 1982, Page 229.

Los resultados se muestran en el cuadro No. 6.

ESTACIÓN OROYA MAYUPAMPA - PRECIPITACION MAX. EXTREMAS EN 24 HORAS
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE SMIRNOV - COLMOGOROV

m	x_m	$F_o(x_m)$	$Z_x=(x_m-\mu)/\sigma$	$F_o(x_m)$ Normal	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Normal	$y_m=Ln(x_m)$	$Z_y=(y-\mu)/\sigma$	$F(y_m)$ Log - Normal	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log - Normal	Z'_y	w	$F(y_m)$ Log Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Pearson III	K	T	$F(x_m)$ GEV I	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ GEV I
1	35.9	0.960	2.234	0.987	0.0273	3.5807	1.98376	0.9764	0.01636	1.84243	2.61506	0.96726	0.00726	2.23384	31.75863	0.96851	0.00851
2	33.0	0.920	1.683	0.954	0.0338	3.4965	1.58456	0.9435	0.02347	1.51242	2.33645	0.93475	0.01475	1.68290	15.92443	0.93720	0.01720
3	31.8	0.880	1.455	0.927	0.0472	3.4595	1.40900	0.9206	0.04058	1.36331	2.21289	0.91357	0.03357	1.45492	12.01720	0.91679	0.03679
4	30.5	0.840	1.208	0.886	0.0465	3.4177	1.21118	0.8871	0.04709	1.19217	2.07308	0.88338	0.04338	1.20795	8.89505	0.88758	0.04758
5	30.4	0.800	1.189	0.883	0.0828	3.4144	1.19561	0.8841	0.08408	1.17856	2.06206	0.88069	0.08069	1.18895	8.69345	0.88497	0.08497
6	28.4	0.760	0.809	0.791	0.0307	3.3464	0.87307	0.8087	0.04669	0.89159	1.83333	0.81373	0.05373	0.80899	5.54333	0.81960	0.05960
7	27.4	0.720	0.619	0.732	0.0120	3.3105	0.70318	0.7590	0.03903	0.73646	1.71281	0.76935	0.04935	0.61902	4.46088	0.77583	0.05583
8	25.9	0.680	0.334	0.631	0.0492	3.2542	0.43635	0.6687	0.01129	0.48688	1.52412	0.68698	0.00698	0.33405	3.26405	0.69363	0.01363
9	25.2	0.640	0.201	0.580	0.0603	3.2268	0.30649	0.6204	0.01962	0.36266	1.43282	0.64174	0.00174	0.20106	2.84102	0.64801	0.00801
10	25.0	0.600	0.163	0.565	0.0352	3.2189	0.26873	0.6059	0.00593	0.32618	1.40636	0.62802	0.02802	0.16307	2.73317	0.63413	0.03413
11	23.9	0.560	-0.046	0.482	0.0783	3.1739	0.05546	0.5221	0.03789	0.11707	1.25794	0.54670	0.01330	-0.04591	2.22853	0.55127	0.00873
12	23.7	0.520	-0.084	0.467	0.0534	3.1655	0.01563	0.5062	0.01376	0.07742	1.23045	0.53093	0.01093	-0.08391	2.15110	0.53512	0.01512
13	22.1	0.480	-0.388	0.349	0.1309	3.0956	-0.31564	0.3761	0.10386	-0.26021	1.00554	0.39683	0.08317	-0.38787	1.65887	0.39718	0.08282
14	22.0	0.440	-0.407	0.342	0.0979	3.0910	-0.33714	0.3680	0.07199	-0.28262	0.99122	0.38814	0.05186	-0.40687	1.63462	0.38824	0.05176
15	21.2	0.400	-0.559	0.288	0.1119	3.0540	-0.51269	0.3041	0.09592	-0.46806	0.87583	0.31856	0.08144	-0.55886	1.46351	0.31671	0.08329
16	20.8	0.360	-0.635	0.263	0.0972	3.0350	-0.60297	0.2733	0.08674	-0.56515	0.81768	0.28416	0.07584	-0.63485	1.39187	0.28154	0.07846
17	20.3	0.320	-0.730	0.233	0.0873	3.0106	-0.71829	0.2363	0.08371	-0.69097	0.74473	0.24218	0.07782	-0.72984	1.31390	0.23891	0.08109
18	20.3	0.280	-0.730	0.233	0.0473	3.0106	-0.71829	0.2363	0.04371	-0.69097	0.74473	0.24218	0.03782	-0.72984	1.31390	0.23891	0.04109
19	19.9	0.240	-0.806	0.210	0.0298	2.9907	-0.81262	0.2082	0.03178	-0.79543	0.68628	0.20982	0.03018	-0.80583	1.25998	0.20634	0.03366
20	19.8	0.200	-0.825	0.205	0.0047	2.9857	-0.83649	0.2014	0.00144	-0.82210	0.67166	0.20194	0.00194	-0.82483	1.24760	0.19846	0.00154
21	18.4	0.160	-1.091	0.138	0.0223	2.9124	-1.18404	0.1182	0.04180	-1.22130	0.48833	0.10387	0.05613	-1.09080	1.11463	0.10284	0.05716
22	18.3	0.120	-1.110	0.134	0.0135	2.9069	-1.20987	0.1132	0.00684	-1.25183	0.45398	0.09792	0.02208	-1.10980	1.10770	0.09723	0.02277
23	18.2	0.080	-1.129	0.129	0.0495	2.9014	-1.23584	0.1083	0.02826	-1.28266	0.43967	0.09213	0.01213	-1.12879	1.10107	0.09180	0.01180
24	17.0	0.040	-1.357	0.087	0.0474	2.8332	-1.55911	0.0595	0.01948	-1.67759	0.27142	0.03617	0.00383	-1.35677	1.04253	0.04079	0.00079

Δm_{\max}	0.131
$\Delta \sigma^*$	0.274

0.104

0.083

0.085

* Valor interpolado, ver PROBABILITY AND STATICS IN HYDROLOGY, Vujica Yevjevich, Water Resources Publication, 3rd Printing 1982, Page 229

Table 10.3

Critical Value α_0 , of the Smirnov-Kolmogorov Statics Δ , for Various Values of N , and Values α Currently Used in Hydrology

N	α			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.34	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	1.07	1.22	1.36	1.63
	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}

3. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

Para la determinación de la precipitación de diseño, se utilizó la relación de DYCK y PESCHKE (1978). Esta relación permite estimar la lluvia máxima P_D para cualquier duración D entre 5 y 1440 minutos, es función de la precipitación máxima en 24 hrs P_{24h} .

$$P_D = P_{24h} \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

D = duración en minutos

El siguiente cuadro muestra los resultados de dicho cálculo, para el cual se ha considerado $P_{24h}=37.96$ mm (precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno de 50 años según la función de distribución Log-Pearson III).

Duración (minutos)	Precipitación (mm)
5.000	9.21
15.000	12.13
60.000	17.15
120.000	20.39
180.000	22.57
360.000	26.84
720.000	31.92
1440.000	37.96

4. DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL U. S. SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)

4.1. Área de las Sub-Cuencas y Longitudes de Cauce

El área de las sub-cuencas y sus longitudes de cauce, fueron determinadas mediante las cartas 24-I-SE y 24-K-NE a escala 1/25000 y que se presenta en la Lamina No. 1.

Para las sub-cuencas 2 y 3 fueron divididas en dos tramos en los cuales existía una marcada diferencia entre el recubrimiento vegetal existente. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro No. 7.

4.2. Tiempo de Concentración (t_c)

El calculo del tiempo de concentración se realizó mediante la formula de *Kirpich*, el método del *Texas Highway Department* y la formula de *Bransby Williams*. Los resultados del cálculo se muestran en el cuadro No. 7.

Por ser las expresiones señaladas producto de resultados empíricos, se asumió el promedio geométrico de los mismos. Es necesario señalar que se tomaron valores del tiempo de concentración mayores o iguales a 10 minutos. Esta consideración a sido referida por diversos autores y manuales de drenaje (Véase MANUAL DE DRENAJE DE CHILE, capítulo 3.7, pag. 323. HIDROLOGÍA, Guevara/Cartaya, pag.169).

4.2.1. Fórmula de Kirpich

Esta formula fue deducida sobre la base de estudios realizados en seis cuencas agrícolas de Estados Unidos.

$$t_c = 3.97L^{0.77}S^{-0.385}$$

Donde:

- t_c = tiempo de concentración en minutos.
- L = Longitud del canal desde la divisoria hasta la salida de la cuenca.
- S = pendiente media del canal en m/m

4.2.2. Método del Texas Highway Department

Este método se basa en utilizar la sumatoria de los tiempos que tarda el agua en recorrer cada tramo desde el punto mas alejado a la salida de la cuenca, $t_c = L_i/V_i$, donde L_i es la longitud del tramo recorrido y V_i , que es función de la pendiente y el tipo de cobertura vegetal del terreno, ha sido determinado mediante la tabla 5.7.1 de APPLIED HIDROLOGY, Ven Te Chow, David R. Madment, Larry W. Mays, 1988, page 165.

Table 5.7.1
 Approximate average velocities in ft/s of runoff for calculating time of concentration

Description of water course	Slope in percent			
	0-3	4-7	8-11	12-
Unconcentrated*				
Woodlands	0-1.5	1.5-2.5	2.5- 3.25	3.25-
Pastures	0-2.5	2.5- 3.5	3.5- 4.25	4.25-
Cultivated	0-3.0	3.0- 4.5	4.5- 5.5	5.5-
Pavements	0-8.5	8.5- 13.5	13.5 -17	17-
Concentrated**				
Outlet channel - determine velocity by Maning's formula				
Natural channel not well defined				
	0-2	2-4	4-7	7-

* This condition usually occurs in the upper extremities of a watershed prior to the overland flows accumulating in a channel

** These values vary with the channel size and other conditions. Where possible, more accurate determinations should be made for particular conditions by the Maning channel formula for velocity.

(source: Drainage Manual, Texas Highway Department, Table VII, p. II-28, 1970)

4.2.3. Formula de Bransby Williams

La fórmula de Bransby Williams está dada por la siguiente relación:

$$t_c = 14.6LA^{-0.1}S^{-0.2}$$

Donde:

- t_c = tiempo de concentración en minutos.
- L = Longitud del canal desde la divisoria hasta la salida de la cuenca.
- S = pendiente media del canal en m/m
- A = área de la cuenca en km^2

4.3. Tiempo de Retardo (Lag)

El tiempo de retardo está definido mediante la relación

$$Lag = 0.6t_c$$

Se asumió, sobre la base de lo señalado en el ítem 4.2, un valor mínimo del tiempo de retardo de 6 minutos ó 0.10 horas, como se muestra en el cuadro No. 7.

QUEBRADA CARAHUACRA - CALCULO DEL TIEMPO DE RETARDO

Sub Cuenca	CARACTERÍSTICAS DE LA SUB CUENCA					TIEMPO DE CONCENTRACIÓN, t_c (horas)						TIEMPO DE RETARDO (horas)					
	Longitud Tramo (km)	Área (km ²)	Cota Superior	Cota Inferior	Pendiente (m/m)	Formula de Kirpich	Método del Texas Highway Department				Formula de Bransby - Williams	Formula de Kirpich	Método del Texas Highway Department	Formula de Bransby - Williams	Promedio Geométrico	Valor Asumido	
							Cobertura del Tramo	V(ft/s)	V (m/s)	Parcial							Total
1	0.90	1.10	5050	4795	0.28	0.10	Bofedal	4.25	1.275	0.20	0.20	0.28	0.06	0.12	0.17	0.11	0.11
2	1.66 0.66	2.40	4800 4660	4660 4640	0.08 0.03	0.44	Rocoso Bofedal	13.5 2.5	4.050 0.750	0.11 0.24	0.36	0.61	0.26	0.21	0.36	0.27	0.27
3	1.00 0.40	1.50	5000 4660	4660 4650	0.34 0.03	0.24	Rocoso Bofedal	17 2.5	5.100 0.750	0.05 0.15	0.20	0.29	0.14	0.12	0.17	0.14	0.14
4	1.00	1.00	5050	4775	0.28	0.11	Rocoso	17	5.100	0.05	0.05	0.32	0.07	0.03	0.19	0.07	0.10
5	0.90	1.30	4900	4650	0.28	0.10	Rocoso	17	5.100	0.05	0.05	0.28	0.06	0.03	0.17	0.07	0.10
6	0.54	1.20	5000	4670	0.61	0.05	Rocoso	17	5.100	0.03	0.03	0.14	0.03	0.02	0.09	0.04	0.10

Cuadro No. 7

4.4. Número de Curva (CN)

Se realizó el cálculo del número de curva para las diferentes sub-cuencas considerando la existencia y la no existencia del depósito de bofedales ubicado aguas abajo del campamento San Cristóbal.

Los valores de proporción del tipo de cobertura y de suelo fueron determinados en la visita de campo realizada los días 24 y 25 de setiembre de 1998. Ver Memoria fotográfica.

La determinación del número de curva se realizó de acuerdo a la tabla 2.4d del libro COMPUTER ASSISTED FLOODPLAIN HYDROLOGY AND HYDRAULICS, Daniel H. Hoggan, 1989, page 36, según el cual:

Table 2.4 d Runoff Curve Numbers for Arid and Searid Rangelands

Cover description		Curve Numbers			
Cover type	Hydrologyc Condition	A	B	C	D
Herbaceous-mixture of grass, weeds, and low growing brush, with the brush the minor	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85

Los resultados del cálculo correspondientes se muestran en los cuadros No. 8 y 9.

4.4.1. Condición Inicial de la Cuenca

Se ha considerado la Condición II como condición inicial de la cuenca. La condición II es el caso medio para crecidas anuales y admite que existen condiciones medias iniciales antes de que se produzca la máxima crecida anual (lámina de 35-50 mm en los 5 días previos al evento en consideración).

4.4.2. Clasificación Hidrológica de los Suelos

De acuerdo a las calicatas realizadas para el estudio geológico, los suelos pueden ser considerados del tipo B, C y D.

Según el *U. S. Soil Conservation Service*, los suelos tipo B poseen moderadamente bajo potencial de escorrentía, son suelos con tasas de infiltración moderadas cuando están muy húmedas. Son suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a drenados, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas.

Los suelos tipos C tienen alto potencial de escorrentía. Son suelos con infiltración cuando están muy húmedos. Tienen texturas moderadamente finas a finas;

infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con mesetas moderadas. Estos suelos pueden ser pobres o moderadamente bien drenados con estratos de permeabilidad muy lenta.

Los suelos tipo D tienen alto potencial de escorrentía. Son suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos arcillosos con alto potencial de expansión, nivel freático alto permanente.

4.4.3. Condición Hidrológica

La condición hidrológica se usa como índice de la cobertura vegetal. De acuerdo a la tabla 2.4d del libro COMPUTER ASSISTED FLOODPLAIN HYDROLOGY AND HYDRAULICS, Daniel H. Hoggan, 1989, page 36, este parámetro se define como:

Bueno	:	Cuando la cobertura es mayor al 70%
Regular	:	Cuando la cobertura vegetal varía entre 30% y 70%
Malo	:	Cuando la cobertura vegetal es inferior a 30%.

4.5. Pérdidas Iniciales

La pérdida inicial será optimizada por el Hec-1 de acuerdo a la siguiente relación (ver HEC-1, User's Manual Version 1990, page A-40).

$$p = 0.2 * \frac{(1000 - 10CN)}{CN}$$

Donde:

p = Pérdida inicial en mm

**QUEBRADA CARAHUACRA - CALCULO DEL NÚMERO DE CURVA
(Considerando la Existencia de Bofedales)**

Sub Cuenca	Calicata	Clasificación Hidrológica del Suelo	Tipo de Cobertura	Condición Hidrológica	Proporción (%)	CN (Parcial)	CN (Ponderado)
1	-	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Buena	40	62	81
	-	D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	60	93	
2	C1 a C6	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Buena	50	62	77
		D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	50	93	77
3	C1 a C6	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Buena	50	62	78
		D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	50	93	
4	-	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	100	82	82
5	C13 a C18	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Buena	65	62	73
		D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	35	93	
6	-	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	100	82	82

Cuadro No. 8

**QUEBRADA CARAHUACRA - CALCULO DEL NÚMERO DE CURVA
(Sin Considerar la Existencia de Bofedales)**

Sub Cuenca	Calicata	Clasificación Hidrológica del Suelo	Tipo de Cobertura	Condición Hidrológica	Proporción (%)	CN (Parcial)	CN (Ponderado)
1	-	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Buena	40	62	81
	-	D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	60	93	
2	C1 a C6	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	70	80	84
		D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	30	93	
3	C1 a C6	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	70	80	84
		D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	30	93	
4	-	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	100	80	80
5	C13 a C18	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	70	80	84
		D	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	30	93	
6	-	B	Herbacea - mezcla de gras, hierbas y pequeños arbustos	Pobre	100	80	80

Cuadro No. 9

8.3. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC – 1, PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.

**8.3.1. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC - 1,
CONSIDERANDO LA EXISTENCIA DE BOFEDALES
AGUAS ABAJO DEL CAMPAMENTO SAN
CRISTÓBAL.**

```

*****
*****
* FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1) *
*
* SEPTEMBER 1990 *
*
* VERSION 4.0 *
*
*
* RUN DATE 10/26/2000 TIME 22:14:46 *
*
*****
*****

```

```

* U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
*
* HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
*
* 609 SECOND STREET
*
* DAVIS, CALIFORNIA 95616
*
* (916) 756-1104

```

```

X X XXXXXXX XXXXX X
X X X X X XX
X X X X X X
XXXXXXX XXXX X XXXXX X
X X X X X X
X X X X X X
X X XXXXXXX XXXXX XXX

```

THIS PROGRAM REPLACES ALL PREVIOUS VERSIONS OF HEC-1 KNOWN AS HEC1 (JAN 73), HEC1GS, HEC1DB, AND HEC1KW. THE DEFINITIONS OF VARIABLES -RTIMP- AND -RTIOR- HAVE CHANGED FROM THOSE USED WITH THE 1973-STYLE INPUT STRUCTURE. THE DEFINITION OF -AMSK- ON RM-CARD WAS CHANGED WITH REVISIONS DATED 28 SEP 81. THIS IS THE FORTRAN77 VERSION NEW OPTIONS: DAMBREAK OUTFLOW SUBMERGENCE, SINGLE EVENT DAMAGE CALCULATION, DSS:WRITE STAGE FREQUENCY, DSS:READ TIME SERIES AT DESIRED CALCULATION INTERVAL. LOSS RATE:GREEN AND AMPT INFILTRATION KINEMATIC WAVE: NEW FINITE DIFFERENCE ALGORITHM

HEC-1 INPUT

```

LINE ID.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10
1 ID DERIVACION DE LA QUEBRADA CARAHUACRA
2 ID CAUDALES
3 ID APLICACION DEL HEC1
4 IT 3 01JAN99 0000 300
5 IO 1
6 IM
* *****
7 KK SC1
8 KM PARTES DE LA LAGUNA
9 BA 1.1
10 PH 9.2 12.1 17.2 20.4 22.6 26.8 31.9 38.0
11 LS 0 81
12 UD 0.11
* *****
13 KK EMBALSE
14 KM DE SUB CUENCA 1
15 RS 1 STOR 0
16 SV 1 20
17 SE 4700 4705
18 SQ 0.1 1
* *****
19 KK SALIDA
20 KM TRANSITO POR CAUCE NATURAL
21 RM 6 0.60 0.2
* *****
22 KK SC2
23 KM HIDROGRAMA
24 BA 2.4
25 LS 0 77
26 UD 0.27
* *****
27 KK SC3
28 KM HIDROGRAMA
29 BA 1.5
30 LS 0 77
31 UD 0.14
* *****
32 KK SC4
33 KM HIDROGRAMA
34 BA 1.0
35 LS 0 82
36 UD 0.10
* *****
37 KK DIQUE DE CIERRE
38 KM COMBINACION
39 HC 4
* *****
40 KK CANAL 1
41 KM HASTA SALIDA
42 RM 2 0.15 0.3
* *****
43 KK SC5
44 KM HIDROGRAMA
45 BA 1.3
46 LS 0 73
47 UD 0.10
* *****
48 KK SALIDA CANAL 1
49 KM COMBINACION
50 HC 2
* *****
51 KK CAUCE QDA CARAHUA
52 KM TRANSITO POR CAUCE NATURAL
53 RM 6 0.60 0.2
* *****
54 KK SC6
55 KM HIDROGRAMA
56 BA 1.2
57 LS 0 82
58 UD 0.10
* *****
59 KK C1+C3
60 KM COMBINACION

```

61 HC 2
 * *****
 62 ZZ

 * FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1) *
 * *
 * SEPTEMBER 1990 *
 * *
 * VERSION 4.0 *
 * *
 * *
 * *
 * RUN DATE 10/26/2000 TIME 22:14:46 *
 * *

* U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
 * HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
 * 609 SECOND STREET
 * DAVIS, CALIFORNIA 95616
 * (916) 756-1104

DERIVACION DE LA QUEBRADA CARAHUACRA
 CAUDALES
 APLICACION DEL HEC1
 5 TO OUTPUT CONTROL VARIABLES
 IPRNT 1 PRINT CONTROL
 IPLOT 0 PLOT CONTROL
 QSCAL 0. HYDROGRAPH PLOT SCALE
 IT HYDROGRAPH TIME DATA
 NMIN 3 MINUTES IN COMPUTATION INTERVAL
 IDATE 1JAN99 STARTING DATE
 ITIME 0000 STARTING TIME
 NQ 300 NUMBER OF HYDROGRAPH ORDINATES
 NDDATE 1JAN99 ENDING DATE
 NDTIME 1457 ENDING TIME
 ICENT 19 CENTURY MARK
 COMPUTATION INTERVAL .05 HOURS
 TOTAL TIME BASE 14.95 HOURS

METRIC UNITS
 DRAINAGE AREA SQUARE KILOMETERS
 PRECIPITATION DEPTH MILLIMETERS
 LENGTH, ELEVATION METERS
 FLOW CUBIC METERS PER SECOND
 STORAGE VOLUME CUBIC METERS
 SURFACE AREA SQUARE METERS
 TEMPERATURE DEGREES CELSIUS

*** ** ** ** **

RUNOFF SUMMARY

AVERAGE FLOW IN CUBIC METERS PER SECOND, AREA IN SQUARE KILOMETERS

+	OPERATION	STATION	PEAK FLOW	TIME OF PEAK	AVERAGE FLOW FOR MAXIMUM PERIOD			BASIN AREA	MAXIMUM STAGE	TIME OF MAX STAGE
					6-HOUR	24-HOUR	72-HOUR			
+	HYDROGRAPH AT									
+	ROUTED TO	SC1	2.49	7.60	.27	.12	.12	1.10		
+		EMBAL	.19	9.45	.17	.13	.13	1.10	4700.48	9.50
+	ROUTED TO									
+	HYDROGRAPH AT	SALID	.19	9.85	.17	.13	.13	1.10		
+	HYDROGRAPH AT	SC2	1.41	7.85	.36	.16	.16	2.40		
+	HYDROGRAPH AT	SC3	1.26	7.65	.23	.10	.10	1.50		
+	HYDROGRAPH AT	SC4	2.79	7.60	.28	.12	.12	1.00		
+	4 COMBINED AT									
+	ROUTED TO	DTQUE	4.43	7.60	1.02	.51	.51	6.00		
+	HYDROGRAPH AT	CANAL	3.94	7.80	1.02	.50	.50	6.00		
+	HYDROGRAPH AT	SC5	.34	7.70	.11	.05	.05	1.30		
+	2 COMBINED AT									
+	ROUTED TO	SALID	4.24	7.80	1.12	.55	.55	7.30		
+	ROUTED TO	CAUCE	3.17	8.45	1.11	.54	.54	7.30		
+	HYDROGRAPH AT	SC6	3.34	7.60	.33	.14	.14	1.20		
+	2 COMBINED AT									
+		C1+C3	3.53	8.45	1.40	.68	.68	8.50		

*** NORMAL END OF HEC-1 ***

**8.3.2. RESULTADOS DEL PROGRAMA HEC - 1,
CONSIDERANDO LA NO EXISTENCIA DE
BOFEDALES AGUAS ABAJO DEL CAMPAMENTO
SAN CRISTÓBAL.**

```

*****
*****
* FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1) *
*
* SEPTEMBER 1990 *
*
* VERSION 4.0 *
*
*
* RUN DATE 10/26/2000 TIME 22:27:51 *
*
*****
*****

```

```

* U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
*
* HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
*
* 609 SECOND STREET
*
* DAVIS, CALIFORNIA 95616
*
* (916) 756-1104

```

```

X X XXXXXX XXXX X
X X X X X XX
X X X X X X
XXXXXXX XXXX X XXXX X
X X X X X X
X X X X X X
X X XXXXXX XXXX XXX

```

THIS PROGRAM REPLACES ALL PREVIOUS VERSIONS OF HEC-1 KNOWN AS HEC1 (JAN 73), HEC1GS, HEC1DB, AND HEC1KW. THE DEFINITIONS OF VARIABLES -RTIMP- AND -RTIOR- HAVE CHANGED FROM THOSE USED WITH THE 1973-STYLE INPUT STRUCTURE. THE DEFINITION OF -AMSK- ON RM-CARD WAS CHANGED WITH REVISIONS DATED 28 SEP 81. THIS IS THE FORTRAN77 VERSION. NEW OPTIONS: DAMBREAK OUTFLOW SUBMERGENCE, SINGLE EVENT DAMAGE CALCULATION, DSS:WRITE STAGE FREQUENCY, DSS:READ TIME SERIES AT DISTRED CALCULATION INTERVAL. LOSS RATE:GREEN AND AMPT INFILTRATION. KINEMATIC WAVE: NEW FINITE DIFFERENCE ALGORITHM

HEC-1 INPUT

PAGE 1

```

LINE ID.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10
1 ID DERIVACION DE LA QUEBRADA CARAHUACRA
2 ID CAUDALES
3 ID APLICACION DEL HEC1
4 IT 3 01JAN99 0000 300
5 IO 1
6 IM
* *****
7 KK SC1
8 KM PARTES DE LA LAGUNA
9 BA 1.1
10 PH 9.2 12.1 17.2 20.4 22.6 26.8 31.9 38.0
11 LS 0 81
12 UD 0.11
* *****
13 KK EMBALSE
14 KM DE SUB CUENCA 1
15 RS 1 STOR 0
16 SV 1 20
17 SE 4700 4705
18 SQ 0.1 1
* *****
19 KK SALIDA
20 KM TRANSITO POR CAUCE NATURAL
21 RM 6 0.60 0.2
* *****
22 KK SC2
23 KM HIDROGRAMA
24 BA 2.4
25 LS 0 82
26 UD 0.27
* *****
27 KK SC3
28 KM HIDROGRAMA
29 BA 1.5
30 LS 0 82
31 UD 0.14
* *****
32 KK SC4
33 KM HIDROGRAMA
34 BA 1.0
35 LS 0 82
36 UD 0.10
* *****
37 KK DIQUE DE CIERRE
38 KM COMBINACION
39 HC 4
* *****
40 KK CANAL 1
41 KM HASTA SALIDA
42 RM 2 0.15 0.3
* *****
43 KK SC5
44 KM HIDROGRAMA
45 BA 1.3
46 LS 0 73
47 UD 0.10
* *****
48 KK SALIDA CANAL 1
49 KM COMBTNACION
50 HC 2
* *****
51 KK CAUCE QDA CARAHUA
52 KM TRANSITO POR CAUCE NATURAL
53 RM 6 0.60 0.2
* *****
54 KK SC6
55 KM HIDROGRAMA
56 BA 1.2
57 LS 0 82
58 UD 0.10

```

```

* *****
59      KK  C1+C3
60      KM  COMBINACION
61      HC   2
* *****
62      ZZ

```

```

*****
* FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE (HEC-1) *
*
*      SEPTEMBER 1990      *
*
*      VERSION 4.0      *
*
*
* RUN DATE 10/26/2000 TIME 22:27:51 *
*
*****

```

```

* U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
*
* HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER
*
*      609 SECOND STREET
*
*      DAVIS, CALIFORNIA 95616
*
*      (916) 756-1104

```

```

*****
                DERIVACION DE LA QUEBRADA CARAHUACRA
                CAUDALES
                APLICACION DEL HEC1
5 IO      OUTPUT CONTROL VARIABLES
                IPRNT      1 PRINT CONTROL
                IPLOT      0 PLOT CONTROL
                QSCAL      0. HYDROGRAPH PLOT SCALE

IT      HYDROGRAPH TIME DATA
                NMIN      3 MINUTES IN COMPUTATION INTERVAL
                IDATE      1JAN99 STARTING DATE
                ITIME      0000 STARTING TIME
                NQ      300 NUMBER OF HYDROGRAPH ORDINATES
                NDDATE      1JAN99 ENDING DATE
                NDTIME      1457 ENDING TIME
                ICENT      19 CENTURY MARK
                COMPUTATION INTERVAL .05 HOURS
                TOTAL TIME BASE 14.95 HOURS

METRIC UNITS
DRAINAGE AREA      SQUARE KILOMETERS
PRECIPITATION DEPTH MILLIMETERS
LENGTH, ELEVATION METERS
FLOW      CUBIC METERS PER SECOND
STORAGE VOLUME      CUBIC METERS
SURFACE AREA      SQUARE METERS
TEMPERATURE      DEGREES CELSIUS

```

*** **

RUNOFF SUMMARY

AVERAGE FLOW IN CUBIC METERS PER SECOND
 AREA IN SQUARE KILOMETERS

+	OPERATION	STATION	PEAK FLOW	TIME OF PEAK	AVERAGE FLOW FOR MAXIMUM PERIOD			BASIN AREA	MAXIMUM STAGE	TIME OF MAX STAGE
					6-HOUR	24-HOUR	72-HOUR			
+	HYDROGRAPH AT	SC1	2.49	7.60	.27	.12	.12	1.10		
+	ROUTED TO	EMBAL	.19	9.45	.17	.13	.13	1.10	4700.48	9.50
+	ROUTED TO	SALID	.19	9.85	.17	.13	.13	1.10		
+	HYDROGRAPH AT	SC2	3.62	7.80	.65	.28	.28	2.40		
+	HYDROGRAPH AT	SC3	3.42	7.65	.41	.18	.18	1.50		
+	HYDROGRAPH AT	SC4	2.79	7.60	.28	.12	.12	1.00		
+	4 COMBINED AT	DIQUE	8.21	7.65	1.51	.71	.71	6.00		
+	ROUTED TO	CANAL	7.43	7.80	1.50	.71	.71	6.00		
+	HYDROGRAPH AT	SC5	.34	7.70	.11	.05	.05	1.30		
+	2 COMBINED AT	SALID	7.73	7.80	1.61	.76	.76	7.30		
+	ROUTED TO	CAUCE	5.69	8.45	1.59	.74	.74	7.30		
+	HYDROGRAPH AT	SC6	3.34	7.60	.33	.14	.14	1.20		
+	2 COMBINED AT	C1+C3	6.06	8.45	1.87	.88	.88	8.50		

*** NORMAL END OF HEC-1 ***

8.4. MEMORIA FOTOGRAFICA



Foto No. 1 Estructura típica de las sub-cuencas 2 y 3. Nótese la presencia de bofedales aguas abajo del campamento San Cristóbal y el tipo y proporción de la cobertura vegetal.

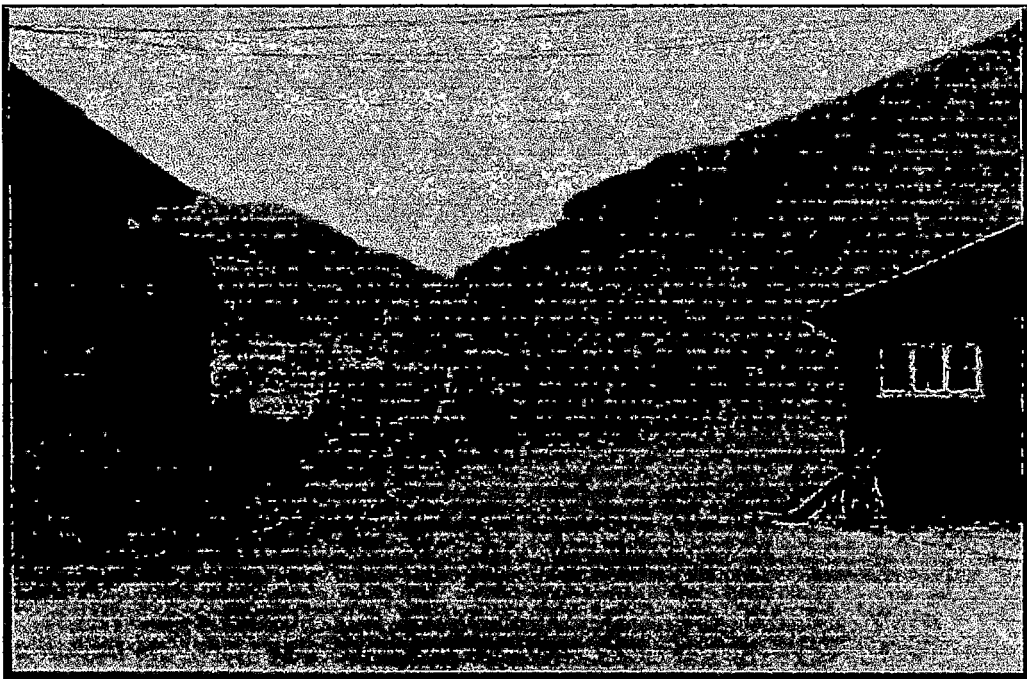


Foto No. 2 Estructura de las sub-cuencas 4 y 6. Nótese la presencia de rocas intemperizadas y fisuradas en las laderas.

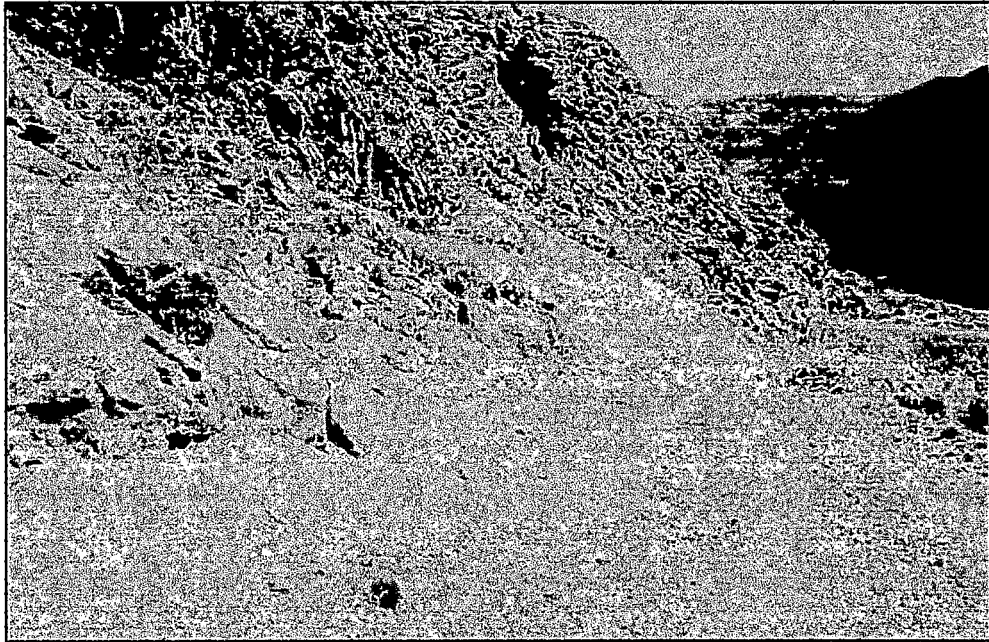


Foto No. 3 Estructura de las sub-cuencas 4 y 6. Nótese la presencia de rocas meteorizadas y fisuradas y la escasa cobertura vegetal compuesta por ichu, musgos y hierbas. De acuerdo a la visita de campo realizada, el desarrollo del Canal 2 seguirá la trayectoria del camino carrozable existente que se aprecia.



Foto No. 4 Estructura típica de la sub-cuenca 5. Nótese el suelo limo arcilloso y la cobertura vegetal existente. De acuerdo a la visita de campo realizada, el desarrollo del Canal de Derivación, Canal 1, seguirá en su tramo final la trayectoria de la carretera Yauli-San Cristóbal.

ANEXO D

MEMORIA DE CÁLCULO

ANEXO D.1

PREDIMENSIONAMIENTO DEL CANAL

PERFIL LONGITUDINAL TENTATIVO

Progresiva	Cota Terreno	Pendiente Tramo	Cota Rasante	Altura de Corte (m)	Altura de Relleno (m)	Nivel de Suelo Competente, NSC (m)	Relleno Entre NSC y Rasante (m)	Corte por Debajo del NSC
0+100.0	4677.100	0.0500	4677.834		0.77	4676.700	1.13	
0+105.0	4677.014		4677.584		0.77	4676.514	1.07	
0+120.0	4677.838		4676.834	1.20		4675.838	1.00	
0+140.0	4675.986		4675.834	0.35	0.05	4673.986	1.85	
0+150.0	4676.483	0.0025	4675.334	1.35		4674.483	0.85	
0+160.0	4677.364		4675.309	2.25		4675.364		0.05
0+180.0	4677.622		4675.259	2.56		4675.622		0.36
0+200.0	4678.200		4675.209	3.19		4676.200		0.99
0+220.0	4677.200		4675.159	2.24		4675.700		0.54
0+240.0	4676.920		4675.109	2.01		4675.920		0.81
0+260.0	4676.250		4675.059	1.39		4675.250		0.19
0+280.0	4676.098		4675.009	1.29		4675.098		0.09
0+300.0	4676.321		4674.959	1.56		4675.321		0.36
0+320.0	4676.796		4674.909	2.09		4676.296		1.39
0+340.0	4676.381		4674.859	1.72		4675.881		1.02
0+360.0	4675.416		4674.809	0.81		4674.916		0.11
0+380.0	4675.372		4674.759	0.81		4674.872		0.11
0+400.0	4675.182		4674.709	0.67		4674.682	0.03	
0+420.0	4675.206		4674.659	0.75		4674.706		0.05
0+440.0	4675.636		4674.609	1.23		4675.136		0.53
0+460.0	4675.944		4674.559	1.59		4675.444		0.89
0+480.0	4675.971		4674.509	1.66		4675.471		0.96
0+500.0	4675.723		4674.459	1.46		4675.223		0.76
0+520.0	4675.854		4674.409	1.65		4675.354		0.95
0+540.0	4675.899		4674.359	1.74		4675.399		1.04
0+560.0	4675.799		4674.309	1.69		4675.299		0.99
0+580.0	4676.055		4674.259	2.00		4675.555		1.30
0+600.0	4676.330		4674.209	2.32		4675.830		1.62
0+620.0	4675.764		4674.159	1.81		4675.264		1.11
0+640.0	4675.310		4674.109	1.40		4674.810		0.70
0+660.0	4674.780		4674.059	0.92				
0+680.0	4675.490		4674.009	1.68				
0+700.0	4676.739		4673.959	2.98				
0+720.0	4675.957		4673.909	2.25				
0+740.0	4676.160		4673.859	2.50				
0+760.0	4675.363		4673.809	1.75				
0+780.0	4675.582		4673.759	2.02				
0+800.0	4675.218		4673.709	1.71				
0+820.0	4675.450		4673.659	1.99				
0+840.0	4675.808		4673.609	2.40				
0+860.0	4675.157		4673.559	1.80				
0+880.0	4674.872		4673.509	1.56				
0+900.0	4675.895		4673.459	2.64				
0+920.0	4678.180		4673.409	4.97				
0+940.0	4679.133		4673.359	5.97				
0+960.0	4678.287		4673.309	5.18				
0+980.0	4676.723		4673.259	3.66		4674.723		1.46
01+000.0	4675.928	0.080	4673.209	2.92		4673.928		0.72
01+020.0	4675.229		4671.609	3.82		4673.229		1.62
01+040.0	4674.166		4670.009	4.36		4671.666		1.66
01+060.0	4672.488		4668.409	4.28		4669.988		1.58
01+080.0	4670.454		4666.809	3.85		4667.954		1.15
01+100.0	4668.148	0.135	4665.209	3.14		4665.648		0.44
01+120.0	4666.334		4662.509	4.03		4663.334		0.83
01+140.0	4664.179		4659.809	4.57		4661.179		1.37
01+160.0	4661.634		4657.109	4.73		4659.134		2.03
01+180.0	4659.025		4654.409	4.82		4656.525		2.12
01+200.0	4656.359		4651.709	4.85		4651.359	0.35	
01+220.0	4653.009		4649.009	4.20		4648.009	1.00	
01+240.0	4649.930		4646.309	3.82		4644.930	1.38	
01+260.0	4647.324		4643.609	3.92		4642.324	1.28	
01+280.0	4644.421		4640.909	3.71		4639.421	1.49	
01+300.0	4642.211		4638.209	4.20		4637.211	1.00	
01+320.0	4639.955	0.205	4635.509	4.65		4634.955	0.55	
01+340.0	4636.394		4631.409	5.19				
01+360.0	4631.277		4627.309	4.17				
01+380.0	4626.850		4623.209	3.84				
01+400.0	4621.795		4619.109	2.89				
01+420.0	4616.193		4615.009	1.38				
01+430.0	4613.468	0.600	4612.959	0.71				
01+440.0	4609.216		4606.959	2.46				
01+450.0	4605.874		4600.959	5.12				
01+454.0	4604.169		4598.559	5.81				

PERFIL LONGITUDINAL TENTATIVO

Progresiva	Cota Terreno	Pendiente Tramo	Cota Rasante	Altura de Corte (m)	Altura de Relleno (m)	Nivel de Suelo Competente, NSC (m)	Relleno Entre NSC y Rasante (m)	Corte por Debajo del NSC
01+460.0	4601.652		4598.559	3.29				
01+470.0	4599.664	0.060	4598.559	1.30				
01+480.0	4597.659		4597.959		0.50			
01+500.0	4596.910		4596.769	0.35	0.05			
01+520.0	4596.005		4595.559	0.65				
01+540.0	4595.296		4594.359	1.14				
01+560.0	4593.411		4593.159	0.45				
01+580.0	4591.897		4591.959	0.14	0.26			
01+600.0	4591.290		4590.759	0.73				
01+620.0	4589.635		4589.559	0.28	0.12			
01+640.0	4588.143		4588.359		0.42			
01+660.0	4586.588		4587.159		0.77			
01+680.0	4585.860		4585.959	0.10	0.30			
01+700.0	4584.119		4584.759		0.84			
01+720.0	4584.762	0.020	4583.559	1.40				
01+740.0	4585.134		4583.159	2.17				
01+760.0	4584.225		4582.759	1.67				
01+780.0	4583.741		4582.359	1.58				
01+800.0	4583.480		4581.959	1.72				
01+820.0	4582.729		4581.559	1.37				
01+840.0	4581.981		4581.159	1.02				
01+850.0	4581.656		4580.959	0.90				
01+860.0	4581.115		4580.759	0.56				
01+878.0	4580.794		4580.399	0.59				
01+880.0	4580.201	0.100	4580.359	0.04	0.36			
01+900.0	4577.105		4578.359		1.45			
01+920.0	4575.319		4576.359		1.24			
01+940.0	4574.018		4574.359		0.54			
01+960.0	4574.755		4572.359	2.60				
01+980.0	4571.214	0.035	4570.359	1.05				
02+000.0	4569.990		4569.659	0.53				
02+020.0	4568.680		4568.959		0.48			
02+040.0	4568.233		4568.259	0.17	0.23			
02+060.0	4569.054		4567.559	1.69				
02+080.0	4566.835	0.015	4566.859	0.18	0.22			
02+100.0	4566.520		4566.559	0.16	0.24			
02+120.0	4566.307		4566.259	0.25	0.15			
02+140.0	4566.333		4565.959	0.57				
02+160.0	4566.718		4565.659	1.26				
02+180.0	4566.722		4565.359	1.56				
02+200.0	4566.385		4565.059	1.53				
02+220.0	4566.546		4564.759	1.99				
02+240.0	4565.936		4564.459	1.68				
02+260.0	4565.545		4564.159	1.59				
02+280.0	4564.202		4563.859	0.54				
02+300.0	4563.607	0.080	4563.559	0.25	0.15			
02+320.0	4562.109		4561.959	0.35	0.05			
02+340.0	4560.201		4560.359	0.04	0.36			
02+360.0	4558.748		4558.759	0.19	0.21			
02+380.0	4556.994		4557.159	0.03	0.37			
02+400.0	4555.709		4555.559	0.35	0.05			
02+420.0	4554.246		4553.959	0.49				
02+440.0	4553.677		4552.359	1.52				
02+460.0	4551.549		4550.759	0.99				
02+480.0	4549.645		4549.159	0.69				
02+500.0	4548.296		4547.559	0.94				
02+520.0	4547.538	0.055	4545.959	1.78				
02+540.0	4546.006		4544.859	1.35				
02+560.0	4545.490		4543.759	1.93				
02+580.0	4544.640		4542.659	2.18				
02+600.0	4541.824		4541.559	0.47				
02+620.0	4541.014		4540.459	0.76				
02+640.0	4539.737		4539.359	0.58				
02+660.0	4538.817		4538.259	0.76				
02+680.0	4537.932		4537.159	0.97				
02+700.0	4537.363		4536.059	1.50				
02+720.0	4536.943		4534.959	2.18				
02+740.0	4536.129		4533.859	2.47				

ELEMENTOS DE CURVA CANAL CARAHUACRA

No.	Alineamiento	Angulo			R	Tan	Lc	Ext	PC	PI	PT
		Grad	Min	Seg							
1	I	54	5	44	29.9	15.3	28.2	21.1	+101.7	+116.9	+129.9
2	D	5	12	8	1210.7	55.0	109.9	5.0	+262.5	+317.5	+372.5
3	I	51	39	51	25.8	12.5	23.3	15.8	+423.0	+435.4	+446.2
4	D	3	8	8	361.3	9.9	19.8	0.5	+500.0	+509.9	+519.8
5	D	12	0	15	66.6	7.0	13.9	1.5	+620.8	+627.8	+634.7
6	D	20	23	5	41.7	7.5	14.8	2.8	+680.2	+687.7	+695.1
7	I	18	21	13	46.4	7.5	14.9	2.5	+768.5	+776.0	+783.4
8	I	31	12	29	30.0	8.4	16.3	5.1	+839.4	+847.8	+855.7
9	D	29	41	47	47.2	12.5	24.4	7.1	+886.8	+899.3	+911.2
10	I	15	48	26	108.1	15.0	29.8	4.2	1+194.6	1+209.6	1+224.4
11	I	61	30	36	20.0	11.9	21.5	21.9	1+318.1	1+330.0	1+339.5
12	D	25	20	41	44.5	10.0	19.7	4.7	1+406.2	1+416.2	1+425.9
13	D	59	39	39	16.6	9.5	17.3	16.2	1+471.9	1+481.4	1+489.1
14	D	18	55	6	30.0	5.0	9.9	1.7	1+606.8	1+611.8	1+616.7
15	I	15	48	50	36.0	5.0	9.9	1.4	1+642.0	1+647.0	1+652.0
16	I	13	19	10	42.8	5.0	10.0	1.2	1+681.2	1+686.2	1+691.2
17	I	14	6	12	60.6	7.5	14.9	1.9	1+722.4	1+729.9	1+737.3
18	D	11	4	32	51.6	5.0	10.0	1.0	1+801.7	1+806.7	1+811.6
19	I	5	43	21	200.1	10.0	20.0	1.0	1+832.4	1+842.4	1+852.3
20	D	13	49	1	61.9	7.5	14.9	1.8	1+875.3	1+882.8	1+890.2
21	I	13	12	26	43.2	5.0	10.0	1.2	1+914.4	1+919.4	1+924.3
22	D	12	11	29	46.8	5.0	10.0	1.1	1+944.5	1+949.5	1+954.5
23	D	9	17	27	92.3	7.5	15.0	1.2	2+027.6	2+035.1	2+042.6
24	D	2	32	21	473.8	10.5	21.0	0.5	2+118.6	2+129.1	2+139.6
25	D	4	1	19	284.8	10.0	20.0	0.7	2+208.3	2+218.3	2+228.3
26	I	3	28	39	329.4	10.0	20.0	0.6	2+295.0	2+305.0	2+315.0
27	D	5	11	13	220.8	10.0	20.0	0.9	2+369.0	2+379.0	2+388.9
28	D	10	39	59	107.1	10.0	19.9	1.9	2+467.6	2+477.6	2+487.5
29	I	45	0	1	17.1	7.1	13.4	7.1	2+740.0	2+747.1	2+753.4
30	I	45	0	1	17.1	7.1	13.4	7.1	2+770.0	2+777.1	2+783.4

CUADRO No. 2

TABLE
RATING TABLE FOR RECTANGULAR CHANNEL

Constant Data						
Maninng Coefficient	0.015					
Discharge	4.20		m3/s			
Slope (m/m)	Bottom Width (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Flow Area (m ²)	Wetted Perimeter (m)	Top Width (m)
0.0025	1.2	1.79	1.96	2.15	4.78	1.2
0.0050	1.2	1.34	2.62	1.6	3.87	1.2
0.0075	1.2	1.13	3.09	1.36	3.46	1.2
0.0100	1.2	1.01	3.47	1.21	3.22	1.2
0.0125	1.2	0.92	3.80	1.11	3.04	1.2
0.0150	1.2	0.86	4.08	1.03	2.92	1.2
0.0175	1.2	0.81	4.33	0.97	2.82	1.2
0.0200	1.2	0.77	4.56	0.92	2.73	1.2
0.0225	1.2	0.73	4.78	0.88	2.67	1.2
0.0250	1.2	0.70	4.97	0.84	2.61	1.2
0.0275	1.2	0.68	5.16	0.81	2.56	1.2
0.0300	1.2	0.66	5.33	0.79	2.51	1.2
0.0325	1.2	0.64	5.49	0.76	2.47	1.2
0.0350	1.2	0.62	5.65	0.74	2.44	1.2
0.0375	1.2	0.60	5.80	0.72	2.41	1.2
0.0400	1.2	0.59	5.94	0.71	2.38	1.2
0.0425	1.2	0.58	6.08	0.69	2.35	1.2
0.0450	1.2	0.56	6.21	0.68	2.33	1.2
0.0475	1.2	0.55	6.33	0.66	2.31	1.2
0.0500	1.2	0.54	6.45	0.65	2.29	1.2
0.0525	1.2	0.53	6.57	0.64	2.27	1.2
0.0550	1.2	0.52	6.69	0.63	2.25	1.2
0.0575	1.2	0.52	6.80	0.62	2.23	1.2
0.0600	1.2	0.51	6.90	0.61	2.21	1.2
0.0625	1.2	0.50	7.01	0.6	2.20	1.2
0.0650	1.2	0.49	7.11	0.59	2.19	1.2
0.0675	1.2	0.49	7.21	0.58	2.17	1.2
0.0700	1.2	0.48	7.30	0.58	2.16	1.2
0.0725	1.2	0.47	7.40	0.57	2.15	1.2
0.0750	1.2	0.47	7.49	0.56	2.14	1.2
0.0775	1.2	0.46	7.58	0.55	2.12	1.2
0.0800	1.2	0.46	7.67	0.55	2.11	1.2
0.0825	1.2	0.45	7.75	0.54	2.10	1.2
0.0850	1.2	0.45	7.84	0.54	2.09	1.2
0.0875	1.2	0.44	7.92	0.53	2.08	1.2
0.0900	1.2	0.44	8.00	0.52	2.08	1.2
0.0925	1.2	0.43	8.08	0.52	2.07	1.2
0.0950	1.2	0.43	8.16	0.51	2.06	1.2
0.0975	1.2	0.43	8.24	0.51	2.05	1.2
0.1000	1.2	0.42	8.31	0.51	2.04	1.2
0.0025	1.8	1.11	2.09	2.01	4.03	1.8
0.0050	1.8	0.86	2.72	1.54	3.51	1.8
0.0075	1.8	0.74	3.16	1.33	3.28	1.8
0.0100	1.8	0.66	3.51	1.2	3.13	1.8
0.0125	1.8	0.61	3.81	1.1	3.03	1.8

TABLE
RATING TABLE FOR RECTANGULAR CHANNEL

Constant Data						
Manning Coefficient	0.015					
Discharge	4.20	m ³ /s				
Slope (m/m)	Bottom Width (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Flow Area (m ²)	Wetted Perimeter (m)	Top Width (m)
0.0150	1.8	0.58	4.06	1.03	2.95	1.8
0.0175	1.8	0.54	4.29	0.98	2.89	1.8
0.0200	1.8	0.52	4.50	0.93	2.84	1.8
0.0225	1.8	0.50	4.69	0.9	2.80	1.8
0.0250	1.8	0.48	4.86	0.86	2.76	1.8
0.0275	1.8	0.46	5.02	0.84	2.73	1.8
0.0300	1.8	0.45	5.18	0.81	2.70	1.8
0.0325	1.8	0.44	5.32	0.79	2.68	1.8
0.0350	1.8	0.43	5.46	0.77	2.66	1.8
0.0375	1.8	0.42	5.59	0.75	2.64	1.8
0.0400	1.8	0.41	5.72	0.73	2.62	1.8
0.0425	1.8	0.40	5.84	0.72	2.60	1.8
0.0450	1.8	0.39	5.95	0.71	2.58	1.8
0.0475	1.8	0.39	6.06	0.69	2.57	1.8
0.0500	1.8	0.38	6.17	0.68	2.56	1.8
0.0525	1.8	0.37	6.27	0.67	2.54	1.8
0.0550	1.8	0.37	6.37	0.66	2.53	1.8
0.0575	1.8	0.36	6.47	0.65	2.52	1.8
0.0600	1.8	0.36	6.56	0.64	2.51	1.8
0.0625	1.8	0.35	6.66	0.63	2.50	1.8
0.0650	1.8	0.35	6.74	0.62	2.49	1.8
0.0675	1.8	0.34	6.83	0.61	2.48	1.8
0.0700	1.8	0.34	6.91	0.61	2.48	1.8
0.0725	1.8	0.33	7.00	0.6	2.47	1.8
0.0750	1.8	0.33	7.08	0.59	2.46	1.8
0.0775	1.8	0.33	7.16	0.59	2.45	1.8
0.0800	1.8	0.32	7.23	0.58	2.45	1.8
0.0825	1.8	0.32	7.31	0.57	2.44	1.8
0.0850	1.8	0.32	7.38	0.57	2.43	1.8
0.0875	1.8	0.31	7.45	0.56	2.43	1.8
0.0900	1.8	0.31	7.52	0.56	2.42	1.8
0.0925	1.8	0.31	7.59	0.55	2.42	1.8
0.0950	1.8	0.31	7.66	0.55	2.41	1.8
0.0975	1.8	0.30	7.73	0.54	2.40	1.8
0.1000	1.8	0.30	7.79	0.54	2.40	1.8

ALTURA TENTATIVA DEL CANAL

Ancho de Base (m)	Pendiente (m/m)	Tirante Normal (m)	Velocidad (m/s)	F	Borde Libre (m)	Altura del Canal (m)
1.20	0.0025	1.69	2.07	0.51	0.56	2.25
1.20	0.0050	1.26	2.78	0.79	0.42	1.68
1.20	0.0075	1.07	3.27	1.01	0.73	1.80
1.20	0.0100	0.95	3.68	1.21	0.78	1.73
1.20	0.0125	0.87	4.02	1.38	0.82	1.69
1.20	0.0150	0.81	4.32	1.53	0.87	1.68
1.20	0.0175	0.77	4.55	1.65	0.90	1.67
1.20	0.0200	0.73	4.79	1.79	0.95	1.68
1.20	0.0225	0.70	5.00	1.91	0.99	1.69
1.20	0.0250	0.67	5.22	2.04	1.03	1.70
1.20	0.0275	0.64	5.47	2.18	1.08	1.72
1.20	0.0300	0.62	5.65	2.29	1.12	1.74
1.20	0.0325	0.60	5.83	2.41	1.17	1.77
1.20	0.0350	0.59	5.93	2.47	1.19	1.78
1.20	0.0375	0.57	6.14	2.60	1.25	1.82
1.20	0.0400	0.56	6.25	2.67	1.28	1.84
1.20	0.0425	0.55	6.36	2.74	1.31	1.86
1.20	0.0450	0.54	6.48	2.82	1.34	1.88
1.20	0.0475	0.53	6.60	2.90	1.38	1.91
1.20	0.0500	0.52	6.73	2.98	1.41	1.93
1.20	0.0525	0.51	6.86	3.07	1.45	1.96
1.20	0.0550	0.50	7.00	3.16	1.50	2.00
1.20	0.0575	0.49	7.14	3.26	1.54	2.03
1.20	0.0600	0.48	7.29	3.36	1.59	2.07
1.20	0.0625	0.47	7.45	3.47	1.65	2.12
1.20	0.0650	0.47	7.45	3.47	1.65	2.12
1.20	0.0675	0.46	7.61	3.58	1.71	2.17
1.20	0.0700	0.46	7.61	3.58	1.71	2.17
1.20	0.0725	0.45	7.78	3.70	1.77	2.22
1.20	0.0750	0.44	7.95	3.83	1.84	2.28
1.20	0.0775	0.44	7.95	3.83	1.84	2.28
1.20	0.0800	0.43	8.14	3.97	1.91	2.34
1.20	0.0825	0.43	8.14	3.97	1.91	2.34
1.20	0.0850	0.42	8.33	4.11	1.99	2.41
1.20	0.0875	0.42	8.33	4.11	1.99	2.41
1.20	0.0900	0.42	8.33	4.11	1.99	2.41
1.20	0.0925	0.41	8.54	4.26	2.07	2.48
1.20	0.0950	0.41	8.54	4.26	2.07	2.48
1.20	0.0975	0.40	8.75	4.42	2.17	2.57
1.20	0.1000	0.40	8.75	4.42	2.17	2.57
1.80	0.0025	1.06	2.20	0.68	0.35	1.41
1.80	0.0050	0.81	2.88	1.02	0.68	1.49
1.80	0.0075	0.70	3.33	1.27	0.71	1.41
1.80	0.0100	0.63	3.70	1.49	0.75	1.38
1.80	0.0125	0.58	4.02	1.69	0.78	1.36
1.80	0.0150	0.55	4.24	1.83	0.81	1.36
1.80	0.0175	0.52	4.49	1.99	0.84	1.36
1.80	0.0200	0.49	4.76	2.17	0.88	1.37
1.80	0.0225	0.47	4.96	2.31	0.91	1.38
1.80	0.0250	0.46	5.07	2.39	0.93	1.39
1.80	0.0275	0.44	5.30	2.55	0.97	1.41
1.80	0.0300	0.43	5.43	2.64	0.99	1.42
1.80	0.0325	0.42	5.56	2.74	1.01	1.43
1.80	0.0350	0.41	5.69	2.84	1.04	1.45
1.80	0.0375	0.40	5.83	2.95	1.06	1.46
1.80	0.0400	0.39	5.98	3.06	1.09	1.48
1.80	0.0425	0.38	6.14	3.18	1.13	1.51
1.80	0.0450	0.37	6.31	3.31	1.16	1.53
1.80	0.0475	0.37	6.31	3.31	1.16	1.53
1.80	0.0500	0.36	6.48	3.45	1.20	1.56
1.80	0.0525	0.35	6.67	3.60	1.25	1.60
1.80	0.0550	0.35	6.67	3.60	1.25	1.60
1.80	0.0575	0.34	6.86	3.76	1.30	1.64
1.80	0.0600	0.34	6.86	3.76	1.30	1.64
1.80	0.0625	0.33	7.07	3.93	1.35	1.68
1.80	0.0650	0.33	7.07	3.93	1.35	1.68
1.80	0.0675	0.33	7.07	3.93	1.35	1.68
1.80	0.0700	0.32	7.29	4.12	1.41	1.73
1.80	0.0725	0.32	7.29	4.12	1.41	1.73
1.80	0.0750	0.31	7.53	4.32	1.48	1.79
1.80	0.0775	0.31	7.53	4.32	1.48	1.79
1.80	0.0800	0.31	7.53	4.32	1.48	1.79
1.80	0.0825	0.30	7.78	4.54	1.55	1.85

ALTURA TENTATIVA DEL CANAL

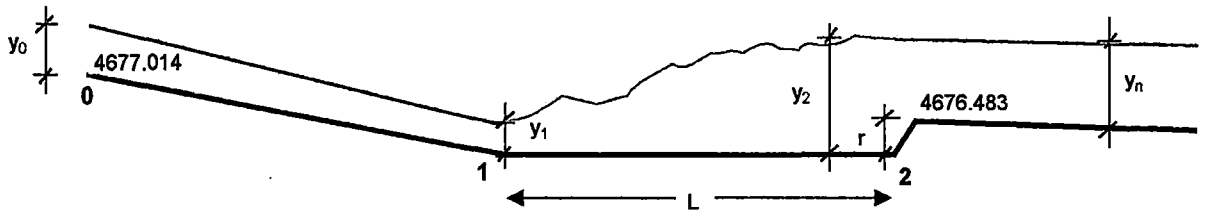
Ancho de Base (m)	Pendiente (m/m)	Tirante Normal (m)	Velocidad (m/s)	F	Borde Libre (m)	Altura del Canal (m)
1.80	0.0850	0.30	7.78	4.54	1.55	1.85
1.80	0.0875	0.30	7.78	4.54	1.55	1.85
1.80	0.0900	0.30	7.78	4.54	1.55	1.85
1.80	0.0925	0.29	8.05	4.77	1.64	1.93
1.80	0.0950	0.29	8.05	4.77	1.64	1.93
1.80	0.0975	0.29	8.05	4.77	1.64	1.93
1.80	0.1000	0.29	8.05	4.77	1.64	1.93

ANEXO D.2

PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE ARTE

ANEXO D.2.1

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE ENTRADA DEL CANAL



De acuerdo al esquema mostrado, la Estación 0 corresponde a la progresiva 0+105 y la Estación 2 a la progresiva 0+150

1.- Cálculo del tirante y la Velocidad en la Estación 0 (y_0 y V_0)

Aplicando la Ecuación de Francis:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Para:
 $C = 2.2$
 $L = B = 1.80 \text{ m}$
 $Q = 4.20 \text{ m}^3/\text{s}$
 $H = y_0 = 1.04 \text{ m}$
 $V_0 = Q/(LH) = 2.22 \text{ m/s}$

2.- Cálculo del tirante y la Velocidad en la Estación 1 (y_1 y V_1)

Por Bernoulli:

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1}$$

Considerando:

$$hf_{0-1} = 0.1 \cdot V_1^2 / (2g) \quad \text{y}$$

$$r = \text{Cota}_2 - \text{Cota}_1$$

Obtenemos:

$$V_1 = (2gx(r + y_0 - y_1 + 0.9 \cdot V_1^2 / 2g))^{0.5} \quad \dots\dots\dots 1$$

Por la Ecuación de Continuidad:

$$V_1 = Q / (B \cdot y_1) \quad \dots\dots\dots 2$$

Calculado y_1 , calculamos y_2 (tirante conjugado)

$$y_2 = (y_1^2 / 4 + 2y_1 V_1^2 / g)^{0.5} - y_1 / 2 \quad \dots\dots\dots 3$$

Comprobando:

$$y_2' = y_n + r \quad \dots\dots\dots 4$$

Como la condición 4 pocas veces se presenta comprobaremos que $K < 1.15$.

$$K = (y_n + r) / y_2 \quad \dots\dots\dots 5$$

Calculando para los siguientes valores:

$Q = 4.2 \quad \text{m}^3/\text{s}$
 $r = 0.60 \quad \text{m}$
 $y_n = 1.11 \quad \text{m (Ver Cuadro No. 3 - Anexo C.1)}$

Aumiendo una Longitud de Salto $L = 4y_2$ (criterio del U. S. Bureau of Reclamation)

y_1 asumido (m)	V_1 Condición 1 (m/s)	V_1 Condición 2 (m/s)	y_2 Condición 3 (m/s)	y_2' Condición 4 (m/s)	K	$L = 4y_2$ (m)
0.438	5.290	5.327	1.377	1.710	0.135	5.51
0.440	5.286	5.303	1.378	1.710	0.138	5.51
0.442	5.282	5.279	1.380	1.710	0.141	5.52
0.444	5.279	5.255	1.382	1.710	0.144	5.53
0.446	5.275	5.232	1.383	1.710	0.147	5.53
0.448	5.271	5.208	1.385	1.710	0.150	5.54
0.450	5.268	5.185	1.386	1.710	0.153	5.55

Tomamos $L = 9 \text{ m}$, para favorecer a la limpieza del canal

ANEXO D.2.2

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DE IMPACTO

1.- Cálculo de la Velocidad Teórica

$$A = Q/V$$

$$V = (2gh)^{0.5} \quad \text{m/s}$$

$$h = \text{Cota}_{\text{inicio}} - \text{Cota}_{\text{final}}$$

$\text{Cota}_{\text{inicio}} = 4611.997$	m	Km 1+430
$\text{Cota}_{\text{final}} = 4598.964$	m	Km 1+454
$h = 13.0$	m	
$V = 16.0$	m/s	(velocidad teórica)
$V_{\text{max}} = 50$	ft/s	15 m/s

$V > V_{\text{max}}$, entonces es necesario prever protección contra la cavitación

2.- Cálculo del Area

$$A = Q/V$$

$$Q = 4.20 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$A = 0.26 \quad \text{m}^2$$

3.- Cálculo del Tirante del Flujo (d)

$$d = A^{0.5}$$

$$d = 0.51 \quad \text{m}$$

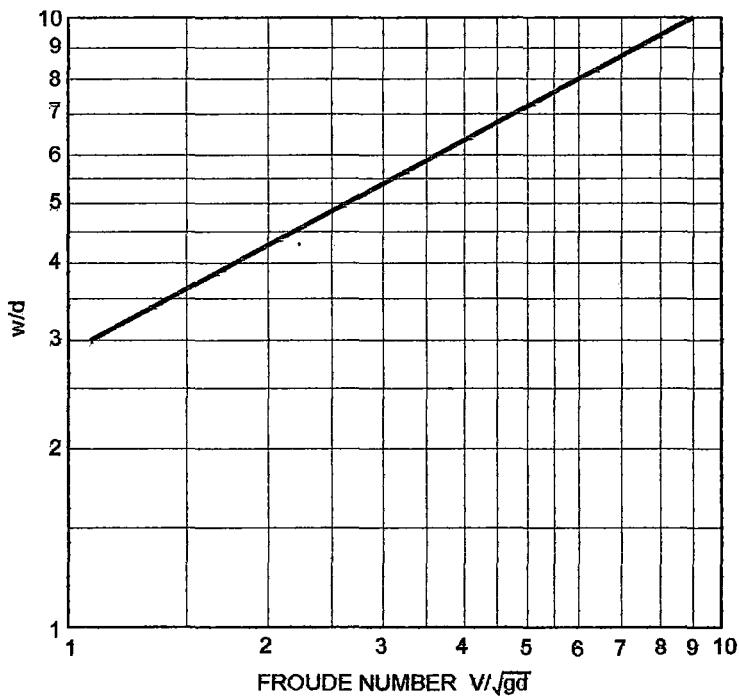
4.- Cálculo de Número de Froude (F) estandarizado por el U. S. Bureau of Reclamation

$$F = V/(\text{gd})^{0.5}$$

$$F = 7.13$$

5.- Cálculo de la Razón (w/d)

De acuerdo a la Figura 6-10 del DESIGN MANUAL OF SMALL CANAL STRUCTURES que se adjunta



Para $F=7.13$, obtenemos $w/d= 9$

Luego:

$$w = 9 \times 0.51 \quad \text{m}$$

$$w = 4.6 \quad \text{m}$$

Tomamos:

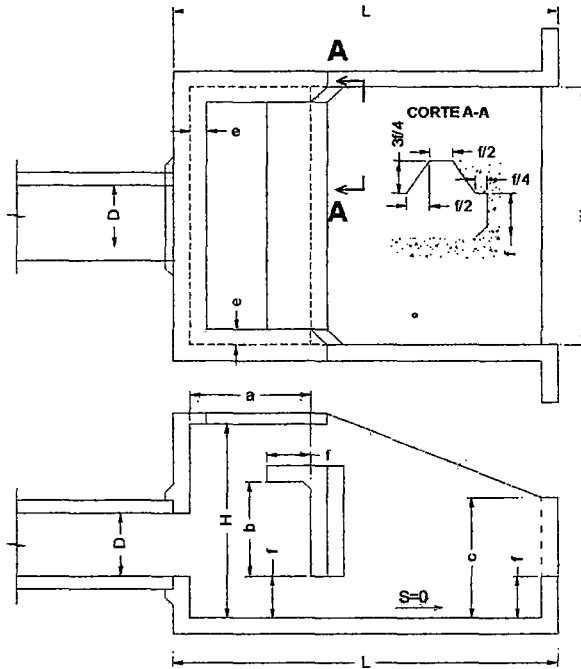
$$w = 5.0 \quad \text{m}$$

ANEXO D.2.2

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DE IMPACTO

6.- Dimensiones de la Viga de Impacto

De acuerdo al Manual en referencia:



$H = 3/4w$	$H = 3.75$	m,	Tomamos:	$H = 3.70$	m
$a = 1/2w$	$a = 2.50$	m,	Tomamos:	$a = 2.50$	m
$b = 3/8w$	$b = 1.88$	m,	Tomamos:	$b = 1.80$	m
$c = 1/2w$	$c = 2.50$	m,	Tomamos:	$c = 2.30$	m (*)
$L = 4/3w$	$L = 6.67$	m,	Tomamos:	$L = 7.00$	m
$f = 1/6w$	$f = 0.83$	m,	Tomamos:	$f = 0.80$	m
$e = 1/12w$	$e = 0.42$	m,	Tomamos:	$e = 0.40$	m (**)

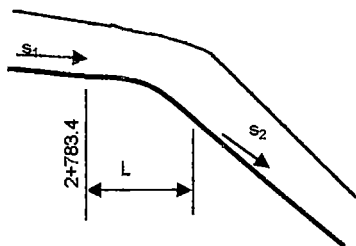
(*) Tomamos el valor de $c=2.3$, producto de tomar $w=4.6$ m, para el empalme con la sección de canal de 1.50×1.80

(**) Este valor debe ser modificado mediante el análisis estructural de la estructura

ANEXO D.2.3 ESTRUCTURA DE ENTREGA DE CANAL

I. CURVA VERTICAL

Asumiendo una curva parabólica como la mostrada en el esquema:



Asumimos un valor de $K=0.5$ (Ver DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES, pag. 104)

Donde:

$$K = \frac{(\tan \theta_1 - \tan \theta_0) \cdot 2 \cdot h_v \cdot \cos^2 \theta_0}{L}$$

Tenemos los siguientes datos:

		radianes	grados
$s_1 = \tan \theta_0 = 0.055$	$\theta_0 = 0.05$	0.05	3.1
$s_2 = \tan \theta_1 = 0.500$	$\theta_1 = 0.46$	0.46	26.6
Altura de Velocidad al inicio de la cui	$h_v = 3.19$		m (*)

Obtenemos:

$L = 5.66$ m

Valor Adoptado

$L = 6.00$ m

La Ecuación de la curva está dada por:

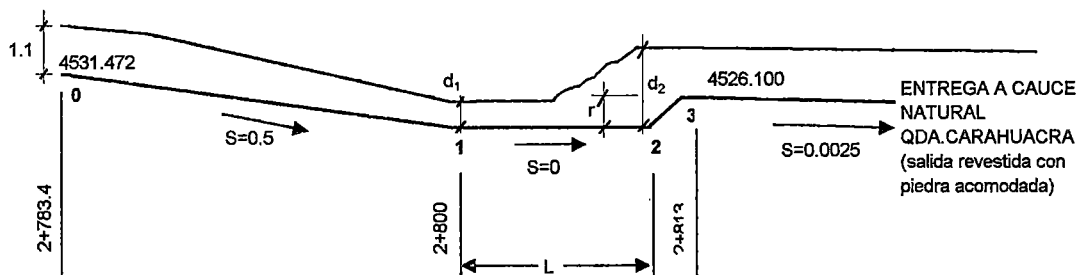
$$Y = X \tan \theta_0 + \frac{(\tan \theta_1 - \tan \theta_0) \cdot 2 \cdot h_v \cdot \cos^2 \theta_0}{2L} X^2$$

Luego:

X	Y	Progresiva	Cota
0.00	0.000	2+783.40	4531.47
0.50	0.037	2+783.90	4531.44
1.00	0.092	2+784.40	4531.38
1.50	0.166	2+784.90	4531.31
2.00	0.258	2+785.40	4531.21
2.50	0.369	2+785.90	4531.10
3.00	0.499	2+786.40	4530.97
3.50	0.647	2+786.90	4530.83
4.00	0.813	2+787.40	4530.66
4.50	0.998	2+787.90	4530.47
5.00	1.202	2+788.40	4530.27
5.50	1.424	2+788.90	4530.05
6.00	1.665	2+789.40	4529.81

(*) Ver datos de Salida del HEC-RAS para la Estación -2783.4

II. POZA DE DISIPACIÓN



1.- Energía en la Estación 0

$$E_0 = z_0 + y_0 + h_{v0} = 4534.96 \text{ m}$$

$$z_0 = 4531.472 \text{ m}$$

$$y_0 = 0.30 \text{ m}$$

$$h_{v0} = 3.19 \text{ m}$$

2.- PREDIMENSIONAMIENTO DE LA POZA DE DISIPACIÓN

De acuerdo al método de cálculo estandarizado por el U. S. Bureau of Reclamation

ANEXO D.2.3 ESTRUCTURA DE ENTREGA DE CANAL

$Q = 4.20 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{\text{diseño}} = 1.20 \times Q$
 $Q_{\text{diseño}} = 5.04 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{\text{diseño}} = 186.67 \text{ ft}^3/\text{s}$

Ancho de la poza Donde:

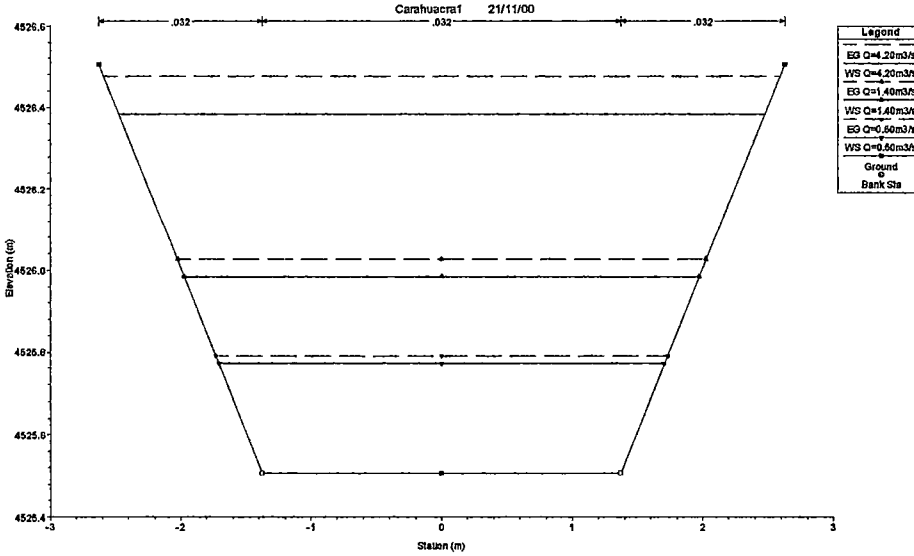
$$b = \frac{360 \sqrt{Q_{\text{diseño}}}}{Q_{\text{diseño}} + 350}$$

$Q_{\text{diseño}}$ en ft^3/s
 b en pies

$b = 9.16 \text{ ft}$ ó $b = 2.75 \text{ m}$, Tomamos: $b = 2.75 \text{ m}$

3.- Condiciones a la salida de la poza (SECCIÓN 3)

Asumiendo una sección trapezoidal a la salida de la poza de disipación revestida con piedra acomodada



Para la cual:

$n = 0.032$
 $n_{\text{asumido}} = 0.8 \times n$ $n_{\text{asumido}} = 0.026$

4.- Cálculo del tirante al inicio y final de la poza

De los resultados del HEC-RAS, para el cual se asumió $r=1 \text{ m}$, se obtiene $L=13 \text{ m}$

River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	depht (m)
2+782.3	4.20	4531.53	4531.83	4532.35	4534.97	0.10233	7.85	0.53	1.80	4.60	0.30
2+783.4	4.20	4531.47	4531.77	4532.30	4534.96	0.04659	7.92	0.53	1.80	4.65	0.30
2+784.3	4.20	4531.06	4531.33	4531.87	4534.91	0.05659	8.38	0.50	1.85	5.15	0.27
2+785.3	4.20	4530.65	4530.91	4531.44	4534.76	0.06494	8.70	0.48	1.91	5.53	0.26
2+786.3	4.20	4530.24	4530.47	4531.02	4535.00	0.08496	9.43	0.45	1.97	6.33	0.23
2+787.3	4.20	4529.83	4530.05	4530.59	4534.92	0.09733	9.78	0.43	2.02	6.77	0.22
2+788.2	4.20	4529.42	4529.62	4530.17	4535.15	0.12174	10.43	0.40	2.08	7.56	0.20
2+789.2	4.20	4529.01	4529.20	4529.75	4534.73	0.12425	10.41	0.40	2.13	7.65	0.19
2+790.2	4.20	4528.60	4528.78	4529.32	4534.89	0.14953	10.95	0.38	2.19	8.36	0.18
2+791.2	4.20	4528.19	4528.36	4528.90	4534.73	0.16348	11.18	0.38	2.25	8.73	0.17
2+792.1	4.20	4527.79	4527.94	4528.48	4535.51	0.22072	12.20	0.34	2.30	10.07	0.15
2+793.1	4.20	4527.37	4527.52	4528.06	4535.05	0.22371	12.15	0.35	2.36	10.14	0.15
2+794.1	4.20	4526.97	4527.12	4527.64	4533.71	0.18524	11.37	0.37	2.41	9.28	0.15
2+795.1	4.20	4526.56	4526.70	4527.22	4533.92	0.21959	11.91	0.35	2.47	10.05	0.14
2+796.0	4.20	4526.15	4526.28	4526.80	4534.25	0.26318	12.51	0.34	2.52	10.94	0.13
2+797.0	4.20	4525.73	4525.86	4526.38	4533.85	0.27099	12.52	0.34	2.58	11.09	0.13
2+798.0	4.20	4525.33	4525.46	4525.96	4532.55	0.22922	11.80	0.36	2.64	10.26	0.13
2+799.0	4.20	4524.92	4525.05	4525.55	4532.01	0.22740	11.69	0.36	2.69	10.22	0.13
2+800.0	4.20	4524.51	4524.49	4525.13	4526.52	0.00008	0.77	5.46	2.75	0.17	1.98
2+801.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.46	2.75	0.17	1.98
2+802.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.46	2.75	0.17	1.98
2+803.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.46	2.75	0.17	1.98
2+804.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.46	2.75	0.17	1.98
2+805.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.46	2.75	0.17	1.98
2+806.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.45	2.75	0.17	1.98
2+807.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.45	2.75	0.17	1.98
2+808.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.45	2.75	0.17	1.98
2+809.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.45	2.75	0.17	1.98
2+810.0	4.20	4524.51	4526.49		4526.52	0.00018	0.77	5.45	2.75	0.17	1.98
2+811.0	4.20	4525.01	4526.46		4526.52	0.00040	1.05	4.00	2.75	0.28	1.45
2+812.0	4.20	4525.51	4526.33		4526.50	0.00190	1.86	2.25	2.75	0.66	0.82
2+813.0	4.20	4525.51	4526.32		4526.50	0.00191	1.87	2.25	2.75	0.66	0.81
2+813.1	4.20	4525.51	4526.38		4526.48	0.00251	1.43	3.37	4.94	0.49	0.87
2+814.0	4.20	4525.50	4526.38	4526.08	4526.47	0.00250	1.43	3.38	4.94	0.49	0.88

ANEXO D.2.3 ESTRUCTURA DE ENTREGA DE CANAL

5.- Análisis de la Estabilidad Hídrica en la Rápida

Análisis de la Estabilidad Hídrica mediante los números de Montuori (M^2) y Vedernikov (V)

$$V = \frac{2}{3} x \frac{b}{wp} x \frac{V^2}{\sqrt{gd \cos \theta}}$$

y

$$M^2 = \frac{V^2}{gsL \cos \theta}$$

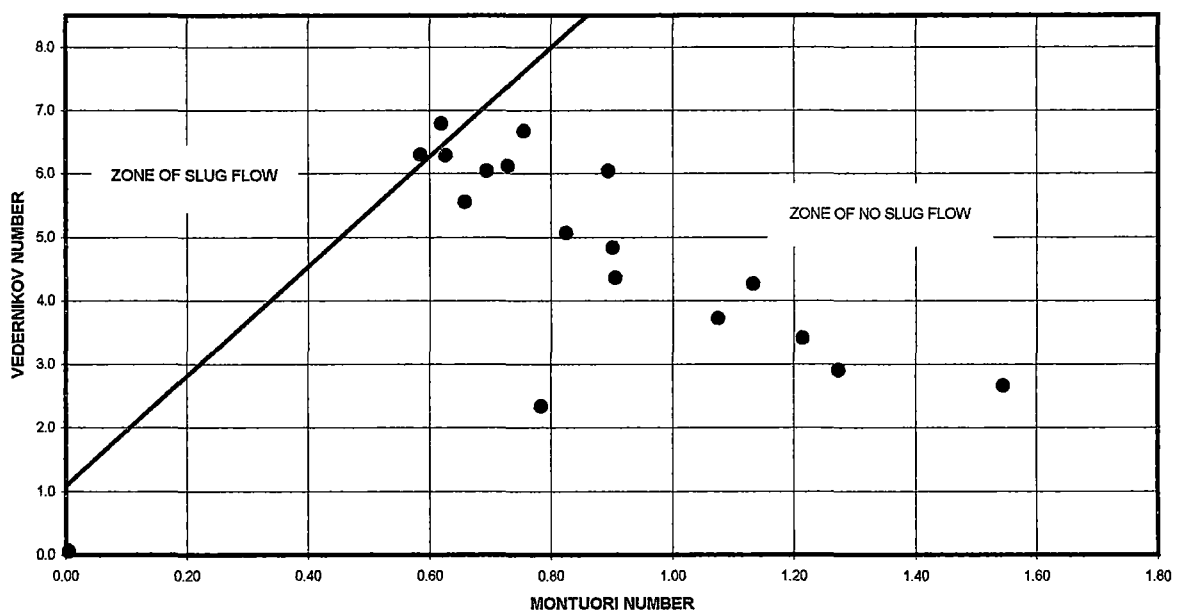
Donde:

- b= ancho de base
- d= tirante normal
- L= longitud del tramo en consideración
- s= pendiente promedio del gradiente de energía
- s= tan θ
- V= velocidad
- wp= perímetro mojado

De acuerdo a ello, tenemos:

River Sta	d (m)	b (m)	V (m/s)	L (m)	E.G. Slope (m/m)	s (m/m)	cos θ	d/wp	Número de Vedernikov	Número de Montuori
2+782.3	0.30	1.8	7.85		0.1023					
2+783.4	0.30	1.8	7.92	1.10	0.0466	0.0745	0.9972	0.12	2.33	0.78
2+784.3	0.27	1.85	8.38	0.90	0.0566	0.0516	0.9987	0.11	2.66	1.55
2+785.3	0.26	1.91	8.7	1.00	0.0649	0.0608	0.9982	0.10	2.91	1.27
2+786.3	0.23	1.97	9.43	1.00	0.0850	0.0749	0.9972	0.09	3.41	1.21
2+787.3	0.22	2.02	9.78	1.00	0.0973	0.0911	0.9959	0.09	3.71	1.08
2+788.2	0.20	2.08	10.43	0.90	0.1217	0.1095	0.9941	0.08	4.26	1.13
2+789.2	0.19	2.13	10.41	1.00	0.1243	0.1230	0.9925	0.07	4.36	0.91
2+790.2	0.18	2.19	10.95	1.00	0.1495	0.1369	0.9908	0.07	4.83	0.90
2+791.2	0.17	2.25	11.18	1.00	0.1635	0.1565	0.9880	0.07	5.06	0.82
2+792.1	0.15	2.3	12.2	0.90	0.2207	0.1921	0.9820	0.06	6.03	0.89
2+793.1	0.15	2.36	12.15	1.00	0.2237	0.2222	0.9762	0.06	6.03	0.69
2+794.1	0.15	2.41	11.37	1.00	0.1852	0.2045	0.9797	0.06	5.55	0.66
2+795.1	0.14	2.47	11.91	1.00	0.2196	0.2024	0.9801	0.05	6.11	0.73
2+796.0	0.13	2.52	12.51	0.90	0.2632	0.2414	0.9721	0.05	6.67	0.76
2+797.0	0.13	2.58	12.52	1.00	0.2710	0.2671	0.9661	0.05	6.79	0.62
2+798.0	0.13	2.64	11.8	1.00	0.2292	0.2501	0.9701	0.05	6.29	0.59
2+799.0	0.13	2.69	11.69	1.00	0.2274	0.2283	0.9749	0.05	6.28	0.63
2+800.0	1.98	2.75	0.77	1.00	0.0001	0.1137	0.9936	0.30	0.05	0.01

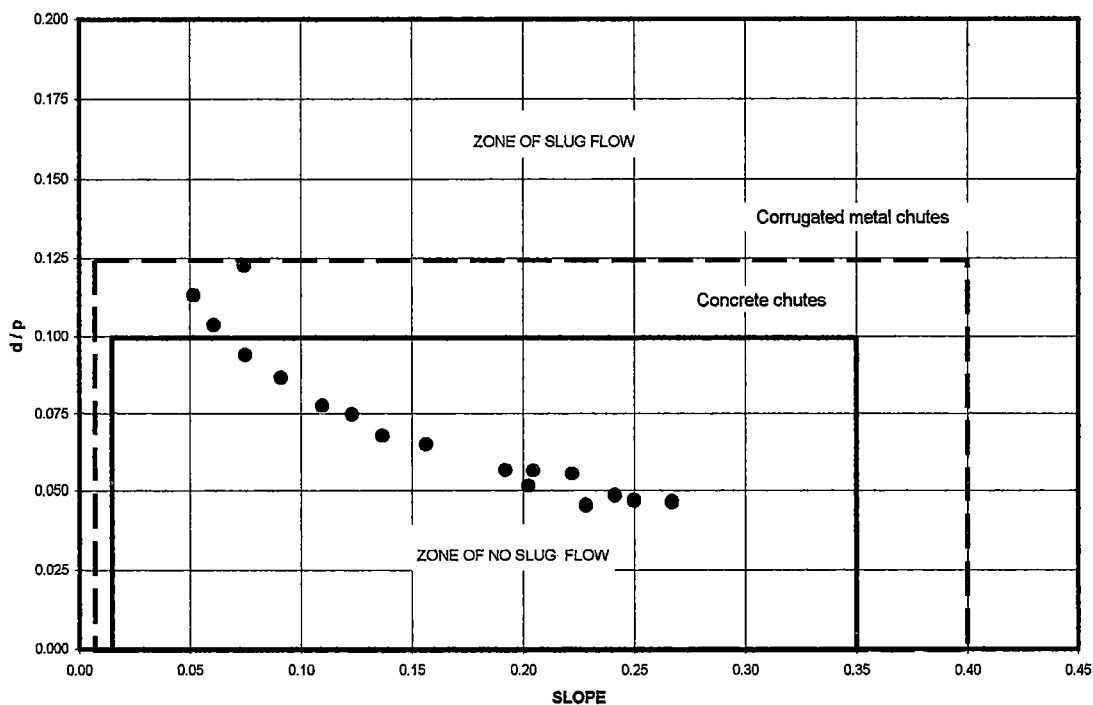
De acuerdo a la siguiente figura, el flujo es hidráulicamente estable (Ver DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES, pag. 113)



Análisis de la Estabilidad Hídrica según el criterio-forma y pendiente

De acuerdo a la siguiente figura, el flujo es hidráulicamente estable (Ver DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES, pag. 114)

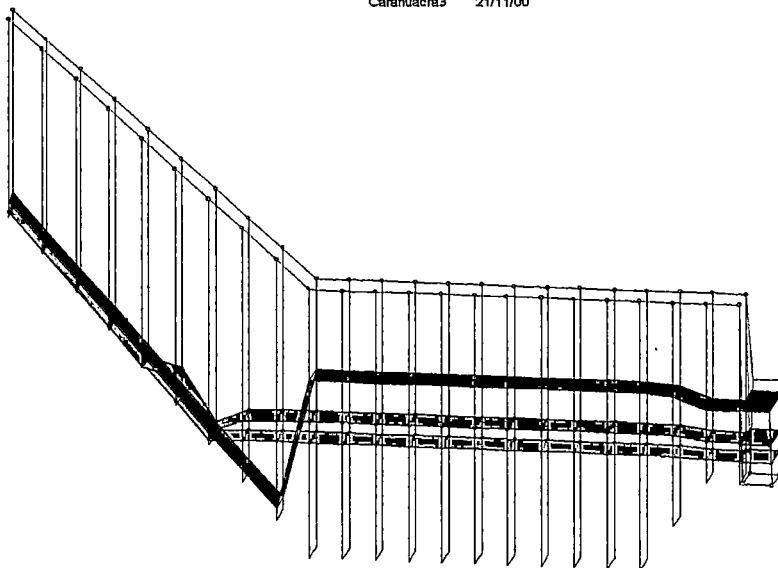
**ANEXO D.2.3
ESTRUCTURA DE ENTREGA DE CANAL**



5.- Verificación de que el salto es ahogado para caudales menores a 4.20 m³/s

De acuerdo a los resultados del HEC-RAS concluimos que el salto es ahogado para caudales menores a 4.20 m³/s

Carehuacra3 21/11/00



Legend	
WS Q=4.20m³/s	(thick solid line)
WS Q=1.40m³/s	(dashed line)
WS Q=0.60m³/s	(thin solid line)
Ground	(dotted line)
Bank Sta	(dashed line)
Ground	(solid line)

6.- Borde libre de la poza

De acuerdo a la figura 2-23 del DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES, el borde libre de la poza debe ser 0.75 m, medido a partir del nivel de energía máximo=4526.52, luego el nivel de corona de la poza debe ser=4526.52+0.75=4527.27, en virtud de lo cual la poza tendrá una altura $h=4527.27-4524.51=2.76$. Tomamos $h=3.00$ m

ANEXO D.3

ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA

ANEXO D.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA

1. Datos Geométricos del Sistema

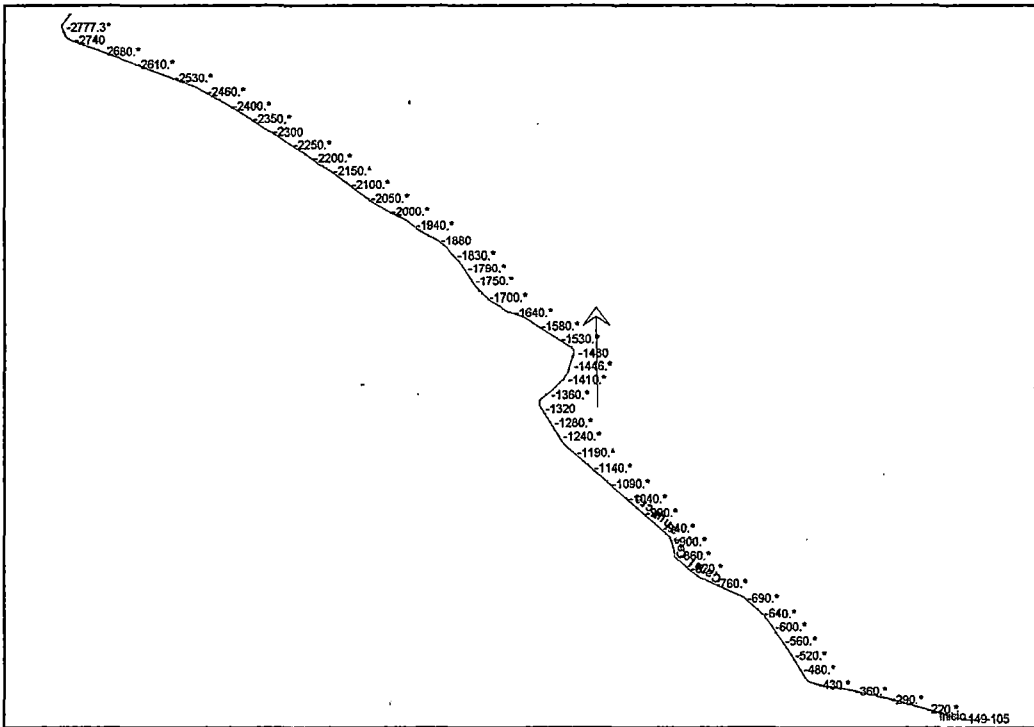


Fig. 1 Datos Geométricos del Sistema

2. Algunas Secciones Típicas

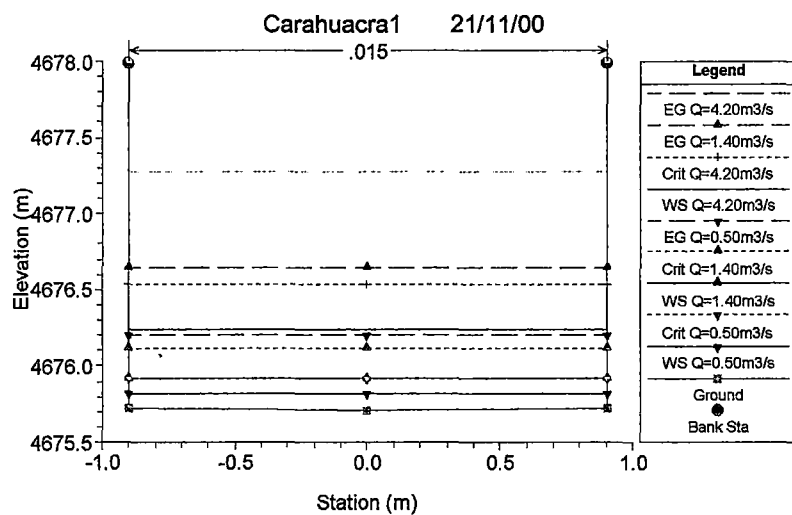


Fig. 2 Sección Típica Tramo 0+105 – 0+140

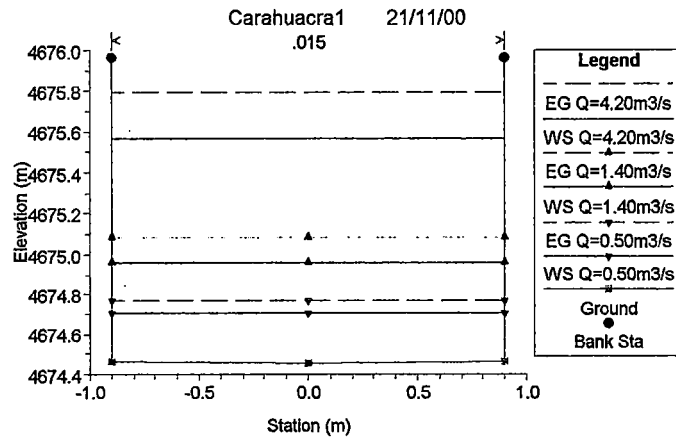


Fig. 3 Sección Típica Tramo 0+150 – 1+000

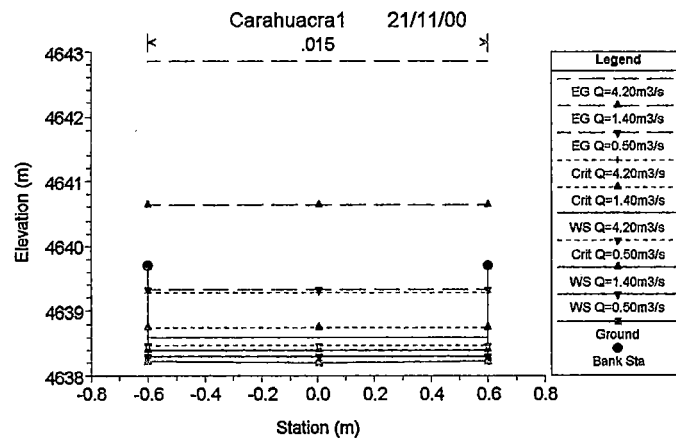


Fig. 4 Sección Típica Tramo 1+020 – 1+320

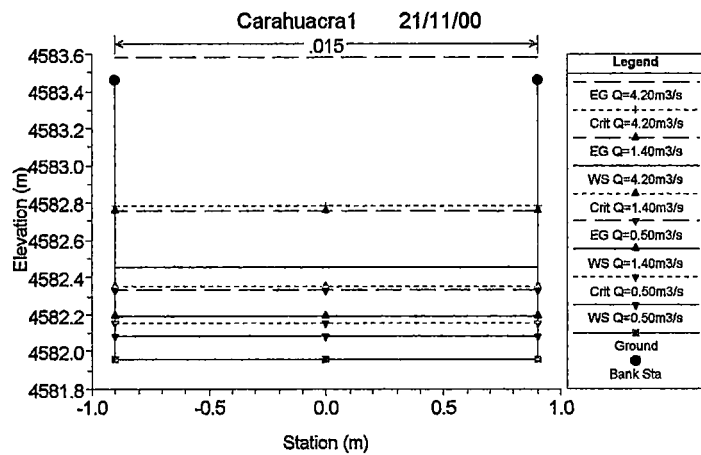


Fig. 5 Sección Típica Tramo 1+720 – 1+880

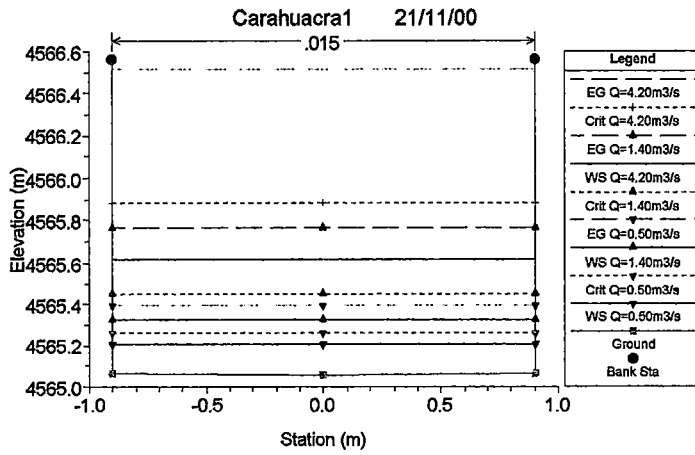


Fig. 6 Sección Típica Tramo 2+080 – 2+300

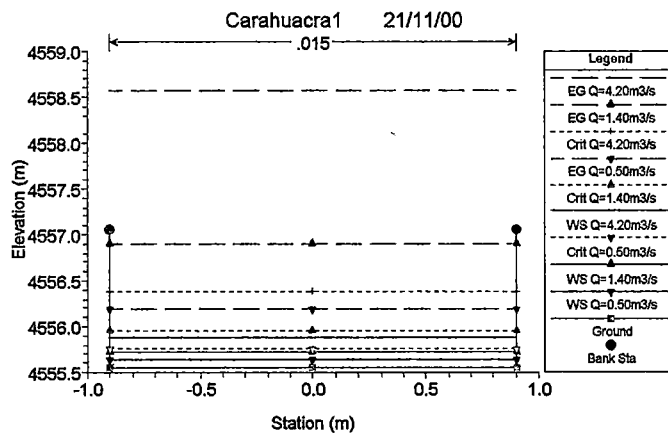


Fig. 7 Sección Típica Tramo 2+320 – 2+520

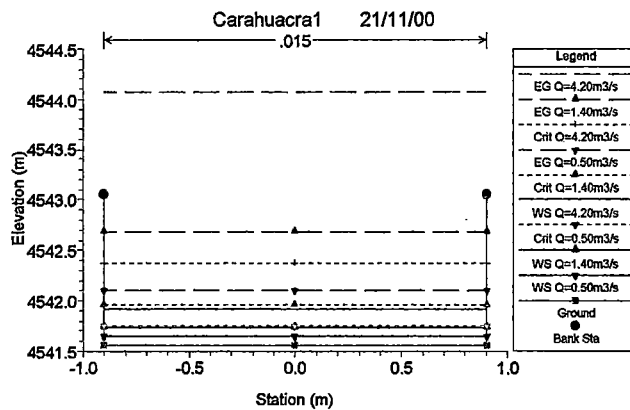


Fig. 8 Sección Típica Tramo 2+520 – 2+740

HEC-RAS Plan: Tirantes River: Canal Carahuacra Reach: Inicio

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
-105	4.2	4676.45	4677.27	4677.27	4677.69	0.005662	2.86	1.47	1.8	1.01
-105	1.4	4676.45	4676.85	4676.85	4677.05	0.004879	1.97	0.71	1.8	1
-105	0.5	4676.45	4676.65	4676.65	4676.75	0.004879	1.4	0.36	1.8	1
-140	4.2	4674.74	4676.62		4676.69	0.000674	1.24	3.38	1.8	0.29
-140	1.4	4674.74	4675.95		4675.97	0.000223	0.64	2.18	1.8	0.19
-140	0.5	4674.74	4675.65		4675.65	0.00006	0.31	1.64	1.8	0.1
-149	4.2	4674.74	4676.61		4676.69	0.000679	1.25	3.37	1.8	0.29
-149	1.4	4674.74	4675.95		4675.97	0.000224	0.64	2.18	1.8	0.19
-149	0.5	4674.74	4675.65		4675.65	0.00006	0.31	1.64	1.8	0.1
-150	4.2	4675.33	4676.45		4676.67	0.002505	2.1	2	1.8	0.63
-150	1.4	4675.33	4675.83		4675.96	0.002497	1.56	0.9	1.8	0.71
-150	0.5	4675.33	4675.58		4675.65	0.002507	1.12	0.45	1.8	0.72
-1000	4.2	4673.21	4674.03	4674.03	4674.44	0.005658	2.85	1.47	1.8	1.01
-1000	1.4	4673.21	4673.6	4673.6	4673.8	0.004947	1.98	0.71	1.8	1.01
-1000	0.5	4673.21	4673.41	4673.41	4673.51	0.004972	1.4	0.36	1.8	1
-1010	4.2	4672.41	4673.17	4673.48	4674.25	0.020589	4.61	0.91	1.2	1.69
-1010	1.4	4672.41	4672.68	4672.93	4673.6	0.037542	4.24	0.33	1.2	2.59
-1010	0.5	4672.41	4672.52	4672.67	4673.27	0.079948	3.84	0.13	1.2	3.72
-1100	4.2	4665.21	4665.68	4666.29	4668.55	0.075362	7.51	0.56	1.2	3.51
-1100	1.4	4665.21	4665.42	4665.72	4666.99	0.082703	5.55	0.25	1.2	3.87
-1100	0.5	4665.21	4665.32	4665.47	4666.07	0.079725	3.84	0.13	1.2	3.72
-1320	4.2	4635.51	4635.9	4636.58	4640.05	0.126208	9.03	0.47	1.2	4.63
-1320	1.4	4635.51	4635.68	4636.03	4637.98	0.146925	6.71	0.21	1.2	5.14
-1320	0.5	4635.51	4635.6	4635.77	4636.64	0.133573	4.52	0.11	1.2	4.75
-1430	4.2	4612	4612.31	4613.07	4618.52	0.22351	11.04	0.38	1.2	6.26
-1430	1.4	4612	4612.15	4612.51	4615.11	0.217003	7.63	0.18	1.2	6.23
-1430	0.5	4612	4612.07	4612.26	4613.59	0.241995	5.46	0.09	1.2	6.3
-1454	4.2	4598.56	4607.26		4607.26	0.000079	0.4	10.44	1.2	0.04
-1454	1.4	4598.56	4598.68	4599.08	4603.6	0.475312	9.83	0.14	1.2	9.12
-1454	0.5	4598.56	4598.63	4598.82	4600.44	0.321905	5.97	0.08	1.2	7.2
-1460	4.2	4598.56	4607.26	4599.63	4607.26	0.000079	0.4	10.44	1.2	0.04
-1460	1.4	4598.56	4598.72	4599.08	4601.58	0.205752	7.5	0.19	1.2	6.07
-1460	0.5	4598.56	4598.67	4598.82	4599.41	0.077926	3.81	0.13	1.2	3.67
-1467	4.2	4598.56	4599.15		4599.25	0.001238	1.43	2.94	5	0.6
-1467	1.4	4598.56	4598.63	4598.76	4599.47	0.135243	4.05	0.35	5	4.92
-1467	0.5	4598.56	4598.6	4598.66	4598.87	0.078423	2.29	0.22	5	3.5
-1470	4.2	4598.56	4599.14		4599.25	0.001264	1.44	2.92	5	0.6
-1470	1.4	4598.56	4598.65	4598.76	4599.12	0.051541	3.02	0.46	5	3.17
-1470	0.5	4598.56	4598.62	4598.66	4598.75	0.022317	1.57	0.32	5	1.98
-1480	4.2	4597.96	4598.78	4598.78	4599.19	0.005608	2.84	1.48	1.8	1
-1480	1.4	4597.96	4598.19	4598.35	4598.79	0.025823	3.43	0.41	1.8	2.3
-1480	0.5	4597.96	4598.06	4598.16	4598.45	0.042107	2.76	0.18	1.8	2.78
-1720	4.2	4583.56	4583.91	4584.38	4586.19	0.0633	6.69	0.63	1.8	3.61
-1720	1.4	4583.56	4583.72	4583.95	4584.86	0.069566	4.73	0.3	1.8	3.72
-1720	0.5	4583.56	4583.65	4583.76	4584.1	0.052098	2.95	0.17	1.8	3.07
-1880	4.2	4580.36	4580.86	4581.18	4581.96	0.021739	4.63	0.91	1.8	2.08
-1880	1.4	4580.36	4580.6	4580.75	4581.12	0.020832	3.2	0.44	1.8	2.07
-1880	0.5	4580.36	4580.48	4580.55	4580.75	0.022576	2.27	0.22	1.8	2.07
-1980	4.2	4570.36	4570.65	4571.18	4573.87	0.106111	7.95	0.53	1.8	4.68

HEC-RAS Plan: Tirantes River: Canal Carahuacra Reach: Inicio

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
-1980	1.4	4570.36	4570.5	4570.75	4572	0.10658	5.41	0.26	1.8	4.55
-1980	0.5	4570.36	4570.43	4570.56	4571.16	0.115067	3.78	0.13	1.8	4.44
-2080	4.2	4566.86	4567.28	4567.68	4568.88	0.037815	5.61	0.75	1.8	2.78
-2080	1.4	4566.86	4567.06	4567.25	4567.83	0.037606	3.88	0.36	1.8	2.76
-2080	0.5	4566.86	4566.96	4567.06	4567.35	0.042423	2.77	0.18	1.8	2.79
-2300	4.2	4563.56	4564.11	4564.38	4565.02	0.016873	4.23	0.99	1.8	1.82
-2300	1.4	4563.56	4563.82	4563.95	4564.28	0.017057	2.99	0.47	1.8	1.87
-2300	0.5	4563.56	4563.7	4563.76	4563.9	0.014327	1.97	0.25	1.8	1.67
-2520	4.2	4545.96	4546.28	4546.78	4549.01	0.083053	7.33	0.57	1.8	4.14
-2520	1.4	4545.96	4546.12	4546.35	4547.38	0.082579	4.99	0.28	1.8	4.04
-2520	0.5	4545.96	4546.03	4546.16	4546.75	0.111148	3.74	0.13	1.8	4.37
-2740	4.2	4533.86	4534.22	4534.68	4536.35	0.057418	6.47	0.65	1.8	3.44
-2740	1.4	4533.86	4534.03	4534.26	4535.1	0.063058	4.58	0.31	1.8	3.54
-2740	0.5	4533.86	4533.95	4534.06	4534.46	0.065763	3.17	0.16	1.8	3.42
-2783.4	4.2	4531.47	4531.78	4532.3	4534.81	0.096991	7.71	0.54	1.8	4.48
-2783.4	1.4	4531.47	4531.63	4531.87	4532.89	0.08201	4.98	0.28	1.8	4.02
-2783.4	0.5	4531.47	4531.54	4531.67	4532.35	0.135089	3.97	0.13	1.8	4.78
-2800	4.2	4524.51	4526.49	4525.13	4526.52	0.000176	0.77	5.46	2.75	0.17
-2800	1.4	4524.51	4526.03		4526.04	0.000038	0.33	4.2	2.75	0.09
-2800	0.5	4524.51	4525.8		4525.8	0.000008	0.14	3.54	2.75	0.04
-2801	4.2	4524.51	4526.49		4526.52	0.000176	0.77	5.46	2.75	0.17
-2801	1.4	4524.51	4526.03		4526.04	0.000038	0.33	4.2	2.75	0.09
-2801	0.5	4524.51	4525.8		4525.8	0.000008	0.14	3.54	2.75	0.04
-2810	4.2	4524.51	4526.49		4526.52	0.000176	0.77	5.45	2.75	0.17
-2810	1.4	4524.51	4526.03		4526.04	0.000038	0.33	4.2	2.75	0.09
-2810	0.5	4524.51	4525.8		4525.8	0.000008	0.14	3.54	2.75	0.04
-2812	4.2	4525.51	4526.33		4526.5	0.001902	1.86	2.25	2.75	0.66
-2812	1.4	4525.51	4525.97		4526.03	0.001093	1.09	1.28	2.75	0.51
-2812	0.5	4525.51	4525.77		4525.79	0.000809	0.69	0.72	2.75	0.43
-2813	4.2	4525.51	4526.32		4526.5	0.001913	1.87	2.25	2.75	0.66
-2813	1.4	4525.51	4525.97		4526.03	0.001101	1.09	1.28	2.75	0.51
-2813	0.5	4525.51	4525.77		4525.79	0.000818	0.7	0.72	2.75	0.43
-2813.1	4.2	4525.51	4526.38		4526.48	0.00251	1.43	3.37	4.94	0.49
-2813.1	1.4	4525.51	4525.98		4526.03	0.002514	0.96	1.6	3.94	0.44
-2813.1	0.5	4525.51	4525.77		4525.79	0.002516	0.65	0.82	3.41	0.4
-2814	4.2	4525.5	4526.38	4526.08	4526.47	0.002503	1.43	3.38	4.94	0.49
-2814	1.4	4525.5	4525.98	4525.79	4526.02	0.002503	0.95	1.6	3.94	0.44
-2814	0.5	4525.5	4525.77	4525.64	4525.79	0.002497	0.65	0.82	3.41	0.4

ANEXO D.4

DRENAJE

ANEXO D.4 - DRENAJE

1.00 Granulometría del Filtro

La granulometría del filtro se elegirá de acuerdo al criterio protección contra la erosión interna pero permitiendo el paso del agua. Para este efecto, la Secretaría de Obras Públicas recomienda un filtro general básico aplicable para el subdrenaje en todo tipo de suelos, cuya granulometría se detalla seguidamente y que será aplicado al caso del Proyecto Piloto

Malla Tamiz ASTM	% Que Pasa
1 1/2"	100
1"	80-100
3/4"	85-100
3/8"	40-80
No. 4	20-55
No. 10	0-35
No. 20	0-20
No. 40	0-12
No. 100	0-7
No. 200	0-5

2.00 Profundidad de la Tubería Colectora

De acuerdo al estudio Geológico - Geotécnico (ver figuras 03.a y 03.b del Anexo C) el mayor nivel freático se encuentra a 0.90 m y corresponde a la calicata C-7 por lo que es suficiente que la tubería se desarrolle a una altura h de la rasante. Esta altura está supeditada al drenaje transversal.

De acuerdo al Estudio Hidráulico en este tramo se tiene que el tirante en el canal, para un caudal de $0.50 \text{ m}^3/\text{s}$, es de 0.24 m (Ver figura 3 del anexo A.3). Por lo tanto se colocará el drenaje transversal a una altura de 0.30 por encima de la rasante. Esta altura constituirá también la altura h del drenaje longitudinal.

3.00 Diámetro de la Tubería Colectora

Para el desfogue del drenaje longitudinal en este tramo, se identificó, de acuerdo a las secciones transversales elaboradas en el Estudio Topográfico, salidas en los puntos 0+400, 0+540, 0+680 y 0+820. El diámetro de la tubería se elegirá para una distancia de 140 m (distancia entre los puntos mencionados). Asimismo, el diámetro a considerar será 0.10 m.

La tubería será del tipo corrugado a efecto de prever una falla estructural debido a las cargas externas. Se adoptará, a fin de no comprometer a las corrugaciones, el orificio tipo ranura.

La pendiente de la tubería será la misma de la rasante en este tramo, es decir 0.0025. Para el tramo 0+820 a 1+000 la tubería tendrá una contra pendiente de 0.0025 a efecto de permitir el desfogue en el punto 0+820.

4.00 Tamaño de los Orificios de la Tubería Colectora

De acuerdo al criterio utilizado por la U. S. Bureau of Reclamation (1973), para orificios tipo ranura se tiene:

$$\frac{D_{85} \text{ filtro junto al orificio}}{w} \geq 2$$

Donde:

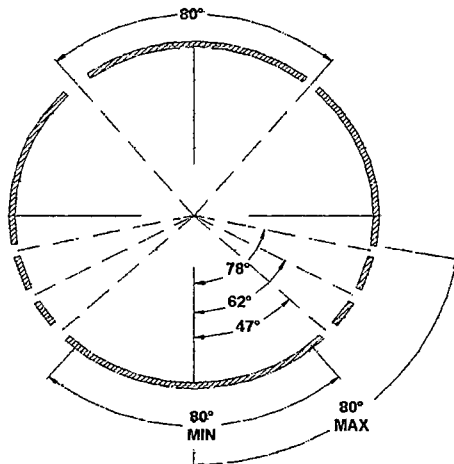
D_{85} = Diámetro de la partícula para el 85% que pasan en la curva granulométrica=3/4" de acuerdo al ítem 1.00.

w= Ancho de la ranura

Reemplazando en la fórmula respectiva encontramos que $w < 0.93 \text{ cm}$. Asumimos $w = 0.9 \text{ cm}$

5.00 Disposición de los Orificios y Área de Perforación por Metro

La disposición se determinará de acuerdo al criterio de colectar el agua a la mayor tasa y en el menor tiempo. Por lo tanto esta será la que seguidamente se muestra:



De acuerdo a esta disposición y asumiendo un espaciamiento de 0.10 m entre los puntos de perforación y un espesor de 0.4 cm para la ranura, cada ranura tendrá un área $A=0.9 \times 0.4=0.36 \text{ cm}^2$. Por lo tanto, el área en cada punto de perforación será $8 \times 0.36=2.88 \text{ cm}^2$, luego en un metro tendremos un área de 25.9 cm^2 . Este valor será especificado en los planos correspondientes.

6.00 Características del Geotextil de Envoltura del Filtro

El tipo de geotextil será determinado de acuerdo a los criterios del *U. S. Federal Highway Association*, es decir los criterios de retención de suelo y permeabilidad que son expuestos en el texto *Designing with Geosynthetics* (Rober Corner. Prentice Hall. New Jersey. 1994).

6.01 Criterio de Retención del Suelo

Este criterio está referido a la determinación del O_{95} (tamaño de la abertura media del geotextil a la cual el 95% del peso de partículas esféricas de vidrio es retenido) y que constituye el AOS (tamaño de abertura aparente del geotextil). El diseño se realizará para el tipo de suelo más crítico existente a lo largo del desarrollo del canal a este respecto, es decir el constituido por la arena arcillosa (SC) descrita mediante la calicata C-13.

De acuerdo a la curva granulométrica de esta calicata, menos del 50% pasa la malla No. 200, por lo tanto:

$$O_{95} \leq D_{85, \text{suelo}}$$

Donde D_{85} es el diámetro del tamiz en mm que permite el paso del 85% en peso del suelo.

Para este suelo $D_{85}=8 \text{ mm}$, luego el AOS del geotextil debe ser menor que este valor. Asimismo, de acuerdo a las normas ASSHTO M288-92, normas que regulan el uso de geotextiles en aplicaciones de drenaje, este valor para suelos donde menos del 50% pasa la malla No. 200, debe ser menor de 0.6 mm (Ver Memoria del seminario "Aspectos Geotécnicos en el Diseño y Construcción de Proyectos viales". Lima. Agosto 1999).

Luego:

$$\text{AOS} < 6 \text{ mm}$$

6.02 Criterio de Permeabilidad

Para la aplicación no crítica como es el caso del presente Proyecto Piloto, es recomendable una permeabilidad normal al plano del geotextil, K_n , mayor o igual a la permeabilidad del suelo.

Conservadoramente, el coeficiente de permeabilidad de diseño será el correspondiente a la calicata C-7, el cual está constituido por 43.4% de arena fina y 29.7% de arcilla para los cuales se asumirá una permeabilidad de 5.2×10^{-2} y $9 \times 10^{-9} \text{ cm/s}$, respectivamente (Ver *Dynamic of Fluids in Porous Media*. Jacob Bear; Dover Publications. New York. 1972. Pag. 82)

Luego:

$$K = \frac{0.434 \times (5.2 \times 10^{-2}) + 0.297 \times (9 \times 10^{-9})}{0.434 + 0.297} = 3.1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

Por lo tanto:

$$K_n > 3.1 \times 10^{-2} \text{ cm/s} \quad \text{ó}$$

$$K_n > 3.1 \times 10^{-1} \text{ lt/m}^2/\text{seg}$$

6.03 Otras Propiedades del Geotextil

De acuerdo a las Normas del Instituto Nacional de Vías de Colombia, basadas en las Normas AASHTO referidas, el espesor del geotextil para zanjas con profundidades menores a 2 mm debe ser de 2 mm como mínimo.

Para estos requerimientos se establece también las siguientes restricciones:

Propiedad	Ensayo ASTM	Valor Mínimo (N)
Resistencia a la Tensión Grab	D4632	360
Resistencia al Punzonamiento	D4833	110
Resistencia al desgarre trapezoidal	D4533	110

CONCLUSIÓN: El geotextil será del tipo 451 (1). Las características del mismo se detallan en el Anexo E.

ANEXO E

ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN USADOS EN EL PROYECTO PILOTO



SYNTHETIC INDUSTRIES

Geosynthetic Products Division

Smart Solutions in Synthetics®

INTERNATIONAL SPECIFICATION 451(I) Nonwoven Geotextile

451(I) is a polypropylene, staple fiber, needlepunched nonwoven geotextile manufactured at one of Synthetic Industries' facilities that has achieved ISO-9002 certification for its systematic approach to quality. The fibers are needed to form a stable network that retain dimensional stability relative to each other. The geotextile is resistant to ultraviolet degradation and to biological and chemical environments normally found in soils. 451(I) conforms to the property values listed below¹ which have been derived from quality control testing performed by one of Synthetic Industries' GAI-LAP accredited laboratories:

PROPERTY	TEST METHOD	TYPICAL ROLL VALUES ²
<u>Physical</u>		
Mass Per Unit Area	ASTM D5261 ISO 9864	155 g/m ²
Thickness	ASTM D5199	1.2 mm
<u>Mechanical</u>		
Wide Width Tensile Strength (Elongation @ Break)	ASTM D4595 BS 6906/1	10.5 kN/m (40%)
Grab Tensile Strength (Elongation @ Break)	ASTM D4632	620 N (60%)
CBR Puncture Strength	GRI GSI BS 6906/4 DIN 54307	2110 N
Mullen Burst	ASTM D3786	1930 kPa
Trapezoidal Tear	ASTM D4533	265 N
Cone Drop	BS 6906/6	26 mm
<u>Hydraulic</u>		
Pore Size (O ₉₅)	ASTM D4751 (Dry)	0.150 mm
Permeability	ASTM D4491 BS 6906/3	91 l/m ² /sec 176 l/m ² /sec
<u>Endurance</u>		
UV Resistance (% retained @ 500 hours)	ASTM D4355	70%

Roll Dimension: 4.0m x 225m = 900m²

Notes:

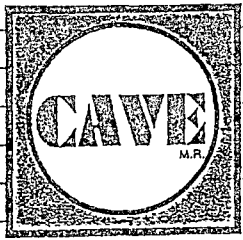
¹ The property values listed below are effective 4/21/97 and are subject to change without notice.

² Values shown are in weaker principal direction. Typical indicates mean or average value of all test data.

SELLER MAKES NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, CONCERNING THE PRODUCT FURNISHED HEREUNDER OTHER THAN AT THE TIME OF DELIVERY IT SHALL BE OF THE QUALITY AND SPECIFICATION STATED HEREIN. ANY IMPLIED WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE IS EXPRESSLY EXCLUDED, AND, TO THE EXTENT THAT IT IS CONTRARY TO THE FOREGOING SENTENCE, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY IS EXPRESSLY EXCLUDED. ANY RECOMMENDATIONS MADE BY SELLER CONCERNING THE USES OR APPLICATIONS OF SAID PRODUCT ARE BELIEVED RELIABLE AND SELLER MAKES NO WARRANTY OF RESULTS TO BE OBTAINED. IF THE PRODUCT DOES NOT MEET SYNTHETIC INDUSTRIES CURRENT PUBLISHED SPECIFICATIONS, AND THE CUSTOMER GIVES NOTICE TO SYNTHETIC INDUSTRIES BEFORE INSTALLING THE PRODUCT, THEN SYNTHETIC INDUSTRIES WILL REPLACE THE PRODUCT WITHOUT CHARGE OR REFUND THE PURCHASE PRICE

Synthetic Industries, Inc.

4019 Industry Drive • Chattanooga, Tennessee • 37416 • USA
Telephone • 423-899-0444 • Fax • 423-899-7619



CAVE JUNTAS

M.R.

JUNTAS DE DILATACION Y HORMIGONADO

1.- DESCRIPCION:

CAVE JUNTAS, son perfiles alásticos que se utilizan en el sellado estanco de los diferentes tipos de juntas que se presentan en obras de construcción. Sean éstas de dilatación o de trabajo, sometidas a altas presiones de agua.

2.- PROPIEDADES:

CAVE JUNTAS son fabricadas en base a un compuesto de polivinil cloruro (PVC) especialmente formulado a partir de resinas vírgenes (No recicladas) obteniéndose perfiles de gran resistencia, impermeabilidad y elasticidad.

Resistente a la ruptura, envejecimiento, variaciones de temperatura y agentes químicos agresivos.

ENSAYOS :

- Tracción y elongación según norma ASTM D - 638.

PROBETA	TENSION MAXIMA Kgf / cm.	ALARGAMIENTO
1	157	410 %
2	158	390 %
3	164	410 %
PROMEDIO	159	400 %

- Dureza según norma ASTM - 2240 el valor es de 72 Shore A.
- Absorción de agua según norma ASTM - 570, las probetas absorben 0.082 % peso agua.
- Flexibilidad a baja temperatura, doblamiento sobre un radio de 12.5 mm.

TEMPERATURA	RESULTADO
0° C	NO PRESENTA ALTERACIONES
- 5° C	NO PRESENTA ALTERACIONES
-15° C	NO PRESENTA ALTERACIONES

BLANCO Ings. S.R.L.
FRANCISCO ALMENDARA 383
CALLE CAROLINA TAYRA 13 (C.A. VICTORIA)

3.- USOS:

La experiencia ha demostrado que en toda estructura se producen deformaciones, siendo las causas principales:

- Retracción hidráulica del hormigón.
- Cargas y sobrecargas del uso.
- Variaciones de temperatura.
- Fenómenos de asentamiento.
- Movimientos sísmicos.

Para prevenir estas deformaciones se divide una estructura en varias partes aisladas, de manera que puedan efectuar movimientos en forma separada, en estas divisiones de la estructura se colocan las JUNTAS CAVE para absorber los movimientos e impedir filtraciones de agua.

Según los usos o requerimientos las JUNTAS CAVE se fabrican en diferentes formas y anchos.

TIPO	PERFIL DE LA JUNTA	UBICACION	CARACTERISTICAS	ANCHO cm.
U-15		Interior del Hormigón	En juntas de expansión, construcción y contracción el fuelle central permite soportar movimientos laterales y transversales.	15
U-22				23
D-23		Superficie del Hormigón	Donde los movimientos esperados en la junta son amplios. La unión inferior del fuelle es muy delgada permitiendo la instalación de la banda sin deformarse, y al rasgarse permite la deformación del fuelle antes que la banda sufra elongación por efecto de los movimientos.	23

4.- INSTRUCCIONES DE COLOCACION:

Las juntas tipo U-15 y U-22 deberán ser instaladas en estructuras cuyo espesor mínimo sea igual al de la junta a utilizar (Fig. 1), deberán ubicarse al centro de la estructura y serán fijadas a la enfierradura mediante amarras de alambre. Así se evitará el desplazamiento mientras es vaciado el hormigón. (Fig.2)

Las juntas tipo D-23 se fijarán a una de las caras del montaje (Fig. 3 y 4).

Para obtener una junta impermeable, es necesario que la JUNTA CAVE esté perfectamente anclada y adherida en el hormigón, por lo que es recomendable el uso de un aditivo plástificante que mejore la trabajabilidad de éste y asegure un llenado total, obteniéndose un hormigón compacto e impermeable.

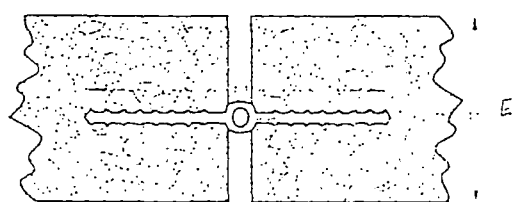


Fig.1 E > H

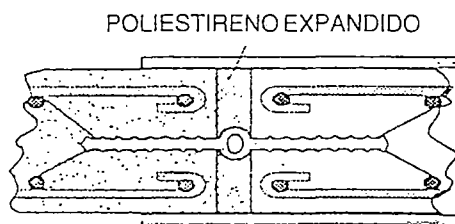


Fig.2

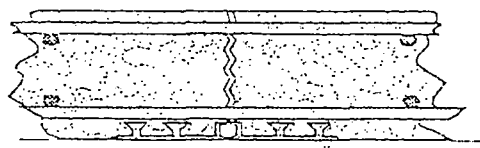


Fig.3

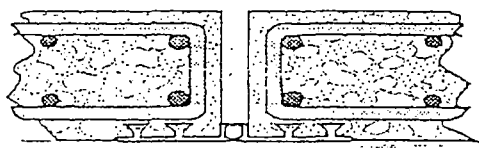


Fig.4

5.- UNION DE LAS JUNTAS CAVE :

Según los requerimientos de obra, las JUNTAS CAVE pueden ser soldadas por termofusión, logrando piezas de largas variables o de formas especiales.

PROCEDIMIENTO:

Contra los extremos a unir, de tal forma que coincidan perfectamente (Fig. 5). Por medio de un soplete o anafe calentar una plancha metálica limpia, de una dimensión mayor que el ancho de la junta a unir hasta que alcance una temperatura que permita fundir el material de la junta (verificar con un trozo de ésta), luego colocar la plancha caliente entre los extremos a unir y aproximarlos hasta que tomen contacto con ella y se note la fusión de material (Fig. 6), retirar la plancha y unir presionando rápidamente ambos extremos. Mantener esta presión hasta que la unión se enfríe. (Fig.7).

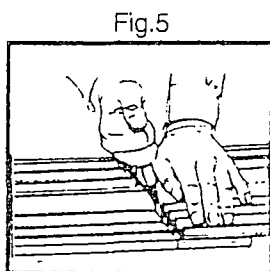


Fig.5

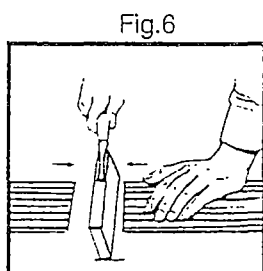


Fig.6

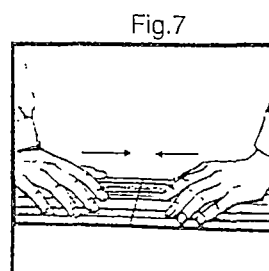


Fig.7



CAVE JUNTAS

M.R.

JUNTAS DE DILATACION Y HORMIGONADO

Cuando el número de uniones sea elevado, recomendamos fabricar una prensa de madera o metal de acuerdo al diagrama (Fig.8), adecuándola al perfil y ancho de la junta. Este elemento permite obtener uniones más precisas y en menor tiempo.

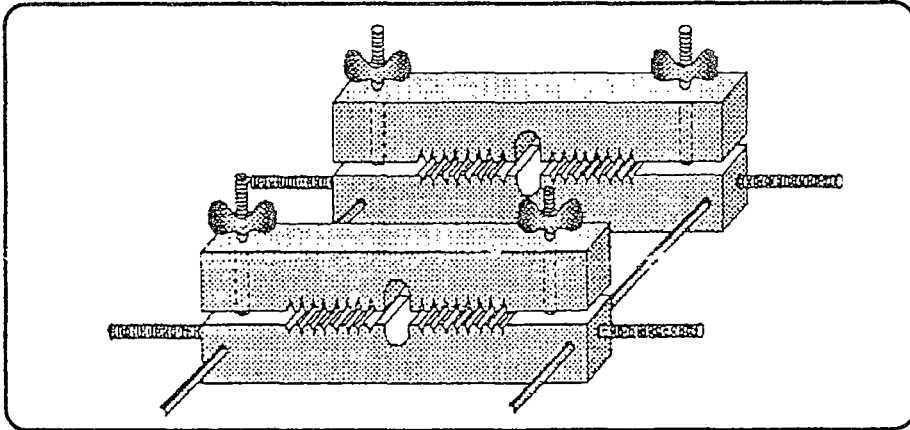
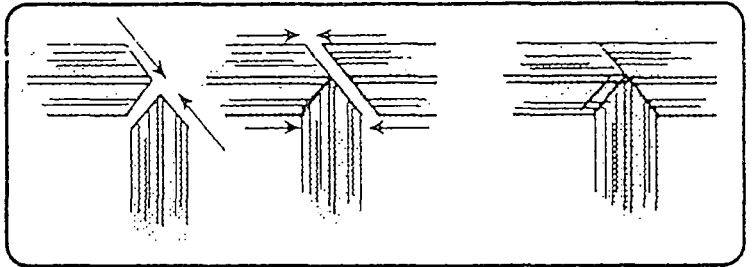
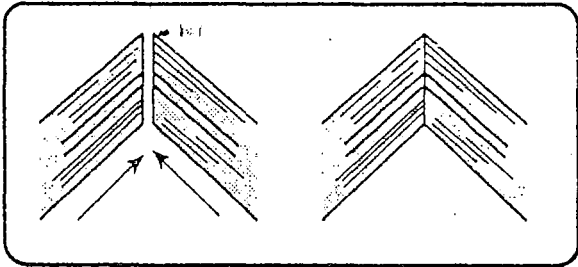


Fig.8

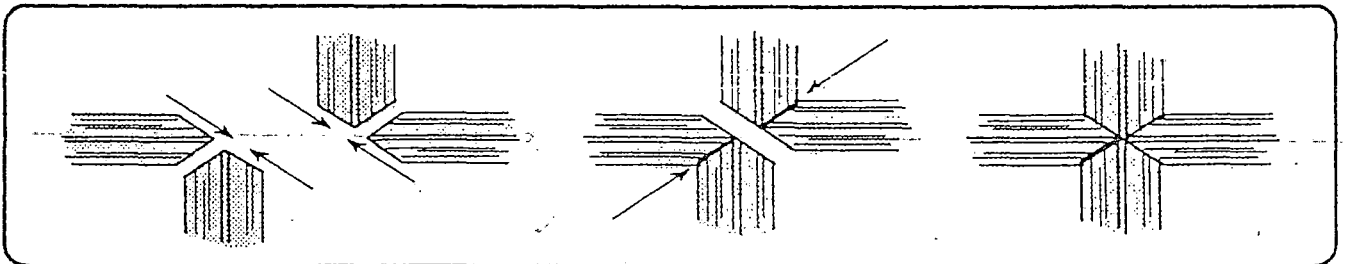
Diagrama para fabricar piezas especiales:

• PIEZA EN L


• PIEZA EN T

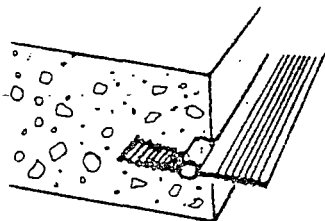


• PIEZA EN CRUZ

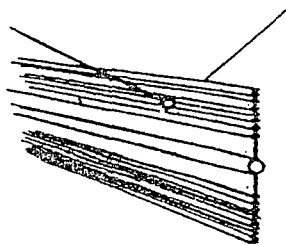


6.- PRECAUCIONES:

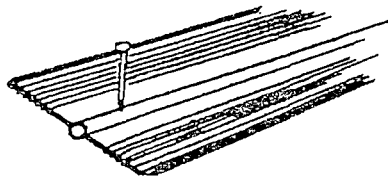
	BLANCO Ings. S.R.L.
<small>FRANCISCO ALMENARA 383 Urb. SANTA CATALINA - LIMA 13 (LA VICTORIA) FONO FAX : 470-6272 FONO : 470-8873</small>	



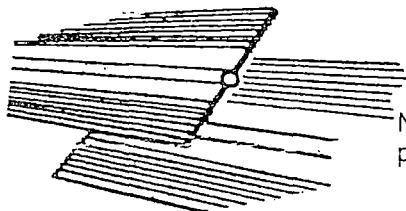
En juntas de dilatación, el fuelle nunca debe quedar envuelto o atrapado por el hormigón, la dilatación debe ser igual o mayor que el fuelle.



Nunca fijela junta desde otro punto que no sean los bordes de ésta.



Nunca claveni perforela junta en el fuelle o en otro punto que comprometa la impermeabilidad.



Nunca una las juntas tras lapándolas, únalas sólo mentecomindican los procedimientos antes descritos.

7.- UNIDAD DE SUMINISTRO:

TIPO	ROLLOS	MULTIPLS
U-15	30mts.	5mts.
U-22	15mts.	5mts.
*D-23	15mts.	5mts.

*Reemplaza a JUNTAS Tipo D-21 y D-27

ADVERTENCIA

Los antecedentes técnicos entregados están basados en ensayos que consideramos seguros de acuerdo a nuestra experiencia. Sin embargo, no pudiendo controlar la aplicación de los productos, no nos hacemos responsables por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso incorrecto o inadecuado de éstos. Aconsejamos al usuario, ante cualquier duda o dificultad, consultar con nuestro Departamento Técnico y gustosos daremos solución a sus problemas y aconsejaremos sobre el uso particular de cada producto.



CAVE LASTIC PRT

M.R.

MASILLA ELASTOMERICA DE POLIURETANO

1.- DESCRIPCION:

CAVE LASTIC PRT es un sellador elastomérico de un componente a base de poliuretano. Esta diseñado para sellar diferentes tipos de juntas o uniones, entre distintos elementos constructivos produciendo un sello de excelente adherencia y elasticidad.

2.- USOS:

- Sello de grietas.
- Sello de juntas de dilatación.
- Sello de tabiques.
- Sello de elementos prefabricados de hormigón.
- Sello de marcos de puertas y ventanas con estructuras de homigón.
- Sello de techos y accesorios de hojalata.
- Sello de pasadas de tubos

3.- VENTAJAS:

- Excelente adherencia a la mayoría de los materiales utilizados en construcción.
- Buen comportamiento expuesto a la intemperie.
- No contrae al secarse (no queda cóncavo).
- No es corrosivo.
- Secado superficial de 2 a 4 horas después de aplicado.
- Puede pintarse con emulsiones o esmaltes después que a curado.

4.- CARACTERISTICAS TECNICAS:

- | | |
|---------------------------|---|
| - Porcentaje de sólidos | Mínimo 97% |
| - Tensión | 21 Kg/cm ² |
| - Elongación | 500-600% (81% Recuperación) |
| - Concavidad | 0 |
| - Dureza ("Shore A") | 30 - 40 |
| - Temperatura de servicio | -40° C a 93° C |
| - Punto de inflamacion | 64.4 ° C |
| - Tiempo de curado | 24 a 48 hrs. a 23.8° C en un espesor de 6 mm. |

5.- PREPARACION DE LA SUPERFICIE :

CAVE LASTIC PRT debe aplicarse sobre una superficie limpia y seca. La adherencia dependerá en gran medida de una buena preparación de la superficie; para esto se debe remover completamente todo material suelto, polvo, grasas, aceites, compuestos de curado, óxidos, lechadas de cemento, etc. Una limpieza mecánica por medio de escobilla de acero, lija, espátula u otro sistema similar logrará el efecto deseado.

Las superficies metálicas (aluminio, acero) en su proceso de fabricación quedan impregnadas con una capa invisible de aceite y deben ser limpiadas con un buen solvente o limpiador de grasas como el xilol o aguarrás. En algunos casos puede ser necesario lijarlas o arenarlas.

6.- DISEÑO DE LA UNION:

- Recomendamos que el ancho máximo de la junta no sea superior a 32 mm. y el ancho mínimo no sea inferior a 6 mm.
- El espesor del sello en juntas con un ancho igual a 6 mm. deberá ser como mínimo 6 mm. y en juntas con un ancho superior a 6 mm. el espesor del sello será equivalente a la mitad del ancho de la junta, pero no deberá ser inferior a 6 mm. ni exceder a 12.5 mm de espesor.
- Para obtener el espesor de sello recomendado, la junta deberá rellenarse con una huincha de espuma de poliuretano hasta el nivel en que posteriormente se aplicara CAVE LASTIC PRT.
- Remueva el exceso y las manchas de sellador inmediatamente con xilol.
- CAVE LASTIC PRT. está diseñado para trabajar con un movimiento máximo de 50%.

7.- APLICACION DEL PRODUCTO :

- Primero corte la boquilla de acuerdo al ancho de la junta a sellar y coloque en la pistola aplicadora.
- La aplicación debe hacerse en forma continua manteniendo una presión adecuada y constante para esparcir el sellador contra el material de respaldo y los costados de la junta.
- El exceso debe ser quitado mientras el producto este fresco. Siga este proceso utilizando un solvente como el xilol u otro producto similar.
- Si los bordes han sido cubiertos con cinta adhesiva, quítelas inmediatamente después de aplicado CAVE LASTIC PRT. El sellador es muy difícil de remover una vez seco.

8.- PRECAUCIONES :

- No aplicar sobre superficies húmedas o contaminadas con aceite, ceras, óxidos, lechadas de cemento .
- Almacenar a una temperatura inferior a 25° C.

9.- RENDIMIENTOS :

- Rinde 6 mts. por cartucho en un sello de 1 cm. de ancho por 0.5 cm. de espesor.

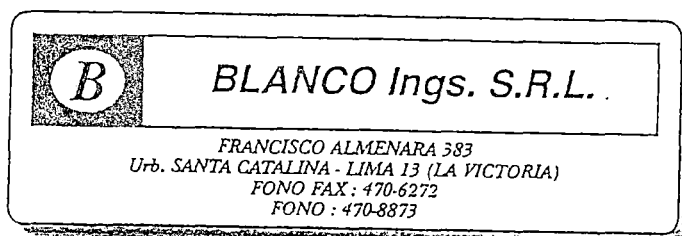
10.- PRESENTACION :

Cartucho de 305 cc. con boquilla dosificadora (compatible con pistolas calafateadoras standard).

Colores : Gris - Negro

11.- UNIDADES DE SUMINISTRO :

Cajas : 18 cartuchos de 305 cc. cada uno.



ANEXO F

**EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA
DEL PROYECTO PILOTO**

PROYECTO:
"CANAL DE DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"

CONTENIDO

CAPITULO I : MEMORIA DESCRIPTIVA.....	I-1
1.0 INTRODUCCIÓN	I-1
2.0 OBJETIVO Y METAS DEL PROYECTO	I-1
3.0 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	I-1
4.0 UBICACIÓN Y ACCESOS	I-2
4.1 UBICACIÓN.....	I-2
4.2 ACCESOS	I-2
5.0 INFORMACION BÁSICA	I-3
5.1 TOPOGRAFÍA	I-3
5.2 CLIMA.....	I-3
5.3 HIDROLOGÍA	I-3
5.4 GEOTÉCNIA Y MECÁNICA DE SUELOS	I-4
6.0 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	I-4
6.1 DIQUE DE CIERRE.....	I-4
6.2 CANAL DE DERIVACIÓN	I-5
6.3 OBRAS DE ARTE.....	I-6
CAPITULO II : PLAZO Y PRESUPUESTO DE OBRA.....	II-1
1.00 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	II-1
2.00 PRESUPUESTO.....	II-1
3.00 PLAZO DE EJECUCIÓN.....	II-1
4.00 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA.....	II-2
CAPITULO III : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	III-1
1.0 OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	III-1
1.01 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS.....	III-1
1.02 SEÑALIZACIONES PARA DESVIOS EN VIAS DE TRÁNSITO.....	III-2
1.03 ALMACÉN Y TALLERES DE OBRA	III-2
1.04 CASETA DE GUARDIANÍA MÓVIL.....	III-2
1.05 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO EN CANALES.....	III-2
1.06 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE	III-3
1.07 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DE DIQUE DE CIERRE	III-4
1.08 CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE ACCESO.....	III-4
1.09 MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO.....	III-4
1.10 DESVIOS PROVISIONALES.....	III-5
2.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS	III-5
2.01 EXCAVACION DE PLATAFORMA Y CAJA DE CANAL Y OBRAS DE ARTE EN TERRENO SUELTO A MAQUINA.....	III-5
2.02 EXCAVACIÓN DE PLATAFORMA Y CAJA DE CANAL Y OBRAS DE ARTE EN TERRENO ROCOSO A MAQUINA.....	III-6
2.03 RELLENO COMPACTADO CON DESMONTE DE MINA	III-6
2.04 LECHO FILTRANTE CON MATERIAL SELECCIONADO	III-7
2.05 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE < 1000 M	III-7
2.06 EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZANJA DE DRENAJE DE DIQUE.....	III-7
2.07 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJA DE ANCLAJE	III-8
2.08 CONSTRUCCION DE TERRAPLENES PARA DIQUE.....	III-8
2.09 CONSTRUCCION DE DRENES CON GRAVA Y ARENA COMPACTADA.....	III-9
2.10 CONFORMACION Y PEINADO DE TALUD DE DIQUE Y COLOCACION DE	

	MATERIAL FINO.....	III-10
2.11	RELLENO MANUAL CON MATERIAL DE ENROCADO	III-10
3.00	OBRAS DE CONCRETO	III-11
A)	CEMENTO	III-11
B)	AGREGADOS.....	III-12
	B.1 AGREGADO FINO	III-12
	B.2 AGREGADO GRUESO	III-13
	B.3 AGUA	III-14
	B.4 ADITIVOS	III-14
C)	ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES EN OBRA.....	III-14
D)	ENSAYO DE LOS MATERIALES.....	III-15
E)	MEZCLADO DEL CONCRETO	III-15
	E.1 VERIFICACIÓN DEL EQUIPO DE MEZCLADO	III-16
	E.2 OPERACIÓN DE CARGADO DEL EQUIPO DE MEZCLADO	III-16
	E.3 TIEMPO DE MEZCLADO	III-16
F)	TRANSPORTE DEL CONCRETO	III-17
G)	PREPARACIÓN PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO.....	III-17
H)	COLOCACIÓN DEL CONCRETO	III-18
I)	CURADO DEL CONCRETO.....	III-20
J)	CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO	III-20
K)	ACABADOS	III-21
3.01	CONCRETO SIMPLE.....	III-22
3.01.1	MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA Y EMBOQUILLADA EN CONCRETO F'C=20.6 MPA (210 KG/CM2) E=0.20 M.....	III-22
3.02	CONCRETO ARMADO	III-23
3.02.1	CONCRETO F'C=24 MPA (245 KG/CM2) EN OBRAS HIDRAULICAS	III-23
3.02.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN OBRAS HIDRAULICAS.....	III-23
3.02.3	HABILITACIÓN DE ACERO DE REFUERZO FY=411.6 (4200 KG/CM2) EN OBRAS HIDRAULICAS	III-24
4.00	VARIOS.....	III-25
4.01	JUNTA WATER STOP 0.15 M (6") TIPO U-15	III-25
4.02	JUNTA CON MASILLA ELASTOMERICA DE POLIURETANO (E=0.025X0.0125M)	III-25
4.03	TUBERÍA CORRUGADA DE PVC 0.10 M (4") PARA DRENAJE LONGITUDINAL.....	III-26
4.04	TUBERÍAS ROMPEPRESIÓN 0.10 M (4") INCLUIDA CHARNELA.....	III-27
4.05	EVACUACIÓN DE AGUAS POR BOMBEO	III-27
4.06	ESCALINES DE FIERRO LISO.....	III-27
4.07	PLANCHA DE ACERO A-36 PARA REVESTIMIENTO DE VIGA DE IMPACTO	III-28
4.08	GEOTEXTIL NO TEJIDO E=1.2 MM.....	III-28
4.09	GEOMEMBRANA CORRUGADA E=1.5 MM	III-28
4.10	ELEMENTOS METÁLICOS	III-29
	MALLA DE PROTECCIÓN	III-30
	GUARDAVIA METÁLICO	III-30

CAPITULO IV : PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRAS

CAPITULO V : PLANOS.....

CAPITULO I : MEMORIA DESCRIPTIVA

1.0 INTRODUCCIÓN

Los tajos abiertos San Martín y Santa Agueda pertenecientes al Complejo Minero San Cristóbal-Carahuacra, se encuentran ubicados dentro del cauce natural de la Quebrada Carahuacra; ésta situación ha conllevado a que en época de lluvias los tajos referidos sean inundados por las aguas de escorrentía superficial que discurren por dicha quebrada, perjudicando las labores de explotación. Asimismo de acuerdo a lo establecido por el Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA, es necesario derivar la quebrada en mención para evitar que se contaminen a su paso por el complejo minero con una serie de elementos entre los que se puede mencionar al plomo, zinc, cobre, etc.

2.0 OBJETIVO Y METAS DEL PROYECTO

El presente Proyecto tiene los siguientes objetivos:

- Cumplir con lo establecido por el Programa de Adecuación del Medio Ambiente, PAMA, para la unidad minera San Cristóbal.
- Derivar las aguas de la Quebrada Carahuacra a fin de evitar la inundación de los tajos abiertos e instalaciones del Complejo Minero San Cristóbal.

3.0 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El Presente Expediente Técnico está referido a la Construcción de las obras de Captación y Canal de Derivación San Cristóbal - Carahuacra, ubicada en la margen izquierda del río Carahuacra.

El Proyecto contempla la construcción de un dique de cierre, consistente en un terraplén de desmonte de mina revestida con capas de geotextil y geomembrana, de 2.40 m de altura y 82.5 m de longitud (entre las progresivas 0+022.5 y 0+105).

Así mismo, el Proyecto incluye la construcción de un canal de Derivación con una capacidad de conducción de 4.20 m³/s y con una longitud de 2708 m (entre las Progresivas 0+105 y

2+813). La sección del canal será rectangular pero de dimensiones variables a lo largo de su desarrollo, como lo muestra el siguiente cuadro:

Tipo, longitud	Rectangular, 45 m (0+105 – 0+150)
Ancho, alto, espesor	1.80 x 2.40 x 0.30
Tipo, longitud	Rectangular, 2104.5 m (0+150 – 1+000, 1+471.9 – 2+753.4)
Ancho, alto, espesor	1.80 x 1.50 x 0.20
Tipo, longitud	Rectangular, 310 m (1+010 – 1+320)
Ancho, alto, espesor	1.20 x 1.20 x 0.20
Tipo, longitud	Cajón, 140 m (1+320 – 1+460)
Ancho, alto, espesor	1.20 x 1.20 x 0.25

A lo largo del recorrido del canal, se tienen las siguientes obras de arte:

Transiciones	2 (1+000, 1+467)
Pozas disipadoras	2 (0+150, 2+790)
Rápida cubierta con dentellones	1 (1+320 a 1+460)
Estructura de impacto	1 (1+460-1467)
Alcantarillas	2 (0+930, 2+753.4)
Entrada de pequeña quebrada.....	1 (1+655-1665)
Puentes peatonales	3 (0+105, 0+550, 1+650)

Se ha previsto el drenaje de las aguas que discurren por la pequeña quebrada ubicada en la progresiva 1+660 y las laderas adyacentes al canal. Asimismo, y para otorgarle mayor seguridad al canal de derivación, se han proyectado zanjas de evacuación de excedencias en las Progresivas 0+536 y 2+105.

4.0 UBICACIÓN Y ACCESOS

4.1 UBICACIÓN

El proyecto tiene la siguiente ubicación:

- Políticamente en el departamento de Junín, Provincia y Distrito de Yauli.
- Hidrográficamente en la quebrada Carahuacra afluente del río Yauli, perteneciente a la cuenca Pucará
- Altitudinalmente está entre las cotas 4,678 y 4526 msnm.
- Entre las coordenadas UTM: 8'700,606 N - 384,120 E y 8'707,075 N - 379,280 E.

4.2 ACCESOS

La distancia aproximada entre Lima y la Zona del Proyecto es aproximadamente 175 Km, siendo la principal vía de acceso la Carretera Central, la misma que se encuentra en buen estado.

A continuación se detalla la ruta de acceso a la Obra:

Tramo	Tipo de Vía	Distancia Aprox.	Tiempo de recorrido (aproximado)
Carretera Central: Lima– Desvío Pachachaca	Asfaltada	150 Km	4 horas
Desv. Pachachaca – Yauli	Carretera afirmada	10 Km	1 hora
Yauli – Proyecto	Carretera en trocha	15 Km	45 minutos

5.0 INFORMACION BÁSICA

5.1 TOPOGRAFÍA

- El área por donde pasará el canal comprende taludes que varían entre 1.5% y 100% aproximadamente. El eje del canal presenta pendientes entre 0.0025 y 0.600.

5.2 CLIMA

El clima de la zona es en general frío y seco (baja humedad relativa del aire), como corresponde a la región Puna, con presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales y de nieve. Las principales condiciones climatológicas que caracterizan el área, son las siguientes:

- Las temperaturas promedio son relativamente bajas tanto en verano como en invierno, indicando que los períodos de temperatura muy fría ocurren muy temprano y en la noche; las temperaturas medias o altas durante el día aunadas a la baja presión atmosférica (altitud muy elevada) determinan un grado de evaporación alto.
- Durante los meses comprendidos entre noviembre y abril se producen grandes precipitaciones pluviales, nevadas y granizadas que coinciden con mayores temperaturas estacionales; entre los meses de mayo y agosto se producen grandes descensos de temperatura junto con escasez de precipitaciones que determinan congelamientos de agua.

5.3 HIDROLOGÍA

El flujo a conducir por el CANAL DE DERIVACION SAN CRISTOBAL-CARAHUACRA, es el proveniente de la escorrentía sobre el área de la cuenca receptora hasta el punto de interceptación mediante el dique de cierre y el de la ladera izquierda a lo largo de su recorrido hasta el punto de entrega del canal a la altura de “La Balanza”. Para el cálculo de los caudales se ha empleado los registros de Precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Oroya Mayupampa, por ser la más cercana a la zona del Proyecto. En los cálculos de diseño se considera un Período de Retorno de 50 años para el cual se calculó una precipitación de 37.96 mm.

El caudal de diseño ha sido evaluado empleando el Modelo HEC – 1, apropiado para

cuencas medianas, y considerando los parámetros geomorfológicos de la cuenca que se transmiten en los parámetros de ingreso al programa. El cómputo realizado arroja un valor de descarga de diseño de 4.20 m³/s para un período de recurrencia de 50 años. Es importante notar que este valor es obtenido debido a la gran incidencia de la capacidad de retención del área de bofedales y las lagunas naturales de la naciente de la cuenca que permiten reducir a la mitad los caudales que se presentan en la sección de ingreso al desvío. Por eso, tanto la laguna en la naciente como los bofedales deben preservarse para reducir el riesgo de caudales mayores a los previstos.

5.4 GEOTÉCNIA Y MECÁNICA DE SUELOS

De acuerdo al Estudio Geotécnico, las estructuras estarán sobre tres tipos de suelo predominante:

- Dique: sobre arcilla plástica con turba.
- Rápida: sobre arcilla gravosa y roca caliza.
- Canal: sobre arcilla, grava arcillosa, roca y arena arcilloso.

Sobre la base de los ensayos químicos realizados, se concluye que los suelos presentes a lo largo del desarrollo del canal no son agresivos a estructuras de concreto o acero. En lo referente a las canteras, se ha identificado dos:

- Cantera de Roca: se ubica a 5 Km de la unidad minera San Cristóbal, cerca de la cantera de agregados Cosapi. Existe acceso a esta cantera mediante una vía carrozable. Existe material apropiado para obras de enrocado.
- Cantera para Agregados: Se ubica a 3 Km aproximadamente de la unidad minera Andaychagua y es denominada cantera Cosapi. Pueden obtenerse grava y arena.
- Cantera de Finos: Ubicada a 1.5 Km de la unidad minera San Cristóbal, en la margen izquierda de la quebrada Carahuacra, los materiales que pueden obtenerse de esta cantera son grava y grava gruesa.

6.0 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

A continuación se describen las obras que comprende el proyecto:

6.1 DIQUE DE CIERRE

El dique derivará las aguas de escorrentía de lluvias que se acumulen aguas arriba del mismo, fijando una cota de carga hidráulica que garantice el ingreso de estas aguas hacia el canal.

Se ha previsto el revestimiento del terraplén del dique mediante la utilización de una geomembrana corrugada de 1.5 mm de espesor puesta entre 2 mantas de geotextil no tejido de 1.2 mm de espesor.

La cimentación del cauce donde se construirá la estructura es inestable, conformado de turba y arcilla. La arcilla se consolidará adecuadamente para evitar asentamientos excesivos posteriores. Se usará para ello drenes verticales de grava y arena espaciados en 5 m. La cota de corona del dique de cierre estará fijado en la cota 4678.646 msnm. El dique tendrá 2.40 m de altura, taludes 1:2 y 3 m de ancho de corona.

6.2 CANAL DE DERIVACIÓN

Es la estructura que conducirá las aguas derivadas por el dique de cierre y funcionará como dren principal de las aguas que escurran por la ladera donde va el trazo y recolectará las aguas de escorrentía de lluvias y de filtración de los bofedales.

Las dimensiones de secciones varían de acuerdo a la topografía, tipo de suelo de la base, en la mayor parte de los tramos el canal es de tipo rectangular revestido con concreto $f'c=24$ MPa (245 Kg/cm²).

Para el tramo 0+105 a 1+000, el drenaje sub-superficial se realizará mediante una tubería longitudinal de 0.10 m de diámetro colocadas a cada lado de la caja del canal, con salidas hacia el cauce original del río Carahuacra en los siguientes puntos: 0+400, 0+540, 0+680 y 0+820. Desde la progresiva 0+150 a la 0+820, la tubería de drenaje tendrá una pendiente de 0.0025, así mismo en el tramo 0+820 a 1+000, dicha tubería irá en contrapendiente con una pendiente de 0.0025. Así mismo se ha previsto la utilización de tuberías provistas de charnelas para este fin.

Para el tramo 1+000 al 2+813, se ha previsto el drenaje sub superficial mediante tuberías transversales a la sección del canal provistas de charnelas, detalladas en los planos respectivos.

A continuación se detalla las características del canal a lo largo de su desarrollo:

Tramo 0+105 a 0+150

Comprende la estructura de inicio del canal entre las progresivas mencionadas, donde se ha previsto un puente de cruce peatonal de 0.20 m de espesor, de concreto armado $f'c=24$ MPa (245 Kg/cm²) y escalines de fierro para permitir el acceso al fondo del canal.

En este tramo la sección tiene las siguientes dimensiones: 2.40 m de altura, 1.80 m de base y 0.30 m de espesor. La pendiente de fondo es de 0.05.

Tramos 0+150 a 0+930 y 0+957 a 1+000

Estos tramos parten desde la estructura de inicio del canal ubicado en la progresiva 0+150. Para este tramo se tiene una sección de concreto $f'c=24$ MPa (245 Kg/cm²) con una gradiente de fondo de 2.5/1000, de 1.80 m de ancho de base por 1.5 m de altura y 0.20 m de espesor, las bermas de mantenimiento son de 0.80 m de ancho aproximadamente.

Tramo 0+930 a 0+957

Este tramo se ubica la alcantarilla No. 1, aquí el canal se desarrolla en un conducto cubierto (Alcantarilla No.1) debiendo pasar por un tramo en corte que luego de construido el canal será vuelto a rellenar, hasta llegar al nivel original, por donde pasa una trocha carrozable, la sección del canal es de concreto armado y de sección tipo cajón de dimensiones 1.80 m de base, 1.50 m de alto, espesor de 0.25m reforzado con acero corrugado $f_y = 411.6$ MPa (4200 Kg/cm²).

Tramo 1+010 a 1+320

En este tramo de fuerte pendiente, se tiene una sección rectangular de 1.20 m de ancho por 1.20 m de altura y 0.20 de espesor de concreto $f'c=24$ MPa (245 Kg/cm^2). En la progresiva 1+000 se ubica una transición de 10 m de longitud para permitir el cambio de ancho de base de 1.80 m a 1.20 m.

Tramo 1+320 a 1+460

Se proyecta una caída inclinada de 40 m de altura por 140 m de longitud aproximadamente. A lo largo de este tramo, se han previsto la inclusión de dados de concreto en el fondo del conducto a efecto de reducir la energía del agua.

En este tramo el canal es un conducto cubierto de sección tipo cajón de 0.25 m de espesor, 1.20 m de altura y 1.20 m de ancho de base.

Tramo 1+471.9 a 2+753.4

Para este tramo se tiene una sección rectangular de 1.80 m de ancho de base, 1.50 m de altura y 0.20 m de espesor. Así mismo, se tienen pendientes variables (entre 0.015 y 0.080).

En la progresiva 1+620, se tiene una quebrada que intercepta al canal. Se ha proyectado una obra de arte para permitir el ingreso ordenado de las aguas de dicha quebrada al canal como lo indican los planos respectivos.

Tramo 2+753.4 a 2+770

En este tramo se ubica la alcantarilla No.2, el canal es aquí un conducto cubierto que conduce las aguas hacia el punto de entrega ubicado en el cauce actual del Río Carahuacra.

Tramo 2+770 a 2+813

Aquí se ubica la estructura de entrega del canal, encontrándose la progresiva 2+813 en el cauce natural de la quebrada Carahuacra.

6.3 OBRAS DE ARTE

A lo largo del desarrollo del canal se tiene las siguientes obras de arte:

Alcantarilla No. 1 (0+630 – 0+657)

Tiene una longitud de 27 m y se ha previsto su construcción para atravesar la trocha existente que sirve como carretera auxiliar al poblado San Cristóbal.

Alcantarilla No. 2 (2+753.4 – 2+700)

Tiene una longitud de 53.4 m y cruza la principal trocha de acceso al poblado San Cristóbal a la altura de "La Balanza". Así mismo, permite la entrega del canal al cauce del Río Carahuacra en la progresiva 2+801.

Rápida (1+320 – 1+460) y Estructura de Impacto (1+460-1+467)

Tiene una longitud de 140 m y permite salvar un desnivel de 38.250 m. Al pie de la caída, a partir de la progresiva 1+460, se ha previsto la construcción de un dissipador tipo pantalla de impacto. En el tramo 1+320 a 1+460, el canal es un conducto cubierto de 1.20 m de ancho de base, 1.20 m de altura y 0.25 m de espesor.

Transiciones (1+000 – 1+010 y 2+667- 2+771.9)

Mediante estas estructuras el canal pasa de un ancho de base de 1.80 m a 1.20 m y de 5.00 m a 1.80 m, respectivamente.

Entrega de Quebrada (1+655 – 1+665)

Esta estructura permite entregar ordenadamente las aguas de la quebrada que aproximadamente en la progresiva 1+660 intercepta al canal. La referida estructura tiene una longitud de 10 m e incluye la construcción de un dique de encauzamiento consistente en un terraplén revestido con piedra asentada y emboquillada en concreto $f'c=24$ MPa (245 Kg/cm²).

Estructura de Entrega del Canal (2+783.4 – 2+813)

Esta estructura permite la descarga del canal de derivación hacia el cauce natural de la quebrada Carahuacra, está compuesta por una rápida que va desde la progresiva 2+713.4 a la 2+800, salvando una altura de 6.9 m y una poza de disipación de 13 m con un ancho de 2.75 m y una altura de 3.00. Asimismo, a la salida de la poza referida se ha previsto la protección del cauce con un revestimiento de piedra acomodada con piedra de $\phi_n = 0.50$ m.

CAPITULO II : PLAZO Y PRESUPUESTO DE OBRA

1.00 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Parte del proyecto ha sido desarrollar los "Análisis de Costos Unitarios", considerando los insumos de la mano de Obra incluida leyes sociales, materiales colocados a pie de obra, que incluyen aditamentos, accesorios, fletes de transporte de Lima al Campamento San Cristóbal además de mermas, equipos necesarios, herramientas (porcentaje respecto a la mano de obra) y demás servicios, para la ejecución de los trabajos conforme a las Especificaciones Técnicas y Planos.

En los análisis se han considerado los rendimientos propios a la zona de trabajo, respecto a la mano de obra y equipos, dada la altitud en la que se desarrollaran los trabajos (4,690 m.s.n.m.), las condiciones de temperatura influyen por ejemplo en el mezclado, vaciado, fraguado de concreto, rendimiento potencial de la maquinaria.

Los Precios Unitarios de los insumos están referidos al 29 de Octubre del 2000.

2.00 PRESUPUESTO

La construcción de las obras que comprende el presente Expediente Técnico son: el dique de cierre de aproximadamente 82.5 m y el canal de derivación de 2708 m de longitud incluyendo las respectivas obras de arte.

El Costo de la Obra puede resumirse en:

Costo Directo S/. 3'701,627.87

Gastos Generales S/. 555,244.18

Utilidades S/. 370,162.79

Impuestos S/. 832,866.27

Siendo el **Presupuesto Total de la Obra S/. 5'459,901.11**, el que incluye Gastos Generales, Utilidades e Impuestos.

3.00 PLAZO DE EJECUCIÓN

El Plazo de Ejecución de la Obra es de 267 días calendario.

4.00 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

Se presenta el cronograma de ejecución de obra. De presentarse alguna interferencia por las inclemencias del tiempo u otras eventualidades, se deben reprogramar las actividades de acuerdo a lo coordinado entre El Contratista y VOLCAN CIA. MINERA S.A.A.

CAPITULO III : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las presentes Especificaciones Técnicas contienen las Normas, Procedimientos de Construcción y Consideraciones en las obras del Proyecto “**CANAL DE DERIVACIÓN SAN CRISTÓBAL - CARAHUACRA**”. Así mismo se contempla el tipo y calidad de insumos a utilizar y sus respectivas pruebas de calidad.

Más allá de lo establecido en estas Especificaciones, el Ingeniero Residente por parte del Contratista y el Ingeniero Supervisor por parte de VOLCAN CIA. MINERA S.A.A., tienen la autoridad suficiente para ampliarlas coordinadamente. Así mismo, la calidad de los materiales a emplear y la correcta metodología constructiva a seguir en cada una de las obras.

1.0 OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES

El Contratista preverá la construcción de Obras Preliminares antes de iniciar las Obras Provisionales durante el proceso de ejecución de las obras, debiendo construirse solo las necesarias para llevar adelante las diferentes actividades de las obras programadas.

1.01 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

Comprende el transporte de ida y vuelta de la maquinaria pesada, equipos básicos, herramientas y materiales de construcción necesarios para la ejecución de las obras, movillados desde sus almacenes a la Obra y viceversa, debiendo considerarse los requisitos de recepción y salida de obra correspondientes. El que incluye el carguío y descarga así como el posterior desmontaje y retorno al lugar de procedencia, así mismo Incluye el personal, equipo mecánico, materiales y herramientas necesarias.

En el dimensionamiento del peso y volumen debe considerarse la protección, embalaje y cuidados necesarios que se deben tener, presentándose la relación de equipo especificando: equipo, número, tipo y características (peso, potencia, capacidad, etc.).

El Ingeniero Residente previa autorización escrita del Ingeniero Supervisor y dentro del plazo establecido de ejecución de la obra, podrá ejecutar modificar el requerimiento de equipos sin que esto represente variación en el monto de la partida.

Para la valorización se considerará como unidad de medida la Tonelada de Carga Transportada (Tn) incluido el carguío y descarga. Debiendo considerarse en el transporte el peso y volumen de los equipos y maquinaria pesada de acuerdo a las normas de salida y

recepción de la obra, afectando en el presupuesto a la partida de "Movilización y Desmovilización de Equipos".

1.02 SEÑALIZACIONES PARA DESVIOS EN VIAS DE TRÁNSITO.

Con el fin de salvaguardar la integridad física del personal que esté laborando, así como del normal proceso constructivo de las obras programadas, deben colocarse señales de desvío en los sitios necesarios del cruce de caminos con los canales, zanjas y obras de arte en construcción. Las señales a colocarse podrán ser Caballetes, Mecheros, Carteles, u otras necesarias.

Para los efectos de la valorización se considerará la Unidad de Señal (UND). Afectándose en el presupuesto a la partida de "Señales para el desvío de tránsito".

1.03 ALMACÉN Y TALLERES DE OBRA

Con el fin de salvaguardar de agentes extraños y proteger de los efectos de las bajas temperaturas, se instalarán almacenes de obra de carácter temporal, que luego de acabadas las obras serán retirados.

El Ingeniero Residente indicará el área destinada para el almacenaje de los materiales, herramientas y equipos que temporalmente estén en la obra.

La construcción de los almacenes será con materiales que garanticen la protección de los insumos a ser guardados durante el tiempo que duren las obras. Para el que pueden utilizarse paneles modulares prefabricados de madera que permitan su fácil armado, desarmado, transporte y ubicación en otros lugares donde sea necesario su uso, así como calaminas, cuarterones de maderas, rollizos de eucalipto y alambre de púas. Debiendo mantenerse el lugar limpio y tener ordenados todos los insumos para las obras, así como el abastecimiento de energía y de agua.

Así mismo, se dotará de un área para la habilitación de las varillas de fierro y carpintería, patio de maquinas. Para los efectos de valorización de ésta partida se medirá el avance por metro cuadrado (M2), afectando su ejecución en el mes correspondiente.

1.04 CASETA DE GUARDIANÍA MÓVIL

El Contratista preverá la seguridad de las obras tanto de día como de noche para tal fin se dispondrán de vigilantes o guardianes quienes serán dotados de casetas de guardianía.

Los materiales de construcción serán de madera y triplay con techo de calamina, cuyas dimensiones recomendadas son de 1.2 x 1.2m y 2.0m de alto. O los que indique el Ingeniero Residente. La valorización se realizará por Unidad de Caseta Construida (Und).

1.05 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO EN CANALES

El canal será construido de acuerdo con los trazos, gradientes y dimensiones mostradas en los planos originales o complementarios. La responsabilidad completa por el mantenimiento del alineamiento y gradientes de diseños recae sobre el Ingeniero Residente.

Se materializará sobre el terreno en forma precisa los ejes de construcción, niveles y dimensiones de algunos de sus elementos más representativos. Se definirá los linderos de las obras y se establecerá marcas y señales de referencia permanentes y otras temporales.

El Ingeniero Residente no efectuará excavación ni colocará otros materiales que puedan causar inconvenientes en el uso de los trazos y gradientes.

El Ingeniero Residente suministrará estacas y otros materiales y prestará toda la ayuda, incluyendo personal especializado, que pueda ser requerido por el Ingeniero Supervisor para realizar los trazos y comprobar las marcas de gradiente. El Ingeniero Supervisor establecerá puntos de nivel, líneas de base y/o otros puntos principales de control, trazos y gradientes. El Ingeniero Residente comprobará tales líneas y gradientes por todos los medios que él considere necesarios y, antes de usarlos, informará al Ingeniero Supervisor sobre cualquier inexactitud de ellos. El Ingeniero Residente, sin embargo, estará sujeto a la comprobación y revisión del Ingeniero Supervisor.

El Ingeniero Residente deberá mantener suficientes instrumentos para nivelación y para levantamientos planimétricos, en o cerca del terreno durante los trabajos, para la labor de trazado. El Ingeniero Residente mantendrá informado al Ingeniero Supervisor, con una razonable anticipación, de sus necesidades para trazos y gradientes.

El Ingeniero Residente cuidará todos los puntos, estacas, señales de gradientes y puntos de nivel (BM) hechos o establecidos en la Obra, los restablecerá si son estropeados y se hará cargo de todos los trabajos para rectificar la obra instalada e inapropiadamente debido al no mantenimiento o no protección o remoción sin autorización de las estacas, marcas y puntos establecidos. Asimismo resguardará todas las señales existentes y conocidas, monumentos y marcas adyacentes, aunque no sean relativas al trabajo.

El Ingeniero Residente efectuará los trabajos de topografía de diferentes tipos, necesarios para la buena ejecución de las obras y ubicará los BMs cada 500 m, a lo largo del eje del canal.

Existen en la zona hitos de BMs (hitos de concreto en PIs, mostrados en los Planos) en el trazo del canal. El Ingeniero Residente realizará una revisión en el campo y, en caso de que estos hitos hayan sido destruidos, él está obligado a reinstalarlos.

Antes de iniciar los trabajos en el terreno, el Residente está obligado a realizar controles terrestres de todos los datos topográficos indicados en el plano y corregir los mismos, de conformidad con el supervisor, en el caso de encontrar divergencias entre las condiciones reales del terreno y los datos de los planos.

Los ejes de construcción y niveles deberán materializarse sobre el terreno en forma segura y permanente. Para realizar estos trabajos, se debe contar con equipo de alta precisión y calidad, así como el personal especializado y con experiencia en trabajos similares. El Ingeniero Residente someterá a aprobación del Supervisor los trazos, niveles y replanteos ejecutados, antes de continuar con las obras.

1.06 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE

Antes de iniciarse los trabajos de trazo, nivelación y replanteo de las Obras de Arte, el Ingeniero Residente indicará que sean comprobadas las cotas indicadas en los planos debiendo corregirse los mismos en caso de encontrar divergencias entre las condiciones reales del terreno y los planos, de conformidad con el Ingeniero Supervisor.

En esta partida se considera la ejecución de todos los trabajos topográficos a nivel constructivo de las obras de arte (nivelación de puntos perimetrales, ejes constructivos, control de rasante, ubicación y control de los BMs, etc.) para lo cual deberán establecerse marcas y señales fijas de referencia en campo.

Para realizar estos trabajos, debe contarse con equipos de precisión y calidad, así como el personal técnicamente capacitado y con experiencia en trabajos similares. Para fines de valorización se considerará el trazo, nivelación y replanteo de Obras de Arte por metro cuadrado (M2).

1.07 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO DE DIQUE DE CIERRE

Antes de iniciarse los trabajos de trazo, nivelación y replanteo del Dique de Cierre, el Ingeniero Residente indicará que sean comprobados los alineamientos y cotas indicadas en los planos debiendo corregirse los mismos en caso de encontrar divergencias entre las condiciones reales del terreno y los planos, de conformidad con el Ingeniero Supervisor.

La presente partida comprende los trabajos de trazo, nivelación y replanteo de los elementos del dique de cierre: eje, pie y estribos, el control de los niveles para la medición de los asentamientos y alturas del terraplén durante el proceso constructivo y los taludes finales.

Para la realización de estos trabajos se debe contar con los recursos humanos y los equipos idóneos. A efectos de realizar la valorización, esta partida se medirá en metros cuadrados (M2).

1.08 CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE ACCESO

La construcción de caminos de acceso comprende el desbroce, corte y relleno de la franja trazada para los caminos de acceso. Los caminos corresponden a la conexión con los existentes de la red vial y los accesos a las fuentes de agua, canteras de agregados, talleres, almacén y otros.

Los caminos de acceso corresponden a una carretera de tercera clase, de topografía ondulada, según las Normas Peruanas de Carreteras y/o a las secciones indicadas en los planos para caminos de una sola vía con plazoletas de cruce cada 500 m. El ancho de la sección transversal será de 4.00 m y las plazoletas de cruce tendrán 20 m de largo y 4.00 m de ancho adicional.

Una vez terminada las obras, estos caminos deben ser repuestos a su condición original a fin de no dañar las condiciones ambientales del medio. El avance de obras será valorizado según la partida de "Construcción de caminos de acceso" en Kilómetros (KM).

1.09 MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO

El Mantenimiento de los caminos de acceso existentes permitirán el mejor suministro de recursos, transportándose los materiales y el personal, en mejores condiciones de seguridad, mejores tiempos de viaje y favoreciendo los rendimientos de las maquinarias.

El mantenimiento de los caminos será por indicación del Ingeniero Residente o cada vez

que sea necesario mejorar la eficiencia del transporte en el lugar de las obras. La valorización corresponderá al mes de avance, en Kilómetros (KM).

1.10 DESVIOS PROVISIONALES

Comprende la construcción de caminos para el desvío del tránsito a efecto de permitir la ejecución ininterrumpida de los trabajos de construcción. Dichos caminos serán de tercera clase, de topografía ondulada, de una sola vía con plazoletas de cruce cada 500 m. El ancho de la sección transversal será de 4.00 m y las plazoletas de cruce tendrán 20 m de largo y 4.00 m de ancho adicional. La valorización de la presente partida se realizará por cada kilómetro (KM) de avance mensual.

2.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Comprende todos los trabajos de movimiento de tierra y transporte que sean ejecutados según los ejes, rasantes y niveles indicados en los planos o de acuerdo a las modificaciones en obra, para el que se requerirá del personal, equipos y herramientas apropiadas elegidos por el Residente y aceptados por la Supervisión.

Según las condiciones encontradas durante la excavación de las obras, se pueden variar los niveles y ejes indicados en los planos de diseño, los cuales deben ser autorizados por el Ingeniero Supervisor.

2.01 EXCAVACION DE PLATAFORMA Y CAJA DE CANAL Y OBRAS DE ARTE EN TERRENO SUELTO A MAQUINA

Comprende la excavación de los suelos, como bofedales, arcillas, arenas y todo material con nula o escasa cohesión, que pueden ser removidos con equipos de movimiento de tierra sin escarificador o con herramientas manuales y que no requieran el uso de procedimientos especiales para su extracción.

En canales, se entenderá por excavación de plataforma a la parte de la excavación comprendida entre la superficie del terreno natural y el nivel del borde superior del prisma del canal y por corte de caja de canal, a la excavación realizada para la ubicación de la caja de canal según los niveles mostrados en los planos. Mientras que en Obras de Arte la altura de corte o relleno será hasta el nivel inferior del solado de las estructuras.

El material extraído de estas excavaciones, será colocado en las posiciones tales que no interfieran con los trabajos de construcción hasta una distancia no mayor de 200 metros, en caso de requerirse su transporte a mayores distancias, ésta se pagará con la partida "Eliminación de Material Excedente < 1000 m".

Asimismo, este material podrá ser utilizado para la ejecución de los rellenos colocándolos en canchas de stock intermedio, en caso de que reúna las características requeridas por las Especificaciones respectivas.

Para fines de realizar las valorizaciones mensuales, el volumen de excavación, medido desde el nivel de terreno hasta los niveles determinados en los planos, se medirá en metros cúbicos (M3) .

2.02 EXCAVACIÓN DE PLATAFORMA Y CAJA DE CANAL Y OBRAS DE ARTE EN TERRENO ROCOSO A MAQUINA

La excavación en roca fija, consiste en la remoción, y extracción de todos los materiales existentes que no pueden ser removidos a mano, con pala mecánica o por equipos de movimiento de tierras, debiéndose emplear eventuales disparos o voladuras, barrenos y acuñamientos, o que requiera el uso de martillos neumáticos. La remoción de rocas o bloques de rocas individuales mayores de 1.0 m³ de volumen serán clasificadas también como excavación en roca fija.

Cuando durante la excavación el Contratista encuentre material al que él considere se deba clasificar como excavación en roca fija, estos deberán ser puestos al descubierto y expuestos para hacer su correspondiente clasificación y cubicación.

Es responsabilidad del Contratista mantener, la pendiente, ancho y profundidad de la excavación y cualquier sobre excavación será rellenada con concreto $f'c = 17.15$ MPa (175 kg/cm²) y no serán motivo de ningún pago al Contratista.

Antes de comenzar las excavaciones, el Ingeniero Supervisor deberá aprobar las líneas de corte y taludes localizados por el Contratista. Si en cualquier sitio y por cualquier razón, la excavación se ejecutara más allá de las líneas establecidas para recibir la estructura, sin que el Contratista hubiera recibido autorización del Ingeniero Supervisor, aquél deberá rellenar y compactar la zona afectada, de acuerdo a las indicaciones de éste. En caso necesario y según las circunstancias, el relleno será de mampostería de concreto, no teniendo el Contratista derecho a exigir ninguna compensación por estas inversiones, así como por la sobre excavación.

Si se trata de excavaciones que posteriormente serán rellenadas no se requiere de mayores exigencias en el perfilado de los taludes, debiéndose dar a la excavación un mayor énfasis para lograr la estabilidad de los taludes.

La tolerancia en la línea de excavación para zonas en roca será acordada en la obra. De igual manera para el caso de vaciados de concreto efectuados directamente sobre los taludes de excavación, se acordará en obra las tolerancias tanto para la excavación como para el concreto en función de la calidad de la roca de fundación.

La presente partida comprende los costos de mano de obra, equipo y herramientas necesarias para realizar la excavación de roca fija, hasta alcanzar los niveles de cimentación y de excavación de las estructuras según los planos. Incluyéndose una distancia de transporte de hasta 200 m, hasta los lugares de descarga que cumplan las presentes especificaciones.

Se pagará de acuerdo al volumen ejecutado (M³ de excavación) medidos desde el nivel natural del terreno hasta los niveles indicados en los planos, incluirá los pagos por transporte del material a una distancia no mayor de 200 m de las Obras, donde no obstaculice el normal desarrollo de las Obras. Para mayores distancias de transporte, el exceso será reconocido con la partida "Eliminación de Material Excedente < 1000 m".

2.03 RELLENO COMPACTADO CON DESMONTE DE MINA

Consiste en la construcción de las plataformas niveladas, rellenadas y compactados hasta llegar al nivel de la plataforma de los canales y de los espaldones de la caja de canal, cuyas cotas se muestran en los planos, con desmonte de mina.

En estos terraplenes se buscará la mejor estabilidad de las plataformas, pudiendo aumentar o disminuir el ancho de la base de cimentación, taludes y ordenarse cualquier otro cambio en las secciones de los rellenos, si se juzga necesario para mejorar la estabilidad de las estructuras o por razones económicas.

Cualquier material de desmonte de mina que demuestre la formación de aguas ácidas, deberá ser removido y reemplazado por otros materiales adecuados, requiriéndose previamente la aprobación del Supervisor.

El material seleccionado para la base y sub base (terraplenes) se colocará en capas de 0.20 m procediéndose a la compactación, utilizando planchas vibratorias, rodillos vibratorios o algún equipo que permita alcanzar la densidad especificada. No se permitirá el uso de pisonos u otra herramienta manual.

El porcentaje de compactación mínimo de las plataformas al 95% de la máxima densidad seca del Proctor Estándar. En todos los casos la humedad del material seleccionado y compactado, estará comprendido en el rango de $\pm 1\%$ de la humedad óptima del Proctor Estándar. Esta partida se valorizará de acuerdo al volumen de relleno ejecutado por Metro Cúbico (M3), según el replanteo y modificaciones que se puedan dar.

2.04 LECHO FILTRANTE CON MATERIAL SELECCIONADO

La partida incluye los costos de mano de obra, herramientas y maquinarias necesarias para realizar el relleno semicompactado con gravilla de 0.025 a 0.05 m (1"-2"), en las estructuras, de acuerdo a lo señalado en los planos, incluye carguío local, colocación, extendido, homogeneización, nivelación y compactación del material en capas de 0.15 m. En general se utilizará material proveniente de canteras seleccionadas y que serán colocados a mano, y compactados con planchas vibratorias manuales. Se pagará de acuerdo al volumen ejecutado o sea por metro cúbico (M3) de material de relleno medido según planos.

2.05 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE < 1000 M

Corresponde al volumen de carguío, transporte y eliminación de materiales excedentes hasta distancias menores de 1000 metros, siendo aquel material sobrante de las excavaciones o de aquellos materiales no apropiados para la construcción o proveniente de la demolición de estructuras antiguas.

Será transportado a depósitos previamente determinados por la Supervisión que se encuentren ubicados fuera del área de influencia del canal y que no obstruyan ni destruyan los caminos de acceso o servicio. Deben ser descargados y compactados en zanjas, depresiones o terrenos que se encuentren fuera de los límites del área ocupada por los canales, drenes o bermas de servicio hasta una distancia de 500 m. o arrojarlos directamente sobre las laderas de los desmontes, pero de ninguna manera deberá obstruir el flujo natural del agua procedente de las laderas que se pretende drenar. Se valorizará por Metro Cúbico (M3) de material excedente transportado.

2.06 EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZANJA DE DRENAJE DE DIQUE

Dentro de ésta se considera a los materiales sueltos, posibles de ser excavados con herramientas simples (picos, lampas y carretillas), y que no requieren el uso de

procedimientos especiales para su extracción, entre estos tenemos: bofedales y arcillas.

Si durante la ejecución del trabajo se tropezara con elementos enterrados aislados como piedras grandes, etc., que impidieran los avances de la obra, el Ingeniero Residente deberá efectuar las sobreexcavaciones necesarias para extraer dichos elementos.

Se pagará de acuerdo al volumen ejecutado (M3) de material efectivamente excavado, medidos entre la superficie del terreno y las líneas de corte que aparecen en los planos.

2.07 EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJA DE ANCLAJE

Comprende la excavación del volumen prismático de la zanja de anclaje del revestimiento del terraplén para el dique de cierre, según la sección indicada en los planos, el material será removido al costado del dique, para luego ser utilizado en el relleno de la zanja excavada.

Los bordes de la zanja deberán ser redondeadas para que la Geomembrana de recubrimiento, no sufra dobleces con esquinas angulosas. Esta excavación se realizará manualmente y la unidad de medida para el pago es el Metro Cúbico (M3) excavado y relleno.

2.08 CONSTRUCCION DE TERRAPLENES PARA DIQUE

Comprende el suministro de la mano de obra, materiales, equipo y operaciones necesarias para ejecutar el relleno con desmonte de mina de la sección del terraplén del dique de cierre de acuerdo a las líneas y niveles indicados en los planos.

Este tipo de relleno se ejecutará empleando desmonte de mina, el cual será colocado y esparcido en cantidad suficiente para obtener capas horizontales de espesor menor a 0.25m. La compactación será la suficiente para obtener la densidad máxima seca empleando para ello medios mecánicos para obtener un 100% de compactación para el Proctor Estándar.

Todos los materiales de desmonte de mina que después de ser colocados, presenten evidencias de producir aguas ácidas, será reemplazado. Durante la construcción del terraplén del dique de cierre, se adoptará el siguiente método constructivo:

1. Se realizará el trazo, ubicación y nivelación del eje, pie y estribos del dique. Deberán controlarse los niveles con respecto a la estructura de inicio de canal revestido, así como colocar puntos de control de niveles alejados para medición de asentamientos.
2. Se ejecutará la excavación de zanja de drenaje longitudinal, dren transversal y drenes verticales hasta la profundidad de 2.50 metros, separados cada 5 metros, tal como se muestran en los planos respectivos.
3. Construcción de drenes mediante relleno de zanja longitudinal, transversal, drenes verticales y capa superior de 0.30 metros de espesor con grava arenosa compactada, así como sellado e impermeabilización de los drenes.
4. Se construirá el dique mediante capas de 0.25 metros con material de desmonte de mina, compactada con cargador frontal (cuchara cargada) hasta alcanzar el 95% de grado de compactación Proctor Estándar adoptando lo siguiente:
 - a. Elevar el terraplén hasta 1 metro de altura y esperar su consolidación durante 2 meses.
 - b. Elevar el terraplén 1 metro más de altura y esperar su consolidación durante

- dos meses más.
- c. Elevar el terraplén 1.70 metros de altura y esperar su consolidación durante dos meses más.
 - d. Controlar los niveles de las etapas de construcción anteriormente mencionadas y medir los asentamientos.
5. Conformación de los taludes 1V: 2H y peinado de los mismos con colocación de arena arcillosa.
 6. Construcción de zanjas para anclaje de la geomembrana.
 7. Verificación final de niveles y taludes del proyecto
 8. Colocación del geotextil y geomembrana, así como el llenado y compactado de las zanjas de anclaje y dren transversal.

La unidad de medida para el pago es el Metro Cúbico (M3) compactado, medido desde donde se ubica la manta hasta los niveles indicados en los planos.

2.09 CONSTRUCCION DE DRENES CON GRAVA Y ARENA COMPACTADA

Comprenden los trabajos, mano de obra y maquinarias, que se requieren para rellenar la zanja de drenaje para cimentar la estructura del dique de cierre.

El precio unitario comprende los costos necesarios para realizar la extracción, carguío, transporte del material desde canteras y la colocación para efectuar rellenos de acuerdo a las presentes Especificaciones Técnicas. En caso de distancias mayores de 200 m la diferencia se cubrirá con el ítem de "Transporte de Material Excedente < 1000 m".

El material a colocar será una mezcla entre grava y arena y se ejecutarán ensayos de laboratorio para asegurar una granulometría de los materiales a usarse para la ejecución de dichos trabajos. En base a los resultados de estos ensayos, el Ingeniero Supervisor indicará los límites granulométricos de los materiales a emplearse como filtros, serán los siguientes:

Material De Filtro	Porcentaje en peso retenido en la malla Estándar									
	No 200	No 100	No 50	No 30	No 16	No 8	No 4	3/8"	3/4"	1 1/2"
Arena	97-100	93-97	74-85	38-70	15-45	5-25	0-5			
Gravilla					95-100	75-90	60-80	40-60	20-35	0

Entre estos límites, la fracción que pasa por el tamiz No. 200 no tendrá que superar el 3% en peso. En caso contrario el supervisor podrá exigir el lavado y/o mezcla de los materiales con el fin de alcanzar las características exigidas.

El material de drenaje tendrá que ser colocado directamente sobre las superficies excavadas. Inmediatamente antes de colocar dicho material, la base preparada tendrá que ser inspeccionada por el Supervisor.

Los materiales de los filtros tendrán que ser puestos en obra en capas horizontales de 0.20 de espesor y/o según las indicaciones del supervisor. Ninguna operación de la colocación deberá producir la segregación de los materiales de los filtros.

Los materiales de los filtros tendrán que ser compactados por medio de compactadoras vibrantes manuales y/o según las disposiciones del supervisor. Durante la compactación el material deberá ser mantenido seco.

La densidad relativa del material compactado tendrá que ser como mínimo el 85% y el

coeficiente de permeabilidad "K" no deberá ser inferior a 10^{-4} cm/s. Los controles tendrán que ser ejecutados sacando dos muestras por cada retención. Sobre estas muestras se determinará la densidad relativa *in situ* y se ejecutarán determinaciones de peso específico máximo y mínimo, de permeabilidad y granulometría, según las indicaciones y métodos aprobados por el Ingeniero Supervisor. Se pagará de acuerdo al volumen ejecutado (M3) de material efectivamente relleno.

2.10 CONFORMACION Y PEINADO DE TALUD DE DIQUE Y COLOCACION DE MATERIAL FINO

Comprende los materiales, mano de obra y equipos necesarios para la conformación y el peinado de los taludes y la colocación de material fino de 0.15 m de espesor, consistente en material cohesivo sobre el cual descansará el material de revestimiento del terraplén.

El talud será controlado mediante la partida "Trazo, Nivelación y Replanteo de Dique de Cierre" y cumplirá la relación H:V=2:1 mostrada en los planos respectivos y que será rigurosamente respetado.

El material fino no debe contener piedras cuyo diámetro supere los 3/8" dentro de los 0.15 m de espesor y debe ser libre de todo material orgánico o ajeno, objetos punzantes, escombros de alguna clase o suelos con excesiva humedad.

El Técnico Especialista permanentemente irá realizando pruebas de uniformidad y compactación de los taludes, debiendo ser verificado el Ingeniero Residente. Todos aquellos taludes inestables, expansibles o compresibles deben ser reemplazados con rellenos adecuadamente compactados. La superficie a ser recubierta debe ser lisa sin cambios agudos o abruptos en la superficie. La presente partida se medirá de acuerdo al metro cuadrado (M2) de avance mensual.

2.11 RELLENO MANUAL CON MATERIAL DE ENROCADO

Esta partida se ejecutará de acuerdo a las dimensiones que se indica en los planos y estará constituido principalmente de rocas cuyo peso sea el suficiente como para que asegure su permanencia. El enrocado deberá ser ejecutado con roca dura, resistente al golpe, resistente a la abrasión, resistente al intemperismo, de forma angular. Extraído de la cantera Cosapi u otra aprobada por la supervisión, con diámetro nominal de 0.30 a 0.50m, y cuya gradación se acomode a:

Tamaño de la Piedra (m)	Porcentaje menor en tamaño
0.50	50
0.30	20

El precio unitario considera los costos de mano de obra, herramientas y equipos necesarios para la extracción y carguío en cantera y la colocación del enrocado de protección en los lugares, dimensiones y espesores definidos en los planos y de conformidad con las presentes Especificaciones Técnicas.

El enrocado se pagará por metro cúbico (M3) colocado y medido de acuerdo a planos, y se incluye en el análisis tanto la extracción, transporte desde la cantera Cosapi, colocación y acomodo de este.

3.00 OBRAS DE CONCRETO

Esta sección se refiere a las prescripciones Técnicas requeridas para todas las obras de concreto en superficie, indicados en las presentes especificaciones y para los indicados en los planos. Y tienen como objetivo establecer las Normas Técnicas, procedimientos, requisitos, y exigencias mínimas a ser cumplidas por el Ingeniero Residente y el Ingeniero Supervisor en los procesos de selección de materiales y proporcionales; así como en los procedimientos de construcción y control de calidad a ser empleados en las obras de concreto simple o armado.

Las indicaciones y notas de los planos, detalles típicos y Especificaciones Técnicas especiales del proyecto, tienen precedencia sobre estas Especificaciones Técnicas Generales; las cuales complementan a la Norma Técnica de Edificación E.060 - 89 "Concreto Armado".

El tipo de Concreto empleados en el presente Proyecto es el concreto armado $f'c = 24$ MPa (245 Kg/cm^2) para Solado, Obras de Arte y demás Estructuras.

Los trabajos de concreto se ejecutarán de conformidad a las Especificaciones Técnicas, establecidas por los siguientes códigos y normas que se detallan:

- ACI 318 Building Code Requirements
- Concrete Manual - Bureau of Reclamation
- ASTM (American Society Test Materials)
- RNC (Reglamento Nacional de Construcciones)

La calidad del concreto cumplirá con los requisitos de resistencia a la rotura ($f'c$) especificada en los planos de diseño. La resistencia especificada a la rotura por compresión en kg/cm^2 , se determinará por medio de ensayos de cilindros estándar de 0.15×0.30 m, fabricados según la Norma ASTM C-172 y ensayados de acuerdo con la norma ASTM C39 siendo los resultados de rotura interpretados según las recomendaciones del ACI 214, a los 28 días de edad.

El número de muestras deberá ser como mínimo de dos (02) probetas en la edad de control de la resistencia a la rotura ($f'c$) especificada en los planos de diseño.

Los trabajos incluyen el suministro de la mano de obra, materiales, equipo necesarios para la obtención, dosificación, mezclado, transporte, colocación, acabados y curado del concreto de las diferentes clases de concreto (estructural, simple y ciclópeo), requeridos para construcción de las diferentes estructuras, así como para la reparación y el acabado de las superficies de concreto de acuerdo a lo indicado en los planos o a lo ordenado por el Ingeniero Residente. Asimismo, incluye la realización de las pruebas de asentamiento y resistencia que considere necesarias el Ingeniero Residente.

Bajo responsabilidad del Contratista y de la Supervisión se cumplirán las siguientes especificaciones referentes a los materiales, proceso de ejecución, ensayos, acabados, etc. de todas las obras de concreto:

A) CEMENTO

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de las Normas ITINTEC para cementos. El cemento empleado en obra deberá ser el mismo tipo de marca que el utilizado para la selección de las proporciones de la mezcla de

concreto. No se aceptará en obra bolsas de cemento que se encuentren averiadas o cuyo contenido hubiese sido evidentemente alterado por la humedad.

Se utilizarán Cemento Portland tipo I Puzolánico en la fabricación de Concreto Simple y armado. El cemento, deberá cumplir con la norma ASTM C-150 y los agregados con las normas ASTM C-330 y ASTM C-33.

B) AGREGADOS

Los agregados empleados en la preparación del concreto deberán cumplir con los requisitos de la Norma ITINTEC 400.037; los de estas especificaciones; y los de las Especificaciones Técnicas especiales del proyecto.

El tipo de agregado a ser utilizado será de buena calidad, aprobada tanto por el Ingeniero Residente y el Ingeniero Supervisor, mediante pruebas de laboratorio o experiencia de obra, que producen concreto de las propiedades requeridas.

Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Cada tamaño de agregado grueso, así como la combinación de tamaños cuando dos o más son empleados, deberá cumplir con los requisitos de granulometría de la Norma ITINTEC 400.037.

Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados, manipulados, almacenados y dosificados, de manera tal que se mantenga la uniformidad de los mismos; que no se producirá contaminación por sustancias extrañas; y que no se producirá rotura o segregación importante en ellos.

B.1 AGREGADO FINO

El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes. Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma ITINTEC 400.037. La granulometría seleccionada será preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100 de la serie Tyler.

El agregado fino será de granulometría uniforme, debiendo estar comprendido entre los límites de la siguiente tabla:

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 16	45 – 80
N° 50	10 – 30
N° 100	2 – 10
N° 100	0 – 3

El porcentaje indicado para las mallas #50 y #100, podrá ser reducido al 5% y 0%, respectivamente, si el agregado es empleado en concreto con aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 255 kg/m^3 o en concretos sin aire incorporado cuyo contenido de cemento es mayor de 300 kg/m^3 ; o si se emplea puzolana para suplir la deficiencia en el porcentaje que pasa estas mallas.

El módulo de fineza se mantendrá dentro de los límites de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2,35 y 3,15. Si se excede el límite indicado, el agregado podrá ser rechazado por la Inspección, la cual podrá autorizar ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar variaciones en el contenido de cemento. Asimismo, el porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes valores:

- Material más fino que la Malla N° 200 5%
- Carbón 0,5%
- Partículas deleznable 3%

B.2 AGREGADO GRUESO

El agregado grueso podrá consistir de piedra partida, grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa. Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma ITINTEC 400.037. La granulometría del agregado será preferentemente continua. La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con un adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de $1 \frac{1}{2}$ " y no más del 6% del agregado que pasa la malla de $\frac{1}{4}$ ".

1. El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:
2. Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrado; ó
3. Un tercio del peralte de las losas; ó
4. Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones.

En elementos de espesor reducido, ó ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá reducir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

Las limitaciones anteriores igualmente podrán ser obviadas si, a criterio de las Inspección, la trabajabilidad y los procedimientos de compactación permiten colocar concreto sin formación de vacíos o cangrejas.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

- Material más fino que la Malla N°200 1%
- Carbón y lignito 0,5%

- Partículas deleznales 5%

La arena utilizada para la mezcla del concreto será bien graduada (ASTM C-136). Los agregados gruesos para concreto serán clasificados según las siguientes clases:

CLASES	INTERVALOS DE DIMENSIONES	% MINIMO EN PESO RETENIDO EN:
3/4"	3/16" a 3/4"	50% al 3/8"
1"	3/4" a 1"	50% al 7/8"
1½"	3/4" a 1½"	25% al 1½"
2"	1½" a 2"	25% al 3/4"

Cada clase no deberá contener elementos de la clase superior (inferior en porcentaje mayor del 5%.)

B.3 AGUA

El agua a usarse en la preparación y curado del concreto deberá ser la preferencia potable, fresca, limpia, libre de materias orgánicas, álcalis, ácidos, sales, residuos de aceite y otras sustancias dañinas a la mezcla o a la durabilidad del concreto. Asimismo, deberán estar exentas de arcilla y lodo.

Las impurezas excesivas en el agua pueden interferir no sólo en la fragua inicial del cemento, afectando la resistencia del concreto, sino provocar manchas en su superficie y originar corrosión en la armadura. No debe usarse agua de acequia, ni de estanques o bofedales. No se usará en ningún caso agua con una temperatura inferior a los 4°C.

B.4 ADITIVOS

Los aditivos deberán tener el certificado de prueba del fabricante que acredite que los productos están dentro de los límites de aceptación requeridos. Quince (15) días antes de la fecha prevista para su empleo el Contratista deberá someter a la aprobación del Supervisor una muestra del aditivo propuesto.

El Supervisor podrá efectuar pruebas sobre muestras de aditivos aún después de que hayan sido entregados al sitio. Los aditivos empleados serán incorporadores de aire y acelerantes de fragua, los que deberán cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C-260.

El porcentaje de aire arrastrado en la mezcla no deberá superar los límites indicados por el Supervisor. Los aditivos empleados serán disueltos en agua antes de añadirlo a la mezcla y serán agregados a la mezcla por separado.

Los aditivos en bolsas, paquetes y/o barriles a cierre estanco tendrán que ser depositados en almacenes secos y bien ventilados, en forma tal que sea posible diferenciar bien cada tipo y cada expedición para evitar prolongados almacenamientos.

C) ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES EN OBRA

Los materiales a almacenarse en la obra deben evitar su deterioro o contaminación. El material en estas condiciones no debe emplearse en la preparación del concreto.

En relación con el almacenamiento del cemento en obra, el Ingeniero Residente deberá

tomar las siguientes precauciones:

1. El cemento deberá almacenarse y manipularse de manera que siempre sea posible su utilización según su orden de llegada a la obra. La inspección e identificación deberán efectuarse fácilmente.
2. No se aceptará en obra bolsas de cemento cuya envoltura esté deteriorada o perforada; o aquellas cuyo peso no corresponda al normalizado.
3. El cemento en bolsas se almacenará en obra en un lugar techado, adecuadamente ventilado, fresco, libre de humedad y protegido de la externa, sin contacto con la humedad del suelo o el agua que pudiera correr por el mismo.

Las bolsas se almacenarán en pilas hasta de diez a fin de facilitar su control y manejo. Se cubrirán con material plástico u otro medio de protección. Los agregados se almacenarán o apilarán de manera de impedir la segregación de los mismos, su contaminación con otros materiales, o su mezclado con agregados de diferente granulometría o características. La zona de almacenamiento deberá ser lo suficientemente extensa y accesible para facilitar su acomodo y traslado al sitio de mezclado.

Deberá permitirse que las pilas de agregado drenen a fin de garantizar un contenido de humedad uniforme en el concreto. Las barras de acero de refuerzo, el alambre, los tendones y elementos metálicos, se almacenarán en un depósito cerrado y seco. Deberán estar aislados del suelo y protegidos de la humedad, tierra, sales, suciedad, aceite o grasas. El acero de refuerzo deberá almacenarse de acuerdo a sus diámetros, de manera de facilitar su manejo.

El agua a emplearse en la preparación del concreto se almacenará, de preferencia, en tanques metálicos o silos.

D) ENSAYO DE LOS MATERIALES

El Ingeniero Supervisor podrá ordenar, en cualquier etapa de la ejecución del proyecto, ensayos de certificación de la calidad de los materiales empleados. El ensayo de los materiales se efectuará de acuerdo a las Normas ITINTEC correspondientes.

Para los diferentes tipos de concretos diseños deberá contarse con los diseños de mezclas óptimas, elaborado por un laboratorio especializado.

La relación agua/cemento en peso recomendable para la preparación del concreto, será 0.50 para un asentamiento máximo de 0.10 m correspondientes a una consistencia media. El Ingeniero Residente se reserva el derecho de modificar estos valores, según las observaciones y resultados que se presentan en la obra.

E) MEZCLADO DEL CONCRETO

El Ingeniero Residente realizará el proceso de mezclado de los materiales integrantes del concreto de manera tal de lograr que se cumplan los siguientes objetivos:

1. Recubrir la superficie del agregado con pasta;
2. Obtener una adecuada distribución de los materiales a través de toda la masa del concreto, logrando una masa uniforme; y
3. Repetir la composición y consistencia de la mezcla tanda a tanda.

Queda prohibido el mezclado manual de los materiales integrantes del concreto.

E.1 VERIFICACIÓN DEL EQUIPO DE MEZCLADO

Debe realizarse antes de proceder al inicio del mezclado de los ingredientes del concreto, el Ingeniero Residente y Ingeniero Supervisor deberán verificar que:

1. El equipo de mezclado sea operado a la capacidad y velocidad recomendadas por el fabricante; los materiales lleguen a formar una masa uniforme en el tiempo de mezclado seleccionado; y la descarga de la mezcladora no produzca segregación en el concreto.
2. La operación de descarga sea rápida; la mezcladora no pueda ser descargada antes de cumplir el tiempo de mezclado; y, una vez iniciada la descarga, la mezcladora no pueda volver a cargarse antes de finalizada aquella.
3. El tambor de la mezcladora esté limpio; así como que todo el equipo de mezclado sea cuidadosamente limpiado al finalizar la jornada de trabajo, cada vez que deje de funcionar por 30 minutos, o cuando se cambie de tipo o marca de cemento.
4. Las características del equipo de mezclado no obliguen a modificar el tamaño máximo del agregado; a emplear más agua que la seleccionada; o realizar un proceso de cargado y descarga defectuosos.
5. Se encuentren calibrados los equipos de medición de agua e incorporación de aditivos líquidos.

E.2 OPERACIÓN DE CARGADO DEL EQUIPO DE MEZCLADO

En la secuencia de cargado de los materiales deberá mantenerse la uniformidad del concreto, la calidad del proceso y la eficiencia del mezclado. El agua deberá preceder, acompañar y seguir al ingreso del material.

Se colocará el material en la tolva de carga de la mezcladora de manera tal que volúmenes proporcionales de cada uno de los materiales componentes de la mezcla, estén en cada una de las partes del flujo total del material conforme este ingresa al tambor. Se considerará recomendable incorporar primero una parte del agua, seguida de los agregados y el cemento.

El cemento no deberá ser incorporado separadamente a fin de evitar pérdidas o aglutinamiento del mismo. Se evitará la formación de grumos debida a la incorporación demasiado rápida del cemento al agua; paletas de mezclado gastadas o en mal estado de conservación; o demoras en la iniciación del proceso de mezclado.

El agua deberá ingresar al tambor de la mezcladora antes que los materiales sólidos, y continuar fluyendo mientras estos ingresan a la mezcladora. El total del agua deberá ya estar en la mezcladora dentro del primer 25% del tiempo de mezclado. La entrega del agua deberá ser hacia el interior de la mezcladora a fin de lograr una combinación rápida con el conjunto de los materiales de la tanda. La tanda deberá ser mezclada y empleada tan rápida como sea posible a partir del momento en que el cemento y el agua se ponen en contacto.

E.3 TIEMPO DE MEZCLADO

El tiempo de mezclado comenzará a contarse desde que todo el material sólido esté en la mezcladora y se medirá hasta que se inicie la descarga del concreto. No se considerará como tiempo de mezclado el requerido para el proceso de descarga.

El tiempo de mezclado para obtener una homogeneidad en la pasta y en la formación del aire incorporado será como mínimo de 2 minutos. El concreto cuyo fraguado ya se ha

iniciado en la mezcladora no deberá ser remezclado ni utilizado.

F) TRANSPORTE DEL CONCRETO

El concreto deberá ser transportado, desde el equipo de mezclado hasta el punto de colocación, tan pronto como sea posible y empleando equipos y procedimientos que garanticen economía y la calidad deseada en el punto de entrega.

En la selección del equipo de transporte el Contratista deberá tener en consideración las condiciones de empleo; los ingredientes de la mezcla; la ubicación del lugar de colocación del concreto; la capacidad del equipo; el tiempo requerido para la entrega del concreto; y las condiciones de clima.

El concreto deberá ser entregado en el punto de colocación sin alteración en las propiedades deseadas y/o en la relación agua - cemento, asentamiento y contenido de aire. Se deberá garantizar la plasticidad, cohesividad, homogeneidad, uniformidad y calidad del concreto; así como que se han de producir pérdidas de los materiales integrantes del concreto, segregación o evaporación de agua.

El procedimiento y la capacidad de transporte seleccionados por El Contratista, deberán garantizar entrega continua del concreto, a fin de evitar la formación de juntas de construcción o de vaciado.

Se recomienda incrementar en 10% los contenidos de cemento y agregado fino de la primera tanda a fin de compensar la porción de mortero que tiende a pegarse al equipo de transporte.

No se transportará a gran distancia mezclas de consistencia fluida, ni se limitará la consistencia o las proporciones de la mezcla en función de las características del equipo de transporte.

G) PREPARACIÓN PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Antes de iniciar el proceso de colocación del concreto, El Contratista y la Inspección deberán verificar que:

1. Los encofrados estén terminados, adecuadamente arriostrados, humedecidos y aceitados; debiendo sus cotas, alineamientos y dimensiones corresponder con las de los planos.
2. Las barras de acero, anclajes, elementos embebidos, y material de las juntas, estén correctamente ubicados, limpios, libre de mortero, concreto, nieve, hielo, óxidos, aceite, grasas, pinturas, escombros, o cualquier material o sustancia perjudicial para el concreto.
3. Se haya retirado toda el agua, nieve, hielo, o desechos de los lugares que van a ser ocupados por el concreto. Las unidades de albañilería que van a estar en contacto con el concreto deben estar adecuadamente humedecidas.
4. Se cuente en la obra con todos los materiales necesarios para la preparación, protección y curado del concreto.

Igualmente se debe contar en obra con el equipo necesario para los procesos de colocación y compactación, debiendo comprobarse que están en óptimas condiciones de empleo.

H) COLOCACIÓN DEL CONCRETO

En el proceso de colocación del concreto en los elementos estructurales sólo se emplearán procedimientos que reduzcan a un mínimo la segregación. Deberán extremarse las precauciones en el proceso de colocación en aquellos casos en que sea necesario reducir el asentamiento o aumentarlo; al modificar el tamaño máximo o el porcentaje de agregado grueso; o al reducir el contenido de pasta o cemento en la mezcla.

El tiempo entre el inicio del mezclado del concreto y el fin de la compactación del mismo deberá ser lo más corto posible. En relación con ello, la máxima pérdida de asentamiento entre el mezclado y la colocación no excederá de 0.003 m. El concreto que presente inicio de fraguado o endurecimiento parcial, o aquel que esté contaminado, no será colocado.

Si se producen, por cualquier causa, interrupciones no previstas en el proceso de colocación del concreto, el vaciado deberá reanudarse antes que el material esté tan fraguado que no permita la entrada del vibrador en marcha por acción de su propio peso.

Durante el proceso de colocación del concreto se evitará el desplazamiento de armaduras y elementos embebidos con respecto a sus ubicaciones indicadas en los planos. Las armaduras y elementos embebidos deberán estar libres de mortero por encima del nivel de vaciado del concreto. Las salpicaduras de mortero deberán estar cubiertas por concreto antes que fragüen.

En zonas de difícil compactación, o de congestión de armadura o elementos embebidos, es recomendable colocar primero una capa de mortero de unos 0.003 m de espesor, de consistencia plástica, y de igual proporción cemento - arena que el concreto. Este deberá compactarse cuidadosamente y acomodarse totalmente alrededor del acero de refuerzo y elementos embebidos, así como en las esquinas de los encofrados.

El equipo de colocación deberá tener características tales que permitan que el concreto se introduzcan en los encofrados prácticamente sin velocidad o con la menor posible, de manera de lograr que el concreto ocupe rápidamente los espacios entre barras, e igualmente se evite la formación de juntas entre capas. La velocidad de colocación no deberá ser mayor que la de compactación del vibrador.

No se podrá proceder al vaciado de concreto y cielo abierto durante las lluvias.

Se podrá efectuar en cualquier caso el vaciado de estructura a cielo abierto siempre que, los medios de transporte, al lugar de vaciado, el concreto no sea afectado por la lluvia.

Durante el vaciado, la temperatura del concreto no deberá ser inferior a 13 °C para una temperatura ambiente mínima de 7 °C, recomendándose realizar esta labor entre las 8:30 y las 13 horas. En el caso de que la temperatura del concreto, al salir de la mezcladora fuese inferior a los 13 °C, el Contratista deberá proveer y adoptar sistemas adecuados y aprobados por el Supervisor para el calentamiento de los agregados, del agua de mezcla o de ambos con el fin de obtener que la temperatura del concreto supere lo señalado.

La temperatura del agua de mezcla calentada, al momento de ser añadida al cemento en la mezcladora, no deberá superar los 70 °C, mientras que la de los agregados no deberá ser superior a los 90 °C.

Sólo se empleará procedimientos de colocación que eviten la segregación y conserven las cohesividad y homogeneidad de la mezcla. La consistencia seleccionada para el concreto deberá permitirle cubrir totalmente las armaduras y elementos embebidos, así como llenar

totalmente los encofrados, especialmente ángulos y rincones de los mismos.

No se utilizará concreto que requiera retemplado. Está prohibida la adición de agua al concreto para modificar su consistencia. En ningún caso deberá permitirse la introducción del concreto a los encofrados a través de las armaduras.

El concreto se colocará en capas horizontales cuyo espesor dependerá del tamaño y forma de la sección; de la consistencia del concreto; del espaciamiento del acero de refuerzo; del proceso de compactación elegido; y de la conveniencia de que cada capa sea colocada antes que la anterior haya fraguado.

El espesor de las capas no será en ningún caso mayor de 0.45 m, ni de aquel que pueda ser perfectamente compactado con el equipo disponible. Se recomienda capas de 15 á 30 cm para concreto armado. Cada capa deberá colocarse cuando la anterior aún está en estado plástico a fin de permitir la penetración del vibrador, eliminar las juntas de vaciado, y lograr una estructura monolítica.

La altura máxima de caída del concreto, o altura de vaciado, será de 1.5 m. Para colocación del concreto desde alturas mayores se utilizarán embudos de bajada que se mantendrán llenos y sumergidos en la masa de concreto. En elementos altos y/o delgados, es recomendable que la colocación del concreto se efectúe a través de aberturas en el encofrado, ubicado preferentemente en zonas no expuestas a la vista.

En la colocación del concreto en pendientes suaves se comenzará por la parte inferior de la pendiente. La operación de colocación deberá continuar hasta que se complete un paño o sección definido por sus juntas. Si la sección no puede ser terminada en un vaciado continuo, deberán ubicarse juntas de construcción en las zonas indicadas en los planos. Las juntas de construcción se ejecutarán de acuerdo a lo indicado en las presentes especificaciones.

Los puntales temporales internos en los encofrados podrán ser retirados cuando el concreto que está siendo colocado alcance un nivel que hace su permanencia innecesaria. Podrán quedar embebidos si no son dañinos al concreto y se cuenta con la autorización de la Inspección.

El vaciado debe efectuarse sin formación de cavidades, rellenados todos los ángulos y esquinas del encofrado, así como también alrededor de los refuerzos metálicos y piezas empotradas, evitando toda segregación del concreto.

El concreto fresco será vaciado, antes de que se haya iniciado el fraguado y no más tarde de 45 minutos de haber añadido agua a la mezcla.

El concreto será compactado durante y después del vaciado en forma mecánica, mediante vibradores de inmersión o de superficie de acuerdo a la forma del elemento. Los métodos y equipos de compactación deberán ser aprobados por el Ingeniero Residente, antes del inicio de los trabajos.

Durante los trabajos de vaciado, se realizará las pruebas que se considere necesarias a partir de muestras tomadas directamente de la mezcladora. En caso de que los resultados de éstas pruebas sean satisfactorios se considerará aprobada la estructura, en caso contrario, se ordenará a la demolición de la misma.

I) CURADO DEL CONCRETO

El curado del concreto tendrá por objeto mantener condiciones de humedad y temperatura que permitan la hidratación del cemento. El curado se iniciará tan pronto como el concreto haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el procedimiento empleado.

Donde lo autorice el Supervisor se permitirá el curado con aplicación de compuestos que produzcan una película impermeable o materiales propios de la zona como el ichu, en cuyo caso es espesor de la protección no será menor de 0.35 m. El compuesto deberá ser aprobado por el Supervisor y ajustarse a los siguientes requisitos:

- a. No reaccionar de manera perjudicial con el concreto;
- b. Endurecerse dentro de los 30 minutos siguientes a su aplicación;
- c. Tener un índice de retención de humedad (ASTM C-156) no inferior a 90.
- d. Tener color definido así que se pueda controlar su distribución uniforme. El color deberá desaparecer al cabo de 4 horas.

J) CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

La Supervisión seleccionará el laboratorio encargado de los ensayos de control de calidad. El Contratista está en la obligación de proporcionar al laboratorio todas las facilidades para el adecuado cumplimiento de sus funciones.

Los resultados del conjunto de ensayos deberá permitir certificar las características finales del concreto con un grado razonable de seguridad. La Inspección y El Contratista elaborarán, antes del inicio de la obra, un programa de ensayo de materiales y concreto, el cual permita reducir a un mínimo las posibilidades de error en los resultados o la interpretación de los mismos.

La obtención y manejo de las muestras se hará siguiendo las recomendaciones de la Norma ITINTEC 339.036 ó de la Norma ASTM C 172. Las muestras deberán ser tomadas por la Inspección o el laboratorio. La muestra deberá ser empleada dentro de los quince minutos siguientes a ser tomada. En ese lapso deberá ser protegida de la acción de los agentes atmosféricos.

La Inspección podrá ordenar la toma de muestras adicionales a las programadas siempre que ello lo crea conveniente. La Inspección deberá registrar la ubicación de los elementos estructurales en los que se ha colocado el concreto del cual se ha tomado la muestra, así como toda información que contribuya a una correcta interpretación de los resultados.

El Contratista deberá proporcionar a la Inspección todas las facilidades necesarias para obtener muestras representativas del concreto fresco. Los ensayos de resistencia a la compresión del concreto se realizarán sobre probetas cilíndricas de 0.15 m de diámetro por 0.30 m de altura.

El moldeo, curado y manejo de las probetas se efectuará de acuerdo con las recomendaciones de la Norma ITINTEC 339.033 ó de la Norma ASTM C 31, para el caso de probetas moldeadas en obra; Y de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ASTM C 192 si se trata de probetas moldeadas, curadas y manipuladas en el laboratorio de control.

La Inspección y el laboratorio controlarán que las probetas no sean afectadas por golpes, cambios en la temperatura ambiente, exposición al secado, especialmente dentro de las primeras 24 horas de preparada la probeta. Las probetas no deberán ser movidas después

de transcurridos 20 minutos de moldeadas. Las probetas deberán ser protegidas del trato brusco en todas las edades.

Las probetas que se han de utilizar para determinar el momento de remoción de los encofrados, o aquel en que la estructura puede ser puesta en servicio, deberán curarse igual que la estructura a la cual ellas representan.

Los ensayos de control de la resistencia potencial del concreto, o aquellos que se realicen para aceptar el mismo, se efectuarán a los 28 días de moldeada la probeta, se exceptúa aquellos casos en los que el concreto ha de recibir su carga o esfuerzo máximo a una edad más temprana. La Inspección podrá solicitar ensayos adicionales a edades más tempranas, en aquellos casos en que se ha establecido una relación edad-resistencia para los materiales y dosificaciones empleados.

Las probetas deberán ser enrasadas de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ITINTEC 339.037 ó ASTM C 617. Las probetas deberán ser ensayadas de acuerdo a las recomendaciones de la Norma ITINTEC 339.034 ó de la Norma ASTM C 39. La obtenida sólo es un índice de la mejor resistencia potencial del concreto, pero no necesariamente la que este tiene en el elemento estructural.

K) ACABADOS

Las irregularidades de las superficies se clasificarán como abruptas o graduales. Los desalineamientos causados por encofrados o revestimientos desplazados o mal colocados, secciones o nudos sueltos o madera defectuosa, serán comprobados mediante plantillas de muestra consistentes en reglas de metal rectas o su equivalente para las superficies curvas. La longitud de dicha plantilla será de 1.50 m para la prueba de superficies formadas mediante encofrado y de 3 m para la prueba de superficies no formadas con encofrados.

Las clases de acabados para superficies de concreto formado con encofrados estarán designadas mediante el uso de los símbolos F1 Y F2, y para superficies sin encofrados con U1, U2.

F1: El acabado F1 se aplicará a las superficies formadas con encofrados sobre o contra las cuales se colocará material de relleno o concreto y que no queden expuestas a la vista después de terminado el trabajo.

Esta superficie no requerirá ningún tratamiento después de la remoción de encofrados, excepto en el caso de concreto defectuoso o que requiera reparación y el relleno de los huecos que queden después de quitar los sujetadores de los extremos de las varillas y para el curado especificado.

La corrección de las irregularidades de la superficie, sólo se requerirá sólo en el caso de depresiones y sólo para aquellas que excedan 0.02 m al ser medidas en la forma prescrita anteriormente.

F2: El acabado F2 se aplicará a todas las superficies formadas con encofrados que no queden permanentemente tapadas con material de relleno o concreto. Las irregularidades de la superficie, medidas tal como se describe líneas arriba, no excederán 0.005 m para irregularidades abruptas y 0.01 m para irregularidades graduales.

U1: El acabado U1 (acabado enrasado) se aplica a las superficies no formadas con encofrados que se van a cubrir con material con material de relleno o concreto.

El acabado U1 también se aplicará como la primera etapa del terminado U2.

Las operaciones de terminado consistirán en una nivelación y enrasado para producir superficies parejas y uniformes. Las irregularidades de la superficie, no excederán a 0.001 m.

U2: El acabado U2 (acabado frotachado) se aplicará a las superficies no conformados con encofrados y que no van a quedar permanentemente cubiertas con material de relleno o concreto. El frotachado puede hacerse usando equipo manual o mecánico. El frotachado se comenzará tan pronto como la superficie a enrasar, se haya endurecido suficientemente, y será el mínimo necesario para producir una superficie que esté libre de marcas de enrasado y que sea de una textura uniforme, cuyas irregularidades no excederán a 0.005 m. Las juntas y bordes serán trabajadas con bruñas.

3.01 CONCRETO SIMPLE

Se define como concreto simple al concreto que no tiene armadura de refuerzo, o que la tiene en una cantidad menor que el mínimo porcentaje establecido para el concreto armado.

El uso del concreto simple deberá limitarse a elementos totalmente apoyando sobre el suelo, o soportados por otros elementos estructurales capaces de proveer un apoyo vertical continuo o cuando el efecto de arco asegure esfuerzos de compresión para todos los estados de carga.

Todos los materiales que se empleen en la fabricación de concreto simple deberán cumplir con los mismos requisitos exigidos para el concreto armado. Ello es igualmente aplicable a la dosificación, ensayo de probetas, encofrados, colocación, curado, evaluación y aceptación del concreto.

3.01.1 MAMPOSTERIA DE PIEDRA ASENTADA Y EMBOQUILLADA EN CONCRETO $f'c=20.6$ MPA (210 KG/CM²) $E=0.20$ M

Las piedras para mampostería serán rocas sanas, densas, resistentes a la destrucción de los agentes atmosféricos. Serán de roca andesítica o de cantos rodados, los que se usarán partidas y canteadas en la caravista bien aplanada.

El revestimiento con mampostería consiste en asentar las lajas de piedras sobre una primera capa de Concreto, capa antigua, de calidad mínima de $f'c = 20.6$ MPa (210 kg/cm²) luego de que esta tenga 2 ó 3 horas de fraguado y una capa nueva constituida por el emboquillado.

Las rocas que constituyen la mampostería, serán piezas que ofrezcan un lado plano de 0.30 X 0.20 m. Aproximadamente y que tengan un espesor mínimo de la piedra de 0.15m a 0.20m Antes de la colocación, cada piedra deberá ser lavada para que quede libre de polvo y materiales extraños. Así mismo la superficie del terreno que recibirá el emboquillado deberá ser firme y nivelada y será humedecida completamente antes de iniciar el trabajo.

Las piedras serán colocadas en una sola capa, sobre una capa de concreto simple de 0.05 m. de espesor, de manera que las caras planas queden visibles. Primeramente se colocaran las piedras grandes y luego se rellenaran los espacios que queden entre ellos con piedras más pequeñas del tamaño adecuado, rellenando todas las juntas superficiales

con el mortero cemento:arena. La cantidad de vacíos deberá ser la mínima posible y todas las piedras deberán quedar sólidamente asentadas en el concreto y unidas entre sí por el mortero.

El emboquillado se realizará con mortero 1:4 es decir relleno de todas las juntas superficiales de las piedras. La superficie debe protegerse durante tres días consecutivos. La mampostería deberá cumplir con el acabado U1 descrito en el ítem "Acabados" del presente capítulo. Para fines de valorización mensual, la presente partida se medirá en metros cuadrados (M2).

3.02 CONCRETO ARMADO

Es aquel concreto que cuenta con armadura de acero estructural, será empleado en la construcción de las Obras de Arte, y alcanzará los niveles de Resistencia a la Compresión indicado en los Planos respectivos. Su fabricación, colocación, curado y demás se regirá por las Especificaciones Generales dadas en los párrafos anteriores.

En el lugar de trabajo, el Residente establecerá un laboratorio de campo, el que contará con todo el equipo requerido para la ejecución de las pruebas en el concreto previstos en estas Especificaciones. Los ensayos de concreto se efectuarán como se indica en las normas o especificaciones de la *American Society for Testing Materials* (ASTM).

Independientemente del Cuaderno de Obra, el Residente llevará un registro diario de los trabajos de concreto conteniendo las siguientes anotaciones:

- Temperatura del medio ambiente, agua, cemento, agregados, concreto y humedad del aire y tipo de clima.
- Entrega en el lugar de trabajo de los materiales de concreto (cantidad, marcas de cemento, etc.) Inspecciones, ensayos, etc. y sus resultados.
- Fecha y hora de la iniciación y terminación de las diferentes partes de los trabajos de concreto, así como el encofrado y desencofrado.
- Cantidad de cemento, arena, piedra y aditivos usados para cada sección de trabajo y el número y tipo de las muestras tomadas.

3.02.1 CONCRETO F´C=24 MPA (245 KG/CM2) EN OBRAS HIDRAULICAS

El trabajo a realizar consistirá en el suministro de mano de obra, materiales y maquinaria para fabricar el concreto necesario para todas las estructuras y otras necesidades. La dosificación, amasado, puesta en Obra, acabado y curado de concreto y todos los materiales y métodos de ejecución, cumplirán con los artículos correspondientes al capítulo 3.00 de las especificaciones. Se deberán cumplir con los acabados F1 y F2 descritos en el ítem "Acabados" del presente capítulo.

La unidad de medida para efecto de pago es el metro cúbico (M3) de concreto medido de acuerdo a planos.

3.02.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN OBRAS HIDRAULICAS

Comprende el suministro de la mano de obra, materiales, equipo y la ejecución de las operaciones necesarias para construir los moldes requeridos según la forma, dimensiones y acabados de los diferentes elementos de concreto armado y simple que constituyen las

obras del proyecto, de acuerdo a lo indicado en los planos o a las órdenes del Ingeniero Residente. Asimismo, comprende el retiro de dichos moldes después que el concreto haya adquirido la consistencia requerida.

Los encofrados podrán ser de metal, madera o ambos. En el caso de usar madera, la superficie en contacto con el concreto deberá estar acabada cepillada a espesores uniformes, libres de nudos y otros defectos. La madera no cepillada podrá usarse solamente para superficies no expuestas.

Tanto las uniones como las piezas que constituyen el encofrado deberán poseer la resistencia y rigidez necesaria para soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos (peso propio, circulación de personal, vibrado del concreto y eventualmente sismos o vientos), que se generen durante y después del vaciado, sin llegar a deformarse, debiendo evitar además la pérdida del concreto por las juntas.

La remoción del encofrado, se hará después que el concreto haya adquirido la consistencia necesaria, para soportar su peso propio y las cargas vivas a que pudiera estar sujeto. En general, los encofrados deberán permanecer colocados los tiempos mínimos que se indican, salvo indicación expresa en los planos y/o del Ingeniero Residente. El encofrado se medirá en metros cuadrados (M²).

3.02.3 HABILITACIÓN DE ACERO DE REFUERZO FY=411.6 (4200 KG/CM²) EN OBRAS HIDRAULICAS

Comprende acero de refuerzo habilitado y colocado según los planos del proyecto, debiendo satisfacer las siguientes condiciones:

El material utilizado será el acero en barras corrugadas debiendo presentar una resistencia mínima en la fluencia de 4,200 kg/cm² y deberán cumplir además con las especificaciones ASTM A-215 y ASTM A-216.

Respecto al almacenamiento y limpieza de las varillas de acero, deberán estar fuera del contacto con el suelo, preferiblemente cubiertas y se mantendrán libres de tierra y suciedad, aceite, grasa y oxidación excesiva. Antes de su colocación en la estructura, el refuerzo metálico deberá limpiarse de escamas de laminado, óxido, y cualquier capa que pueda reducir su adherencia.

No se permitirán enderezamientos, ni redoblado en el acero obtenido en base a torsiones u otra forma semejante de trabajo en frío. En acero convencional, las barras no deberán enderezarse ni volverse a doblar en forma tal que el material sea dañado.

La colocación de la armadura, será efectuada en estricto acuerdo con los planos y se asegurará contra cualquier desplazamiento por medio del alambre de hierro recogido o clips adecuados en las intersecciones. El recubrimiento de la armadura se logrará por medio de espaciadores de concreto tipo anillo y de otra forma que tenga un área mínima de contacto con el encofrado.

Todo empalme con soldadura, deberá ser autorizado por El Supervisor. Se utilizará el tipo de soldadura recomendado por el fabricante de acero. La malla soldada, será soportada del mismo modo que las barras de refuerzo. Los traslapes de la malla soldada, será como mínimo tres cocadas ó 0.30 m el que sea mayor.

En el caso que se empleen barras soldadas, no se podrá proceder a emplearlas en obra,

hasta que mediante ensayos exhaustivos se demuestre que el procedimiento seguido, el tipo de soldadura y el personal soldador, estén procediendo de modo que alcancen la carga de fluencia del acero original y que tenga como carga de fluencia del acero original y que tenga como carga de rotura el 125% de la carga de fluencia del acero original.

Las tolerancias de fabricación y colocación para acero de refuerzo serán las siguientes:

En la fabricación:

- Longitud de corte : ± 0.25 m
- Estribos, espirales y soportes : ± 0.12 m
- Doblezas : ± 0.12 m

En la colocación:

- Cobertura de concreto a las superficies : + 0.006 m
- Espaciamiento mínimo entre varillas : + 0.006 m

Distancias superiores en losas y vigas.

- Miembros < de 0.20 m de peralte. : + 0.06 m
- Miembros entre 0.20 y 0.50 m de peralte: + 0.12 m
- Miembros > de 0.60 m de peralte : + 0.25 m

La medición del acero se hará en kilogramos (KG), se determinará la longitud neta del acero de refuerzo y luego transformada a peso para cada diámetro estipulado.

4.00 VARIOS

4.01 JUNTA WATER STOP 0.15 M (6") TIPO U-15

Las juntas Water Stop 0.15 m (6") consistirán en sellos de impermeabilización colocados cada 9 metros como se indica en los planos y estarán empotrados en el concreto por ambos lados y a lo largo de toda la longitud de la junta.

Las juntas Water Stop serán perfiles elásticos fabricados en base a polivinil cloruro (PVC); formulados a partir de resinas vírgenes; de gran resistencia, impermeabilidad y elasticidad. Así mismo, serán resistentes a la ruptura, envejecimiento, variaciones de temperatura y agentes químicos agresivos.

No se permitirá la continuación de acero de refuerzo y otros materiales de metal empotrados, adheridos al concreto o anclados en pisos, a través de las juntas de contracción y dilatación. La separación entre los concretos en las juntas de contracción se hará mediante el empleo de una mano de pintura bituminosa. Se valorizará según el metro lineal (M) de avance mensual.

4.02 JUNTA CON MASILLA ELASTOMERICA DE POLIURETANO (E=0.025X0.0125M)

Comprende el suministro de mano de obra, materiales y limpieza de juntas para la colocación de sellos elastoméricos fabricados con un componente, con base en poliuretano. Se empleará para el sellado de juntas del revestimiento del canal o juntas water stop 0.15 m

(6") con un factor de forma de 0.50, de conformidad con los planos y Especificaciones Técnicas.

Las dimensiones de las ranuras a rellenar se indican en los detalles de los planos. Antes de proceder al relleno, toda la superficie que entrará en contacto con el material de relleno será perfectamente limpiada y libre de humedad, aceite, ceras, óxidos, lechadas de cemento, etc. El producto elastomérico propuesto no precisa de imprimación previa de las superficies, el relleno será colocado inmediatamente después de la limpieza y compactado adecuadamente. El acabado superficial se hará con mucho cuidado con el fin de evitar irregularidades abruptas. Esta partida se pagará por metro lineal (M).

4.03 TUBERÍA CORRUGADA DE PVC 0.10 M (4") PARA DRENAJE LONGITUDINAL

Comprende los materiales, mano de obra y equipo empleado en la colocación de las Tuberías corrugadas perforadas (25.9 cm² por metro lineal) de PVC de D = 0.10 m., que servirán para evacuar las aguas del sistema de drenaje mediante salidas cada 140m, las mismas que se ubicarán de acuerdo a lo especificado en los planos, teniendo precaución en su maniobrabilidad, para evitar cualquier rajadura.

La tubería de PVC estará rodeada con material filtrante con material seleccionado y un geotextil. Sus uniones y desvíos serán hechos con materiales que el fabricante dispone para estos casos: tees, codos, reducciones, etc.

Las tuberías deberán cumplir las normas del USBR: *Bureau of Reclamation Standard Specifications for Polyethylene Plastic Corrugated Drainage Tubing*, o la *Standard Specifications for Polyvinyl-Chloride Corrugated Drainage Tubing*.

Estas tuberías corren por la cara opuesta de los muros que forman el canal de derivación con una pendiente de 2.5 por mil. Tendrán desfuegos hacia el cauce natural de la quebrada Carahuacra. El filtro geotextil no tejido será del tipo 451(I) y deberá estar elaborado con fibras cortas de polímeros de cadena larga, mediante punzonado por agujas. El geotextil deberá ser resistente a la degradación debida a la luz ultravioleta, degradación biológica y química y deberá cumplir las siguientes especificaciones:

PROPIEDADES INDICES	METODO DE ENSAYO	VALOR PROMEDIO O TÍPICO
<u>Mecánicas</u>		
Resistencia a la Tensión Grab	ASTM D4632	620 N
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D4833	375 N
Caída del Cono	BS 9606/6	26 mm
<u>Hidráulicas</u>		
Tamaño de abertura aparente (AOS)	ASTM D4751	0.150 mm
Permeabilidad	ASTM D4491	29x10 ⁻² cm/seg
<u>Físicas</u>		
Peso por unidad de área	ASTM D5261	155 g/m ²
Espesor	ASTM D5199	1.2 mm

Los traslapes como mínimo serán de 0.30 m y la distancia entre los mismos será de 1.5. La unidad de medida para el pago es el metro lineal. de tubería colocada.

4.04 TUBERÍAS ROMPEPRESIÓN 0.10 M (4") INCLUIDA CHARNELA

Comprende el suministro de la mano de obra, materiales y equipo, y la ejecución de las operaciones necesarias para colocar tubos rompepresiones más la ejecución de los detalles de los filtros que lo rodean.

Los tubos rompepresiones se colocarán según se indica en los planos. El Tubo rompe presiones consistirá en un tubo de PVC corrugado de 0.10 m de diámetro, conectado al drenaje longitudinal con una T de PVC. Tendrá una tapa colocada en su extremo opuesto provisto de una charnela, pudiendo ser esta de metal (en cuyo caso será protegida con una mano de pintura anticorrosiva) o de plástico. El extremo con la charnela tendrá un retiro de 0.02 m con respecto a las paredes de la caja del canal.

El tubo rompepresiones se deberá colocar antes del vaciado, convenientemente fijado y en posición perpendicular a las paredes según lo indicado en los planos. Comprende el suministro de la mano de obra, materiales y equipo, y la ejecución de las operaciones necesarias para colocar tubos rompepresiones más la ejecución de los detalles geotextiles y filtros que lo rodean incluyendo el relleno con concreto epóxico, de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas.

Los tubos rompepresiones serán medidas en unidades (UND).

4.05 EVACUACIÓN DE AGUAS POR BOMBEO

Comprende el suministro de equipos de bombeo y otros para las operaciones de eliminación del agua, con la finalidad de controlar el nivel freático, debiendo llevarse a cabo sin provocar inundaciones en las áreas de trabajo, asegurándose para tal efecto la eliminación del agua hasta lugares que drenen por gravedad.

En todo momento, durante el período de excavación hasta su terminación e inspección final y aceptación, se preverá de medios y equipos amplios mediante el cual se pueda extraer prontamente, toda el agua que entre en cualquier excavación u otras partes de la obra. No se permitirá que suba el agua o se ponga en contacto con la estructura, hasta que el concreto y/o mortero haya obtenido fragua satisfactoria y, de ninguna manera antes de doce (12) horas de haber colocado el concreto y/o mortero.

Todos los daños causados por la extracción de agua de las obras, serán prontamente reparadas por el Constructor. Las instalaciones de mangueras y/o equipos de bombeo no deberán interrumpir las vías de acceso y circulación.

El precio unitario comprende la operación de dos equipos de bombeo (motobombas de 4"), necesario para permitir los trabajos de excavación y relleno en zonas con presencia de agua. Esta partida se pagará por el tiempo en horas (HE) de la operación de bombeo.

4.06 ESCALINES DE FIERRO LISO.

Comprende el suministro de mano de obra y/o materiales para la construcción de las escaleras de servicio en los buzones y los disipadores de energía.

Serán fabricadas con tuberías de fierro liso de 5/8", las mismas que cumplirán lo especificado en las normas ITINTEC correspondientes.

Los pasos de las escaleras de servicios serán empotrados en el concreto. Las partes que lo componen serán unidos mediante soldadura NXX de 1/4". Finalmente estos elementos serán pintados con dos manos de pintura anticorrosiva.

Esta partida se pagará por unidad empotrada (UND).

4.07 PLANCHA DE ACERO A-36 PARA REVESTIMIENTO DE VIGA DE IMPACTO

Esta partida comprende los accesorios y elementos metálicos usados para el soporte de la plancha metálica de revestimiento de la viga de impacto y la protección con pintura anticorrosiva.

La plancha será de acero tipo A-36 de 1/2" de espesor y será revestida con dos manos de pintura anticorrosiva. Todas las soldaduras se realizarán mediante soldadura NXX de 1/4". Asimismo, los pernos serán de acero tipo A-325, las tuercas de bronce tipo SAE-62 y el pasador de acero tipo A-307. Se medirá y pagará por metro cuadrado (M2) de revestimiento.

4.08 GEOTEXTIL NO TEJIDO E=1.2 MM

El geotextil no tejido será del tipo 451 (1) SYNTHETIC INDUSTRIES y se usará para el revestimiento del terraplén del dique de cierre. Este revestimiento consistirá en una capa de geomembrana entre dos capas de geotextil no tejido como lo indican los planos respectivos.

El geotextil no tejido 451 (1) deberá cumplir con las especificaciones citadas en la partida "Tubería Corrugada de PVC 0.10 m (4") para Drenaje Longitudinal. Los traslapes serán como mínimo de 0.40 m. La unidad de medida de la presente partida será el metro cuadrado (M2).

4.09 GEOMEMBRANA CORRUGADA E=1.5 MM

Para el revestimiento del dique de cierre se colocarán una capa impermeabilizante consistente en una manta de Geomembrana de Polietileno de alta densidad 1.5 mm de espesor, el mismo que deberá ser fabricado de resina virgen de Polietileno. La manta será del tipo corrugado en sus dos caras.

Durante el enrollado y desenrollado de la Geomembrana no se rayará, arañará, plegará o arrugará. No se colocarán mayores pesos, debiendo preverse que pueda ser levantado por el viento.

Los rollos de Geomembrana o Paneles serán embalados y transportados de tal forma que sean protegidos de los daños que puedan ocasionarse. El carguío y descarga serán de responsabilidad del distribuidor. Debe minimizarse el contacto directo de la Geomembrana de las áreas de tráfico.

Las cargas se deberán recepcionar de acuerdo a la documentación suscrita tanto por El Contratista y el Ingeniero Supervisor. Los rollos dañados deberán ser separados de los rollos buenos hasta que la disposición conveniente del material sea determinada.

El almacenaje corre por cuenta del ejecutor de la obra, luego de recibido los materiales, los mismos que deben ser protegidos de los agentes punzantes, basura, grasa, humedad, lodo, etc. Los rollos de geomembrana deben ser almacenados en una superficie lisa preparada y no deben ser apilados más de dos rollos de alto si están sobre suelos no compactados, mientras en pisos de concreto no se tendrá mayores problemas.

Las mantas de Geomembrana se colocarán usando una barra propagadora o por otro método aprobado por el Residente y Supervisor del Proyecto. El sellado se realizará con Soldaduras por FUSION EN CALIENTE y EXTRUSION. En las esquinas y localizaciones geométricas angulosas, el número de sellos deberá minimizarse.

El máximo número de juntas vendrá ejecutado del taller. Para determinar el tamaño óptimo se considerará la manejabilidad en obra, y colocación, riesgos de rotura al desplegarse y dificultad de posicionarla.

Paralelamente al proceso de soldadura, deberá hacerse un control de calidad de las uniones. Este se efectuará por el Sistema de aire comprimido en el caso de sellado mediante equipo de fusión, y por el Sistema de desviación magnética con alambre de cobre en el caso de sellado mediante un equipo de Extrusión, o cualquier otro método certificado por las Normas ASTM u otra institución de reconocido prestigio.

Solo después de completar las uniones y verificar el posicionamiento correcto de la lámina de Polietileno de Alta Densidad se procederá al anclaje en las zanjas con el mismo material de excavación para luego compactarla en capas.

Los paneles de Geomembrana tienen un traslape mínimo de 4" para soldadura por FUSION con calor y 6" para soldadura por EXTRUSION.

La instalación del recubrimiento se procederá en un ambiente con una temperatura ambiental mayor a 0° C. La colocación podrá proceder bajo 0°C únicamente después que el Instalador demuestre al Ingeniero Residente que el material puede ser sellado convenientemente a las Especificaciones del Proyecto.

No se colocará la Geomembrana durante precipitaciones o humedad de algún tipo, o en presencia de vientos excesivos, mientras sea determinado por el Supervisor.

Observaciones de temperatura, humedad, precipitación, y vientos serán notados para asegurar que las condiciones ambientales sean aceptables previamente a la ubicación del recubrimiento.

Los Equipos apropiados para el sellado en campo son los Soldadores para fusión con calor y Soldadores para Extrusión de filetes.

- Soldador para Fusión con calor, 110 Volt (220 Volt).
- Soldador por Extrusión 220 Volt.
- Generador 6.5 Kw, fase simple con 110 / 220volt. Salida.

La unidad de medida de la presente partida será el metro cuadrado (M2).

4.10 ELEMENTOS METÁLICOS

Esta partida incluye la mano de obra, materiales y equipos necesarios para la ejecución de los trabajos de colocación de elementos metálicos, entre los que se encuentran incluidos la

Malla de Protección y los Guardavías Metálicos. Esta partida se valorizará por monto estimado (EST).

MALLA DE PROTECCIÓN

Se habilitará una malla de protección entre las progresivas 1+000 y 1+320, la misma que incluirá un letrero con un mensaje preventivo del peligro de caer en la rápida ubicada en esta posición.

El cerco consistirá en un enmallado de 2.00 m. de altura con cocada de 0.10 m (4"), alambre No 12, coronada con un alambre de espino, sujeta a postes de acero de 0.5 m de diámetro tipo pesado Cedula 40 anclados en bases de concreto de 0.40 x 0.40 x 0.80 m espaciados a 5 m en promedio. La puerta de acceso será de doble hoja con un sistema de cierre (cerradura) y una cadena de seguridad con candado blindado. Para impedir el ingreso de personas, el cerco extenderá rejas metálicas terminadas en punta u otros aditamentos tal que impidan el ingreso. Se realizará el pintado de los mismos con una mano de pintura anticorrosiva. La partida comprende el suministro de mano de obra, materiales y equipos necesarios para la construcción y pintado del cerco, puerta y rejas. Asimismo, incluye la provisión y colocación de un letrero preventivo en quechua y castellano.

Toda esta labor deberá ser presentada mediante un plano de distribución al Supervisor para su aprobación en lo respecto a ubicación y detalles.

GUARDAVIA METÁLICO

El guardavía metálico será del tipo ARMCO-G2 o similar, estará ubicado a la altura de la Alcantarilla No. 2 (Kilómetro 2+760 aproximadamente) y será colocado según el alineamiento y dimensiones señaladas en los planos respectivos.

La instalación del guardavía metálico deberá cumplir con lo indicado en el Informe No. 54 del *National Cooperative Highway Research Program* en lo referente al empotramiento y proceso de instalación.

CAPITULO IV : PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRAS

MEMORIA DE METRADOS

Proyecto Piloto: CANAL DE DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA

Ítem	Descripción	Unid	No.	Largo	Ancho	Alto	Unid/Metro	Parcial	Metr. Total
1.00	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES								
1.01	Movilización y Desmovilización de Equipo	TON						100.0	100.0
1.02	Señalizaciones en Vías de Tránsito	UND						8.0	8.0
1.03	Almacén y Talleres en Obra	M2						120.0	120.0
1.04	Caseta de Guardianía	UND						2.0	2.0
1.05	Trazo, Nivelación y Replanteo de Canales	KM						2.9	2.9
1.06	Trazo, Nivelación y Replanteo en Obras de Arte	M2							2213.0
	-Estructura de entrada de canal			26.00	8.00			208.0	
	-Alcantarilla No. 1			30.00	15.00			450.0	
	-Estructura de Impacto			35.00	8.00			280.0	
	-Transición 1+000			15.00	25.00			375.0	
	-Entrega de Qda. 1+660			15.00	20.00			300.0	
	-Entrega de Canal			15.00	40.00			600.0	
1.07	Trazo, Nivelación y Replanteo de Dique de Cierre	M2						3600.0	3600.0
1.08	Construcción de Caminos de Acceso	KM						1.5	1.5
1.09	Mantenimiento de Caminos de Acceso	KM						6.0	6.0
1.10	Desvíos Provisionales	KM						1.0	1.0
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
2.01	Excav. c/maq. Plataforma/Caja de Canal y O. Arte Terreno Suelto	M3							31891.2
	-Exc. en canal (según planilla de mov. Tierras)							31271.6	
	-Exc. Entrada de canal							229.2	
	-Exc. en estructura de entrega de canal							390.4	
2.02	Excav. c/maq. Plataforma/Caja de Canal y O. Arte Terreno Rocoso	M3							574.7
	-Excav. Entre progresivas 1+440-1+480							574.7	
2.03	Relleno Compactado con Desmante de Mina	M2							18418.6
	-Relleno en canal							17765.8	
	-Relleno en estructura de entrada							174.4	
	-Relleno de muros de encauzamiento en entrega de Qda.		2	8.00			9.36	149.8	
	-Relleno en estructura de entrega de canal							328.7	
2.04	Lecho Filtrante con Material Seleccionado	M3							597.1
	-Relleno en drenaje sub superficial en canal							585.6	
	-Relleno en salidas a cauce natural río Carahuacra							11.5	
2.05	Eliminación de Material Excedente < 1000 m	M3							13157.6
	-Eliminación del material en canal							13157.6	
2.06	Excavación Manual para Zanja de Drenaje de Dique	M3							283.5
								283.5	283.5
2.07	Excavación Manual para Zanja de Anclaje de Recubrimiento de Dique	M3							382.5
								382.5	382.5
2.08	Construcción de Terraplén para Dique	M3							2825.6
								2825.6	2825.6
2.09	Construcción de Drenes con Grava y Arena Compactada	M3							763.5
								763.5	763.5
2.10	Conformación y Peinado de Talud de Dique y Coloc. Material Fino	M2							1419.0
	-Peinado de taludes de dique							1419.0	
2.11	Relleno Manual con material de Enrocado	M3							75.0
	-Inicio de canal							20.0	
	-Entrega en cauce natural río Carahuacra							55.0	
3.00	CONCRETOS								
3.01	CONCRETO SIMPLE								
3.01.1	Mamp. de Piedra Asentada y Emboq. en C. S. f'c=20.6 MPa (210 Kg/cm2), e=0.20	M3							285.0
	-Alcantarilla No. 1							80.0	
	-Entrega de Qda.							205.0	
3.02	CONCRETO ARMADO								
3.02.1	Concreto f'c=24 MPa (245 Kg/cm2), Obras Hidráulicas	M3							3651.8
	-Puente de cruce (03)		3	2.40	1.00	0.25		1.8	
	-Uñas de concreto en dique							6.1	
	-Muro izquierdo en estr. de inicio canal							6.8	
	-Muro derecho en estr. de inicio canal							24.5	
	-Tramo 0+105-0+150							105.2	
	-Tramo 0+150-0+630							575.6	
	-Tramo 0+630-0+657 (Alcant. No.1)							59.1	
	-Tramo 0+657-1+000							411.6	
	-Tramo 1+000-1+010 (Transición)							10.9	
	-Tramo 1+010-1+320							288.3	
	-Tramo 1+320-1+460								
	Sección tipo cajón							226.1	

MEMORIA DE METRADOS

Proyecto Piloto: CANAL DE DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA

Ítem	Descripción	Unid	No.	Largo	Ancho	Alto	Unid/Metro	Parcial	Metr. Total
	Parapeto de cierre							4.5	
	Dados							5.5	
	Collarines							21.1	
	-Estructura de impacto							47.7	
	-Transición 1+467-1+471.9							15.7	
	-Tramo 1+471.9-1+655							189.0	
	-Tramo 1+655-1+665 (Entrega de Qda.)							5.9	
	-Tramo 1+665-2+753.4							1306.1	
	-Tramo 2+753.4-2+770 (Alcantarilla No.2)							39.0	
	-Estructura de entrega de canal							120.2	
	-Uñas @ 9.00							181.1	
3.02.2	Encofrado y Desencofrado, Obras Hidráulicas	M2							17746.6
	-Puente de cruce (03)		3				4.10	12.3	
	-Uñas de concreto en dique							18.8	
	-Muro izquierdo en estr. de inicio canal							23.2	
	-Muro derecho en estr. de inicio canal							82.4	
	-Tramo 0+105-0+150							457.3	
	-Tramo 0+150-0+630							3072.0	
	-Tramo 0+630-0+657 (Alcant. No.1)							197.0	
	-Tramo 0+657-1+000							2195.2	
	-Tramo 1+000-1+010 (Transición)							64.0	
	-Tramo 1+010-1+320							1612.0	
	-Tramo 1+320-1+460							1119.0	
	-Estructura de impacto							123.7	
	-Transición 1+467-1+471.9							64.0	
	-Tramo 1+471.9-1+655							1171.8	
	-Tramo 1+655-1+665 (Entrega de Qda.)							76.8	
	-Tramo 1+665-2+753.4							6965.8	
	-Tramo 2+753.4-2+770 (Alcantarilla No.2)							108.7	
	-Tramo 2+770 - 2+796.4							169.0	
	-Estructura de entrega de canal							213.7	
3.02.3	Acero Trabajado fy=411.6 MPa (4200 Kg/cm2), Obras Hidráulicas	KG							166293.3
	-Puente de cruce (03)							127.8	
	-Uñas de concreto en dique							286.4	
	-Muro izquierdo en estr. de inicio canal			4.00			67.52	270.1	
	-Muro derecho en estr. de inicio canal			14.50			67.52	979.0	
	-Tramo 0+105-0+150			45.00			110.40	4968.0	
	-Tramo 0+150-0+630			480.00			51.97	24945.6	
	-Tramo 0+630-0+657 (Alcant. No.1)							5784.2	
	-Tramo 0+657-1+000			343.00			51.97	17825.7	
	-Tramo 1+000-1+010 (Transición)							553.1	
	-Tramo 1+010-1+320			310.00			44.54	13807.4	
	-Tramo 1+320-1+460								
	Sección tipo cajón			140.00			101.59	14222.6	
	Parapeto de cierre							308.6	
	Dados							520.8	
	Collarines							1459.3	
	-Estructura de impacto							2274.6	
	-Transición 1+467-1+471.9							384.3	
	-Tramo 1+471.9-1+655			183.10			51.97	9515.7	
	-Tramo 1+655-1+665 (Entrega de Qda.)							947.6	
	-Tramo 1+665-2+753.4			1088.40			51.97	56564.1	
	-Tramo 2+753.4-2+770 (Alcantarilla No.2)			16.60			145.75	2419.4	
	-Estructura de entrega de canal							2119.8	
	-Uñas @ 9.00							6009.1	
4.00	VARIOS								
4.01	Junta Water Stop 0.15 m (6") Tipo U-16	M							1452.0
	-Tramo 0+105 - 0+150		6	6.60				39.6	
	-Tramo 0+150 - 0+630		55	4.80				264.0	
	-Tramo 0+630 - 0+657		4	6.60				26.4	
	-Tramo 0+657 - 1+000		39	4.80				187.2	
	-Tramo 1+000 - 1+320		37	3.60				133.2	
	-Tramo 1+320 - 1+460		17	4.80				81.6	
	-Tramo 1+467 - 2+753.4		141	4.80				676.8	
	-Tramo 2+753.4 - salida		9	4.80				43.2	
4.02	Junta con Masilla Elastomérica de Poliuretano (e=0.025X0.050 m)	M							1452.0
	-Idem a junta water stop							1452.0	
4.03	Tubería Corrugada de PVC 0.10 m (4") para Drenaje Longitudinal	M							1826.0
	-Estructura inicio canal (muro izquierdo)							4.0	
	-Tramo 1+105-1+000 (2 lados)							1790.0	
	-Salidas a cauce original río Carahuacra							32.0	

MEMORIA DE METRADOS

Proyecto Piloto: CANAL DE DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA

Ítem	Descripción	Unid	No.	Largo	Ancho	Alto	Unid/Metro	Parcial	Metr. Total
4.04	Tubería Rompe Presión 0.10 (4") inc. Charnela	UND						815.0	815.0
4.05	Evacuación de Aguas por Bombeo	HE						640.0	640.0
4.06	Escalines de Hierro 5/8"x0.40x0.30x0.30 @ 0.30	UND							14.0
	-Estructura inicio canal 2 de 7 c/u							14.0	
4.07	Plancha de Acero A-36 para Revest. de Viga de Impacto	M2		5.00	1.80			9.0	9.0
4.08	Geotextil No Tejido e=1.20 mm	M2							19583.5
	-Geotextil en drenaje long (0+105-1+000)							6003.7	
	-Geotextil en cimientos (0+105-1+000)							8217.3	
	-Geotextil en recubrimiento de dique (2 capas)							5362.5	
4.09	Geomembrana Corrugada e=1.5 mm	M2							
	-Recubrimiento de dique de cierre (1 capa)			82.50	32.00			2640.0	2640.0
4.10	Elementos Metálicos	EST						1.0	1.0

Planilla de Corte

PROGRESIVA	TIPO DE CORTE	AREA DE CORTE (m ²)	VOLUMEN CORTE (m ³)
+120.0	Corte en suelo suelto	12.43	
+140.0	Corte en suelo suelto	8.98	214.1
+160.0	Corte en suelo suelto	11.66	206.4
+180.0	Corte en suelo suelto	16.03	276.9
+200.0	Corte en suelo suelto	27.84	438.7
+220.0	Corte en suelo suelto	29.78	576.2
+240.0	Corte en suelo suelto	27.10	568.8
+260.0	Corte en suelo suelto	27.71	548.1
+280.0	Corte en suelo suelto	30.55	582.6
+300.0	Corte en suelo suelto	26.90	574.5
+320.0	Corte en suelo suelto	26.08	529.8
+340.0	Corte en suelo suelto	26.78	528.6
+360.0	Corte en suelo suelto	26.52	533.0
+380.0	Corte en suelo suelto	4.61	311.3
+400.0	Corte en suelo suelto	4.38	89.9
+420.0	Corte en suelo suelto	3.46	78.4
+440.0	Corte en suelo suelto	5.28	87.3
+460.0	Corte en suelo suelto	6.61	118.9
+480.0	Corte en suelo suelto	7.80	144.1
+500.0	Corte en suelo suelto	5.88	136.8
+520.0	Corte en suelo suelto	7.00	128.8
+540.0	Corte en suelo suelto	7.13	141.3
+560.0	Corte en suelo suelto	7.39	145.2
+580.0	Corte en suelo suelto	8.56	159.5
+600.0	Corte en suelo suelto	10.84	194.0
+620.0	Corte en suelo suelto	7.80	186.4
+640.0	Corte en suelo suelto	5.87	136.7
+660.0	Corte en suelo suelto	4.46	103.3
+680.0	Corte en suelo suelto	8.30	127.6
+700.0	Corte en suelo suelto	14.75	230.5
+720.0	Corte en suelo suelto	10.12	248.7
+740.0	Corte en suelo suelto	12.35	224.7
+760.0	Corte en suelo suelto	8.74	210.9
+780.0	Corte en suelo suelto	11.50	202.4
+800.0	Corte en suelo suelto	7.39	188.9
+820.0	Corte en suelo suelto	9.14	165.3
+840.0	Corte en suelo suelto	11.22	203.6
+860.0	Corte en suelo suelto	7.51	187.3
+880.0	Corte en suelo suelto	6.35	138.6
+900.0	Corte en suelo suelto	13.60	199.5
+920.0	Corte en suelo suelto	35.38	489.8
+940.0	Corte en suelo suelto	30.75	661.3
+960.0	Corte en suelo suelto	35.57	663.2
+980.0	Corte en suelo suelto	36.13	717.0
1+000.0	Corte en suelo suelto	14.70	508.3
1+020.0	Corte en suelo suelto	21.45	361.5
1+040.0	Corte en suelo suelto	27.38	488.3
1+060.0	Corte en suelo suelto	25.30	526.8
1+080.0	Corte en suelo suelto	14.00	393.0
1+100.0	Corte en suelo suelto	13.98	279.8
1+120.0	Corte en suelo suelto	19.85	338.3
1+140.0	Corte en suelo suelto	26.31	461.6
1+160.0	Corte en suelo suelto	31.33	576.4
1+180.0	Corte en suelo suelto	31.06	623.9
1+200.0	Corte en suelo suelto	31.91	629.7
1+220.0	Corte en suelo suelto	25.89	578.0
1+240.0	Corte en suelo suelto	26.98	528.7
1+260.0	Corte en suelo suelto	25.04	520.2
1+280.0	Corte en suelo suelto	27.19	522.3
1+300.0	Corte en suelo suelto	22.83	500.2
1+320.0	Corte en suelo suelto	29.10	519.3
1+340.0	Corte en suelo suelto	36.05	651.5
1+360.0	Corte en suelo suelto	29.78	658.3
1+380.0	Corte en suelo suelto	27.15	569.3
1+400.0	Corte en suelo suelto	13.89	410.4
1+420.0	Corte en suelo suelto	5.85	197.4
1+440.0	Corte en roca	11.13	169.8
1+460.0	Corte en roca	14.09	252.2
1+480.0	Corte en roca	1.18	152.7
1+500.0	Corte en suelo suelto	1.19	23.7

Planilla de Corte

PROGRESIVA	TIPO DE CORTE	AREA DE CORTE (m ²)	VOLUMEN CORTE (m ³)
1+520.0	Corte en suelo suelto	3.05	42.4
1+540.0	Corte en suelo suelto	6.89	99.4
1+560.0	Corte en suelo suelto	2.56	94.5
1+580.0	Corte en suelo suelto	2.03	45.9
1+600.0	Corte en suelo suelto	3.13	51.6
1+620.0	Corte en suelo suelto	0.99	41.2
1+640.0	Corte en suelo suelto	0.77	17.6
1+660.0	Corte en suelo suelto		7.7
1+680.0	Corte en suelo suelto	1.89	18.9
1+700.0	Corte en suelo suelto		18.9
1+720.0	Corte en suelo suelto	7.02	70.2
1+740.0	Corte en suelo suelto	11.03	180.5
1+760.0	Corte en suelo suelto	8.78	198.1
1+780.0	Corte en suelo suelto	7.63	164.1
1+800.0	Corte en suelo suelto	8.15	157.8
1+820.0	Corte en suelo suelto	9.16	173.1
1+840.0	Corte en suelo suelto	5.89	150.5
1+860.0	Corte en suelo suelto	3.98	98.7
1+880.0	Corte en suelo suelto	0.87	48.5
1+900.0	Corte en suelo suelto		8.7
1+920.0	Corte en suelo suelto		0.0
1+940.0	Corte en suelo suelto	2.16	21.6
1+960.0	Corte en suelo suelto	13.32	154.8
1+980.0	Corte en suelo suelto	4.13	174.5
2+000.0	Corte en suelo suelto	3.96	80.9
2+020.0	Corte en suelo suelto	2.31	62.7
2+040.0	Corte en suelo suelto	2.03	43.4
2+060.0	Corte en suelo suelto	7.75	97.8
2+080.0	Corte en suelo suelto	2.13	98.8
2+100.0	Corte en suelo suelto	1.10	32.3
2+120.0	Corte en suelo suelto	3.89	49.9
2+140.0	Corte en suelo suelto	3.75	76.4
2+160.0	Corte en suelo suelto	6.05	98.0
2+180.0	Corte en suelo suelto	6.89	129.4
2+200.0	Corte en suelo suelto	7.75	146.4
2+220.0	Corte en suelo suelto	12.88	206.3
2+240.0	Corte en suelo suelto	13.10	259.8
2+260.0	Corte en suelo suelto	10.12	232.2
2+280.0	Corte en suelo suelto	4.13	142.5
2+300.0	Corte en suelo suelto	2.06	61.9
2+320.0	Corte en suelo suelto	2.56	46.2
2+340.0	Corte en suelo suelto	2.14	47.0
2+360.0	Corte en suelo suelto	1.16	33.0
2+380.0	Corte en suelo suelto	6.78	79.4
2+400.0	Corte en suelo suelto	5.13	119.1
2+420.0	Corte en suelo suelto	7.75	128.8
2+440.0	Corte en suelo suelto	11.15	189.0
2+460.0	Corte en suelo suelto	11.03	221.8
2+480.0	Corte en suelo suelto	5.50	165.3
2+500.0	Corte en suelo suelto	9.10	146.0
2+520.0	Corte en suelo suelto	11.16	202.6
2+540.0	Corte en suelo suelto	10.75	219.1
2+560.0	Corte en suelo suelto	10.75	215.0
2+580.0	Corte en suelo suelto	12.13	228.8
2+600.0	Corte en suelo suelto	4.50	166.3
2+620.0	Corte en suelo suelto	4.25	87.5
2+640.0	Corte en suelo suelto	3.13	73.8
2+660.0	Corte en suelo suelto	4.06	71.9
2+680.0	Corte en suelo suelto	4.58	86.4
2+700.0	Corte en suelo suelto	7.75	123.3
2+720.0	Corte en suelo suelto	16.01	237.6
2+740.0	Corte en suelo suelto	11.75	277.6
2+760.0	Corte en suelo suelto	17.28	290.3
2+780.0	Corte en suelo suelto	10.00	272.8
2+800.0	Corte en suelo suelto	12.00	220.0

TOTAL CORTE EN ROCA **574.7** m³

TOTAL CORTE SUELO SUELTO **31271.6** m³

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"
 Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE Fecha 29/10/2000

Partida 1.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS
 Rendimiento 30.000 TON/DIA Costo unitario directo por : TON 95.15

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470146	PEON DE CARGA Y DESCARGA	HH	8.00	2.1333	7.10	15.15
Materiales						
320020	FLETE TERRESTRE DESDE LIMA A JUNIN	ton		1.0000	80.00	80.00

Partida 1.02 SEÑALIZACIONES PARA DESVIO EN VIAS DE TRANSITO
 Rendimiento 4.000 UND/DIA Costo unitario directo por : UND 74.77

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470103	OFICIAL	hh	1.00	2.0000	7.93	15.86
470104	PEON	hh	1.00	2.0000	7.10	14.20
Materiales						
021099	CLAVOS DE ALAMBRE PARA MADERA DE 2-3-4"	KG		0.1000	2.10	0.21
430025	MADERA NACIONAL PARA ENCOFRADO Y CARPINTERIA	p2		5.0000	3.00	15.00
450107	TRIPLAY 4 X 8 X 6 MM.	PLN		0.1000	35.00	3.50
530000	KEROSENE INDUSTRIAL	gl		5.0000	4.00	20.00
541104	PINTURA ACRILICA	gl		0.1000	45.00	4.50
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	30.06	1.50

Partida 1.03 ALMACEN Y TALLERES EN OBRA
 Rendimiento 20.000 M2/DIA Costo unitario directo por : M2 85.78

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.0400	11.39	0.46
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.4000	9.49	3.80
470104	PEON	hh	1.00	0.4000	7.10	2.84
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.10	0.0400	11.39	0.46
Materiales						
021099	CLAVOS DE ALAMBRE PARA MADERA DE 2-3-4"	KG		0.1500	2.10	0.32
021321	CLAVOS PARA CALAMINA	kg		0.2000	2.10	0.42
399715	MUEBLES PROVISIONALES	UND		0.1000	150.00	15.00
430025	MADERA NACIONAL PARA ENCOFRADO Y CARPINTERIA	p2		6.0000	3.00	18.00
450107	TRIPLAY 4 X 8 X 6 MM.	PLN		0.7500	35.00	26.25
590101	CALAMINA # 31 DE 1.83m X 0.83m X 2.7mm	pza		1.0000	18.00	18.00
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.56	0.23

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"

Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida 1.04 CASETA DE GUARDIANIA (MOVIL)
 Rendimiento 20.000 UND/DIA Costo unitario directo por : UND 523.99

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.0400	11.39	0.46
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.4000	9.49	3.80
470104	PEON	hh	1.00	0.4000	7.10	2.84
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.10	0.0400	11.39	0.46
Materiales						
021321	CLAVOS PARA CALAMINA	kg		2.0000	2.10	4.20
399715	MUEBLES PROVISIONALES	UND		1.0000	150.00	150.00
430025	MADERA NACIONAL PARA ENCOFRADO Y CARPINTERIA	p2		50.0000	3.00	150.00
450107	TRIPLAY 4 X 8 X 6 MM.	PLN		4.0000	35.00	140.00
560101	CALAMINA # 31 DE 1.83m X 0.83m X 2.7mm	pza		4.0000	18.00	72.00
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.56	0.23
523.99						

Partida 1.05 TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN CANALES
 Rendimiento 0.500 KM/DIA Costo unitario directo por : KM 1,312.67

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470032	TOPOGRAFO	hh	1.00	16.0000	15.00	240.00
470038	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA	HH	1.00	16.0000	7.90	126.40
470104	PEON	hh	4.00	64.0000	7.10	454.40
Materiales						
300201	YESO DE 28 Kg	bol		3.0000	8.00	24.00
440100	ESTACA DE MADERA	p2		40.0000	3.00	120.00
541104	PINTURA ACRILICA	gl		0.2500	45.00	11.25
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	820.80	24.62
375401	MIRAS Y JALONES	hm	2.00	32.0000	2.50	80.00
498821	TEODOLITO	HE	1.00	16.0000	9.00	144.00
498822	NIVEL DE INGENIERO	HE	1.00	16.0000	5.50	88.00
1,312.67						

Partida 1.06 TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE
 Rendimiento 300.000 M2/DIA Costo unitario directo por : M2 2.91

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470032	TOPOGRAFO	hh	1.00	0.0267	15.00	0.40
470038	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA	HH	1.00	0.0267	7.90	0.21
470104	PEÓN	hh	4.00	0.1067	7.10	0.76
Materiales						
300201	YESO DE 28 Kg	bol		0.0250	8.00	0.20
440100	ESTACA DE MADERA	p2		0.2000	3.00	0.60
540242	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gl		0.0050	35.00	0.18
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.37	0.04
375401	MIRAS Y JALONES	hm	2.00	0.0533	2.50	0.13
498821	TEODOLITO	HE	1.00	0.0267	9.00	0.24
498822	NIVEL DE INGENIERO	HE	1.00	0.0267	5.50	0.15
2.91						

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"

Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida 1.07 TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE DIQUE DE CIERRE
Rendimiento 300.000 M2/DIA Costo unitario directo por : M2 3.39

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470032	TOPOGRAFO	hh	1.00	0.0267	15.00	0.40
470038	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA	HH	1.00	0.0267	7.90	0.21
470104	PEON	hh	2.00	0.0533	7.10	0.38
0.99						
Materiales						
300201	YESO DE 28 Kg	bol		0.0500	8.00	0.40
440100	ESTACA DE MADERA	p2		0.2500	3.00	0.75
540242	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gl		0.0200	35.00	0.70
1.85						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.99	0.03
375401	MIRAS Y JALONES	hm	2.00	0.0533	2.50	0.13
491901	TEODOLITO	HM	1.00	0.0267	9.00	0.24
498822	NIVEL DE INGENIERO	HE	1.00	0.0267	5.50	0.15
0.55						

Partida 1.08 CONSTRUCCION DE CAMINOS DE ACCESO
Rendimiento 0.750 KM/DIA Costo unitario directo por : KM 10,424.91

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.30	3.2000	11.39	36.45
470104	PEON	hh	2.00	21.3333	7.10	151.47
470123	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.00	10.6667	7.93	84.59
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.30	3.2000	11.39	36.45
308.96						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	308.96	9.27
480404	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 178-210 HP 3000 gl	hm	0.75	8.0000	100.00	800.00
480427	CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3	hm	3.00	32.0000	130.00	4,160.00
490307	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	0.75	8.0000	90.00	720.00
490411	CARGADOR SOBRE LLANTAS 160-195 HP 3.5 yd3	hm	1.00	10.6667	165.00	1,780.01
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.00	10.6667	190.00	2,026.67
490911	MOTONIVELADORA DE 85-120 HP	hm	0.50	5.3333	120.00	640.00
10,115.95						

Partida 1.09 MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO
Rendimiento 3.000 KM/DIA Costo unitario directo por : KM 841.10

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.20	0.5333	11.39	6.07
470104	PEON	hh	3.00	8.0000	7.10	56.80
470123	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.50	1.3333	7.93	10.57
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.20	0.5333	11.39	6.07
79.51						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	79.51	1.59
480404	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 178-210 HP 3000 gl	hm	0.75	2.0000	100.00	200.00
490307	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1.00	2.6667	90.00	240.00
490911	MOTONIVELADORA DE 85-120 HP	hm	1.00	2.6667	120.00	320.00
761.59						

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"
 Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE Fecha 29/10/2000

Partida 1.10 DESVIOS PROVISIONALES
 Rendimiento 1.000 KM/DIA Costo unitario directo por : KM 3,378.67

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.30	2.4000	11.39	27.34
470104	PEON	hh	2.00	16.0000	7.10	113.60
470123	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.00	8.0000	7.93	63.44
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.30	2.4000	11.39	27.34
231.72						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	231.72	6.95
480404	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 178-210 HP 3000 gl	hm	0.75	6.0000	100.00	600.00
490307	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	0.75	6.0000	90.00	540.00
490433	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.00	8.0000	190.00	1,520.00
490911	MOTONIVELADORA DE 85-120 HP	hm	0.50	4.0000	120.00	480.00
3,146.95						

Partida 2.01 EXCAV. C/MAQ. DE PLATAF/CAJA DE CANAL Y O. DE A., TERRENO SUELTO
 Rendimiento 350.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 4.76

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.0023	11.39	0.03
470104	PEON	hh	1.00	0.0229	7.10	0.16
470123	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.00	0.0229	7.93	0.18
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.10	0.0023	11.39	0.03
0.40						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.40	0.01
490423	RETROEXCAVADOR SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-1.4 Y	hm	1.00	0.0229	190.00	4.35
4.36						

Partida 2.02 EXCAV. C/MAQ. DE PLATAF/CAJA DE CANAL Y O. DE A., TERRENO ROCCOSO
 Rendimiento 200.000 M3/DIA Costo unitario directo por : M3 29.47

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470039	DINAMITERO	HH	1.00	0.0400	15.00	0.60
470101	CAPATAZ	hh	0.20	0.0080	11.39	0.09
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.0400	9.49	0.38
470104	PEON	hh	16.00	0.6400	7.10	4.54
470123	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.20	0.0080	7.93	0.06
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.20	0.0080	11.39	0.09
470145	VIGILANTE PARA SEGURIDAD	HH	2.00	0.0800	9.49	0.76
6.52						
Materiales						
270006	MECHA O GUIA	p		4.0000	0.21	0.84
270210	FULMINANTE O DETONANTE	und		1.5000	0.45	0.68
280101	DINAMITA AL 65%	kg		0.4000	4.08	1.63
300295	BARRENO	und		0.0100	220.00	2.20
5.35						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.52	0.20
490208	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM	hm	0.75	0.0300	150.00	4.50
490423	RETROEXCAVADOR SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-1.4 Y	hm	1.00	0.0400	190.00	7.60
490434	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	0.50	0.0200	205.00	4.10
490606	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm	2.00	0.0800	15.00	1.20
17.60						

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"

Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida	2.06	EXCAVACION MANUAL PARA ZANJA DE DRENAJE DE DIQUE				
Rendimiento	3.500 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			22.07	

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.2286	11.39	2.60
470104	PEON	hh	1.00	2.2857	7.10	16.23
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.10	0.2286	11.39	2.60
						21.43
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	21.43	0.64
						0.64

Partida	2.07	EXCAVACION MANUAL PARA ZANJA ANCLAJE DE RECUBR. DE DIQUE				
Rendimiento	3.500 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			22.07	

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.2286	11.39	2.60
470104	PEON	hh	1.00	2.2857	7.10	16.23
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.10	0.2286	11.39	2.60
						21.43
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	21.43	0.64
						0.64

Partida	2.08	CONSTRUCCION DE TERRAPLENES PARA DIQUE				
Rendimiento	350.000 M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			13.64	

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.30	0.0069	11.39	0.08
470104	PEON	hh	5.00	0.1143	7.10	0.81
470123	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.00	0.0229	7.93	0.18
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.30	0.0069	11.39	0.08
						1.15
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.15	0.03
480427	CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3	hm	2.00	0.0457	130.00	5.94
490307	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	1.00	0.0229	90.00	2.06
490411	CARGADOR SOBRE LLANTAS 160-195 HP 3.5 yd3	hm	1.00	0.0229	165.00	3.78
490911	MOTONIVELADORA DE 85-120 HP	hm	0.25	0.0057	120.00	0.68
						12.49

Partida	2.09	CONSTRUCCION DE DRENES CON GRAVA Y ARENA COMPACTADA				
Rendimiento	8.000 m3/DIA	Costo unitario directo por : m3			96.92	

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.30	0.3000	11.39	3.42
470103	OFICIAL	hh	1.00	1.0000	7.93	7.93
470104	PEON	hh	1.00	1.0000	7.10	7.10
470122	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	1.0000	7.93	7.93
470131	CAPATAZ "A"	hh	0.20	0.2000	11.39	2.28
						28.66
Materiales						
050176	MATERIAL GRAVOSO	M3		1.2000	35.00	42.00
390500	AGUA	m3		0.0500	8.00	0.40
						42.40
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	28.66	0.86
490301	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	1.00	1.0000	12.00	12.00

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"
 Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida	3.02.1	CONCRETO F'C=24 MPA (245 kg/cm2) OBRAS HIDRÁULICAS				
Rendimiento	12.000 m3/DIA	Costo unitario directo por : m3				268.77
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.00	0.6667	7.93	5.29
470101	CAPATAZ	hh	0.20	0.1333	11.39	1.52
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.6667	9.49	6.33
470103	OFICIAL	hh	1.00	0.6667	7.93	5.29
470104	PEON	hh	6.00	4.0000	7.10	28.40
						46.83
Materiales						
050004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.8300	35.00	29.05
050104	ARENA GRUESA	m3		0.4800	42.00	20.16
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.4700	15.30	160.19
290191	ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	gl		0.0700	13.60	0.95
308679	ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUA	gln		0.0500	8.88	0.44
390500	AGUA	m3		0.2100	8.00	1.68
						212.47
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		2.0000	46.83	0.94
480108	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 11 p3 18 HP	hm	0.50	0.3333	20.00	6.67
490706	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	0.50	0.3333	5.68	1.86
						9.47

Partida	3.02.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, OBRAS HIDRAULICAS				
Rendimiento	20.000 M2/DIA	Costo unitario directo por : M2				20.63
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.4000	9.49	3.80
470103	OFICIAL	hh	1.00	0.4000	7.93	3.17
470104	PEON	hh	1.00	0.4000	7.10	2.84
						9.81
Materiales						
020409	ALAMBRE NEGRO # 16	kg		0.2000	2.00	0.40
020410	ALAMBRE NEGRO # 8	kg		0.8000	2.00	1.60
021099	CLAVOS DE ALAMBRE PARA MADERA DE 2-3-4"	KG		0.8000	2.10	1.68
430025	MADERA NACIONAL PARA ENCOFRADO Y CARPINTERIA	p2		1.0000	3.00	3.00
450108	TRIPLAY 4 X 8 X 19 MM.	PLN		0.0350	110.00	3.85
						10.53
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	9.81	0.29
						0.29

Partida	3.02.3	ACERO TRABAJADO FY=411.6 MPa (4200 KG/CM2), OBRAS HIDRAULICAS				
Rendimiento	250.000 KG/DIA	Costo unitario directo por : KG				2.80
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.0032	11.39	0.04
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.0320	9.49	0.30
470103	OFICIAL	hh	1.00	0.0320	7.93	0.25
470121	CAPATAZ "B"	hh	0.10	0.0032	11.39	0.04
						0.63
Materiales						
020409	ALAMBRE NEGRO # 16	kg		0.0600	2.00	0.12
029704	ACERO CORRUGADO FY=412 MPA (4200 KG/CM2)	KG		1.0700	1.90	2.03
						2.15
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.63	0.02
						0.02

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"
 Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida	4.01	JUNTA WATER STOP 0.15M (6") TIPO U-15				
Rendimiento	40.000 M/DIA	Costo unitario directo por : M				25.50
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.2000	9.49	1.90
470104	PEON	hh	1.00	0.2000	7.10	1.42
3.32						
Materiales						
306520	JUNTA INPER WATER STOP PVC 6"	m		1.0500	21.03	22.08
22.08						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.32	0.10
0.10						

Partida	4.02	JUNTA CON MASILLA ELASTOMERICA DE POLIURETANO (e=0.025X0.05M)				
Rendimiento	30.000 M/DIA	Costo unitario directo por : M				5.11
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.2667	9.49	2.53
2.53						
Materiales						
306602	SELLADOR CAVE LASTIC PRT	FCO		0.1667	15.00	2.50
2.50						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.53	0.08
0.08						

Partida	4.03	TUBERIA CORRUGADA DE PVC 0.10 (4") PARA DRENAJE LONG.				
Rendimiento	60.000 M/DIA	Costo unitario directo por : M				14.30
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.0133	11.39	0.15
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.1333	9.49	1.27
470104	PEON	hh	2.00	0.2667	7.10	1.89
3.31						
Materiales						
304611	PEGAMENTO PARA PVC AGUA FORDUIT	gl		0.0030	130.00	0.39
730151	TUBO CORRUGADO Y PERFORADO PVC 4" X 6M	PZA		0.1750	60.00	10.50
10.89						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.31	0.10
0.10						

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"

Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida 4.04 TUBERIA ROMPEPRESION 0.10 (4") INC. CHARNELA
Rendimiento 10.000 UND/DIA **Costo unitario directo por : UND** 24.82

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	hh	0.10	0.0800	11.39	0.91
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.8000	9.49	7.59
Materiales						
297502	CHARNELA 4"	UND		1.0000	12.00	12.00
304611	PEGAMENTO PARA PVC AGUA FORDUIT	gl		0.0030	130.00	0.39
730110	TUBO PVC SAL 4" X 3M	PZA		0.1667	22.00	3.67
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.50	0.26
0.26						

Partida 4.05 EVACUACION DE AGUAS POR BOMBEO
Rendimiento 8.000 HE/DIA **Costo unitario directo por : HE** 23.10

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470104	PEON	hh	1.00	1.0000	7.10	7.10
Equipos						
480800	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	2.00	2.0000	8.00	16.00
16.00						

Partida 4.06 ESCALINES DE FIERRO 5/8"x0.40x0.30 @ 0.30
Rendimiento 30.000 UND/DIA **Costo unitario directo por : UND** 4.17

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470103	OFICIAL	hh	1.00	0.2667	7.93	2.11
Materiales						
029751	FIERRO CORRUGADO 5/8	VAR		0.1000	20.00	2.00
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.11	0.06
0.06						

Partida 4.07 PLANCHA DE ACERO A-36 PARA REVEST. DE VIGA DE IMPACTO
Rendimiento 9.000 M2/DIA **Costo unitario directo por : M2** 860.82

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470103	OFICIAL	hh	1.00	0.8889	7.93	7.05
470122	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	0.8889	7.93	7.05
Materiales						
020506	PASADOR+PERNO+TUERCA	und		3.0000	38.00	114.00
542201	PINTURA EPOXICA TIPO A+B	JGO		0.7500	135.00	101.25
562263	PLANCHA ACERO E=1/4"	m2		1.0500	601.00	631.05
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14.10	0.42
0.42						

Análisis de precios unitarios

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"

Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE

Fecha 29/10/2000

Partida	4.08	GEOTEXTIL NO TEJIDO e=1.20 mm			
Rendimiento	400.000 M2/DIA	Costo unitario directo por : M2			5.48

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.0200	9.49	0.19
470104	PEON	hh	3.00	0.0600	7.10	0.43
0.62						
Materiales						
297471	GEOTEXTIL NO TEJIDO, e = 1.2 mm	M2		1.0500	4.60	4.83
4.83						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.62	0.03
0.03						

Partida	4.09	GEOMEMBRANA CORRUGADA e = 1.5 mm			
Rendimiento	200.000 M2/DIA	Costo unitario directo por : M2			13.55

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470102	OPERARIO	hh	1.00	0.0400	9.49	0.38
470104	PEON	hh	2.00	0.0800	7.10	0.57
0.95						
Materiales						
297482	GEOMEMBRANA CORRUGADA, e = 1.5 mm	M2		1.0500	12.00	12.60
12.60						

Partida	4.10	ELEMENTOS METALICOS			
Costo unitario directo por : EST					0.00

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES		25.0000		0.00
0.00					
Materiales					
46	MALLA DE ACERO		60.0000		0.00
85	GUARDAVIA METALICO		15.0000		0.00
0.00					

Presupuesto

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"
Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE
Cliente UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA-FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL **Costo al** 29/10/2000
Departamento JUNIN **Provincia** YAULI **Distrito** YAULI

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
1.00	<u>OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES</u>						
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	TON	100.00	95.15	9,515.00		
1.02	SEÑALIZACIONES PARA DESVIO EN VIAS DE TRANSITO	UND	8.00	74.77	598.16		
1.03	ALMACEN Y TALLERES EN OBRA	M2	120.00	85.78	10,293.60		
1.04	CASETA DE GUARDIANA (MOVIL)	UND	2.00	523.99	1,047.98		
1.05	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN CANALES	KM	2.90	1,312.67	3,806.74		
1.06	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE OBRAS DE ARTE	M2	2,213.00	2.91	6,439.83		
1.07	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE DIQUE DE CIERRE	M2	3,600.00	3.39	12,204.00		
1.08	CONSTRUCCION DE CAMINOS DE ACCESO	KM	1.50	10,424.91	15,637.37		
1.09	MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO	KM	6.00	841.10	5,046.60		
1.10	DESVIOS PROVISIONALES	KM	1.00	3,378.67	3,378.67		67,967.95
2.00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>						
2.01	EXCAV. C/MAQ. DE PLATAF/CAJA DE CANAL Y O. DE A., M3 TERRENO SUELTO	M3	31,891.20	4.76	151,802.11		
2.02	EXCAV. C/MAQ. DE PLATAF/CAJA DE CANAL Y O. DE A., M3 TERRENO ROCOSO	M3	574.70	29.47	16,936.41		
2.03	RELLENO COMPACTADO CON DESMONTE DE MINA	M3	18,418.60	59.87	1,102,721.58		
2.04	LECHO FILTRANTE C/MATERIAL SELECCIONADO	M3	597.10	61.91	36,966.46		
2.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE < 1000 M	M3K	13,157.60	6.22	81,840.27		
2.06	EXCAVACION MANUAL PARA ZANJA DE DRENAJE DE M3 DIQUE	M3	283.60	22.07	6,259.05		
2.07	EXCAVACION MANUAL PARA ZANJA ANCLAJE DE RECUBR. M3 DE DIQUE	M3	382.50	22.07	8,441.78		
2.08	CONSTRUCCION DE TERRAPLENES PARA DIQUE	M3	2,825.60	13.64	38,541.18		
2.09	CONSTRUCCION DE DRENES CON GRAVA Y ARENA m3 COMPACTADA	m3	763.50	96.92	73,998.42		
2.10	COMFORMACION Y PEINADO DE TALUD DE DIQUE Y M2 COLOC. MAT. FINO	M2	1,419.00	0.85	1,206.15		
2.11	RELLENO MANUAL C/ MATERIAL DE ENROCADO	m3	75.00	96.92	7,269.00		1,525,982.41
3.00	<u>OBRAS DE CONCRETO</u>						
3.01	<u>CONCRETO SIMPLE</u>						
3.01.1	MAMP. DE PIEDRA ASENTADA Y EMBOQ EN C.S. F'C=20.6 M2 MPA (210 KG/CM2), e=0.20 m	M2	285.00	70.09	19,975.65	19,975.65	
3.02	<u>CONCRETO ARMADO</u>						
3.02.1	CONCRETO F'C=24 MPA (245 kg/cm2) OBRAS HIDRÁULICAS	m3	3,651.80	268.77	981,494.29		
3.02.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, OBRAS HIDRAULICAS	M2	17,747.00	20.63	366,120.61		
3.02.3	ACERO TRABAJADO FY=411.6 MPa (4200 KG/CM2), OBRAS KG HIDRAULICAS	KG	166,293.50	2.80	465,621.80	1,813,236.70	1,833,212.35
4.00	<u>VARIOS</u>						
4.01	JUNTA WATER STOP 0.15M (6") TIPO U-15	M	1,452.00	25.50	37,026.00		
4.02	JUNTA CON MASILLA ELASTOMERICA DE POLIURETANO M (e=0.025X0.05M)	M	1,452.00	5.11	7,419.72		
4.03	TUBERIA CORRUGADA DE PVC 0.10 (4") PARA DRENAJE M LONG.	M	1,826.00	14.30	26,111.80		
4.04	TUBERIA ROMPEPRESION 0.10 (4") INC. CHARNELA	UND	815.00	24.82	20,228.30		
4.05	EVACUACION DE AGUAS POR BOMBEO	HE	640.00	23.10	14,784.00		
4.06	ESCALINES DE FIERRO 5/8"x0.40"x0.30 @ 0.30	UND	14.00	4.17	58.38		
4.07	PLANCHA DE ACERO A-36 PARA REVEST. DE VIGA DE M2 IMPACTO	M2	9.00	860.82	7,747.38		
4.08	GEOTEXTIL NO TEJIDO e=1.20 mm	M2	19,583.50	5.48	107,317.58		
4.09	GEOMEMBRANA CORRUGADA e = 1.5 mm	M2	2,640.00	13.55	35,772.00		
4.10	ELEMENTOS METALICOS	EST	1.00	18,000.00	18,000.00		274,465.16
	COSTO DIRECTO						3,701,627.87
	GASTOS GENERALES 15%						555,244.18

Presupuesto

Obra 0501002 PROY. PILOTO "DERIVACIÓN SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA"
Fórmula 01 CANAL DE DERIVACION Y DIQUE DE CIERRE
Cliente UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA-FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL **Costo al** 29/10/2000
Departamento JUNIN **Provincia** YAULI **Distrito** YAULI

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
	UTILIDAD 10%					370,162.79	
	SUB TOTAL					4,627,034.84	
	IMPUESTO DE LEY 18%					832,866.27	
	TOTAL PRESUPUESTO					5,459,901.11	

SON : CINCO MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTINUEVE MIL NOVECIENTOS UNO Y 11/100 NUEVOS SOLES

CANAL DE DERIVACION SAN CRISTOBAL - CARAHUACRA

Programación de Obras

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	año 2								
					mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9
1	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	23 días	mi 9/1/99	ju 9/23/99									
2	Movilización	6 días	mi 9/1/99	lu 9/6/99									
3	Instalación de Campamento	5 días	ma 9/7/99	sá 9/11/99									
4	Caminos de acceso	15 días	ju 9/9/99	ju 9/23/99									
5	DIQUE DE CIERRE	220 días	ju 9/9/99	sá 4/15/00									
6	Nivelación y Replanteo	4 días	ju 9/9/99	do 9/12/99									
7	Cimentación y drenaje de cimentación	15 días	lu 9/13/99	lu 9/27/99									
8	Dique	201 días	ma 9/28/99	sá 4/15/00									
9	Hasta altura H=1m	7 días	ma 9/28/99	lu 10/4/99									
10	Consolidación	60 días	ma 10/5/99	vi 12/3/99									
11	Hasta altura H=2m	7 días	sá 12/4/99	vi 12/10/99									
12	Consolidación	60 días	sá 12/11/99	ma 2/8/00									
13	Hasta H=3.7 m	7 días	mi 2/9/00	ma 2/15/00									
14	Consolidación	60 días	mi 2/16/00	sá 4/15/00									
15	CANAL	259 días	lu 9/13/99	do 5/28/00									
16	Tramo 0+300 a 1+000	65 días	lu 9/13/99	ma 11/16/99									
17	Tramo en Rápida 1+000 a 1+460	59 días	mi 11/17/99	vi 1/14/00									
18	Tramo 1+460 a 2+813	117 días	sá 1/15/00	mi 5/10/00									
19	Tramo 0+105 a 0+300	18 días	ju 5/11/00	do 5/28/00									

CAPITULO V : PLANOS