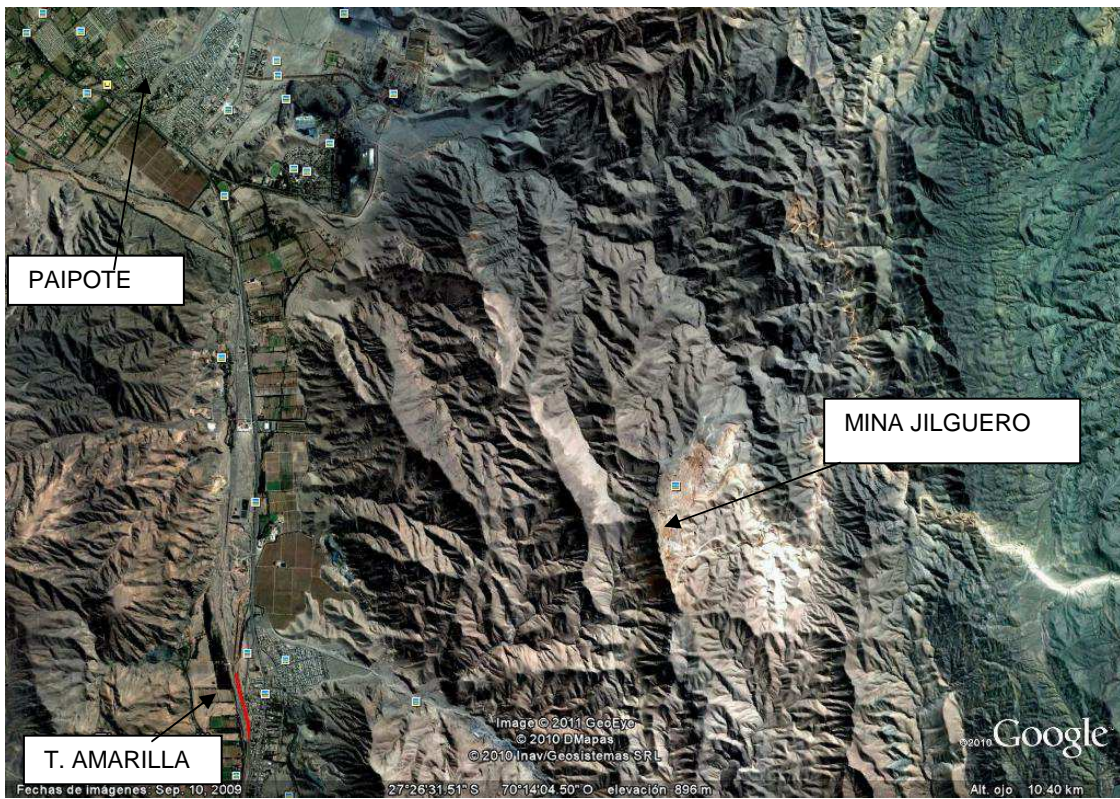


**MINERA JILGUERO S.A.
TIERRA AMARILLA – III REGION**



“ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO”

INDICE

1. INTRODUCCION.
 2. REVISION DE ANTECEDENTES DISPONIBLES.
 3. ESTUDIO HIDROLOGICO DE CRECIDAS.
 4. CARACTERIZACION GEOLOGICO – GEOTECNICA DE LA CUENCA.
 - 5.- OBRAS DE CONTROL.
- ANEXO1.- CALCULO CENTRO DE GRAVEDAD CUENCA QUEBRADA NORTE
- ANEXO 2.-CALCULO PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA QUEBRADA NORTE



ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION.

El proyecto de Ampliación de la Mina Jilguero consulta la construcción de un nuevo botadero de material estéril (Botadero Sur) y la ampliación del actual botadero (Botadero Norte) . El Botadero Sur proyectado se emplazará en la cima de los cerros del sector , ocupando una superficie en forma de cono (Fig. 1) , por lo cual no interviene mayormente ningún cauce natural. En cambio la ampliación del Botadero Norte se emplaza ocupando parte del área de una quebrada natural, afectando el escurrimiento normal de las escorrentías producto de eventuales aguas lluvias (Fig. 2) .

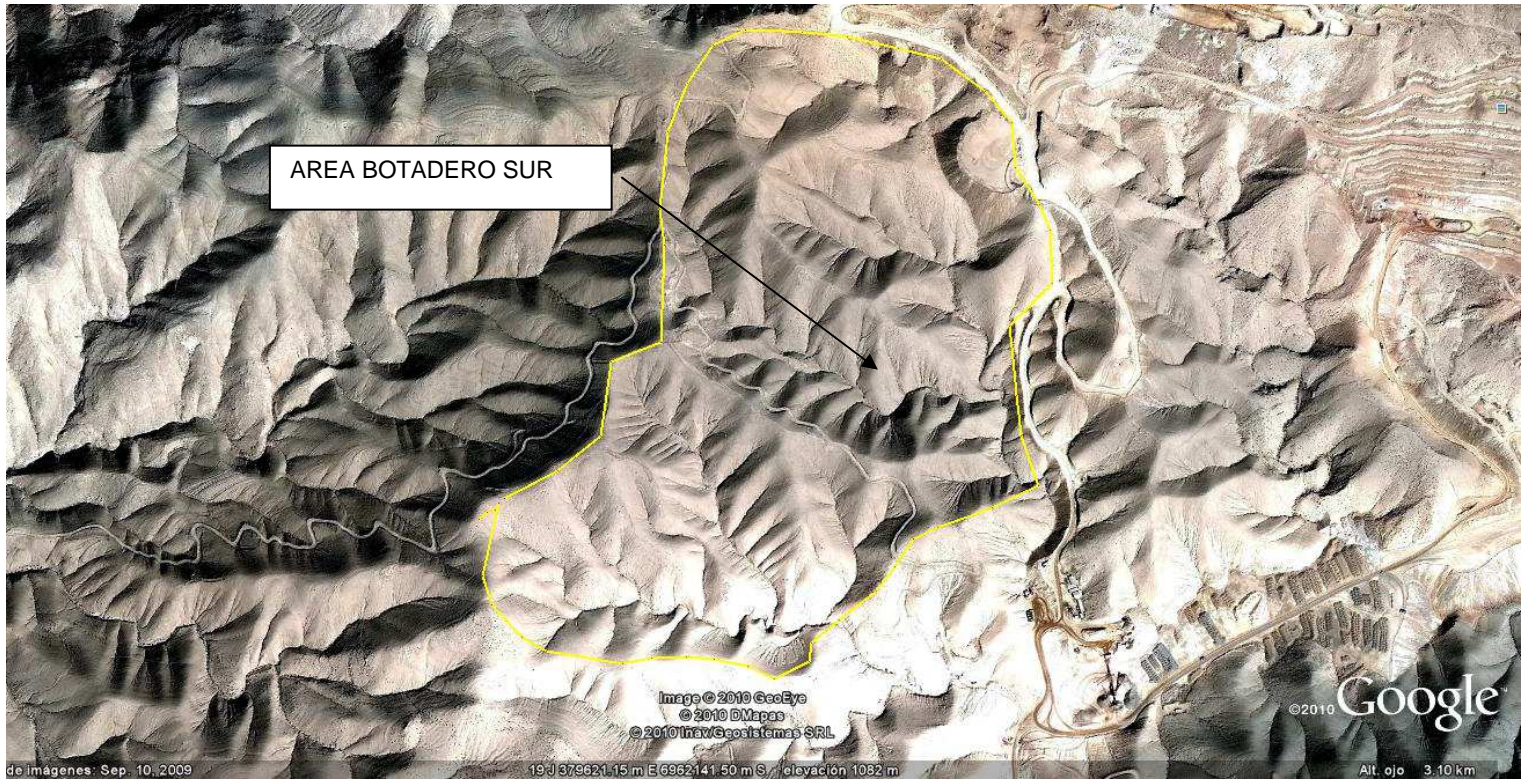
Los objetivos de este estudio, se refieren a un diagnóstico técnico de las quebradas que escurren hacia el sector en que se emplazan los depósitos de estéril (Botadero Norte) del proyecto “Ampliación Mina Jilguero”, ubicadas en sector de Sierra Ladrillo, sector Norte de la Comuna de Tierra Amarilla.

En términos generales se buscan alternativas de solución que controlen las crecidas de las quebradas que convergen a esta área, las que son producidas por fenómenos climáticos extraordinarios.

El presente estudio abarca desde la obtención y análisis de los antecedentes disponibles para el trabajo, hasta la formulación de propuestas de solución, pasando por la realización de los estudios básicos requeridos, los que a saber son:

- Estudio Hidrológico de Crecidas.
- Estudio Hidráulico y Mecánico Fluvial.
- Caracterización Geológica y Geotécnica del área en Estudio.

FIGURA N°1





ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

2. REVISION DE ANTECEDENTES DISPONIBLES



ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

2. REVISION DE ANTECEDENTES DISPONIBLES.

Para la realización de esta Etapa del estudio, se han recopilado y analizado los siguientes antecedentes:

- Levantamientos aerofotogramétricos , escala 1/5.000 de la respectiva zona de estudio (Empresa de Ingeniería Jorge Piddo Ltda.)
- Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Copiapó, III Región., año 2004 .
- Manual de Calculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Pluviométrica. DGA 1995.
- Obtención de Perfiles Topográficos de la zona en cuestión, con el fin de verificar cotas, pendientes, y puntos críticos.



ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

3. ESTUDIO HIDROLOGICO DE CRECIDAS.

3. ESTUDIO HIDROLOGICO DE CRECIDAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1 OBJETIVO.

El presente estudio hidrológico de crecidas tiene como objetivo establecer los caudales máximos en las quebradas que convergen al área en que se emplazarán los depósitos de material estéril de este proyecto, con el fin de dimensionar las obras de control .

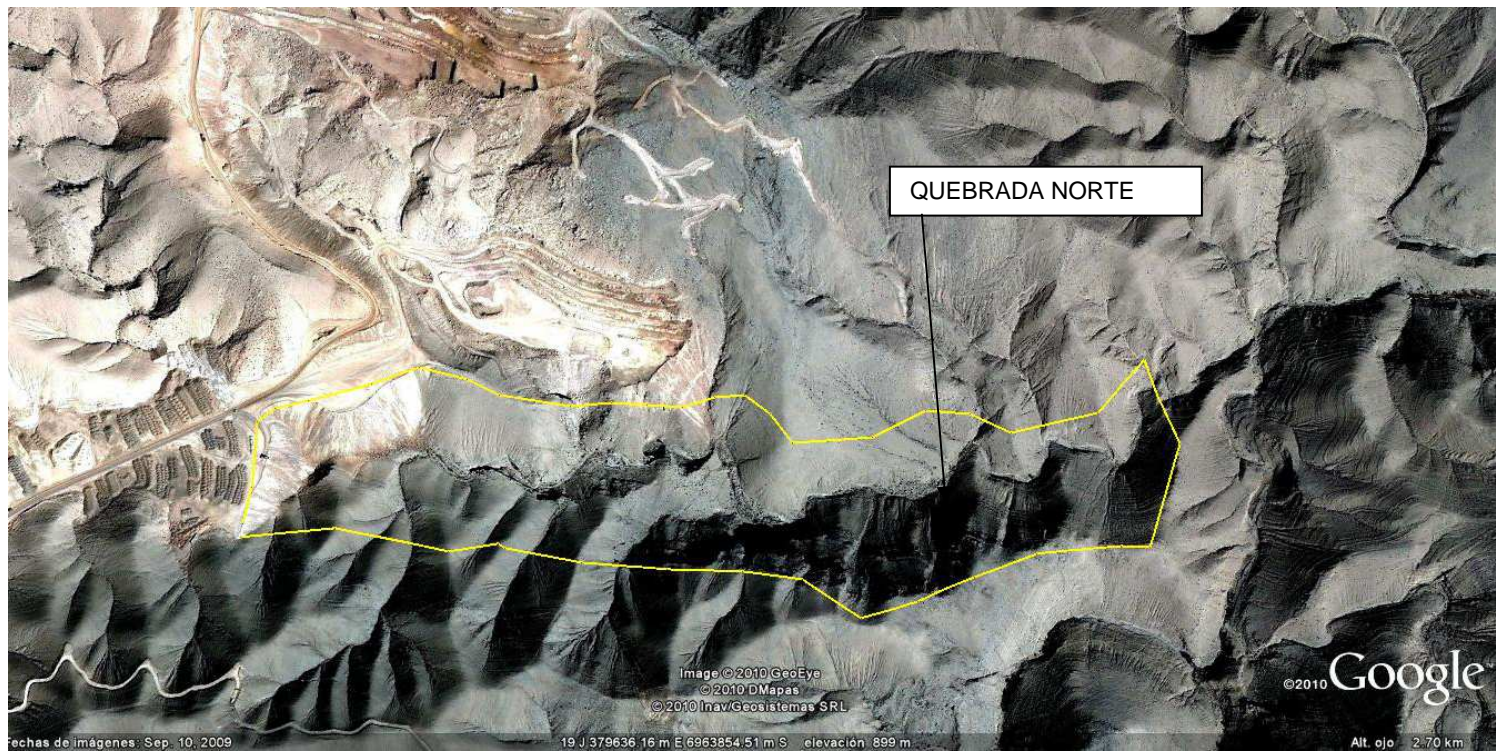
En consideración a la vida útil de esta faena (menor a 20 años) , y dada la baja probabilidad de daños a la infraestructura pública o privada que puedan ocasionar los posibles escurrimientos aluvionales , los caudales máximos para el diseño de las obras se establecerán para el período de retorno de 50 años. Las lluvias de 24 horas máximas habidas en los últimos 30 años , corresponden aproximadamente a la lluvia de T=50 años (Agosto 1997 = 67 mm)

El área de la figura N°2 muestra la zona de interés para el presente estudio, en que se observan las quebradas ubicadas al sur de esta área , **y que actualmente escurren hacia terrenos eriazos inmediatamente adyacentes aguas abajo.**

De acuerdo a lo observado en terreno , y a lo indicado en los levantamientos topográficos, los terrenos de la quebrada Norte, será rellenada en su parte media con depósitos de material estéril. Para mantener los eventuales escurrimientos de las aguas lluvias , se construirá un sistema de evacuación del escurrimiento, mediante canaletas ubicadas en la parte posterior de las rampas (pie del talud) , y canaletas laterales por el borde exterior de las mismas. En los casos que se produzcan diferencias de nivel importantes en dichas canaletas , se dispondrán con el fin de disminuir la energía potencial del escurrimiento , un sistema disipador de energía en base a la utilización de rocas de gran tamaño.

En términos generales el estudio se desarrolla en una zona árida donde las precipitaciones son bastante bajas, no obstante que se presentan eventos eventuales con lluvia de gran intensidad.

FIGURA N°2



A nivel de promedios anuales se tiene en la zona precipitaciones que fluctúan, aproximadamente entre los 10 y 100 mm, según el mapa de isoyetas del Balance Hídrico de Chile (DGA 1987).

3.2 ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta las características climáticas e hidrológicas de la zona donde se desarrolla el estudio, los antecedentes inmediatos para el desarrollo de éste, lo constituyen las series de excedencia de las precipitaciones máximas.

Por otro lado, en el caso de estas quebradas, interesa determinar el área pluvial aportante.

Para este estudio se ha trabajado con estación pluviométrica y meteorológica de Copiapó, por corresponder aproximadamente a ésta área .

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Elevación msnm	Periodo	Propietario
Copiapó	27° 22`	70° 20`	370	1962-F	DGA

F: Funcionando.

Las otras estaciones de medición existente en el área de este proyecto corresponden a las de Chamonate , ubicada en el antiguo aeródromo del mismo nombre, perteneciente a la Dirección Meteorológica de Chile, y ubicada aproximadamente a 25 klm al poniente de este proyecto , y la de Iglesia Colorada perteneciente a la DGA, y ubicada aprox. a 80 klm al Oriente .

3.3 METODOLOGIA.

Para el desarrollo del estudio , y en consideración a la geología del sector, se utilizará la Fórmula Racional como procedimiento de cálculo.

Formula Racional

La fórmula racional es utilizable en cuencas de pequeña extensión, de superficie inferior a 10 km², y supone que el escurrimiento máximo es proporcional a la lluvia caída.

La expresión que determina el caudal máximo instantáneo esta dada por:

$$Q = \frac{c \times i \times A}{3,6}$$

donde

- Q: Caudal máximo instantáneo en m³/s
- c: Coeficiente de escorrentía
- i : Intensidad máxima de la precipitación con duración a los menos igual al tiempo de concentración de la cuenca (mm)
- A: Superficie pluvial aportante en km².

El tiempo de concentración se calculará según la fórmula del California Highways and Public Works de EEUU, de acuerdo a la siguiente expresión ,

$$tc = 0.95 * \left(\frac{L}{H} \right)^{0.385}$$

donde:

- tc: Tiempo de concentración de la cuenca en horas
- L: Longitud del cauce principal en Km.
- H: Desnivel máximo de la cuenca en m.



Asimismo, el coeficiente de escorrentía se obtendrá de las recomendaciones del Manual de Carreteras .(Ver Anexo , tabla 3.702.503.B, Volumen N° 3 , Manual de Carreteras, MOP Dirección de Vialidad, Junio 2002)

3.4 MORFOMETRIA DE LAS CUENCAS Y TIEMPO DE CONCENTRACION.

Desde la cartografía escala 1:5.000 y se obtuvieron los datos morfométricos que se indican a continuación:

Principales datos morfométricos del Area en estudio

CUENCA	A Km ²	L Km	Lc Km	H m
Quebrada Q Norte	2.62	3.4	2.1	400

Considerando los datos anteriores se procedió a calcular el tiempo de concentración, el cual fue verificado a través de la respectiva velocidad resultante.

$$\begin{aligned} \text{Quebrada Q Norte} \quad T_c &= 0.95 * (3.4 / 400)^{0.385} = 0,39 \text{ Hrs.} \\ V &= 3.400 / 0,39 \times 3600 = 2.42 \text{ mts/sg} \end{aligned}$$

3.5 PRECIPITACIONES MAXIMAS

3.5.1. Precipitaciones Máximas Diarias

Se usarán las precipitaciones de diseño en 24 hrs. determinadas por el estudio “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Copiapó, III Región., año 2004 ” ,CYGSA Ingenieros , el cual consideró las precipitaciones obtenidas del análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas, las curvas de isoyetas , y los polígonos de Thiessen .

En los cuadros siguientes se entregan los resultados para la zona en estudio

**Precipitaciones máximas diarias , 24 Hrs (mm)
para diferentes períodos de retorno**

Descripción	P (T=10)	P (T=25)	P(T=50)	P (T=100)
Copiapó	31,6	52,2	70,4	90,5

**Coficientes de frecuencia
(P_T/P_{10})**

Descripción	T = 10	T = 25	T = 50	T = 100
Copiapó	1,0	1,65	2,23	2.86

3.5.2 Intensidades Máximas

De acuerdo a los métodos planteados interesa determinar para esta área la precipitación máxima diaria y la intensidad máxima para la duración del respectivo tiempo de concentración.

A través de los perfiles pluviométricos se determinó la precipitación máxima diaria , y ésta será llevada a las duraciones correspondientes aplicando los coeficientes de Varas y Sánchez (1985). Para lluvias de duraciones inferiores a una hora se utilizarán los coeficientes de Espíldora (1976). En los cuadros siguientes se entregan los datos indicados.

Intensidades máximas horarias (mm / hora)

Descripción	T=10	T=25	T=50	T=100
Cuenca Quebrada Norte	4,7	7,8	10,6	13,6

Imáx (horario). = Coef. Duración x P24horas(T)
(coeficiente de duración = 0,15, ver tabla 3.1.2.3 y 3.1.2.5 Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas
Iluvias en Sectores Urbanos, pag. 54 , Bonifacio Fernández , MINVU , 1996)

Intensidades máximas para la duración del Tc (mm / Tc horas)

Descripción	T=10	T=25	T=50	T=100
Cuenca Quebrada Norte	3.3	5.4	7.4	9.4

Imáx (Tconcent). = Coef. Duración x P1 horas(T)
(coeficiente de duración = 0,69 ver tabla 3.1.2.3 y 3.1.2.5 Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas
Iluvias en Sectores Urbanos, pag. 54 , Bonifacio Fernández , MINVU , 1996)

3.6 CAUDALES MAXIMOS

3.6.1 Fórmula Racional.

Además de los datos determinados anteriormente, para la aplicación de este método se utilizará los coeficientes de escorrentía , determinados según las recomendaciones del Manual de Carreteras , D. de Vialidad, 2002 (Tabla 3.702.503.B, Volumen N° 3), para las condiciones de terreno, y que corresponden al valor de : 0,70 para T=10 años, según el siguiente cálculo:

Factor :

Relieve (escarpado)	= 0,30
Infiltración, alto	= 0,12
Cobertura vegetal, terreno sin vegetación	= 0,16
Almacenamiento superficial	= 0,12
Total	= 0,70

Para T=50 años, el coeficiente de escorrentía corresponde a $1,2 \times 0,70 = 0,84$

Los resultados que se obtienen son los siguientes:

Caudales máximos instantáneos (m3/s) ,según formula racional (escurrimiento líquido)

Cuenca	Q(T=10)	Q(T=50)
Quebrada Norte	1.68	4.52

**Caudales máximos instantáneos (m3/s) ,según formula racional
(escurrimiento líquido + sedimentos)**



ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

En base a la estructura geomorfológica de la cuenca y a las trazas existentes en terreno, se considerará un volumen de sedimentos equivalente a un 10 % del volumen de las aguas

Cuenca	Q(T=10)	Q(T=50)
Quebrada Norte	1.85	5.0

4. CARACTERIZACION GEOLOGICO – GEOTECNICA DE LA CUENCA



ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

4.- CARACTERIZACION GEOLOGICA-GEOTECNICA DE LA CUENCA

4.1 GEOLOGÍA GENERAL.

La zona en general está conformada por rocas intrusivas ácidas y por rocas volcánicas junto a sedimentarias marinas.

Las rocas volcánicas, junto a unidades marinas corresponden a rocas de edad Cretácica inferior, las cuales presentan un gran desarrollo en el sector tanto al sur como al norte.

Esta unidad está compuesta principalmente por andesitas, tobas, brechas, calizas y dentro de ella destacan las formaciones Punta del Cobre y Abundancia.

Las rocas intrusivas ácidas, correspondientes a granitos y granodioríticas.

4.2 GEOLOGÍA LOCAL.

La zona en estudio esta formada principalmente por bloques de litología variable, compuesto por fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias compactas(calizas)

Esta cuenca tiene una pendiente fuerte con un aspecto encajonado del orden del 35 % , con escaso relleno, mayoritariamente restos de clastos y detritos de origen calizo.



ANÁLISIS Y DISEÑO OBRAS DE CONTROL CRECIDAS ALUVIONALES
PROYECTO AMPLIACION MINA JILGUERO , TIERRA AMARILLA, III REGION

5.- OBRAS DE CONTROL



5.- OBRAS DE CONTROL

5.1 DISPOSICIONES GENERALES.

Para conducir los eventuales escurrimientos de aguas y materiales sólidos de arrastre , producto de lluvias de intensidad en estas cuencas , se plantean la siguiente alternativa de solución:

Transportar el escurrimiento total (aguas mas sedimentos) a través de canaletas Trapezoidales excavadas en tierra , hasta un sistema disipador de energía , para posteriormente ser dispuesto en los terrenos eriazos existentes aguas abajo , tal como es en la actualidad.

Las canaletas se ubicarán en ambos extremos del botadero , y en el pie del talud en cada una de las rampas , y se construirán a medida que avance la instalación del botadero desde aguas abajo .

Considerando una pendiente media del orden de un 3 % para las canaletas , las dimensiones máximas de las mismas para el Q 50 años serán aproximadamente de 2.0 mts de base * 1.0 mts de altura, con taludes de H/V de 1.5/1.0.

5.2 Sistemas Disipadores de Energía

Los sistemas disipadores de energía que se emplazarán al final de la última rampa , se construirá como una estructura volumétrica de dimensiones de 10 x 10 x 1,5 mts , conformado por rocas de tamaños entre 0,50 y 1,0 mts, trabadas entre sí.

SERGIO BORDOLI VERGARA
INGENIERO CIVIL

ANEXO1.- CALCULO CENTRO DE GRAVEDAD CUENCA QUEBRADA NORTE

CALCULO CENTRO DE GRAVEDAD CUENCA APORTANTE DEPOSITO ESTERIL NORTE

Eje Y-Y			Eje X-X		
90	470	42300	90	-1280	-115200
244	1170	285480	244	-915	-223260
135	1085	146475	135	-450	-60750
755	600	453000	755	-625	-471875
204	60	12240	204	-525	-107100
336	-30	-10080	336	-1050	-352800
53	350	18550	53	175	9275
301	610	183610	301	290	87290
82	900	73800	82	440	36080
176	670	117920	176	920	161920
151	890	134390	151	1045	157795
90	1060	95400	90	915	82350
2617		1553085	2617		-796275

y'''	593
--------	-----

x'''	-304
--------	------



ANEXO 2.-CALCULO PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA QUEBRADA NORTE

CALCULO PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Según la fórmula de MOCIORNITA

$$S = dH/A * (l_0/2 + \sum li + l_n/2)$$

con dH = 25 mts, A = 2.617.000 m² , l₀ = 900 mts , l_n = 2.440 mts , y $\sum li = 35.600$
 obtenemos

:

$$S = 25/2.617.000 * (900/2 + 35.600 + 2.440/2) = 0.356$$

Curva i	Long. Mts
775	900
800	1300
825	1450
850	1850
875	1750
900	2100
925	2550
950	3350
975	4200
1000	3900
1025	4400
1050	5100
1075	3650
1100	2440

35600