



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y
NATURALES

CÁTEDRA DE PRÁCTICAS
SUPERVISADAS

Informe Técnico Final

LAGUNA
CANTESUR

María Belén Irazusta

Alumna

Dra. Ing. Teresa M. Reyna

Tutora interna

Mgter. Ing. María Lábaque

Tutora externa

AÑO 2017

Índice General

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO	9
· 2.1.BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR	9
· 2.2.OBJETIVOS A ALCANZAR	9
· 2.3.ALCANCES DEL TRABAJO	9
3. ZONA DE ESTUDIO	10
· 3.1.UBICACIÓN.....	10
· 3.2.CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	16
3.2.1.Clima. Características generales	16
3.2.2.Relieve.....	18
3.2.3.Flora y Fauna	19
4. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	22
· 4.1.INTRODUCCIÓN.....	22
4.1.1.Información disponible.....	22
4.1.2.Metodología	23
4.1.3.Resultados presentados	24
4.1.4.Aplicación al proyecto	24
5. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.....	26
· 5.1.DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS Y SUBCUENCAS.....	26
5.1.1.Situación pre-desarrollo de la cantera.....	26
5.1.2.Situación post-desarrollo de la cantera	28
· 5.2.DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA CUENCA PARA LA MODELACIÓN.....	30
5.2.1.Selección de períodos de recurrencia y tormentas de proyecto.....	30
5.2.2.Determinación de los CN (Curva Número) en las subcuencas	31
5.2.3.Tiempo de retardo de las subcuencas.....	32
5.2.4.Tránsito de cauces	33
5.2.5.Precipitación de diseño	34

·	5.3.MODELACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS HIDROGRAMAS CRECIENTES	37
	5.3.1.Metodología aplicada.	37
	5.3.2.Calibración del Modelo y Resultados	38
6.	ESTUDIOS HIDRÁULICOS	48
·	6.1.INTRODUCCIÓN.....	48
·	6.2.DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE VACIADO	48
·	6.3.DISEÑO DE LA LAGUNA	49
	6.3.1.Cálculo del volumen necesario según las lluvias de diseño	49
	6.3.2.Diseño geométrico de la laguna.....	54
·	6.4.SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	55
	6.4.1.Determinación de parámetros fundamentales de la bomba	55
	6.4.2.Cálculo de las pérdidas de carga	56
	6.4.3.Selección de la bomba (Grundfos).....	60
	6.4.4.Posicionamiento de la bomba en la laguna	62
·	6.5.DISEÑO DE LOS CANALES DE DESAGÜE.....	63
	6.5.1.Diseño del canal 01	63
	6.5.2.Verificación de la alcantarilla 01.....	65
	6.5.3.Diseño del canal 02.....	66
	6.5.4.Verificación de la alcantarilla 02.....	67
	6.5.5.Diseño del canal 03.....	69
	6.5.6.Verificación de sobrepresión	70
	6.5.7.Determinación de la necesidad de protecciones	72
7.	CONCLUSIÓN.....	73
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	75

Índice de Figuras

Figura 3.01 - Ubicación geográfica de Cantesur.....	10
Figura 3.02 - Ubicación geográfica de Cantesur.....	10
Figura 3.03 – Relevamiento Cantesur – Laguna existente.....	11
Figura 3.04 - Relevamiento Cantesur – Laguna existente.....	12
Figura 3.05 - Relevamiento Cantesur – Explotación.....	12
Figura 3.06 - Relevamiento Cantesur – Bomba.....	13
Figura 3.07 - Relevamiento Cantesur – Descarga bomba.....	13
Figura 3.08 - Relevamiento Cantesur – Canal interior de la cantera.....	14
Figura 3.09 - Relevamiento Cantesur – Alcantarilla.....	14
Figura 3.10 - Relevamiento Cantesur – Canal de salida al río.....	15
Figura 3.11 - Relevamiento Cantesur – Río y canal.....	15
Figura 3.12 - Relieve de la Provincia dividido en sectores.....	18
Figura 3.13 Vegetación de la zona (sector explotado antropizado).....	21
Figura 4.01 Modelo digital de Elevación – (Vista en planta) Fuente: ALOS PALSAR.....	25
Figura 4.02 Curvas de nivel obtenidas.....	25
Figura 5.01 Delimitación de la cuenca externa pre-desarrollo de la cantera.....	27
Figura 5.02 Delimitación de las subcuencas pre-desarrollo de la cantera.....	28
Figura 5.03 Delimitación de la cuenca externa post-desarrollo de la cantera.....	29
Figura 5.04 Delimitación de las subcuencas post-desarrollo de la cantera.....	30
Figura 5.05 Hietograma para 5 años de recurrencia.....	35
Figura 5.06 Hietograma para 25 años de recurrencia.....	35
Figura 5.07 Hietograma para 50 años de recurrencia.....	36

Figura 5.08 Hietograma para 100 años de recurrencia.	37
Figura 5.09 Esquema de modelación utilizado (situación original – sin cantera)	39
Figura 5.10 Esquema de modelación utilizado (situación futura – con cantera)	40
Figura 5.11 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 5 años	41
Figura 5.12 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 25 años	41
Figura 5.13 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 50 años	42
Figura 5.14 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 100 años	42
Figura 5.15 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 5 años	43
Figura 5.16 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 25 años	43
Figura 5.17 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 50 años	44
Figura 5.18 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 100 años	44
Figura 5.19 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 5 años	45
Figura 5.20 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 25 años	45
Figura 5.21 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 50 años	46
Figura 5.22 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 100 años	46
Figura 6.01 Comparación de hidrogramas TR 25 años	49
Figura 6.02 Comparación de hidrogramas TR 50 años	50
Figura 6.03 Comparación de hidrogramas TR 100 años	50
Figura 6.04 Diseño geométrico de la laguna	54
Figura 6.05 Corte de la laguna con revancha y cotas	55
Figura 6.06 Croquis del sistema de drenaje	56
Figura 6.07 Ábaco de Moody	57
Figura 6.08 Croquis de la instalación de bombeo	59

Figura 6.09 Foto de bomba seleccionada.....	60
Figura 6.10 Esquema dimensional de la bomba seleccionada.....	61
Figura 6.11 Curva H-Q y P-Q con eficiencia de la bomba.....	62
Figura 6.12 Planta de laguna y bomba	63
Figura 6.13 Esquema y fórmulas de cálculo en canal prismático.....	64
Figura 6.14 Canal 01.....	65
Figura 6.15 Alcantarilla 01.....	66
Figura 6.16 Canal 02.....	67
Figura 6.17 Esquema y fórmulas de cálculo en canal prismático.....	68
Figura 6.18 Alcantarilla 02.....	69
Figura 6.19 Canal 03.....	70

Índice de Tablas

Tabla 3.01: Datos Servicio Meteorológico Nacional	18
Tabla 3.02: División en especies de la flora.....	20
Tabla 5.01 Curva número para los usos más comunes en la unidad: Sierra. Fuente: USDA, (1972)	32
Tabla 5.02 Tiempo de retardo por escurrimiento en ladera. Condición Sin cantera	33
Tabla 5.03 Tiempo de retardo por escurrimiento en ladera. Condición con cantera.....	33
Tabla 5.04 Parámetros de los tránsitos entre las subcuencas. Condición sin cantera	34
Tabla 5.05 Parámetros de los tránsitos entre las subcuencas. Condición con cantera	34
Tabla 5.06 Cálculo de lámina para 5 años de recurrencia.	35
Tabla 5.08 Cálculo de lámina para 50 años de recurrencia.	36

Tabla 5.09 Cálculo de lámina para 100 años de recurrencia	37
Tabla 5.10 Caudales resultantes para distintas recurrencias	47
Tabla 6.01 Volumen de agua para TR 50 años	53
Tabla 6.02 Resumen de volúmenes según tiempo de retardo	54
Tabla 6.03 Resumen de datos para cálculo de pérdidas de carga.....	57
Tabla 6.04 Resumen de volúmenes según tiempo de retardo	59
Tabla 6.05 Especificaciones de la bomba seleccionada	61
Tabla 6.06 Datos para el cálculo del canal 01	64
Tabla 6.07 Resultados obtenidos del cálculo del canal 01	64
Tabla 6.08 Datos para la verificación de la alcantarilla 01.....	65
Tabla 6.09 Resultados obtenidos del cálculo del canal 01	66
Tabla 6.10 Datos para el cálculo del canal 01	66
Tabla 6.11 Resultados obtenidos del cálculo del canal 02	67
Tabla 6.12 Datos para la verificación de la alcantarilla 01.....	68
Tabla 6.13 Resultados obtenidos de la verificación de la alcantarilla 02	68
Tabla 6.14 Datos para el cálculo del canal 01	69
Tabla 6.15 Resultados obtenidos del cálculo del canal 03	70

1. INTRODUCCIÓN

El presente es un proyecto de una laguna de retardo para la explotación Cantesur ubicada en las afueras de la ciudad de Córdoba en la localidad de la calera.

Cantesur fue fundada en el año 1962 y se dedica a la extracción de gneis granítico cuya característica principal es su dureza.

El acceso a la explotación se efectúa a través de la ruta E55 en sentido Córdoba - Carlos Paz. La misma se encuentra rodeada por el Río Suquía al oeste de Villa Rivera Indarte a unos 21 km. del centro de la Ciudad de Córdoba.

El proyecto corresponde a la empresa Cantesur S. A. concebida para la rehabilitación ambiental del sector luego de finalizar la explotación. La laguna permitirá la decantación de sólidos dispersos en el medio a causa de la actividad minera. A su vez servirá de reguladora de caudales como consecuencia del cambio de uso de suelo de la región.

El proyecto consistirá en el diseño de la laguna junto con el sistema de bombeo y los canales necesarios para conducir, en forma regulada, el agua al río. Se dispondrá una bomba para el vaciado de la laguna y la regulación del caudal. Los canales serán empastados, acompañados por un par de alcantarillas necesarias para atravesar los diferentes caminos.

El tamaño de la laguna será de 40 x 65 m con un volumen de 11.199,47 m³, el cual no será completamente aprovechado al dejar alrededor de 4 m para acumular los sólidos decantados y una revancha de 20 cm. La laguna dispone, a su vez, de un camino de acceso y dos bombas ubicadas sobre una balsa. Los canales serán de taludes 2:1 con fondos de 2 a 0,4 m.

La laguna recibirá el aporte futuro de una cuenca mayor a la actualmente delimitada. Esto se debe a que, debido al gran movimiento de suelo, el drenaje del sector cambiará y se adaptará a las condiciones dispuestas por los explotadores. La cuenca de aporte se divide en dos partes bien distinguidas, el sector propiamente explotado y el sector urbanizado o natural que, debido a su conformación natural, aportan caudal a la laguna.

La bomba se colocará para un caudal de 75 l/s y una altura de 17 m. Se dispondrán dos bombas por seguridad (en caso de que una falle). Se colocarán sobre una balsa y no un sistema de bombeo fijo al terreno ya que, a causa del sector donde la laguna ya existe y la actividad que se realiza, sería poco conveniente.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO

2.1. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR

El presente trabajo consiste en una laguna con su sistema de drenaje. La laguna permitirá la decantación de partículas sólidas dispersas en la zona y arrastradas por excedentes hídricos. Además, la laguna y su sistema de bombeo permitirán la regulación del nuevo caudal generado por distintas lluvias de diseño a causa del cambio de uso del terreno.

La organización en este trabajo facilitará conocer y seguir las distintas tareas y programas para el diseño y ejecución de la laguna con sus obras de desagüe. El mismo está confeccionado con la metodología requerida.

2.2. OBJETIVOS A ALCANZAR

- Afianzar y ampliar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera y aprender a aplicarlos en un ámbito profesional de trabajo.
- Tomar contacto con diversas herramientas y ramas existentes en el campo de la Ingeniería Civil y utilizarlas para generar soluciones técnica y económicamente viables.
- Recopilación de antecedentes e información disponible y referente de la localidad la Calera en lo que respecta a estudio de suelo, topografía e hidrología.
- Obtención mediante modelos digitales de elevación la altimetría del sector de estudio, comparándolo con datos relevados del terreno.
- Realización de la memoria de cálculo de la laguna con sus estructuras de conducción y descarga de excedentes.
- Ejecución de planos de proyecto con indicaciones planialtimétricas de las diferentes obras de a construir y puntos de referencia de los canales de conducción, la longitud de los tramos y sus pendientes, y las características técnicas de la bomba a colocar con su respectiva estructura de apoyo. Dichos planos serán la planimetría de la laguna, planos de detalles de la laguna y un perfil longitudinal y planos de los canales de desagüe y el sistema de bombeo.

2.3. ALCANCES DEL TRABAJO

- Diseño de una laguna para regular el caudal modificado ante los cambios en el uso de suelo del sector y para decantar los sólidos arrastrados por la escorrentía dada a causa de la explotación de la cantera.
- Selección de la bomba a utilizar para vaciar la laguna con su respectivo sistema de apoyo: una balsa y sus cañerías que elevan el agua hasta el coronamiento de la laguna.
- Diseño de los canales de desagüe que parten desde el punto de descarga del sistema de bombeo hacia el punto de diseñado para descargar en el río.
- Verificación de las alcantarillas existentes para soportar el tránsito del caudal bombeado por la bomba.
- Confección de planos planialtimétricos y detalles de las diferentes estructuras diseñadas.

3. ZONA DE ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN

La explotación Cantesur se encuentra ubicada en la localidad de La Calera, al Nor-Este de la ciudad de Córdoba. La posición en coordenadas es Longitud $64^{\circ}21'34.18''W$, Latitud $31^{\circ}20'55.54''S$. Se encuentra entre las localidades Rivera Indarte y Casa Bamba, rodeada por el Río Primero o Río Suquía. La forma de llegar desde el centro de la ciudad de Córdoba es a través de la Av. Colon, recorriéndola hasta llegar a la rotonda El Tropezón, desde la cual se debe tomar la Av. Ejército Argentina. Se debe pasar el peaje y continuar hasta tomar la Ruta Provincial E55. La cantera se encuentra ubicada sobre la Ruta E55 km 10,5, 5.151 la Calera, Córdoba. La distancia desde la plaza San Martín, ubicada en el centro de la Ciudad de Córdoba, hasta la entrada de la cantera es de aproximadamente 21 km. Podemos observar la ubicación en la siguientes Fig. 3.01 y 3.02

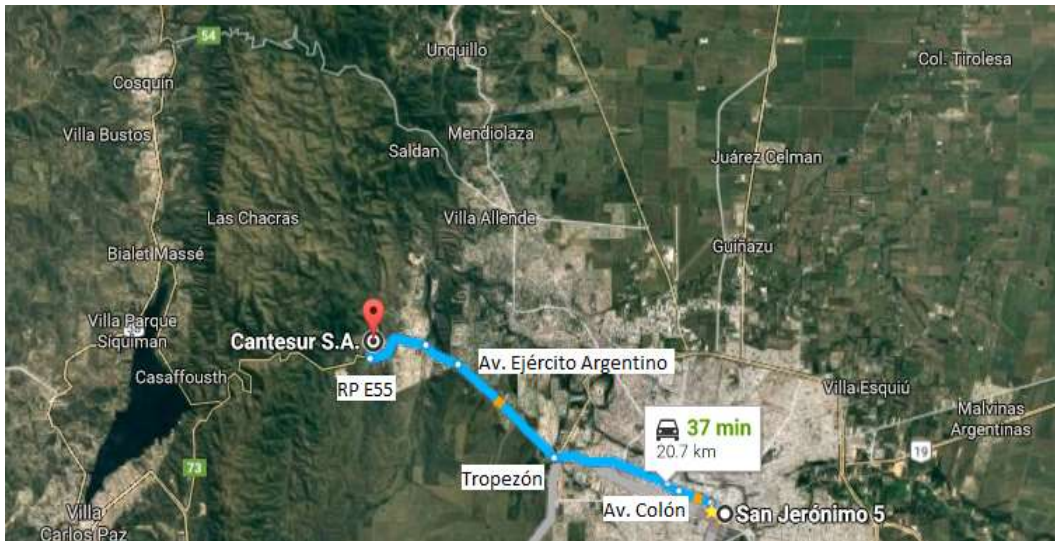


Figura 3.01 - Ubicación geográfica de Cantesur.



Figura 3.02 - Ubicación geográfica de Cantesur

Se adjuntan a su vez fotografías de los relevamientos realizados en el sector en diciembre de 2016.

En la Fig. 3.3 se puede observar el lugar donde ya se comenzó a explotar el suelo y excavar la laguna. Se decide por lo tanto posicionar en dicho lugar a la laguna a diseñar para aprovechar las obras ya existentes. Se observan taludes verticales y acumulación de agua que es expulsada por medio de una bomba, a observar en otra fotografía. A su vez, se observan las huellas de los camiones que llegan hasta dicho punto.



Figura 3.03 – Relevamiento Cantesur – Laguna existente

En la Fig. 3.04 se observa el acceso a la laguna y el estado de la superficie explotada para la extracción de áridos. Nuevamente se destaca el acceso de camiones al piso de la laguna.



Figura 3.04 - Relevamiento Cantesur – Laguna existente

En la Fig. 3.05 se observa una vista panorámica del sector, observando a su vez la acumulación de agua en sectores ajenos a la laguna. También se observa el escalonado de las paredes verticales de la explotación exigida por la legislación.



Figura 3.05 - Relevamiento Cantesur – Explotación

En la Fig. 3.06 se observa un sector de la laguna en planta, destacando especialmente la presencia de la bomba en una posición intermedia del talud y su cañería. Destacamos la dificultad para acceder a la bomba debido a su posición.



Figura 3.06 - Relevamiento Cantesur – Bomba

En la Fig. 3.07 se observa la descarga de la bomba, salida sin mayor contención que la propia línea de escurrimiento conforme a las pendientes del terreno. Se observa, a su vez, el tipo de suelo arenoso y rocoso por donde descarga la bomba en forma provisoria.



Figura 3.07 - Relevamiento Cantesur – Descarga bomba

En la Fig. 3.08 se observa el canal de descarga de la bomba desde afuera de la cantera hacia adentro. En el fondo se observan las explotaciones y a partir del alambre el canal atraviesa una calle por medio de una alcantarilla para unirse al trayecto final del canal y salir al río.



Figura 3.08 - Relevamiento Cantesur – Canal interior de la cantera

En la Fig. 3.09 se observa la continuación del canal al salir del sector de explotación y de la alcantarilla antes mencionada. Se observa una gran capacidad de la alcantarilla y el inicio del último tramo del canal que descarga en el río.



Figura 3.09 - Relevamiento Cantesur – Alcantarilla

Por último, en las Fig. 3.10 y 3.11 se observa la salida del canal al río y el río mismo donde descarga la bomba. Se observa un canal muy amplio y revestido con pasto.



Figura 3.10 - Relevamiento Cantesur – Canal de salida al río



Figura 3.11 - Relevamiento Cantesur – Río y canal

3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

3.2.1. Clima. Características generales

La cuenca de la cantera Cantesur se encuentra en la zona central de la Provincia de Córdoba. Esta zona presenta, un clima templado. La temperatura del mes más caliente es superior a 22°C (veranos muy calurosos), frío en invierno, con temperatura media menor a 18°C.

Desde el punto de vista dinámico, el clima de Córdoba es típico de la zona templada, con caracteres específicos de una provincia mediterránea.

Es de una gran uniformidad térmica, con un período de lluvias que se extiende de octubre a marzo, y otro seco entre abril y septiembre. El verano se presenta cálido y con aumento en la humedad relativa, mientras que el invierno es seco y no muy riguroso, aunque un poco más acentuado en las Sierras y el extremo Sur de la Provincia. En otoño y primavera, en general, se presenta buen tiempo, con marcada amplitud térmica, lo que produce una sensación agradable durante el día pero con frío en las noches y primeras horas de la mañana.

Los vientos preponderantes son del sector Norte, Nordeste y Sur, siendo agosto y los meses de primavera el período de mayor actividad eólica. Bastante similar, pero más frío, es el clima de la región serrana, existiendo en la misma diferencias en función de la altitud, especialmente, entre las Sierras Grandes y las Sierras Chicas. El clima estimulante de la Provincia de Córdoba se debe a la frecuencia de los cambios de tiempo que obedecen a la acción de las masas de aire y sus combinaciones con las líneas generales de las formas del relieve. A estos tiempos los podemos clasificar en:

a. *Tiempo cálido y Húmedo con vientos del Norte:*

A partir del mes de septiembre predominan las masas de aire cálidas y húmedas del Norte. Estas son constantes y soplan con fuerza creciente durante períodos de varios días. El tiempo ventoso, bajo un cielo polvoriento, blanquecino o grisáceo se torna caluroso mientras aumenta la tensión del vapor. El viento se intensifica durante el día y disminuye o cesa por la noche. Sobre las sierras, al medio día, se forman nubes convectivas (cúmulus de desarrollo vertical) que desaparecen al caer la tarde.

Hacia el final del período, con predominio de las masas de aire del Norte, los vientos de ese rumbo aumentan su fuerza, aún durante la noche, y el calor se torna molesto y sofocante. Las mismas cesan ante la irrupción de masas de aire del Suroeste. La llegada de éstas últimas se anuncia mediante una extensa barrera de cúmulus de tormentas, muy visibles a la puesta del sol, y por relámpagos al comenzar la noche. Pronto cesan los vientos del Norte, se hace la calma e irrumpe el frente frío que produce el cambio, el nuevo estado del tiempo.

b. *Tiempo tormentoso con vientos del Sur:*

El cambio del tiempo se produce con fuertes vientos del Sur y tempestades eléctricas con lluvias. Algunos fenómenos de este tipo pueden producir verdaderos destrozos en diversos lugares de la zona.

A partir de octubre las lluvias suelen ser torrenciales provocando crecidas en los cursos de agua que descienden de la falda oriental de las Sierras. Las lluvias son de corta duración por lo que el cielo pronto se despeja por completo mientras se acentúa el predominio de una masa de aire de origen polar, fresco y limpio que facilita la insolación. Al producirse el cambio sustituyendo la masa

de aire cálido del Norte por la fría o fresca del Sur, las temperaturas bajan bruscamente (a veces desciende entre 15° y 20°C en pocas horas).

Al caer la noche se observa la formación de una gran barrera de cúmulus del Sur, con un núcleo tormentoso en el extremo Oeste, iluminado por relámpagos. Este núcleo se desplaza lentamente hacia el Este descargando su lluvia mientras el cambio de tiempo se ha produce en forma de fuertes vientos sin lluvia.

En períodos de gran sequía los frentes producen lluvias muy escasas y localizadas con tormentas de polvo y graves consecuencias para las actividades agrícolas.

c. *Tiempo frío de invierno y agradable de verano, con vientos del Sur:*

Detrás del frente frío llega el anticiclón o masa de aire polar, de este modo, el tiempo fresco y el cielo claro favorecen la radiación durante el día y la irradiación en la noche.

En invierno las temperaturas mínimas nocturnas, a causa de la intensa irradiación favorecida por la sequedad del aire, pueden descender entre 8° y 10° bajo cero en la zona de la cuenca alta. Al final de estos estados de tiempo anticiclónicos, sobre todo durante el invierno, se presentan períodos de días de calma, con cielo de gran transparencia, en los cuales la temperatura asciende durante el día para descender fuertemente en horas de la noche. Contrariamente a la brusquedad del cambio producido por el frente frío, el frente cálido, producido por las masas de aire del norte, es lento y suave.

d. *Tiempo de sudestada:*

No siempre el anticiclón polar cruza el país en diagonal y llega a Córdoba por el Sudoeste, sino que a veces, con menos frecuencia, atraviesa la Patagonia en dirección al Este. La misma se carga de humedad sobre el Atlántico y se instala, sobre la Península de Valdez. Desde esta posición envía vientos que llegan al sur de la provincia de Córdoba desde el Sudeste, fríos o frescos según la época del año, y húmedos. Se trata de la Sudestada, caracterizada por dar lugar a semanas enteras con cielo cubierto por nubes bajas, llovizna y lluvia débil, con escasas interrupciones y temperaturas muy estables.

e. *Tiempo cálido y seco, con vientos de Noroeste y Oeste:*

Los vientos del Oeste y Noroeste no son los más frecuentes. En primavera y en verano son más fuertes que en otras épocas, sin embargo, no son de larga duración. Son muy secos y cálidos y no forman nubes.

A continuación, se adjuntan los datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional para la zona donde se encuentra ubicada la cantera. (Tabla 3.01).

Datos Estadísticos (Período 1981-1990)

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Viento medio (km/h)	Precipitación mensual (mm)
	Máxima media	Media	Mínima media			
Ene	29.4	23.2	17.8	68	15.6	140.1
Feb	28.6	22.4	17.1	69	16	88.3
Mar	26.0	19.8	14.9	75	15.4	118.6
Abr	22.8	16.4	11.8	75	14.4	51.0
May	19.4	12.8	8.0	71	14.1	24.3
Jun	15.6	9.5	4.7	71	12.9	9.4
Jul	15.3	8.9	4.2	71	16.5	19.3
Ago	18.3	11.2	5.9	64	16.8	12.5
Sep	19.9	13.2	7.7	62	20	48.0

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Viento medio (km/h)	Precipitación mensual (mm)
	Máxima media	Media	Mínima media			
Oct	24.0	17.5	11.6	62	20	71.4
Nov	26.6	20.1	14.4	64	20.5	132.4
Dic	28.4	22.4	16.8	66	18.9	131.5

Tabla 3.01: Datos Servicio Meteorológico Nacional.

3.2.2. Relieve

La cantera se encuentra ubicada en el departamento Colón, el cual presenta tres sectores bien definidos (Fig. 3.12), pertenecientes a las siguientes regiones geomorfológicas: las Sierras Chicas, Depresión Periférica y la Pampa loésica Alta. Dentro de dicho departamento, la explotación se encuentra en la localidad de La Calera, perteneciente a las Sierras Chicas.

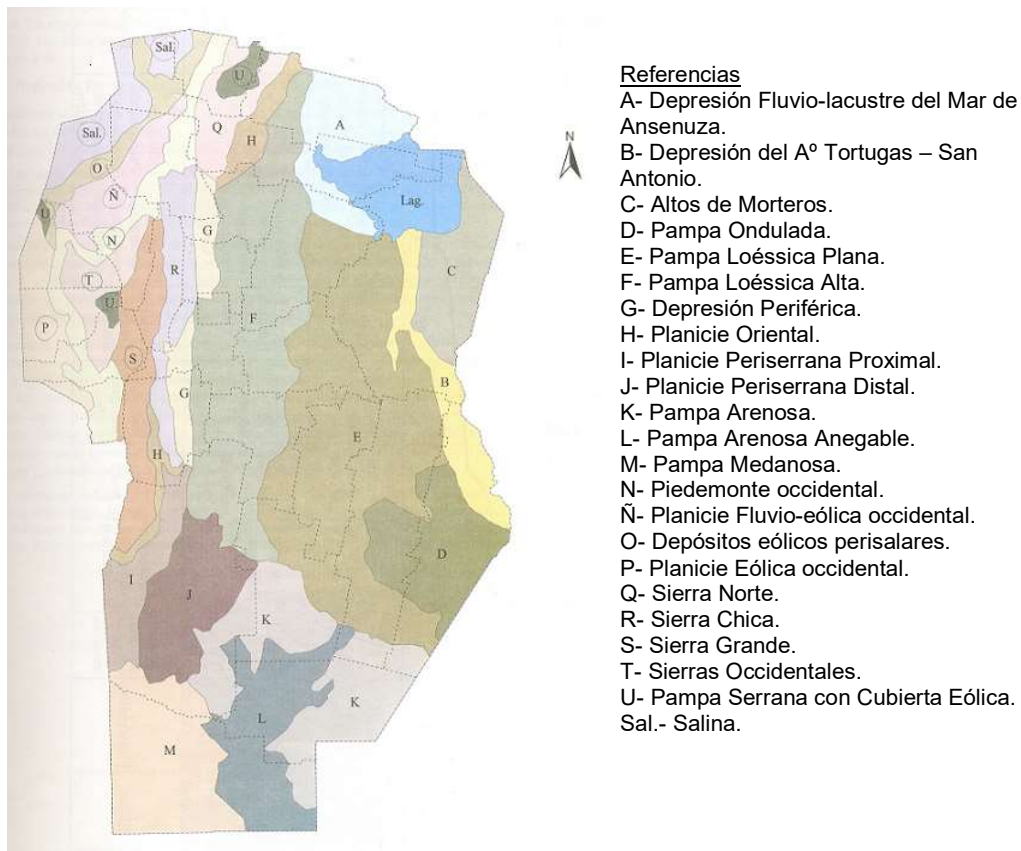


Figura 3.12 - Relieve de la Provincia dividido en sectores

Las Sierras Chicas conforman un cordón montañoso orientado de Norte a Sur, que se encuentra en el área central de la Provincia de Córdoba, ubicado en el borde oriental de las sierras pampeanas. Comienza al Norte con la sierra de la Masa y termina al Sur con las sierras de Las Peñas. Hacia el Oeste está limitado por los valles de Punilla y Calamuchita y al Este por un amplio piedemonte con parcial cubierta fluvio-eólica y una depresión periférica. Su extremo altitudinal es el cerro Uritorco que alcanza los 1950 m.s.n.m.

La región constituye un complejo metamórfico y sedimentario e incluye algunas formas volcánicas en las proximidades de Río Tercero.

En el área del complejo metamórfico (gneis, esquistos, anfibolitas y calizas), donde el relieve es muy colinado, especialmente en la ladera occidental por factores topográficos, los suelos están muy poco desarrollados (contacto lítico). Por el contrario, en la ladera oriental con relieve más tendido, los suelos son más profundos e intensamente meteorizados en profundidad, proceso que se favorece además por la presencia de planos de esquistosidad subverticales que favorecen la alteración y edafización de la roca madre (contacto paralítico).

En el área Norte dominan las rocas sedimentarias del Cretácico, areniscas y conglomerados con suelos calcáreos profundos (sierras de Pajarillo, Copacabana y Masa).

Finalmente, una porción del Sur de la sierra chica está constituido por afloramientos volcánicos de formas tubulares con suelos someros (área de Río Tercero).

Localmente, la red de drenaje está bien definida, con una vertiente oriental de pequeñas corrientes de agua cuyos recorridos muestran un evidente control estructural. Está atravesada por los ríos Suquía, Xanaes y Ctalamochita, cursos antecedentes con amplias cuencas de aportes en la sierra grande, y por arroyos de menor caudal que en condiciones normales se insumen en el Piedemonte oriental o en las llanuras.

La vegetación consiste en bosque serrano en las laderas más bajas y quebradas; romerillal a modo de cinturón entre 1000 y 1300 m.s.n.m y por último, en las cumbres, pastizales de altura.

3.2.3. Flora y Fauna

La posición de Córdoba como nudo de contacto entre la sierras pampeanas, la región chaqueña y la pradera o pampa húmeda, explica que su territorio sea rico en una flora indígena integrada por árboles y arbustos de diversas familias, con especies forrajeras, leñosas, madereras, frutales, tintoreras, textiles y otras, sin contar la legión de plantas menores y las hierbas “medicinales” que gozan del favor popular en el tratamiento doméstico de innumerables dolencias.

La enunciación de las especies puede ser hecha en correspondencia con las zonas naturales, y vinculada además a la altitud del relieve, la existencia de cursos fluviales y a la cuota de humedad. Conforme a lo anterior, se puede dividir en:

a) Zona Subandina	{ 1- Pastos Alpinos (+1800 m.s.n.m.) 2- Bosques de Tabaquillo y de Horco Molle (entre 1500 y 1800 m.s.n.m.)
b) Zona del Monte Serrano	
c) Zona de Llanura	{ 3- se desarrolla entre los 600 y 1500 m.s.n.m.)
	{ 4- Bosques Ribereños (- 600 m.s.n.m.)
	{ 5- Pampa y Campo 6- Salinas

Tabla 3.02: División en especies de la flora

Se caracteriza por poblar densamente las faldas y valles, volviéndose más tupido en los bordes de arroyos y ríos, donde esta vegetación puede confundirse con la zona boscosa de la llanura. En las líneas de mayor altura son representantes típicos el coco (*Fagara coco*) y el espinillo (*Acacia caven*). De copa redondeada y oscura, el coco se ramifica a escasa distancia del suelo y tiene la propiedad de despedir un olor particular al menor roce o sacudimiento. El espinillo, que también recibe el nombre de aroma o churqui, tiene hermosas flores de color anaranjado o amarillo oro.

Al descender por las laderas el monte serrano se integra con gran variedad de otras especies, como el molle de beber (*Lithraeamolleoides*) de tronco tortuoso y broncíneo follaje; el algarrobo blanco (*Prosopis alba*); el algarrobo impanta que es variedad del anterior; el algarrobo negro (*Prosopis nigra*); el tala (*Celtis spinosa*), de ancha copa; el tala falso, el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), árbol este de gran alzada, con tronco amarillento y corteza hendida, de follaje persistente; el quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*), que puede alcanzar hasta 25 m de altura, con fuste bastante recto y una corteza gris oscura o rojiza, hendida por surcos; el chañar (*Gourleiadecorticans*), cuyos frutos son gustados por el ganado menor; el manzano del campo (*Ruprechtia corylifolia*) y el sauce criollo (*Salix chilensis*).

Entre los arbustos que integran el monte serrano debe mencionarse el molle morado (*Schinus molle*); el molle de incienso, que es una variedad del anterior, el tintitaco (*Prosopis desmiodoides*); el piquillín (*Condalia microphylla*); el fuerte guayacán (*Perleria lorentzii*) y la difundida jarilla hembra.

Los bosques ribereños, constituyen el linde de la pampa húmeda, en la cual se interna algo a favor de las riberas, y forma lo que otros autores llaman el “monte santafecino-cordobés”, interpuesto entre la pradera herbácea y la zona del parque chaqueño.

Los tipos más importantes de este “bosque” son: el tala, el quebracho blanco, los diversos algarrobos, el espinillo, el chañar, el garabato blanco, la tusca (*Acacia lutea*), el molle y la palma caranday, y varios arbustos como el palo blanco, el churqui-tala, la barba de tigre (*Prosopis barba tigridis*), la flor de San José, el retamo, el cabello de indio, el guayacán, el cachiyuyo, la brea (*Cesalpinia precox*), todos estos últimos casi siempre en los bordes septentrionales de aquella faja y en forma de manchones o islotes separados.

Debe mencionarse que, tanto para el caso del “monte serrano” como del “bosque de llanura”, las especies nombradas alternan con gran cantidad de otras americanas y extranjeras, que se han adoptado cómodamente al paisaje cordobés, ampliando así los límites de su hábitat originario, como el paraíso, el aguaribay, el seibo, el palo borracho, la acacia, el fresno, el plátano, el eucaliptos y varias especies de conífera.

En el caso de la zona de implantación de la laguna la cantera opera hace muchos años por lo que el lugar se encuentra completamente antropizado.

En los sectores aledaños, se observa algo de monte serrano con pastizales como se puede observar en las figuras del relevamiento y se reitera en la Fig. 3.13.



Figura 3.13 Vegetación de la zona (sector explotado antropizado)

4. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

Para cuantificar y visualizar las condiciones del terreno y poder obtener los parámetros fisiográficos necesarios para la modelación hidrológica se generó una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la elevación de la superficie, es decir un modelo digital de elevación (MDE) a partir de una variedad de recursos que seguidamente se detallan.

La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial.

Este MDE posee la precisión acorde en cada sector a la finalidad que debe servir. En este sentido haremos referencia a dos rangos de datos útiles obtenidos del DEM, necesarios para el desarrollo del presente estudio:

- Información para determinar las características topográficas de la cuenca, con suficiente precisión para permitir la división en subcuencas, el trazado de los cursos de escurrimiento y la determinación de los parámetros fisiográficos (áreas, pendientes medias, líneas de quiebre, etc.).
- Información en el sector de emplazamiento de las obras de regulación para definir las curvas cota-volumen y el movimiento de suelo requerido por la conformación de las mismas.

El MDE generado también podrá usarse como apoyo en la pre-planificación de las actividades de ingeniería o construcción vinculadas a las obras, en el análisis de cursos secundarios de escurrimiento, definición de los límites de las planicies de inundación, tareas de remediación, etc.

4.1.1. Información disponible

Para la confección del MDE (o DEM, en inglés) se descargaron del ftp de la Nasa, las imágenes RASTER del proyecto SRTM, que consiste en un sistema de radar especialmente modificado para adquirir los datos de elevación topográfica estereoscópica. La técnica empleada conjuga software interferométrico con SAR radares con anchos "sintéticos" en sus antenas reflectoras.

Se adquirieron imágenes ASTER (Satélite Avanzado de Emisiones Termales y Radiómetro de Reflexión) de la NASA. El instrumento ASTER, fue provisto por el Ministerio de Industria y Comercio de Japón y construido por NEC, Mitsubishi Electronics Company y Fujitsu, Ltd., mide las propiedades de las nubes, cataloga los vegetales, la mineralogía de superficie, propiedades del suelo, temperatura del suelo, y topografía de superficie de regiones determinadas de la Tierra. La alta resolución espacial de ASTER permite observar detalles con minuciosidad. Los principales accidentes, estructuras y geoformas son marcadamente visibles. Por otro lado, y en lo que refiere a la generación de DEM, el tener dos sensores a ángulos distintos permite obtener, a tiempos muy próximos, imágenes diferentes del mismo sector aptas para reconstrucciones de estereoscopía.

El ASTER GDEM derivado de datos provenientes de teledetección espacial cubre casi la totalidad de la tierra y se distribuye en formato raster con 1 arco de segundo de resolución espacial (METI et al. 2009). Aunque el ASTER GDEM y el SRTM-X tienen la misma resolución espacial, el último representa con mayor fidelidad la superficie del terreno (Rabus et al. 2003, Ludwig y Schneider 2006, METI et al. 2009).

Existen varios sistemas de teledetección espacial que permiten obtener MDE de alta resolución, entre ellos se destaca el sensor PRISM (del inglés Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) a bordo de la plataforma satelital ALOS (del inglés Advanced Land Observing Satellite), que fue diseñado para obtener MDE de diez metros de resolución espacial y RMS menor a cinco metros (JAXA 2007). Se trata de un sensor óptico pancromático de VHR con la capacidad de adquirir datos estereoscópicos simultáneamente a lo largo de su órbita, permitiendo generar el MDE a través de extracción automática mediante un software específico.

Se obtuvo el Modelo Digital de Terreno ALOS-1 PALSAR, generado a partir de imágenes de radar con una mayor resolución espacial de 12,5 metros. ALOS (Advanced Land Observation Satellite) significa Satélite Avanzado de Observación Terrestre, también conocido como DAICHI, es un satélite artificial japonés dedicado a la observación terrestre. Fue lanzado el 24 de enero de 2006 desde la base de Tanegashima. ALOS-1 fue una misión de la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa JAXA. Este satélite contaba con tres instrumentos, un radar de apertura sintética de banda L, una cámara óptica capaz de una resolución de 2,5 metros y un radiómetro para el visible y el infrarrojo cercano con una resolución de 10 metros. El sensor Palsar, radar de Fase tipo Escalonado de apertura sintética de la banda L, recolectó datos de la tierra durante el periodo del 2006 al 2011, independientemente del clima, día o noche. Los datos PALSAR fueron generados de múltiples formas polarización variable, resolución, ancho de franja, y el ángulo fuera del nadir.

Se digitalizaron y referenciaron los planos de la planta. Esta información fue integrada al MDE generado. Con la ayuda de las imágenes y las fotografías de la zona se identificaron puntos singulares en los cauces y dentro de la cuenca (dorsales, líneas de vaguada, crestas, barrancas, etc.) priorizando las líneas de escurrimiento y accidentes significativos dentro del área de inundación.

Se completó y contrastó el set de información con datos extraídos de imágenes tomadas de Google Earth Pro.

4.1.2. Metodología

Para la generación de la red de puntos se determinó la ubicación de diversos puntos fijos sobre cada elemento para posibilitar la vinculación de todos los recursos enunciados en el ítem precedente.

En primera instancia se verificó la correspondencia de la información existente en lo referente a sistema de proyección y datum.

Mediante un muestreo digital de las imágenes SRTM, ASTER y ALOS PALSAR se optó por esta última por mostrar una mayor concordancia en las geoformas. En la zona de la cuenca, se generó una grilla de puntos con una resolución de 12.5 m. Tras su triangulación y suavizado, se generó un primer plano de curvas de nivel.

Luego se superpusieron las imágenes satelitales, las curvas de nivel y los planos digitalizados a partir de los antecedentes lo que sirvió para evaluar e identificar la correcta coincidencia de la información procesada.

Seguidamente se extendió el plano de curvas de nivel a la totalidad de la cuenca y se combinó esta grilla con los puntos del predio y la cuenca de mayor resolución y se realizó una nueva triangulación. Con este nuevo modelo se amplió a toda la cuenca las curvas de nivel con equidistancia de 0.20 m.

4.1.3. Resultados presentados

La información generada permite distintas presentaciones de la estructura de organización de los datos, las que poseen distinta utilidad para la etapa que se encuentre en desarrollo: generación, procesamiento y representación.

- Estructuras vectoriales

Redes de triángulos irregulares: Es una estructura muy utilizada, que representa al terreno como un conjunto de triángulos irregulares adosados. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales y se unen sobre el terreno para formar un mosaico que se adapta a la superficie con diferentes grados de detalle, en función de la complejidad del relieve. Normalmente la distribución de puntos es aleatoria, pero es posible realizar con la misma una grilla regular.

Curvas de Nivel: Son vectores compuestos por un conjunto de pares de coordenadas que describen la trayectoria de líneas isométricas (curvas de nivel), donde el número de elementos de cada vector es variable. En este caso el MDE está constituido por el conjunto de curvas de nivel que pasan por una zona, separadas generalmente por intervalos constantes de altitud.

- Estructuras Raster

Por el tipo de información empleada es factible la confección de Matrices regulares o Matrices de resolución variable en función de la zona a representar. En este estudio se presentan en particular matrices regulares de distintos pasos entre el modelo para cuenca y para vaso.

4.1.4. Aplicación al proyecto

Con el MDE, o DEM, se delimitó la cuenca general a cada punto analizado y se identificaron los cauces principales y secundarios. Esto permite visualizar el área de aporte y las particularidades que presenta el escurrimiento en la zona. Mediante el mismo se computaron los parámetros fisiográficos necesarios en la modelación hidrológica.

A continuación, se presenta el resultado del modelo en la Fig. 4.01 y las curvas de nivel en la Fig. 4.02.

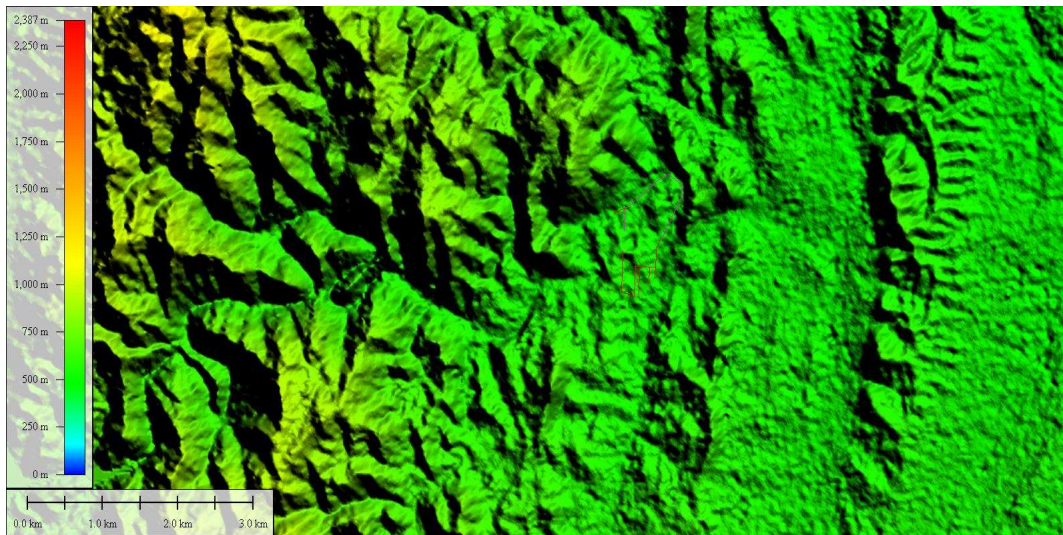


Figura 4.01 Modelo digital de Elevación – (Vista en planta) Fuente: ALOS PALSAR

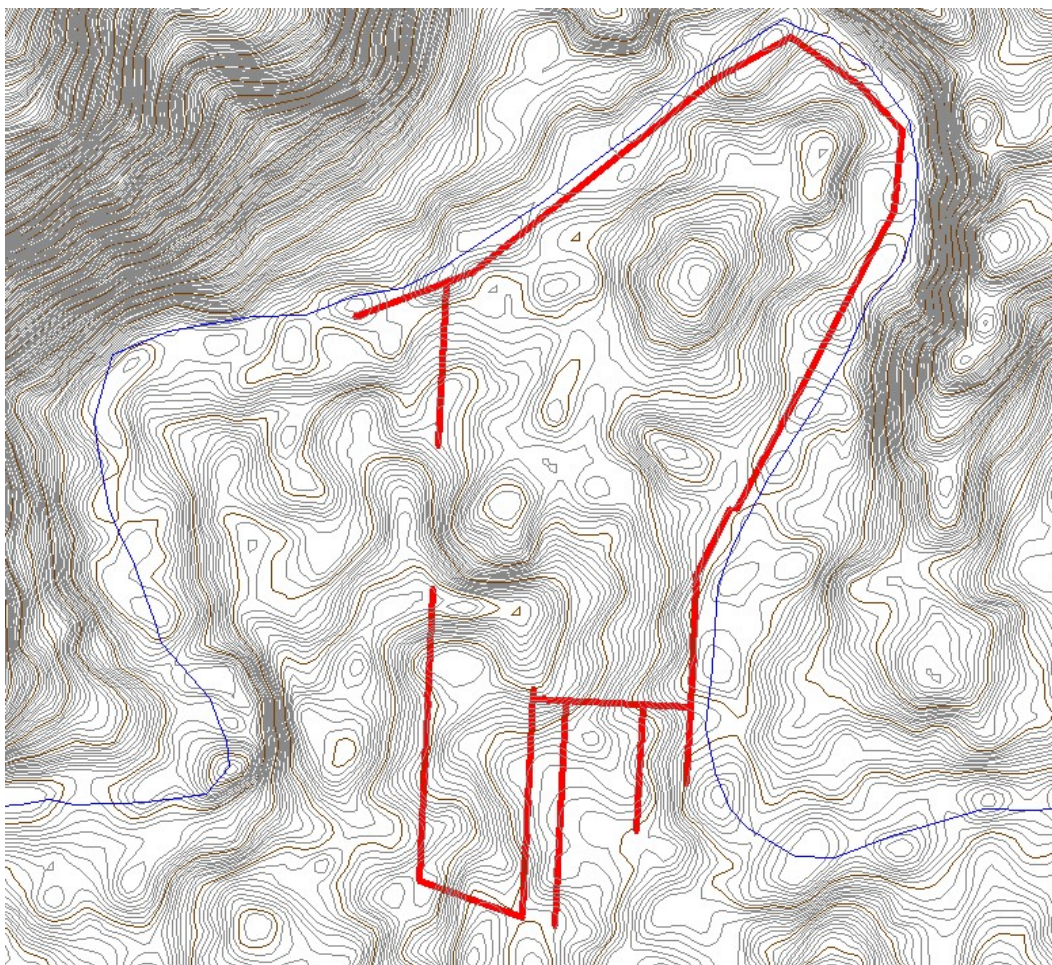


Figura 4.02 Curvas de nivel obtenidas

5. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

A continuación, se elabora el modelo hidrológico que permitirá evaluar la generación de excedentes de la cuenca ante la ocurrencia de diversos eventos de precipitación. Se desarrollan modelos de transformación lluvia – caudal y tránsito – caudal.

El modelo que se desarrolla busca conocer la respuesta de la cuenca en los distintos puntos de estudio. Esto implica considerar distintas escalas en la discretización de las zonas de aporte además de distintos hietogramas de diseño.

Los modelos adoptados en este estudio hacen uso de la metodología propuesta por el Soil Conservation Service en 1985.

En primer lugar se determinan los límites de las subcuencas de aporte y sus respectivas características fisiográficas, las que influyen en la capacidad de generar excedentes.

5.1. DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS Y SUBCUENCAS

La delimitación preliminar de la cuenca se realizó en base al MDE (modelo digital de elevación) de la cuenca de aporte que se describe en el ítem precedente. Posteriormente se refinó el trazado con la ayuda de imágenes satelitales (Google Earth Pro), cartas del IGN de la zona de aporte y por medio de la información obtenida en campaña (ubicación de alcantarillas, cunetas, bordos).

5.1.1. Situación pre-desarrollo de la cantera

Para la delimitación de las cuencas se consideran de manera diferente la situación pre desarrollo y post desarrollo. Esto se debe a que, al mover tanta cantidad de suelo, se modificarán las pendientes y por lo tanto las líneas de escorrentía. En el caso de la situación original, se considera la cuenca que aporta caudal al punto donde se colocará la descarga de la bomba. Además, se considera el resto de la superficie de explotación como una cuenca que descarga hacia el oeste de la cantera.

Las cuencas captadas se desarrollan en dirección norte la primera y nor-este la segunda, ambas con salida al Río Suquía. Se analizan ambas cuencas ya que, en la situación post-desarrollo, ambos sectores aportarán caudales a la laguna. La morfología de la zona ubica a la explotación entre pequeñas montañas y valles que colectan el agua de la zona y lo dirigen al Río.

Podemos observar las cuencas en la Fig. 5.01, siendo el rectángulo azul el espacio destinado a la laguna y el círculo negro el punto de descarga de la bomba.



Figura 5.01 Delimitación de la cuenca externa pre-desarrollo de la cantera

Para el trazado de la línea de escurrimiento que definirá la subdivisión en subcuencas internas, en la situación original, se supuso el recorrido del agua según las curvas de nivel considerando algunos pozos o bajos del terreno observados en el momento de la imagen satelital obtenida. Se observaron así los dos puntos de salida de agua de cada una de las cuencas externas trazadas, además de los tránsitos entre las diferentes subcuencas. Esto se encuentra esquematizado en la Fig. 5.02.

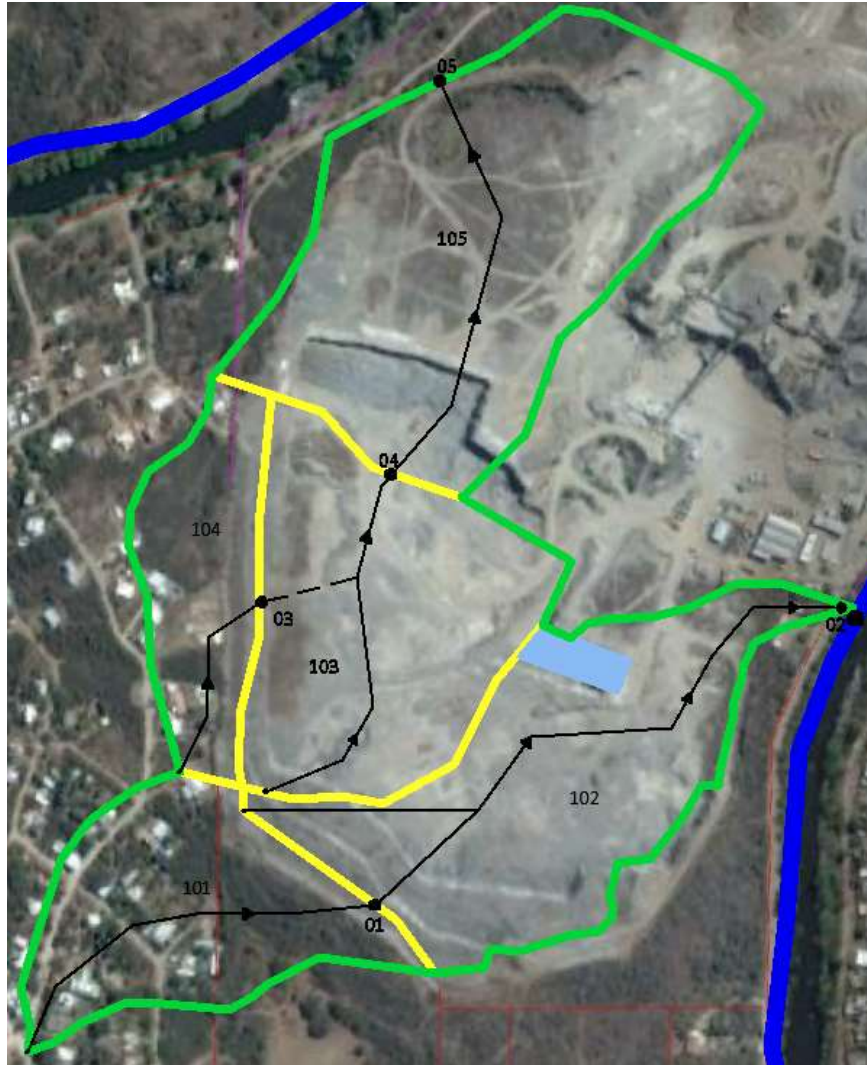


Figura 5.02 Delimitación de las subcuencas pre-desarrollo de la cantera

Con la discretización efectuada anteriormente, se determinaron los parámetros fisiográficos de las distintas subcuencas para su utilización en la modelación hidrológica.

5.1.2. Situación post-desarrollo de la cantera

Para la delimitación de la cuenca externa, en el caso de la situación post desarrollo, se tiene en cuenta la superficie del terreno que se busca explotar a futuro. Así, el escurrimiento de todo el sector explotado quedará conformado con la cota de piso de cantera, aproximadamente 490 msnm. El terreno a explotar se ve restringido al noroeste por la ruta paralela al río y al oeste por viviendas. Hacia el este se encuentra posicionada la planta misma de la cantera.

En esta situación, la cuenca captada se desarrolla en dirección este, hacia el lugar donde se sitúa la laguna. En este caso se considera un sector del terreno ocupado por urbanizaciones ya existentes y una explanada que representa el terreno explotado. El agua es colectada en la laguna y luego bombeada al Río Suquía.

Con estas conclusiones se procede a delimitar la cuenca externa de la situación post-desarrollo que se observa en la Fig. 5.03



Figura 5.03 Delimitación de la cuenca externa post-desarrollo de la cantera

Para el caso del post desarrollo se adoptó una pendiente del terreno de un 0,5% en los sectores explotados y se supuso el escurrimiento del agua de una forma óptima para el uso que se le da al terreno (esto está en función del proyecto). En los sectores no explotados se conservó el escurrimiento antes supuesto. Cabe destacar que en la cuenca 101 se supuso que el agua sería expulsada del bajo natural hacia el sector explotado debido a la posible urbanización del sector sur de la cuenca, agua que deberá ser acumulada en la laguna. Todo esto se observa en la Fig. 5.04.

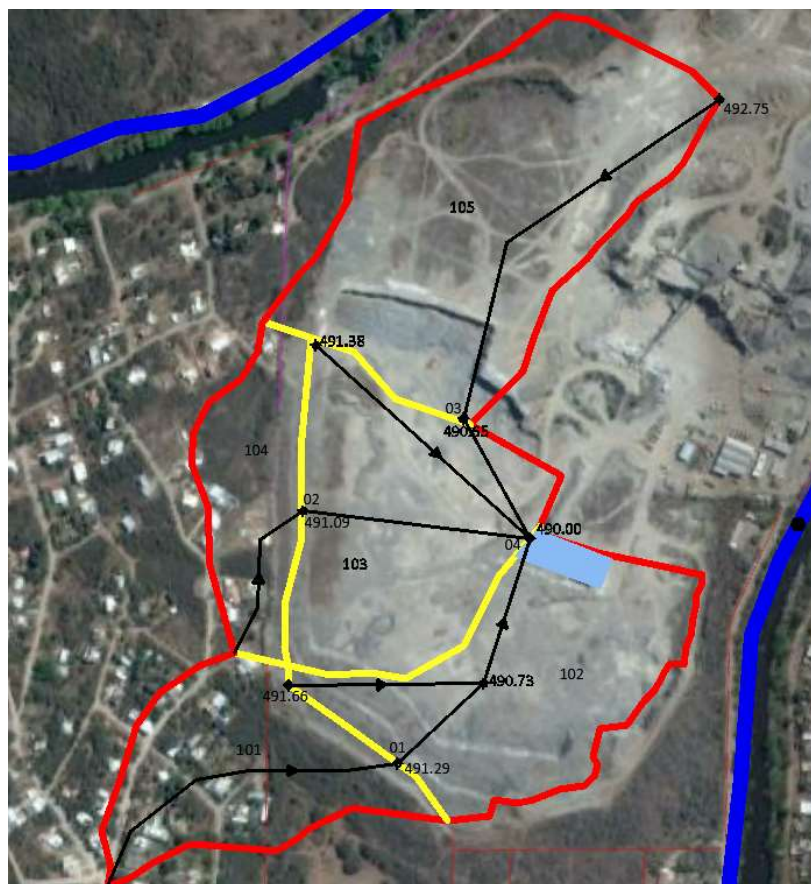


Figura 5.04 Delimitación de las subcuencas post-desarrollo de la cantera

5.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA CUENCA PARA LA MODELACIÓN

5.2.1. Selección de períodos de recurrencia y tormentas de proyecto

Uno de los parámetros más importantes de la modelación hidrológica de una cuenca urbana, es la determinación del período de recurrencia que se adoptará para el cálculo. Dicho valor junto con el valor de tiempo de concentración, permitirá luego utilizando las curvas IDF determinar la intensidad de la tormenta de proyecto.

El período de recurrencia se define como el intervalo o lapso promedio de años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada.

La fijación del período de recurrencia a utilizar está ligada a una serie de factores que se deberán tener en cuenta en un análisis previo de la situación. Dentro de las variables más importantes a considerar se pueden mencionar las siguientes:

- Importancia de la obra (interés económico, socio-económico, estratégico, turístico).
- Los daños que serán sujetas las obras públicas y privadas durante una inundación o ruptura de la misma (pérdidas humanas, costo y duración de la reconstrucción, costo del no funcionamiento, etc.)
- Existencia o no de otras vías alternativas capaces de reemplazar la obra.

La selección de un determinado período de recurrencia se relaciona con la intensidad de la tormenta de diseño, lo que repercute directamente en el valor del derrame máximo de la cuenca y de este modo en la magnitud de las obras a construir que se asocian directamente con el costo de las mismas.

Por tal motivo, dentro del análisis desarrollado para la elección de un período de recurrencia se deberá incluir un análisis económico de beneficios versus costos para adoptar el valor definitivo del período de recurrencia que cumpla las condiciones enumeradas anteriormente. Se consideran los caudales que sean compatibles con la descarga para el diseño del volumen de almacenamiento.

Así, considerando el daño ambiental que generaría en la zona el desborde de la laguna, y lo que implicaría inundar el sector, sabiendo que en terrenos aledaños se podría plantear la realización de un loteo para urbanizaciones, se propone verificar la obra para 5, 25, 50 y 100 años de período de recurrencia. Se debe verificar la capacidad de las obras para los eventos con tiempos de recurrencia de 5 años, y que el coronamiento no sea sobrepasado con eventos con tiempos de recurrencia de 100 años.

Se procurará entonces que el caudal aportado por una lluvia de 5 años de recurrencia pueda ser almacenado en la laguna sin producir desborde, y que el caudal de una lluvia de 100 años también lo sea considerando que existirá una bomba en constante funcionamiento que ayudará expulsando agua de la laguna a medida que la misma es llenada por los caudales provenientes de dicha lluvia.

5.2.2. Determinación de los CN (Curva Número) en las subcuencas

En el método del Soil Conservation Service, el valor de CN (curva número) depende de las condiciones hidrológicas del suelo, del uso y manejo de las tierras, de las condiciones hidrológicas de la cobertura vegetal, entre otros factores. Para la definición y caracterización de cada uno de estos se utilizaron los principios propuestos por el Soil Conservation Service (1972).

El método del SCS (1972) divide al complejo suelo en cuatro grupos:

- Grupo A: Bajo potencial de escorrentía: son suelos con una alta tasa de infiltración y conductividad hidráulica, aun cuando son muy húmedos. Son arenas y gravas profundas excesivamente drenadas.
- Grupo B: Moderadamente bajo potencial de escorrentía: son suelos con una moderada tasa de infiltración cuando son muy húmedos. Moderadamente profundos a profundos, textura moderadamente fina (más fina que la arena), a gruesa, permeabilidad moderadamente lenta a rápida.
- Grupo C: Moderadamente alto potencial de escorrentía: De infiltración lenta cuando están húmedos. Con estratos que impiden el movimiento del agua 0.50-1.00m, Textura moderadamente fina a fina. Infiltración lenta debido a la presencia de sales o álcalis, o masas de agua.
- Grupo D: Alto potencial de escorrentía: De infiltración muy lenta. Arcillosos con alto potencial de expansión. Nivel freático alto permanente. Poco profundos sobre material impermeable, y con una tasa de transmisión de agua muy lenta.

A su vez, el método divide al uso de la tierra en diez categorías posibles. En nuestra área de estudio las clases de uso más importantes son: Pasturas naturales, bosques nativos y sectores con un bajo grado de urbanización.

Respecto al tratamiento del suelo, existen tres categorías que se refieren al tipo de laboreo mecánico y manejo del suelo. Como en más del 90% de la unidad no se practica ningún tipo de laboreo, esta condición del complejo hidrológico suelo-cobertura, no se aplicó.

La Tabla 5.01 se muestran los valores de curvas números para los usos más comunes en la unidad Sierra y para una condición de humedad antecedente Tipo II, con una abstracción inicial = 0.2 S.

Descripción del uso del suelo	Condiciones hidrológicas para la infiltración	Grupos hidrológicos de suelos			
		A	B	C	D
Pastizales naturales	Pobres	68	79	86	89
	Regulares	49	69	79	84
	Buenas	39	61	74	80
Bosques	Pobres	46	68	78	84
	Regulares	36	60	70	76
	Buenas	26	52	63	69

Tabla 5.01 Curva número para los usos más comunes en la unidad: Sierra. Fuente: USDA, (1972)

En base a esta guía, a las consideraciones que se extraen de la visita a la zona y ayudados mediante imágenes satelitales se opta por aplicar valores de CN que van de 73 a 78 en la situación original y de 78 a 93 en la situación post desarrollo.

5.2.3. Tiempo de retardo de las subcuencas.

Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizan las expresiones Ec. 1 y Ec. 2 del método SCS:

$$t_{lag} = \frac{L^{0,8}(S+2S)^{0,7}}{7.069*y^{0,5}} \quad (1)$$

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Donde t_{lag} representa el tiempo de retardo (hs), L la longitud de la subcuenca (m) entre las curvas de nivel con la cual uno mide la pendiente, y la pendiente de la subcuenca (%) y CN el número de curva del método SCS.

A partir de los datos obtenidos del punto anterior para cada subcuenca (Longitudes y desniveles) y de los Números de Cuenca CN adoptados para cada cuenca de acuerdo al tipo de suelo, cubierta, uso actual del suelo, humedad antecedente, etc., se procedió al cálculo de los tiempos de retardo para cada subcuenca los cuales se encuentran reflejados en las Tablas 5.02 y 5.03.

Cuenca	Área (Km2)	Long. (m)	Cota A. Arriba (m)	Cota A. Abajo (m)	Desnivel (m)	Pendiente (%)	CN	S	tr (hs)	tr (min)
101	0,04	330,00	569,00	554,32	14,68	4,4	78	71,64	0,17	10
102	0,06	557,35	561,00	519,58	41,42	7,4	73	93,95	0,23	14
103	0,05	298,64	562,00	534,00	28,00	9,4	73	93,95	0,13	8
104	0,03	163,53	563,00	536,00	27,00	16,5	78	71,64	0,05	3
105	0,09	347,94	534,00	527,82	6,19	1,8	78	71,64	0,28	17

Tabla 5.02 Tiempo de retardo por escurrimiento en ladera. Condición Sin cantera

Cuenca	Área (Km2)	Long. (m)	Cota A. Arriba (m)	Cota A. Abajo (m)	Desnivel (m)	Pendiente (%)	CN	S	tr (hs)	tr (min)
101	0,04	330,11	569,00	554,40	14,60	4,4	78	71,64	0,17	10
102	0,05	332,50	491,66	490,00	1,66	0,5	93	19,12	0,30	18
103	0,05	275,38	491,38	490,00	1,38	0,5	93	19,12	0,26	15
104	0,03	163,53	563,00	536,00	27,00	16,5	78	71,64	0,05	3
105	0,09	418,42	492,75	490,65	2,09	0,5	93	19,12	0,36	21

Tabla 5.03 Tiempo de retardo por escurrimiento en ladera. Condición con cantera

5.2.4. Tránsito de cauces

Para los traslados a través de los cauces se utilizó el método de Muskingum. Dos parámetros son necesarios para el uso de este método:

- k es una constante de almacenamiento que tiene dimensiones de tiempo. Para el parámetro k' se adopta el valor de L/V, que es el valor que da la interpretación física del método. Definimos a k con la siguiente expresión:

$$k = \frac{L}{c} \quad (3)$$

Donde L representa el largo del cauce y C la velocidad de la onda. A su vez:

$$C = 1,5 V \quad (4)$$

Donde V es la velocidad media de escorrentía.

- x es un factor que expresa la influencia relativa del caudal de entrada y de los niveles de almacenamiento. Se adopta el valor 0,2 que es el que mejor expresa la influencia relativa del caudal de entrada frente a los niveles de almacenamiento.

En la siguiente tabla se encuentran resumidos los parámetros más importantes de los tránsitos entre las distintas subcuencas, Tablas 5.04 y 5.05

TRAMO		L	Cota A. Arriba	Cota A. Abajo	Desnivel	Pend.	V	C	k	Tránsito en Cauce	
inicio	fin	(m)	(m)	(m)	(m)	%	(m/s)	(m/s)	(hs)	hs	(min)
01	02	482,93	554,32	519,58	34,74	7,19	4,0	6,01	0,02	0,034	2,00
03	04	166,01	536,00	534,00	2,00	1,20	1,6	2,46	0,02	0,028	1,69
04	05	347,94	534,00	527,81	6,19	1,78	2,0	2,99	0,03	0,049	2,91

Tabla 5.04 Parámetros de los tránsitos entre las subcuencas. Condición sin cantera

TRAMO		L	Cota A. Arriba	Cota A. Abajo	Desnivel	Pend.	V	C	k	Tránsito en Cauce	
inicio	fin	(m)	(m)	(m)	(m)	%	(m/s)	(m/s)	(hs)	hs	(min)
01	04	254,05	491,29	490,00	1,2903	0,51	1,1	1,60	0,04	0,066	3,98
02	04	218,08	491,09	490,00	1,0903	0,50	1,1	1,58	0,04	0,057	3,44
03	04	130,75	490,65	490,00	0,6536	0,50	1,1	1,58	0,02	0,034	2,06

Tabla 5.05 Parámetros de los tránsitos entre las subcuencas. Condición con cantera

Se define así el tiempo de concentración de las cuencas, en cada una de las condiciones analizadas, como el máximo entre las sumas de las subcuencas y sus tránsitos hasta llegar a su punto de salida de la cuenca: 16,90 minutos para la condición original (subcuenca 101: tránsito en ladera 10,24 min y 2,01 min en cauce) y 23,47 minutos para la condición post desarrollo (subcuenca 101: tránsito en ladera 10,27 min y 3,98 min en cauce).

5.2.5. Precipitación de diseño

Para la determinación de los hietogramas asociados a distintas recurrencias, se utilizaron las curvas IDF propuestas por CI.H.R.S.A. - DIPAS 1994. A continuación se presenta la expresión utilizada Ec. 5.

$$i = \frac{1.608,756 * T^{0,196}}{(d+15)^{0,900}} \quad (5)$$

Donde i representa la intensidad de la lluvia en mm/h, T el tiempo de retorno en años y d la duración de la tormenta en minutos.

Respecto al tiempo de duración de la lluvia a ser empleado en la modelación, se consideran dos factores: El tiempo de concentración de las distintas subcuencas, la duración de los tránsitos entre las mismas y la probabilidad de ocurrencia de eventos de esta duración. En consecuencia se adoptó una precipitación de 24 minutos de duración.

Se adoptó el patrón de distribución temporal de acuerdo a los criterios desarrollados por el CIHRSA agrupa las tormentas según la ubicación de pico y la duración de la tormenta. Se considera así que, para tormentas de duración menor a dos horas, el pico se encuentra en el segundo sextil.

A continuación se presentan los hietogramas (Fig. 5.05 a 5.08) con sus respectivas tablas (Tabla 5.06 a 5.09) que serán empleados en el diseño de las obras propuestas.

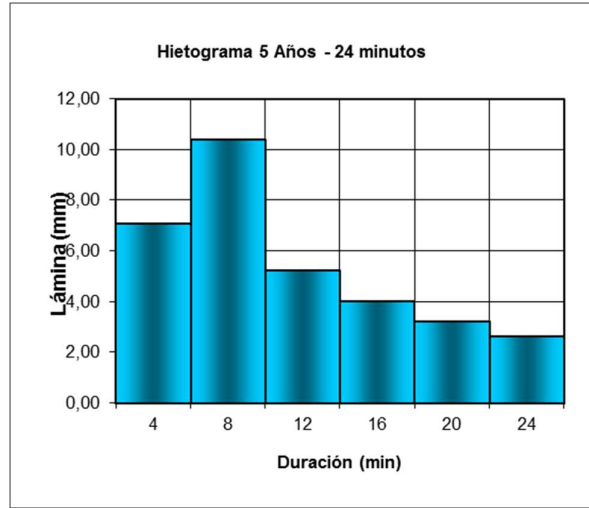


Figura 5.05 Hietograma para 5 años de recurrencia.

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Lámina acumulada (mm)	Lámina (mm)	Lámina Ordenada 5 años
4	155,82	10,39	10,39	7,11
8	131,20	17,49	7,11	10,39
12	113,57	22,71	5,22	5,22
16	100,29	26,74	4,03	4,03
20	89,91	29,97	3,23	3,23
24	81,57	32,63	2,66	2,66

Tabla 5.06 Cálculo de lámina para 5 años de recurrencia.

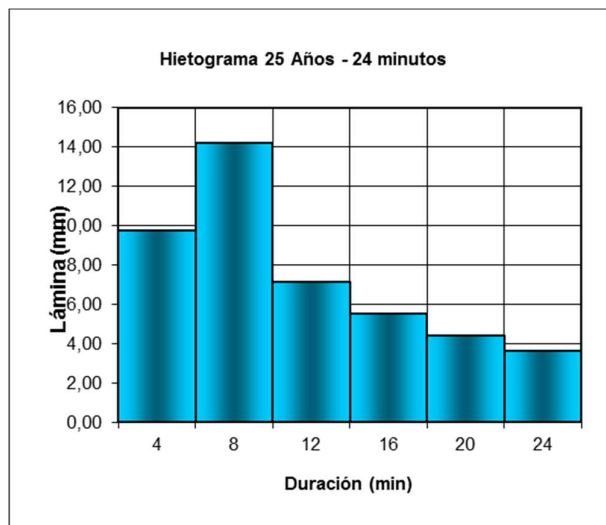


Figura 5.06 Hietograma para 25 años de recurrencia.

Duración	Intensidad	Lámina acumulada	Lámina	Lámina Ordenada
(min)	(mm/h)	(mm)	(mm)	5 años
4	213,60	14,24	14,24	9,74
8	179,86	23,98	9,74	14,24
12	155,69	31,14	7,16	7,16
16	137,49	36,66	5,53	5,53
20	123,26	41,09	4,42	4,42
24	111,82	44,73	3,64	3,64

Tabla 5.07 Cálculo de lámina para 25 años de recurrencia.

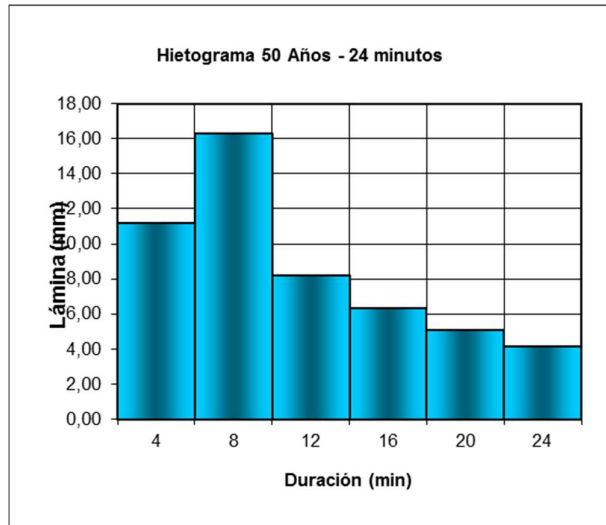


Figura 5.07 Hietograma para 50 años de recurrencia.

Duración	Intensidad	Lámina acumulada	Lámina	Lámina Ordenada
(min)	(mm/h)	(mm)	(mm)	5 años
4	244,69	16,31	16,31	11,16
8	206,03	27,47	11,16	16,31
12	178,34	35,67	8,20	8,20
16	157,49	42,00	6,33	6,33
20	141,20	47,07	5,07	5,07
24	128,09	51,24	4,17	4,17

Tabla 5.08 Cálculo de lámina para 50 años de recurrencia.

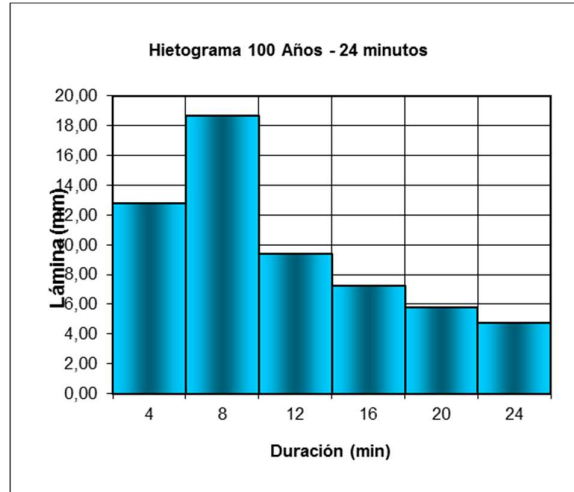


Figura 5.08 Hietograma para 100 años de recurrencia.

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Lámina acumulada (mm)	Lámina (mm)	Lámina Ordenada 5 años
4	280,29	18,69	18,69	12,78
8	236,01	31,47	12,78	18,69
12	204,30	40,86	9,39	9,39
16	180,41	48,11	7,25	7,25
20	161,74	53,91	5,80	5,80
24	146,73	58,69	4,78	4,78

Tabla 5.09 Cálculo de lámina para 100 años de recurrencia.

5.3. MODELACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS HIDROGRAMAS CRECIENTES

La modelación computacional se ejecutó con el programa HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.

Para estudiar la hidrología de la zona, se procedió en primera instancia a determinar los hidrogramas correspondientes a distintas recurrencias ($Tr = 5, 25, 50$ y 100 años) para la condición original y a continuación para la condición futura (post desarrollo). Los hidrogramas que producen las precipitaciones de distinta recurrencia fueron obtenidos por medio de modelos computacionales de transformación Lluvia - Caudal y tránsito Caudal - Caudal.

5.3.1. Metodología aplicada.

El estudio hidrológico permite obtener los hidrogramas que se registrarán en las secciones de interés frente a la ocurrencia de eventos de recurrencias conocidas. Estos hidrogramas permiten determinar el volumen que es necesario almacenar para lograr un impacto hidrológico nulo y verificar el funcionamiento y la seguridad de las estructuras frente a los distintos eventos. Los hidrogramas simulados fueron obtenidos por medio de modelos computacionales de transformación Lluvia-Caudal y Tránsito-Caudal.

Para la modelación de eventos extremos se utilizaron tormentas de 24 minutos de duración y recurrencias de 5, 25, 50 y 100 años.

A continuación se presenta una breve reseña sobre el programa computacional empleado.

HEC-HMS

HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, es un programa del Hydrologic Engineering Center (HEC) del US Army Corps of Engineers. El programa simula los procesos de precipitación - escorrentía y los procesos de tránsitos controlados y naturales. HEC-HMS es el sucesor de HEC-1, este nuevo software tiene la gran ventaja de sus interfaces gráficas que permiten una visualización de los resultados y una forma más simple de ingresar los datos que en la versión original HEC-1 (escrito en FORTRAN).

Para la simulación de los procesos de precipitación – escorrentía - tránsito HEC-HMS provee los siguientes componentes:

- Precipitación, permite describir un evento observado.
- Modelos de pérdidas.
- Modelos de escurrimiento directo
- Modelos de tránsitos hidrológicos
- Modelos de confluencias y bifurcaciones de corrientes

Estas capacidades son similares a las que poseía su antecesor HEC-1. HEC-HMS incluye además:

- Modelos de escorrentía distribuidos para poder utilizar datos de precipitación distribuida proveniente de radares.
- Modelos simplificados para modelar humedad del suelo semi-continua para simulación para largos períodos sobre cuencas.

HEC-HMS usa por separado modelos que representan cada uno de los componentes de los procesos de escurrimiento:

- Modelos que computan volumen de escurrimiento
- Pérdida inicial y tasa de pérdida constante.
- Método del SCS – Número de Curva.
- Grein y Ampt
- Déficit y tasa constante
- Modelo de humedad del suelo continua (SMA)

5.3.2. Calibración del Modelo y Resultados

Con los valores característicos de las subcuencas y las tormentas de proyecto se ingresaron al programa HEC HMS y se elaboró el modelo computacional para cada escenario.

En las siguientes imágenes se pueden advertir los esquemas de modelación utilizados para la obtención de los caudales extremos en cada punto de interés bajo cada condición de análisis (Fig. 5.09 y 5.10)

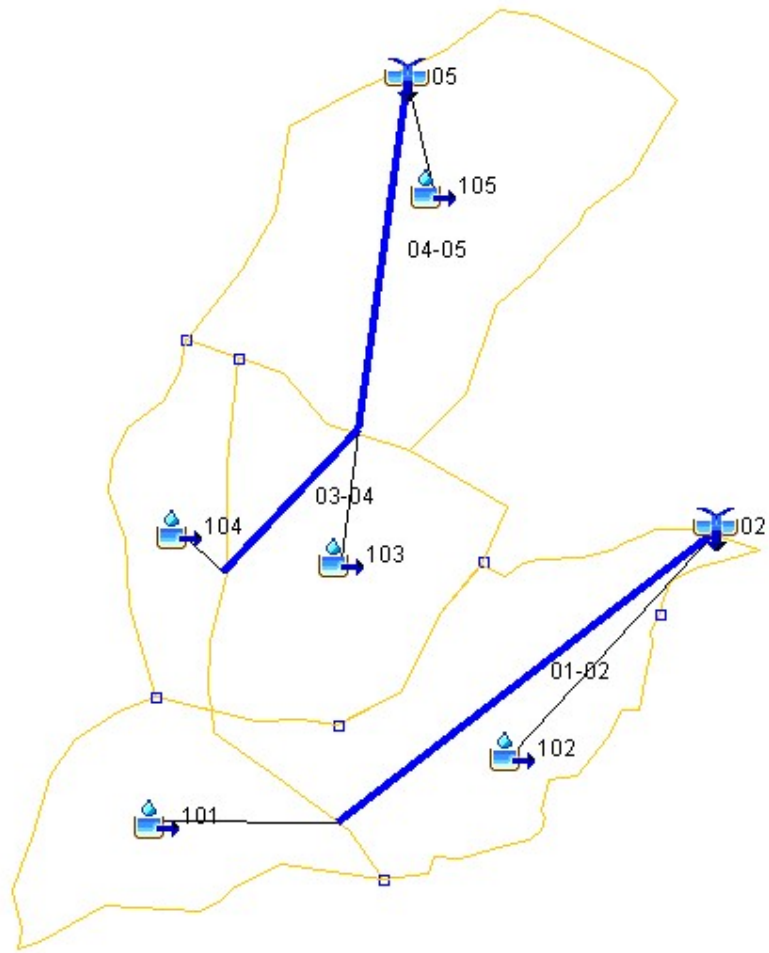


Figura 5.09 Esquema de modelación utilizado (situación original – sin cantera)

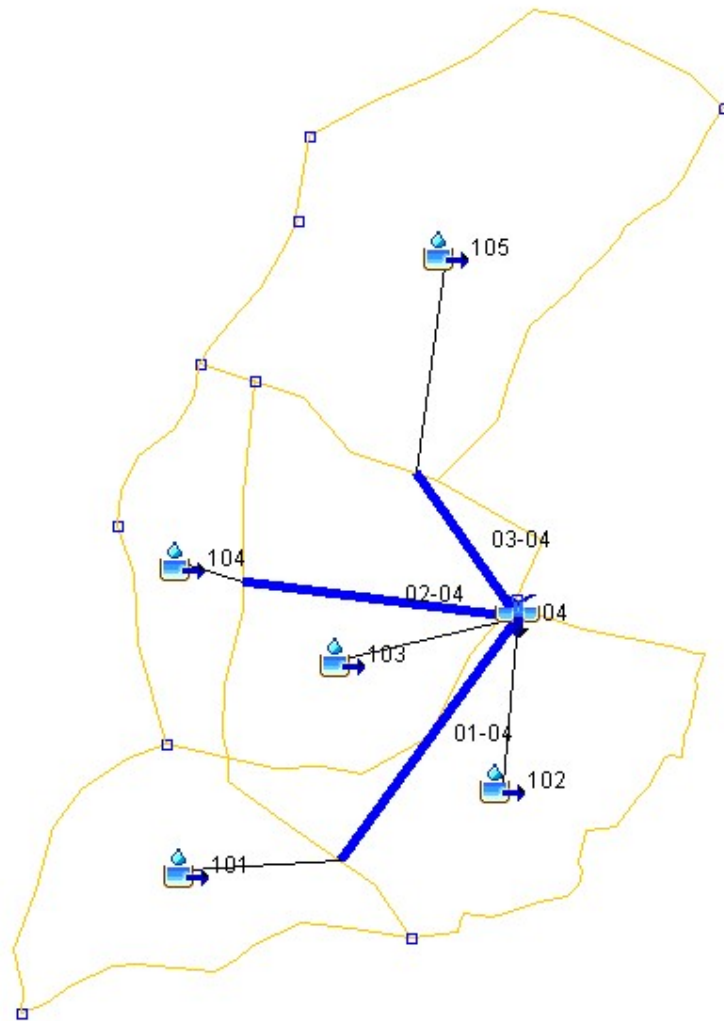


Figura 5.10 Esquema de modelación utilizado (situación futura – con cantera)

A continuación, se presenta los hidrogramas resultantes en cada punto de interés para los eventos simulados (Fig. 5.11 a 5.22)

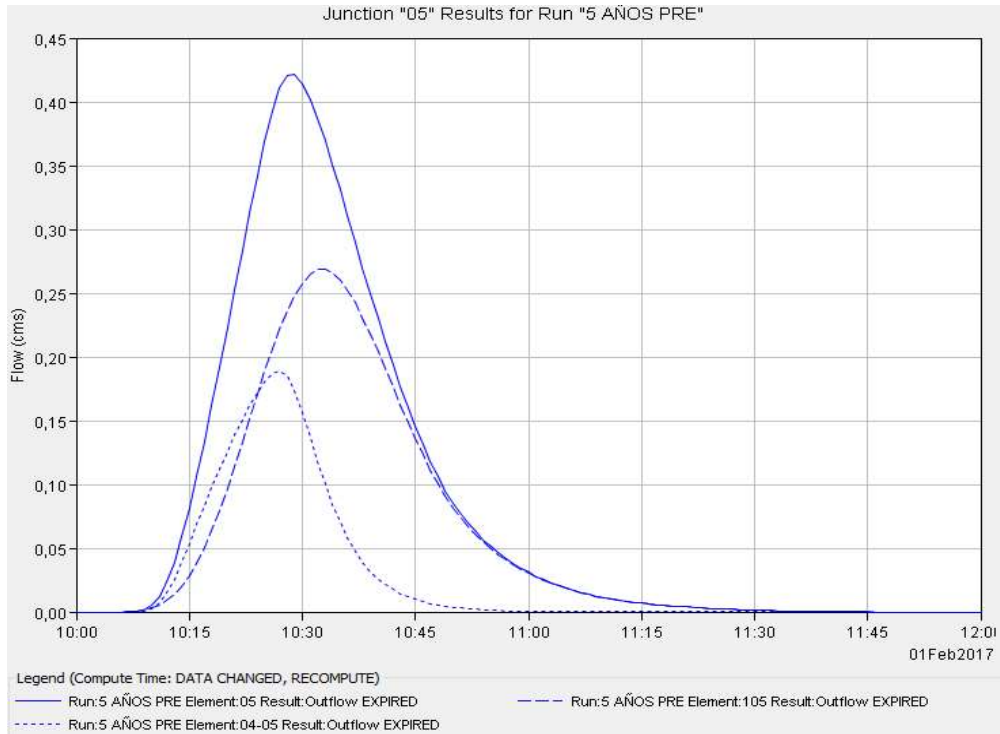


Figura 5.11 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 5 años

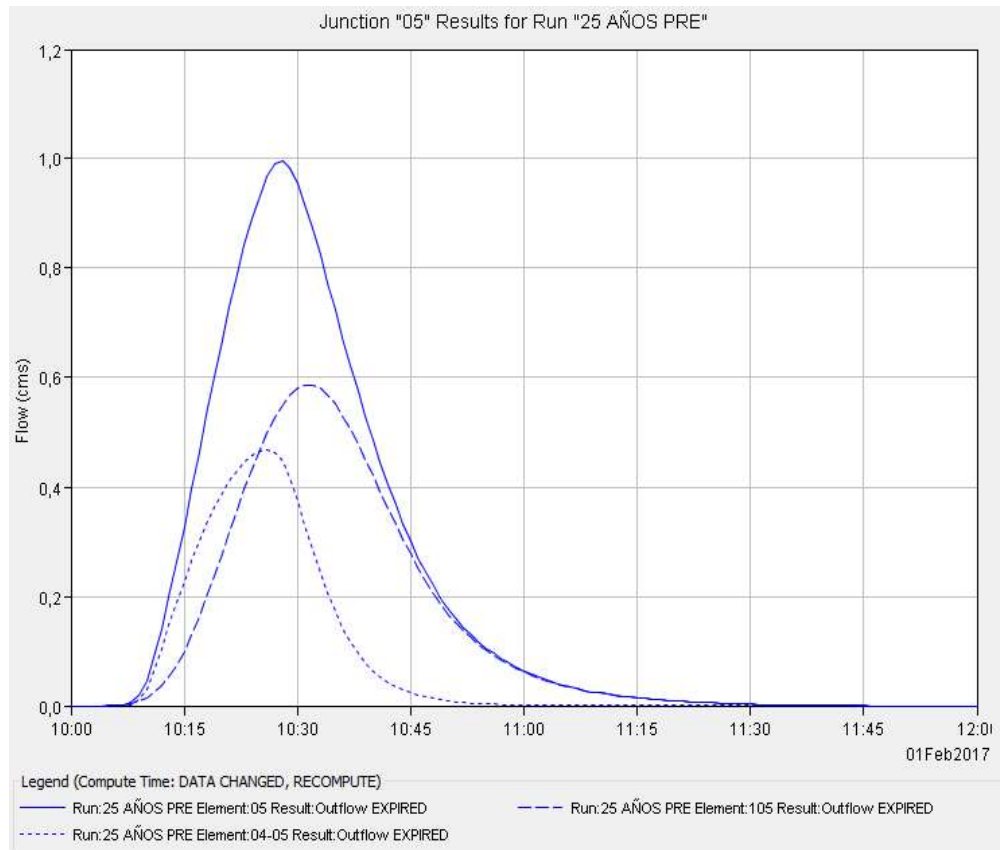


Figura 5.12 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 25 años

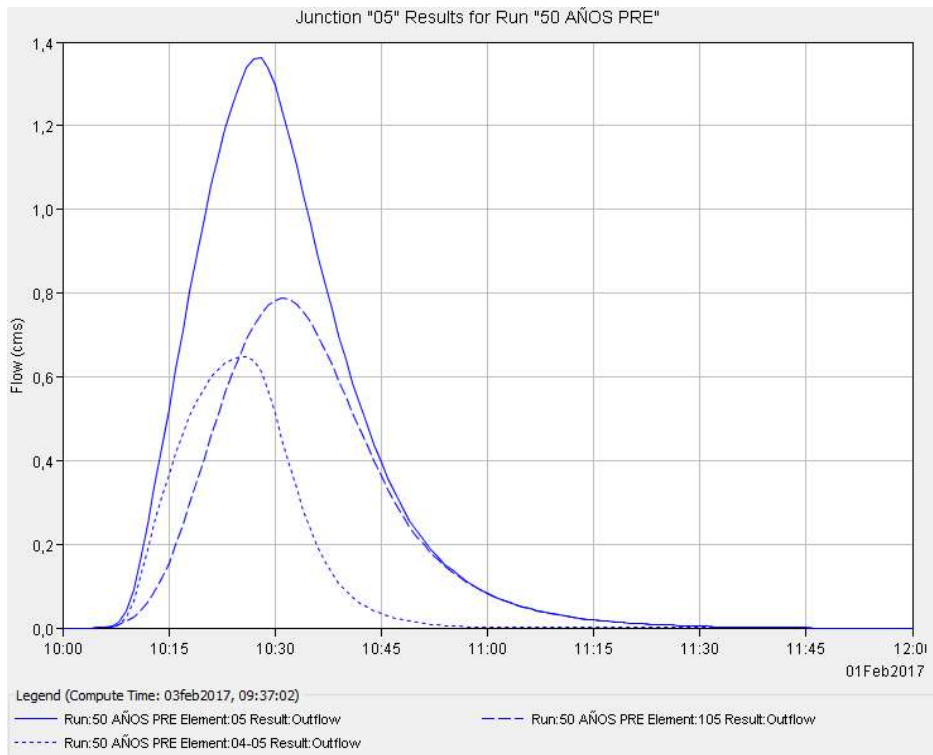


Figura 5.13 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 50 años

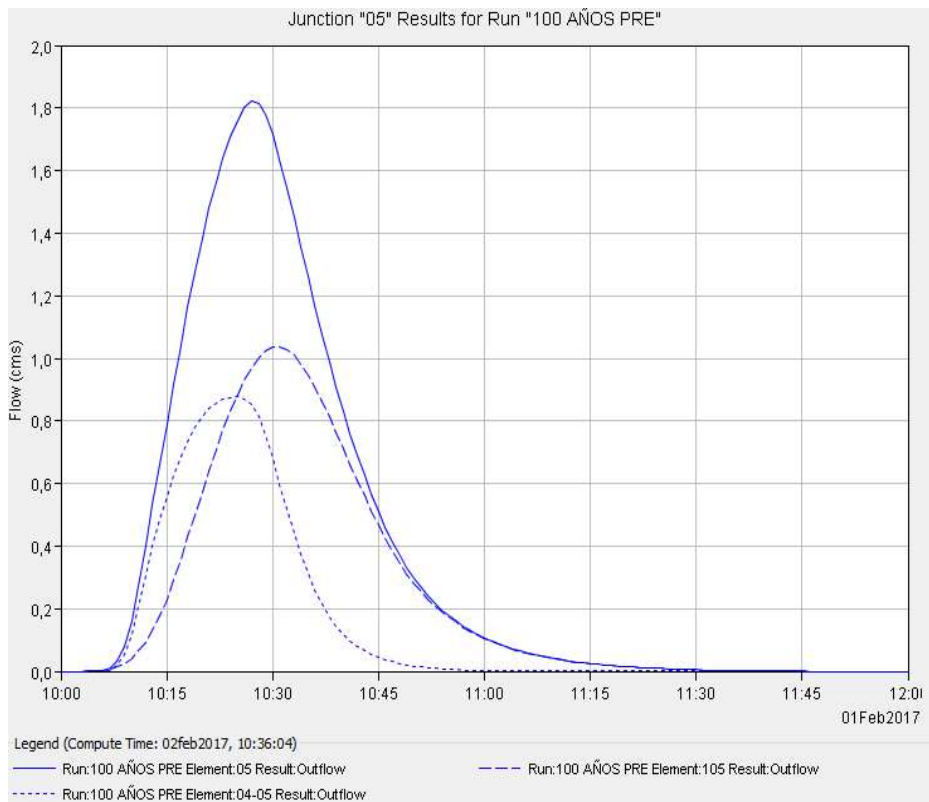


Figura 5.14 Hidrograma de salida nodo 05 sin cantera para 100 años

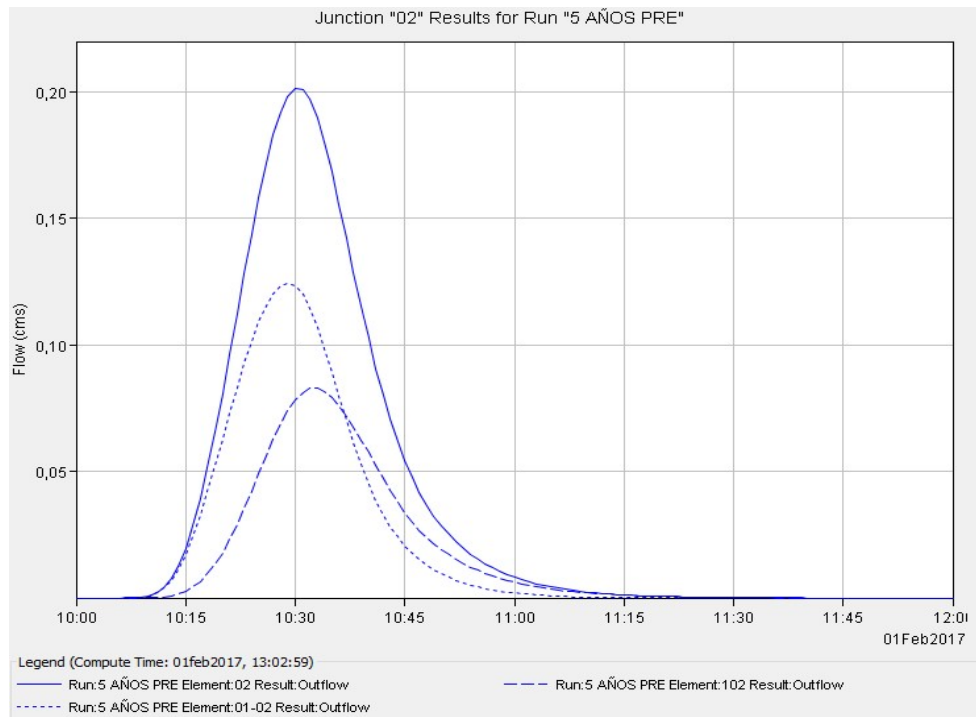


Figura 5.15 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 5 años

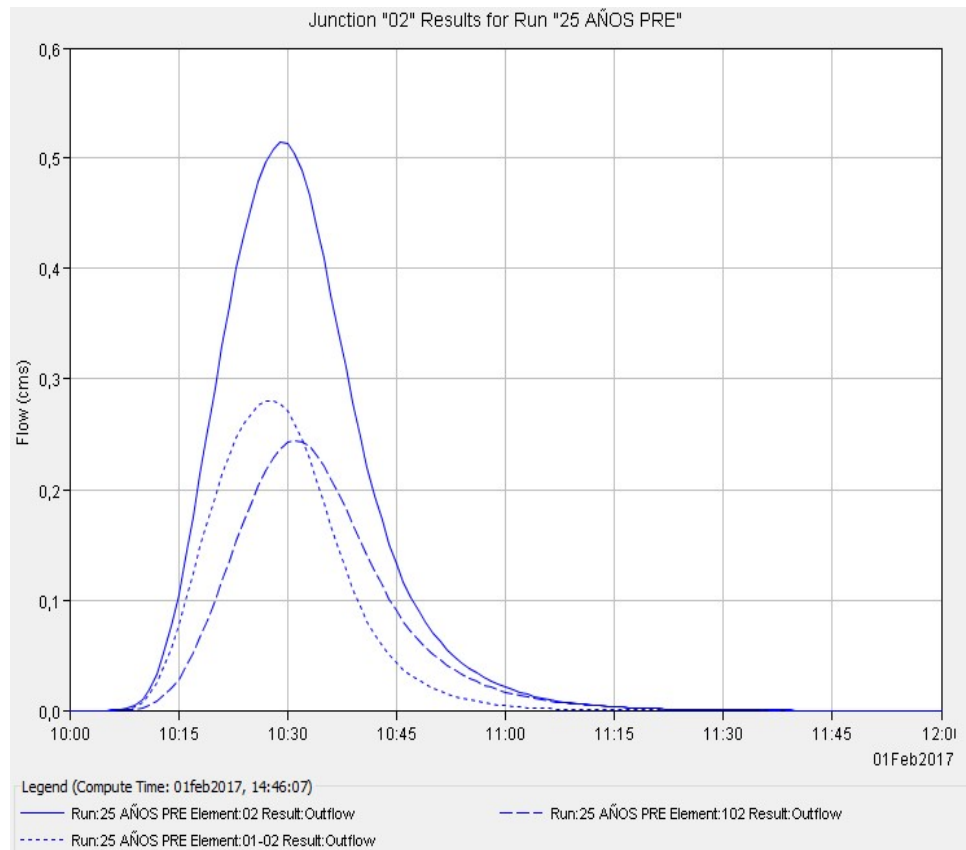


Figura 5.16 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 25 años

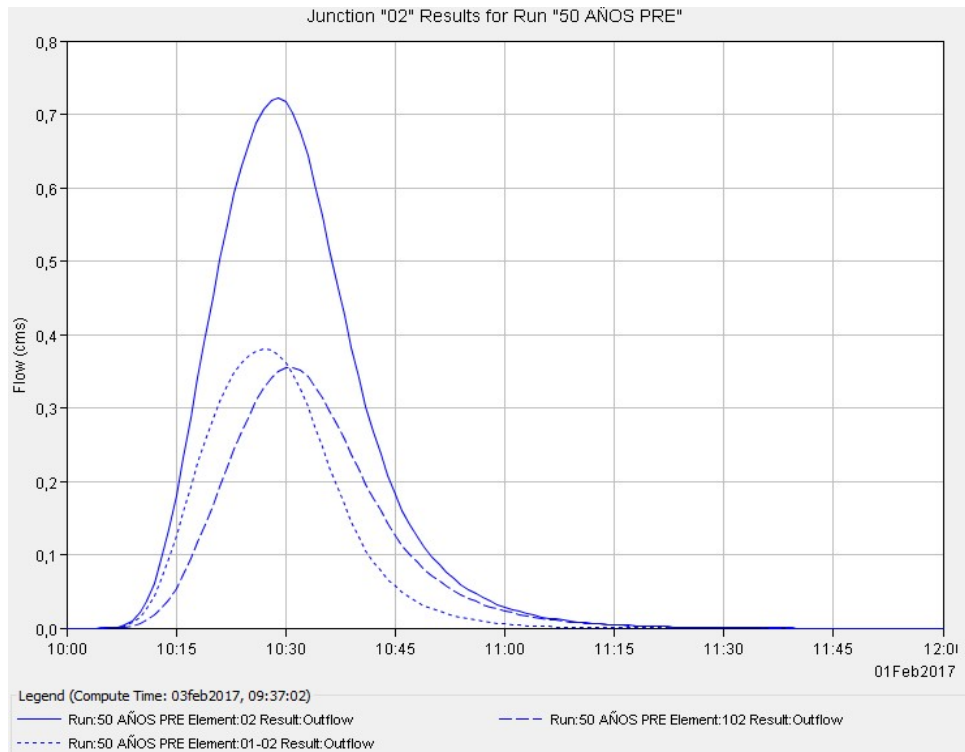


Figura 5.17 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 50 años

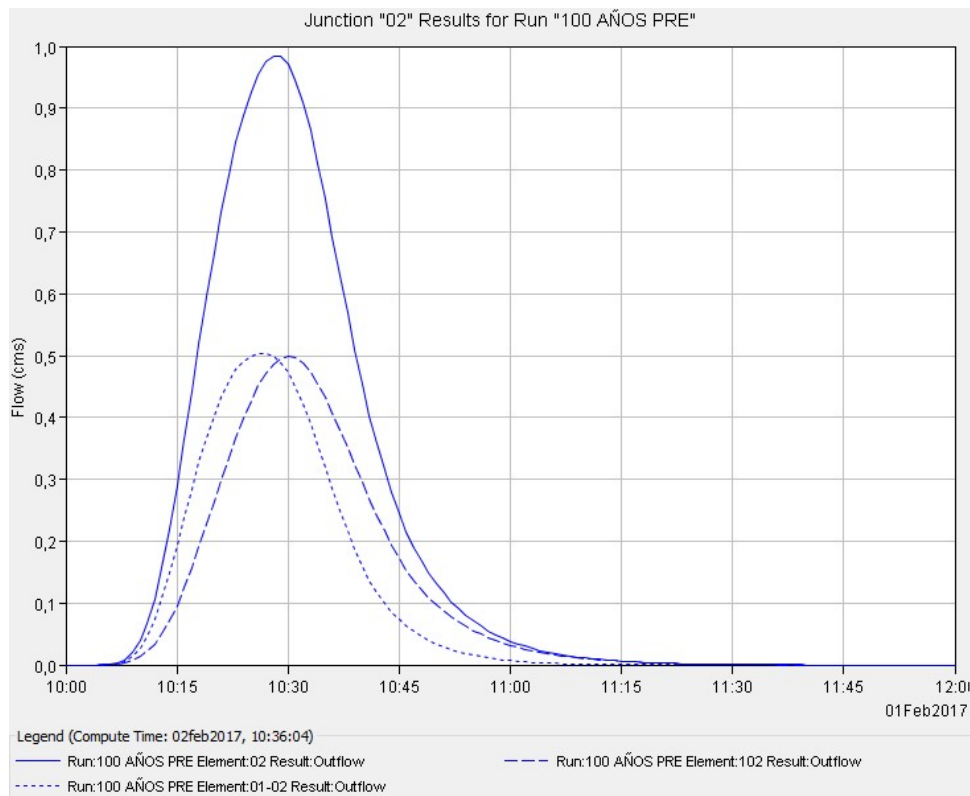


Figura 5.18 Hidrograma de salida nodo 02 sin cantera para 100 años

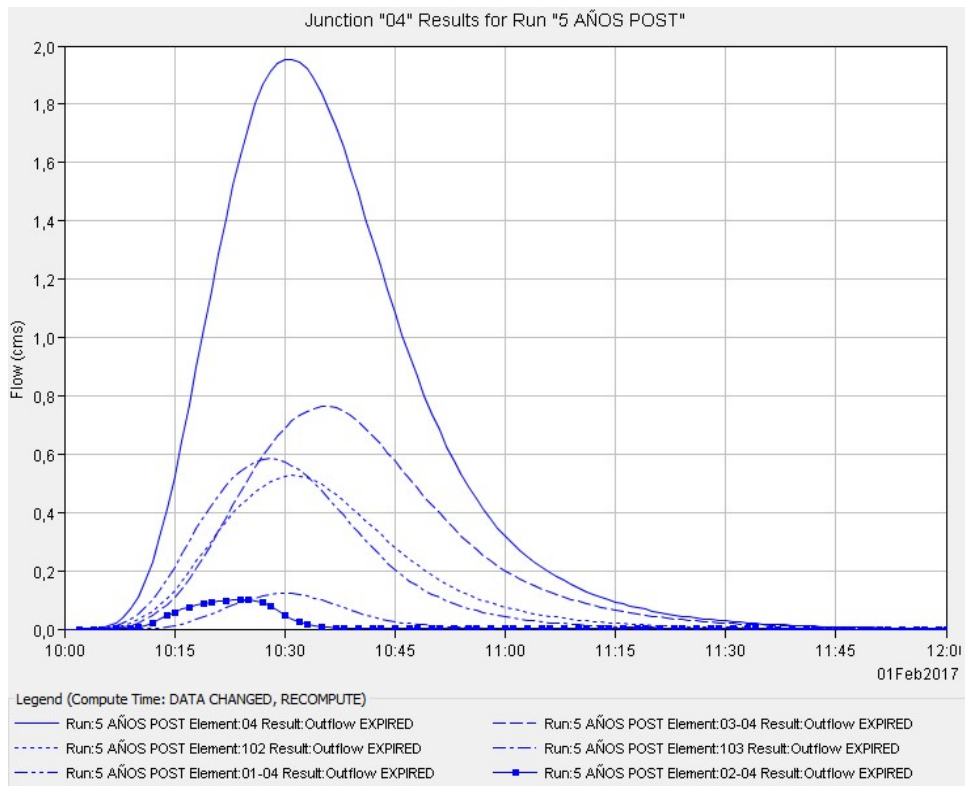


Figura 5.19 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 5 años

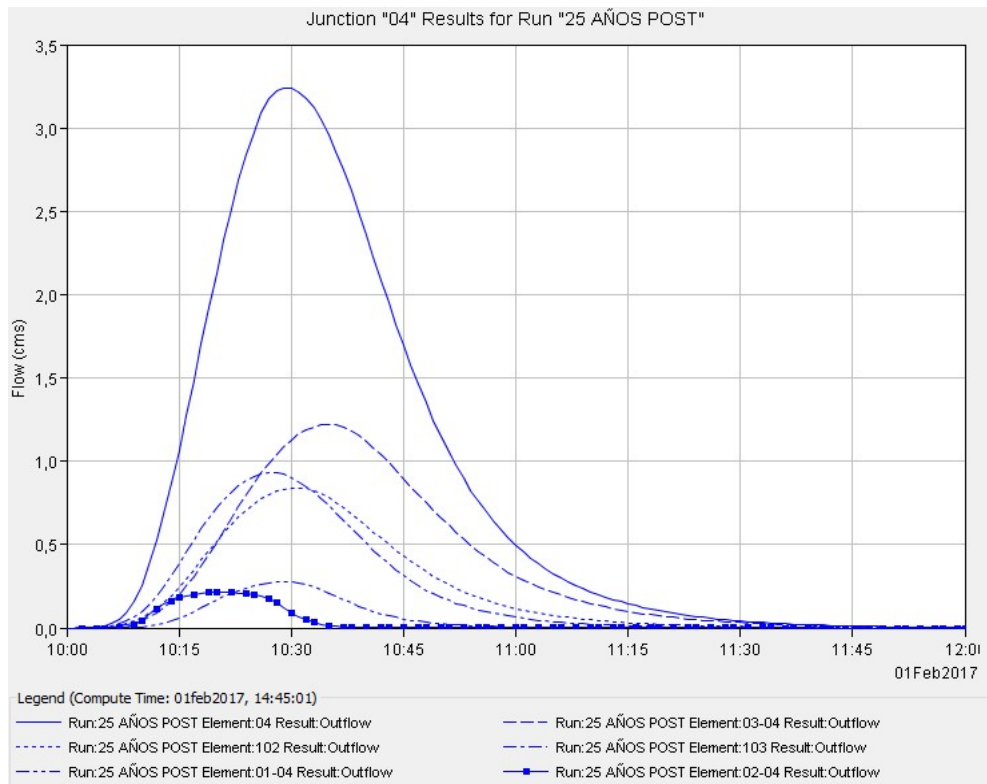


Figura 5.20 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 25 años

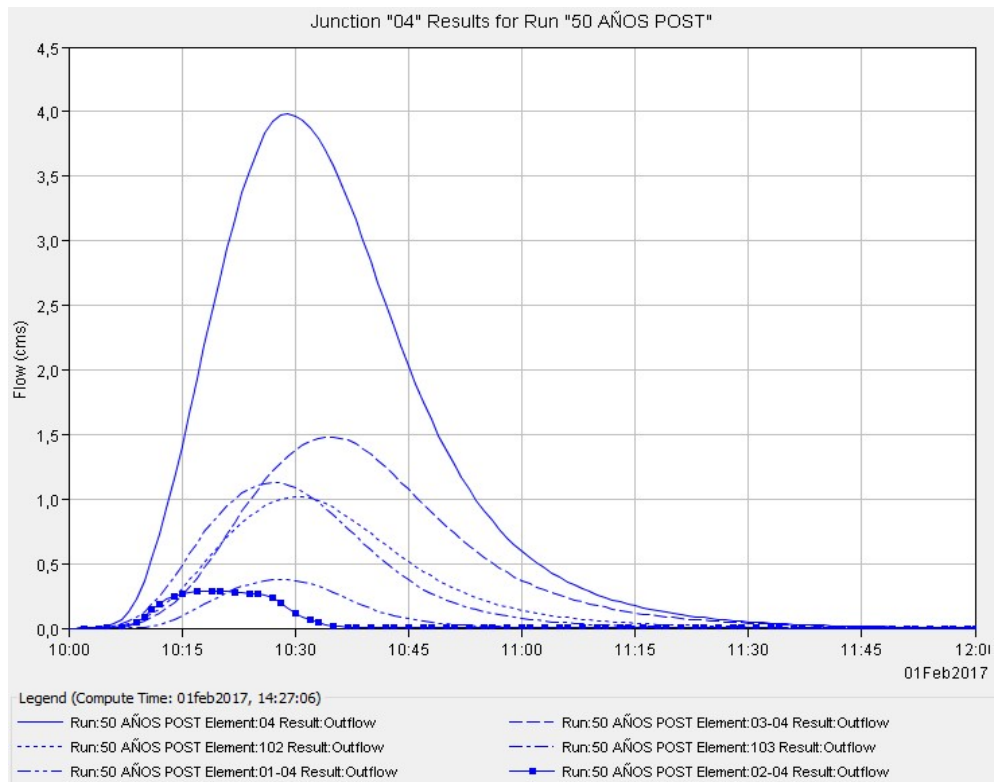


Figura 5.21 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 50 años

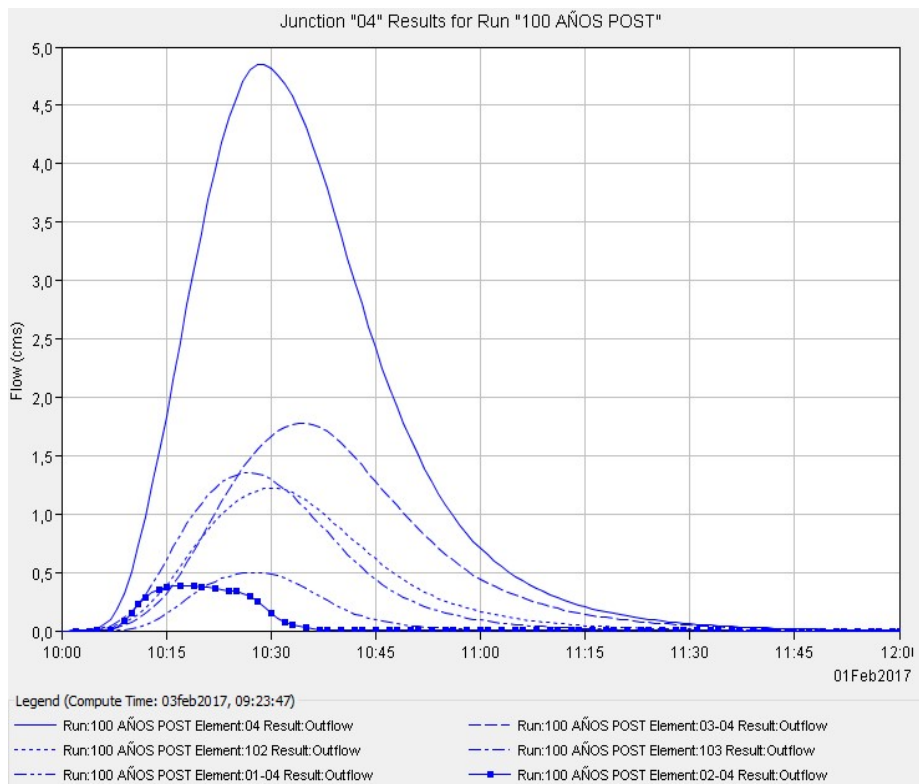


Figura 5.22 Hidrograma de salida nodo 04 con cantera para 100 años

Seguidamente se sintetizan los caudales picos resultantes para cada recurrencia en la Tabla 5.10 (Cabe destacar que sólo se consideran los caudales de los nodos 02 y 04 que son aquellos comparables ya que los del nodo 05 no aportan al punto en cuestión).

EVENTO	SITUACIÓN ORIGINAL NODO 02 (m ³ /s)	SITUACIÓN POST DESARROLLO NODO 04 (m ³ /s)
5 años	0,20	1,92
25 años	0,51	3,24
50 años	0,72	3,98
100 años	0,98	4,85

Tabla 5.10 Caudales resultantes para distintas recurrencias.

6. ESTUDIOS HIDRÁULICOS

6.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se encuentran detallados los distintos cálculos y diseños de las obras a verificarse y construir en el interior de la cantera, tendientes a lograr dos objetivos principales. El primero de ellos es permitir la decantación de sólidos arrastrados por el agua debido a la explotación y en segundo lugar regular los nuevos caudales como consecuencia directa de las intervenciones sobre el suelo natural evitando también la inundación de las zonas aledañas.

6.2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN Y TIEMPO DE VACIADO

Para la conducción del agua acumulada en la laguna se ha planteado un sistema compuesto por bombas y canales que elevan el agua desde el fondo de la laguna y lo vierten en un punto estratégico del río.

Esta propuesta tiende a evitar la inundación de los sectores aledaños colocando una bomba para extraer el agua y luego con canales revestidos de pasto, junto con alcantarillas, encauzar el caudal hasta verter en el río.

Para el diseño hidráulico propuesto en los párrafos anteriores, se requiere una bomba de 75 l/s tal que, frente a la precipitación media mensual máxima, del mes de enero, vacíe la laguna en un tiempo inferior a 30 días.

A continuación, se encuentran detallados los cálculos basados en la ecuación de continuidad y considerando que sólo un porcentaje de la lluvia escurre por el terreno (Ec. 6):

$$V = P * C * A \quad (6)$$

Siendo P la precipitación media del mes de mayor lluvia del año (140,1 mm en enero), C el coeficiente de escorrentía que depende de la cuenca de aporte, C el coeficiente de escorrentía (0,8¹) y A el área de la cuenca (A = 255.700,04 m²) se obtiene el volumen medio mensual conforme a la Ec. 6:

$$V = 0,8 * 0,1401 \text{ m} * 255.700,04 \text{ m}^2 = 28.658,86 \text{ m}^3$$

Habiendo obtenido el volumen de agua máximo acumulado en el mes de mayor precipitación, se calcula el tiempo necesario para desalojarlo con la bomba propuesta:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{28.658,86 \text{ m}^3}{0,075 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 382.118,14 \text{ s} = 106,14 \text{ h} = 4,42 \text{ días} \quad (7)$$

Así, se verifica que la bomba propuesta es factible para el volumen de agua considerado.

Cabe destacar que se colocarán dos bombas en el lugar, siendo la segunda, una bomba de seguridad en el caso de falla de la primera. Las mismas se disponen flotando sobre la laguna en una balsa, constando la instalación de una manguera flexible de impulsión

¹ Chow, V.T.; Maidment D. y Mays L. (1993). "Hidrología Aplicada". Capítulo 12.

con su respectivo filtro, otra manguera flexible que conecta la bomba con los canales de desagüe de la cantera existente actualmente. Se optó por esta propuesta debido a la variabilidad del pelo de agua de la laguna y a la profundidad de la misma. Con estas características y siendo que la laguna se encuentra situada en un sector con reducido viento y que su tamaño no produce oleajes la propuesta resulta conveniente debido al exceso de succión.

6.3. DISEÑO DE LA LAGUNA

6.3.1. Cálculo del volumen necesario según las lluvias de diseño

Para proceder al diseño geométrico de la laguna, es necesario conocer el volumen de agua a acumular por las diferentes lluvias de diseño. Para ello, utilizamos los hidrogramas de la situación post desarrollo obtenidos del HEC – HMS.

Cabe destacar que habitualmente el volumen de agua a regular con la laguna sería el que se muestra en las Fig. 6.01 a 6.03, según el período de retorno a considerar:

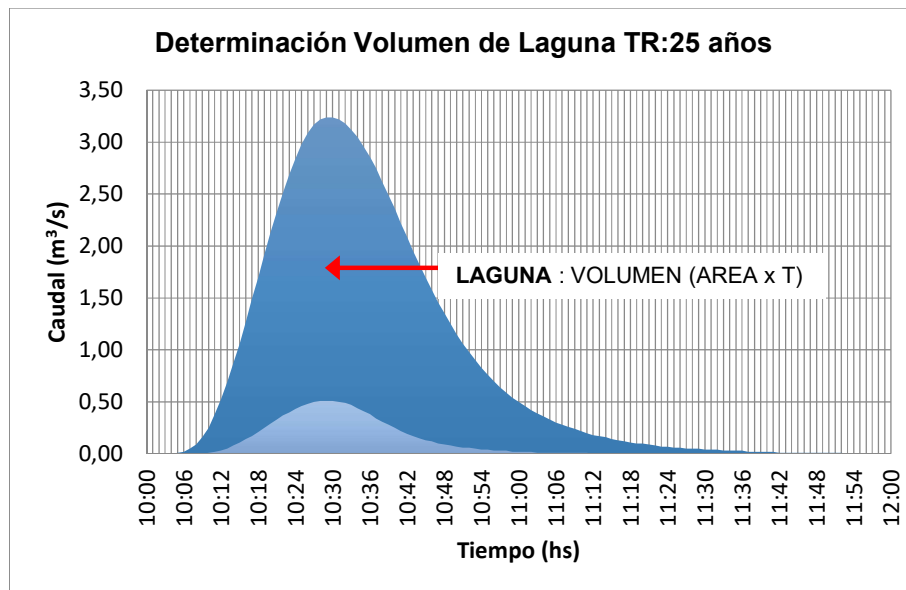


Figura 6.01 Comparación de hidrogramas TR 25 años

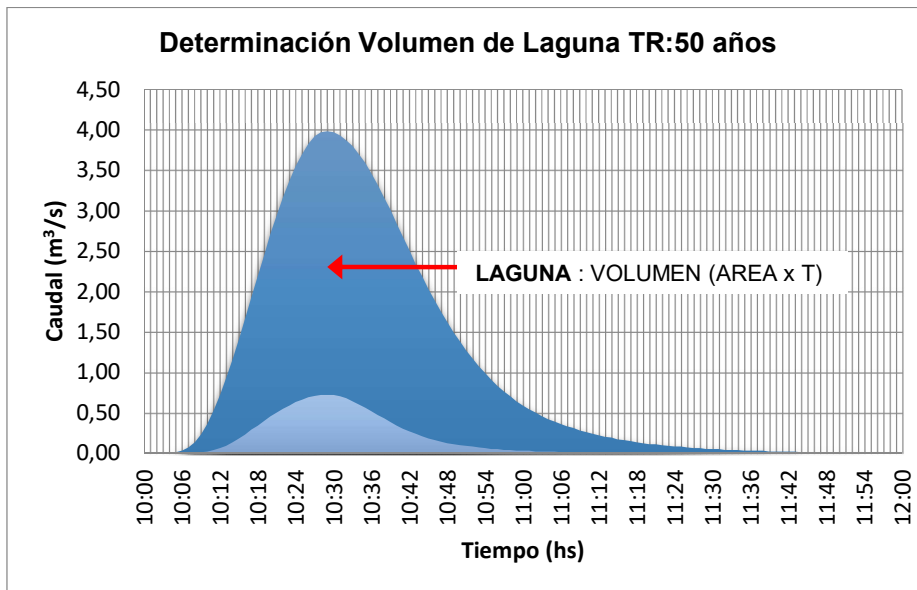


Figura 6.02 Comparación de hidrogramas TR 50 años

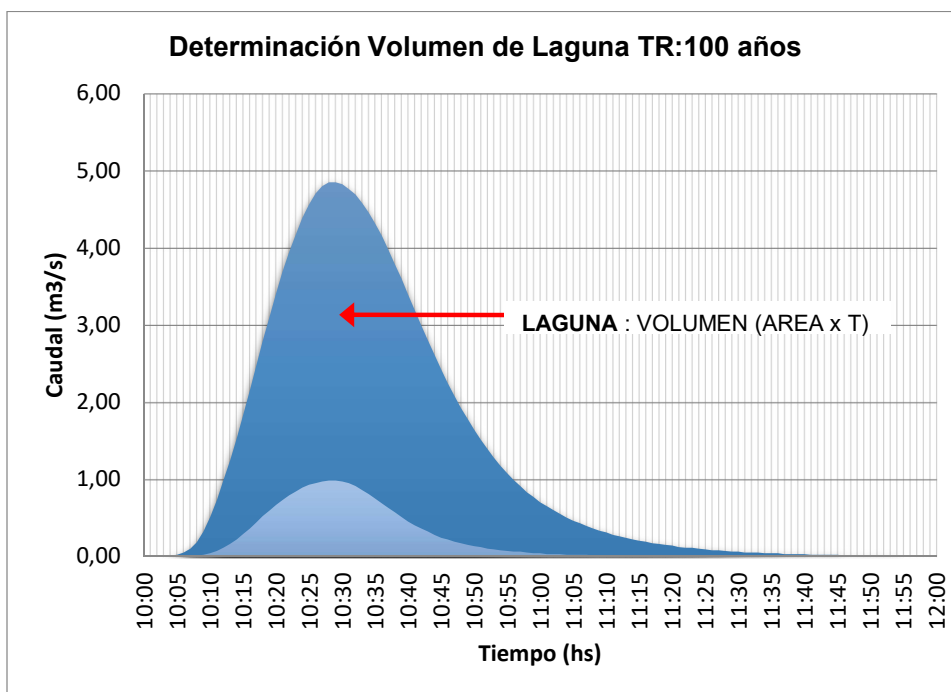


Figura 6.03 Comparación de hidrogramas TR 100 años

Sin embargo, debido a que toda el agua de la cuenca se direcciona hacia la laguna y la misma no puede descargar el caudal por un descargador de fondo a causa de su posición en el terreno (10 m excavada) ni verter, en el caso de exceder el tirante estimado, por un vertedero, se debe almacenar toda el agua en la laguna para luego ser extraída progresivamente por una bomba.

Con las aclaraciones dadas en el párrafo anterior, se procede a calcular el volumen necesario que debe tener la laguna para almacenar el agua aportada por una lluvia con

un período de retorno de 50 años, sin inundar las zonas aledañas, y el de la de 100 años pero restándole el volumen extraído por la bomba.

A continuación, se muestra la Tabla 6.01 con el cálculo de los volúmenes aportados por las lluvias de 50 y 100 años de recurrencia en intervalos de un minuto.

Hora	50 AÑOS					100 AÑOS						
	Pre (m ³ /s)	Post (m ³ /s)	Vol Post (m ³)	Δ (m ³)	Δ Vol (m ³)	Pre (m ³ /s)	Post (m ³ /s)	Vol Post (m ³)	Δ (m ³)	Δ Vol (m ³)	Vol bomba (m ³)	Vol final (m ³)
10:04	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
10:05	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	1,20
10:06	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	3,00
10:07	0,00	0,07	4,20	0,07	4,20	0,00	0,10	6,00	0,10	6,00	4,50	1,50
10:08	0,00	0,13	7,80	0,13	7,80	0,01	0,18	10,80	0,17	10,20	4,50	6,30
10:09	0,01	0,23	13,80	0,22	13,20	0,02	0,32	19,20	0,30	18,00	4,50	14,70
10:10	0,02	0,36	21,60	0,34	20,40	0,04	0,51	30,60	0,47	28,20	4,50	26,10
10:11	0,04	0,53	31,80	0,49	29,40	0,07	0,73	43,80	0,66	39,60	4,50	39,30
10:12	0,06	0,72	43,20	0,66	39,60	0,11	0,98	58,80	0,87	52,20	4,50	54,30
10:13	0,09	0,93	55,80	0,84	50,40	0,16	1,24	74,40	1,08	64,80	4,50	69,90
10:14	0,13	1,16	69,60	1,03	61,80	0,22	1,53	91,80	1,31	78,60	4,50	87,30
10:15	0,18	1,41	84,60	1,23	73,80	0,29	1,83	109,80	1,54	92,40	4,50	105,30
10:16	0,23	1,66	99,60	1,43	85,80	0,36	2,15	129,00	1,79	107,40	4,50	124,50
10:17	0,29	1,93	115,80	1,64	98,40	0,44	2,47	148,20	2,03	121,80	4,50	143,70
10:18	0,34	2,19	131,40	1,85	111,00	0,52	2,79	167,40	2,27	136,20	4,50	162,90
10:19	0,40	2,45	147,00	2,05	123,00	0,59	3,10	186,00	2,51	150,60	4,50	181,50
10:20	0,45	2,71	162,60	2,26	135,60	0,67	3,41	204,60	2,74	164,40	4,50	200,10
10:21	0,50	2,94	176,40	2,44	146,40	0,73	3,69	221,40	2,96	177,60	4,50	216,90
10:22	0,55	3,17	190,20	2,62	157,20	0,79	3,95	237,00	3,16	189,60	4,50	232,50
10:23	0,59	3,37	202,20	2,78	166,80	0,84	4,18	250,80	3,34	200,40	4,50	246,30
10:24	0,63	3,55	213,00	2,92	175,20	0,89	4,39	263,40	3,50	210,00	4,50	258,90
10:25	0,66	3,70	222,00	3,04	182,40	0,93	4,56	273,60	3,63	217,80	4,50	269,10
10:26	0,69	3,83	229,80	3,14	188,40	0,95	4,71	282,60	3,76	225,60	4,50	278,10
10:27	0,71	3,92	235,20	3,21	192,60	0,97	4,80	288,00	3,83	229,80	4,50	283,50
10:28	0,72	3,97	238,20	3,25	195,00	0,98	4,85	291,00	3,87	232,20	4,50	286,50
10:29	0,72	3,98	238,80	3,26	195,60	0,98	4,85	291,00	3,87	232,20	4,50	286,50
10:30	0,72	3,97	238,20	3,25	195,00	0,97	4,82	289,20	3,85	231,00	4,50	284,70
10:31	0,70	3,93	235,80	3,23	193,80	0,95	4,76	285,60	3,81	228,60	4,50	281,10
10:32	0,68	3,87	232,20	3,19	191,40	0,91	4,69	281,40	3,78	226,80	4,50	276,90
10:33	0,64	3,80	228,00	3,16	189,60	0,86	4,58	274,80	3,72	223,20	4,50	270,30
10:34	0,60	3,70	222,00	3,10	186,00	0,81	4,46	267,60	3,65	219,00	4,50	263,10
10:35	0,56	3,59	215,40	3,03	181,80	0,75	4,32	259,20	3,57	214,20	4,50	254,70
10:36	0,52	3,46	207,60	2,94	176,40	0,69	4,16	249,60	3,47	208,20	4,50	245,10
10:37	0,47	3,32	199,20	2,85	171,00	0,63	3,98	238,80	3,35	201,00	4,50	234,30
10:38	0,43	3,16	189,60	2,73	163,80	0,57	3,79	227,40	3,22	193,20	4,50	222,90
10:39	0,38	3,01	180,60	2,63	157,80	0,51	3,60	216,00	3,09	185,40	4,50	211,50

PRÁCTICA SUPERVISADA – LAGUNA CANTESUR

Hora	50 AÑOS					100 AÑOS						
	Pre (m ³ /s)	Post (m ³ /s)	Vol Post (m ³)	Δ (m ³)	Δ Vol (m ³)	Pre (m ³ /s)	Post (m ³ /s)	Vol Post (m ³)	Δ (m ³)	Δ Vol (m ³)	Vol bomba (m ³)	Vol final (m ³)
10:40	0,34	2,84	170,40	2,50	150,00	0,45	3,40	204,00	2,95	177,00	4,50	199,50
10:41	0,30	2,67	160,20	2,37	142,20	0,40	3,19	191,40	2,79	167,40	4,50	186,90
10:42	0,27	2,51	150,60	2,24	134,40	0,36	2,99	179,40	2,63	157,80	4,50	174,90
10:43	0,24	2,34	140,40	2,10	126,00	0,32	2,80	168,00	2,48	148,80	4,50	163,50
10:44	0,21	2,19	131,40	1,98	118,80	0,28	2,61	156,60	2,33	139,80	4,50	152,10
10:45	0,18	2,03	121,80	1,85	111,00	0,24	2,42	145,20	2,18	130,80	4,50	140,70
10:46	0,16	1,89	113,40	1,73	103,80	0,22	2,25	135,00	2,03	121,80	4,50	130,50
10:47	0,14	1,75	105,00	1,61	96,60	0,19	2,08	124,80	1,89	113,40	4,50	120,30
10:48	0,12	1,62	97,20	1,50	90,00	0,17	1,92	115,20	1,75	105,00	4,50	110,70
10:49	0,11	1,49	89,40	1,38	82,80	0,15	1,78	106,80	1,63	97,80	4,50	102,30
10:50	0,10	1,38	82,80	1,28	76,80	0,13	1,64	98,40	1,51	90,60	4,50	93,90
10:51	0,09	1,27	76,20	1,18	70,80	0,12	1,51	90,60	1,39	83,40	4,50	86,10
10:52	0,08	1,17	70,20	1,09	65,40	0,10	1,39	83,40	1,29	77,40	4,50	78,90
10:53	0,07	1,07	64,20	1,00	60,00	0,09	1,28	76,80	1,19	71,40	4,50	72,30
10:54	0,06	0,99	59,40	0,93	55,80	0,08	1,17	70,20	1,09	65,40	4,50	65,70
10:55	0,05	0,91	54,60	0,86	51,60	0,07	1,08	64,80	1,01	60,60	4,50	60,30
10:56	0,05	0,83	49,80	0,78	46,80	0,06	0,99	59,40	0,93	55,80	4,50	54,90
10:57	0,04	0,76	45,60	0,72	43,20	0,06	0,91	54,60	0,85	51,00	4,50	50,10
10:58	0,04	0,70	42,00	0,66	39,60	0,05	0,83	49,80	0,78	46,80	4,50	45,30
10:59	0,03	0,64	38,40	0,61	36,60	0,04	0,77	46,20	0,73	43,80	4,50	41,70
11:00	0,03	0,59	35,40	0,56	33,60	0,04	0,70	42,00	0,66	39,60	4,50	37,50
11:01	0,03	0,54	32,40	0,51	30,60	0,03	0,65	39,00	0,62	37,20	4,50	34,50
11:02	0,02	0,50	30,00	0,48	28,80	0,03	0,60	36,00	0,57	34,20	4,50	31,50
11:03	0,02	0,46	27,60	0,44	26,40	0,03	0,55	33,00	0,52	31,20	4,50	28,50
11:04	0,02	0,42	25,20	0,40	24,00	0,02	0,50	30,00	0,48	28,80	4,50	25,50
11:05	0,02	0,39	23,40	0,37	22,20	0,02	0,46	27,60	0,44	26,40	4,50	23,10
11:06	0,01	0,36	21,60	0,35	21,00	0,02	0,43	25,80	0,41	24,60	4,50	21,30
11:07	0,01	0,33	19,80	0,32	19,20	0,02	0,39	23,40	0,37	22,20	4,50	18,90
11:08	0,01	0,31	18,60	0,30	18,00	0,01	0,36	21,60	0,35	21,00	4,50	17,10
11:09	0,01	0,28	16,80	0,27	16,20	0,01	0,33	19,80	0,32	19,20	4,50	15,30
11:10	0,01	0,26	15,60	0,25	15,00	0,01	0,31	18,60	0,30	18,00	4,50	14,10
11:11	0,01	0,24	14,40	0,23	13,80	0,01	0,28	16,80	0,27	16,20	4,50	12,30
11:12	0,01	0,22	13,20	0,21	12,60	0,01	0,26	15,60	0,25	15,00	4,50	11,10
11:13	0,01	0,20	12,00	0,19	11,40	0,01	0,24	14,40	0,23	13,80	4,50	9,90
11:14	0,01	0,19	11,40	0,18	10,80	0,01	0,22	13,20	0,21	12,60	4,50	8,70
11:15	0,00	0,17	10,20	0,17	10,20	0,01	0,20	12,00	0,19	11,40	4,50	7,50
11:16	0,00	0,16	9,60	0,16	9,60	0,01	0,19	11,40	0,18	10,80	4,50	6,90
11:17	0,00	0,15	9,00	0,15	9,00	0,00	0,17	10,20	0,17	10,20	4,50	5,70
11:18	0,00	0,13	7,80	0,13	7,80	0,00	0,16	9,60	0,16	9,60	4,50	5,10
11:19	0,00	0,12	7,20	0,12	7,20	0,00	0,15	9,00	0,15	9,00	4,50	4,50

Hora	50 AÑOS					100 AÑOS						
	Pre (m³/s)	Post (m³/s)	Vol Post (m³)	Δ (m³)	Δ Vol (m³)	Pre (m³/s)	Post (m³/s)	Vol Post (m³)	Δ (m³)	Δ Vol (m³)	Vol bomba (m³)	Vol final (m³)
11:20	0,00	0,11	6,60	0,11	6,60	0,00	0,14	8,40	0,14	8,40	4,50	3,90
11:21	0,00	0,11	6,60	0,11	6,60	0,00	0,12	7,20	0,12	7,20	4,50	2,70
11:22	0,00	0,10	6,00	0,10	6,00	0,00	0,11	6,60	0,11	6,60	4,50	2,10
11:23	0,00	0,09	5,40	0,09	5,40	0,00	0,11	6,60	0,11	6,60	4,50	2,10
11:24	0,00	0,08	4,80	0,08	4,80	0,00	0,10	6,00	0,10	6,00	4,50	1,50
11:25	0,00	0,08	4,80	0,08	4,80	0,00	0,09	5,40	0,09	5,40	4,50	0,90
11:26	0,00	0,07	4,20	0,07	4,20	0,00	0,08	4,80	0,08	4,80	4,50	0,30
11:27	0,00	0,06	3,60	0,06	3,60	0,00	0,08	4,80	0,08	4,80	4,50	0,30
11:28	0,00	0,06	3,60	0,06	3,60	0,00	0,07	4,20	0,07	4,20	0,00	4,20
11:29	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	0,06	3,60	0,06	3,60	0,00	3,60
11:30	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	0,06	3,60	0,06	3,60	0,00	3,60
11:31	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	3,00
11:32	0,00	0,04	2,40	0,04	2,40	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	3,00
11:33	0,00	0,04	2,40	0,04	2,40	0,00	0,05	3,00	0,05	3,00	0,00	3,00
11:34	0,00	0,04	2,40	0,04	2,40	0,00	0,04	2,40	0,04	2,40	0,00	2,40
11:35	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	0,04	2,40	0,04	2,40	0,00	2,40
11:36	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	0,04	2,40	0,04	2,40	0,00	2,40
11:37	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	1,80
11:38	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	1,80
11:39	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	1,80
11:40	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	0,03	1,80	0,03	1,80	0,00	1,80
11:41	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	1,20
11:42	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	1,20
11:43	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	1,20
11:44	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	1,20
11:45	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,02	1,20	0,02	1,20	0,00	1,20
11:46	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:47	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:48	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:49	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:50	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:51	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:52	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:53	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
11:54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,60	0,01	0,60	0,00	0,60
	0,72	3,98	7391,40		6394,20	0,98	4,85	9019,20		7633,80	364,50	8654,70

Tabla 6.01 Volumen de agua para TR 50 años²

² Nota: la lluvia comienza a partir de las 10:00 hs pero se han eliminado los minutos en los cuales el agua aún no ingresaba a la laguna.

Finalmente se incorpora una tabla resumen (Tabla 6.02) en la cual se destacan los valores máximos de caudal y el volumen necesario a acumular para cada período de retorno. Cabe destacar que para el período de retorno de 100 años se plasma el volumen sin la bomba, así como la diferencia al incorporar la misma, considerando que se pone en funcionamiento al momento que empieza a ingresar agua a la laguna y se apaga en el momento en que deja de hacerlo. Lo antes dicho se debe a que debemos verificar que el pelo de agua no supere la cota de coronamiento de la laguna.

Tiempo de Retardo	Q máx m ³ /s	Volumen m ³
25 años	3,24	6018,00
50 años	3,98	7391,40
100 años	4,85	9019,20
100 años – Q _{bomba}	4,85	8654,70

Tabla 6.02 Resumen de volúmenes según tiempo de retardo

6.3.2. Diseño geométrico de la laguna

Se procede entonces a diseñar la laguna de forma iterativa hasta alcanzar el volumen deseado. Finalmente se opta por una laguna aproximadamente rectangular, de 65 m x 34 m con taludes de 1,5:1 (para evitar posibles desmoronamientos debido al peso de los vehículos que pasan próximos al borde).

Se incorpora, además, un camino de acceso a la laguna con una pendiente del 20% de forma tal que se pueda proceder a vaciar la misma con una pala mecánica y para facilitar también su construcción. El camino llega hasta la cota 483,000, considerando que la pala puede, desde su posición, bajar los 4 m que hay hasta el fondo de la laguna. Se toma como cota de coronamiento el borde actual de la laguna 489,302 y como fondo de la misma también la actual, 478,851. Todo esto se encuentra esquematizado en la Fig. 6.04.

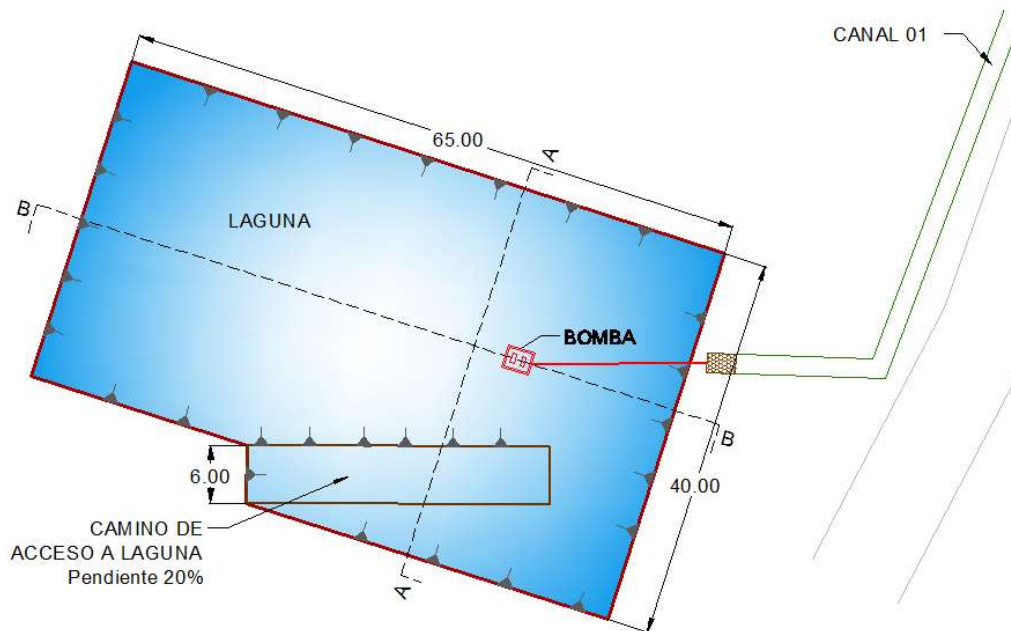


Figura 6.04 Diseño geométrico de la laguna

Con las dimensiones antes descritas se obtiene un volumen total de laguna igual a $11.199,47 \text{ m}^3$. Cabe destacar que se toma como altura útil de la laguna los primeros 6 m, ya que a partir de la cota 483,302 se llenará de sedimentos (partículas a decantar según el objetivo de la obra). Así, el volumen disponible de la laguna sería $9.405,16 \text{ m}^3$. Se considera a su vez una revancha de 20 cm desde el coronamiento (cota 493,102) llegamos finalmente a un volumen $8.912,95 \text{ m}^3$.

En la Fig. 6.05 observamos un corte de la laguna y del camino de acceso.

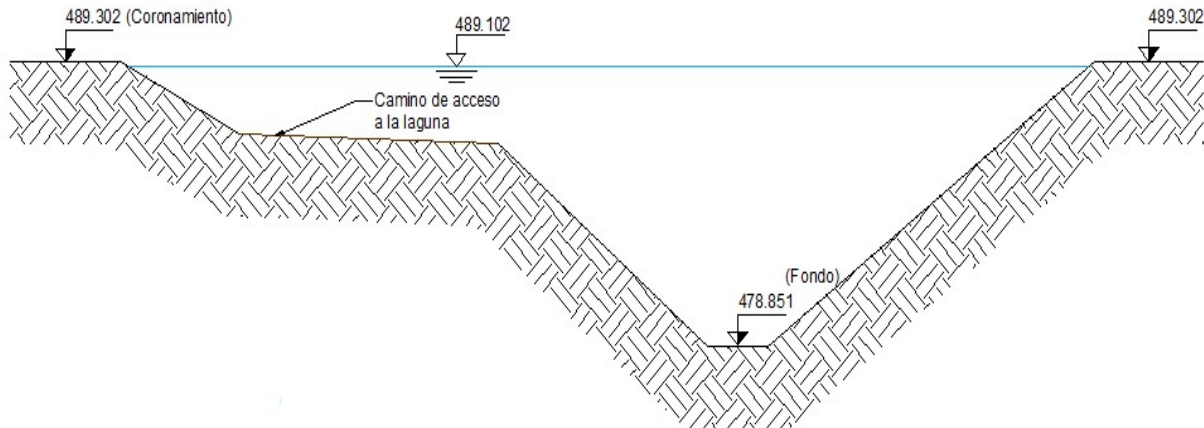


Figura 6.05 Corte de la laguna con revancha y cotas³

Se verifica entonces que el volumen de la laguna es suficiente para albergar las precipitaciones máximas para los 50 años de recurrencia ($7.391,40 \text{ m}^3$) y con las exigencias para los 100 años considerando la disminución del volumen extraído por la bomba ($8.654,70 \text{ m}^3$).

6.4. SELECCIÓN DE LA BOMBA

6.4.1. Determinación de parámetros fundamentales de la bomba

La altura teórica a salvar por la bomba será la diferencia de cotas entre el fondo de la laguna y el coronamiento, es decir 10,451 m, junto con las pérdidas de carga. Luego de elevar el agua hacia el coronamiento la misma será conducida por unos canales hasta el río.

El caudal es conocido debido a la bomba propuesta, 75 l/s. Además, luego de la manguera flexible que eleva el agua hasta el coronamiento, se opta por conducir la misma por medio de canales empastados atravesando un par de alcantarillas de hormigón.

A continuación, se presenta el croquis del sistema de drenaje para luego proceder al cálculo de las pérdidas, Fig. 6.06.

³ La escala vertical se encuentra exagerada con respecto a la horizontal.

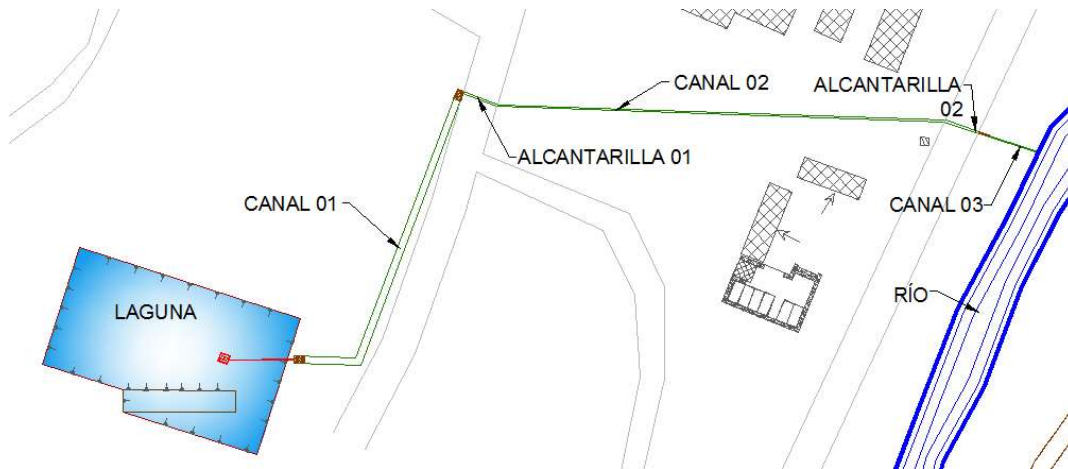


Figura 6.06 Croquis del sistema de drenaje

6.4.2. Cálculo de las pérdidas de carga

Para calcular la altura real a impulsar por la bomba se calculan las pérdidas de carga debido a la fricción y por accesorios.

Pérdidas de carga por fricción

Para calcular la pérdida de carga por fricción se utiliza la Ec. 8 de Darcy-Weisbach:

$$h_{vf} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (8)$$

Siendo h_v la pérdida de carga por fricción en m.c.a., f el factor de fricción de Darcy, L el largo del conducto en m., D el diámetro del conducto en m., v la velocidad del fluido en m/s y g la gravedad en m/s^2 .

Se considera que la longitud de la tubería de impulsión desde la bomba hasta el canal de desagüe resulta de 18 m. Los conductos de impulsión disponen diámetros de 150 y 250 mm. El primero será un conducto de acero, sobre el cual se dispondrán los diferentes accesorios necesarios para el buen funcionamiento del sistema de bombeo. Para el conducto de 250 mm de diámetro, aquel que sirve para transportar el agua desde la bomba hasta el canal de desagüe, se utilizan tuberías de la marca MINEFLEX⁴. Esta elección se debe a que dicho conducto se verá solicitado por una gran presión interna y deberá ser lo suficientemente flexible como para permitir el libre desplazamiento de la balsa sin romperse.

Se calculan las velocidades del fluido conforme al diámetro de las mangueras en la Tabla 6.03.

Datos	
Q	0,075 m ³ /s
D1	0,15 m

⁴ Se adjunta un anexo con el folleto propio de dicha marca y la ficha técnica de la tubería seleccionada.

Datos	
D2	0,25 m
A1	0,02 m
A2	0,05 m
V1	4,24 m/s
V2	1,53 m/s
L1	2,00 m
L2	15,00 m
H teórica	10,45 m

Tabla 6.03 Resumen de datos para cálculo de pérdidas de carga

Para la determinación del factor de fricción utilizamos el ábaco de Moody (Fig. 6.07) al cual se ingresa con el número de Reynolds, Ec. 9.

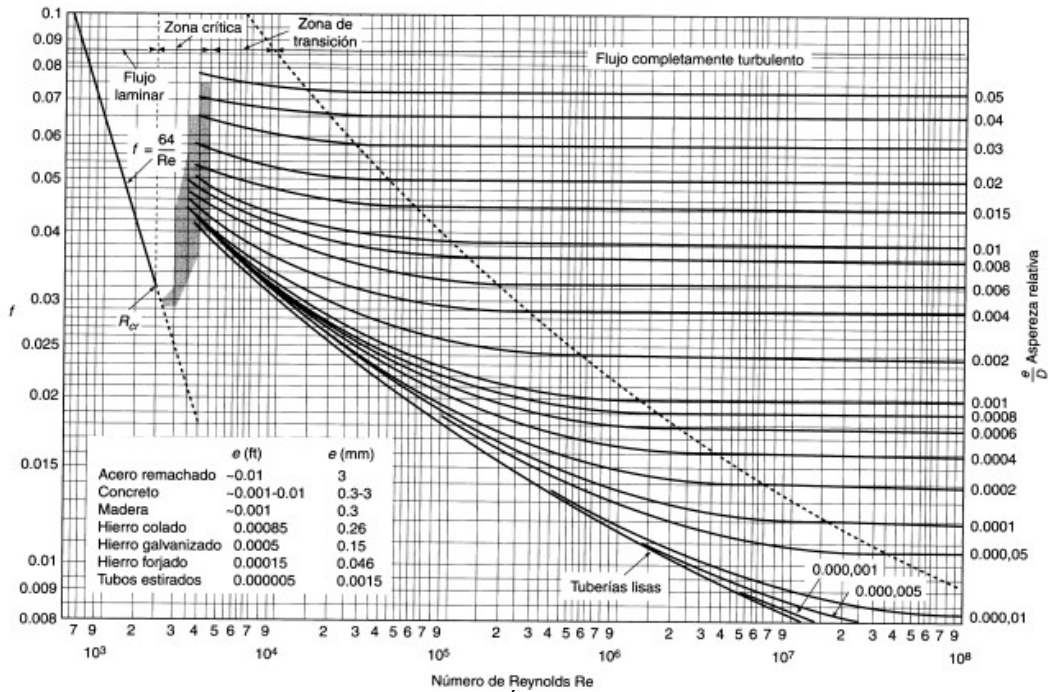


Figura 6.07 Ábaco de Moody

$$Re = \frac{v_s \cdot D}{\nu} \tag{9}$$

Siendo v la velocidad del fluido (m/s), D el diámetro de la tubería (m) y ν la viscosidad cinemática del fluido ($1,003 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

Se obtienen los siguientes resultados:

$$Re_1 = \frac{4,24 \cdot 0,15}{1,003 \cdot 10^{-6}} = 6,34 \cdot 10^5$$

$$Re_2 = \frac{1,53 \cdot 0,25}{1,003 \cdot 10^{-6}} = 3,81 \cdot 10^5$$

Se obtienen entonces los coeficientes de fricción para cada tubería. En el caso de la tubería de 150 mm, con una rugosidad absoluta de 0,0024 mm, $f = 0,0125$ y para la tubería de 250 mm, con una rugosidad absoluta de 0,0015 mm, $f = 0,014$.

Con estos datos se calculan las pérdidas de carga por fricción en cada tramo de la tubería conforme a la Ec. 8:

$$h_{vf} = 0,0125 * \frac{2 \text{ m}}{0,15 \text{ m}} * \frac{\left(4,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,153 \text{ m}$$

$$h_{vf} = 0,014 * \frac{15 \text{ m}}{0,25 \text{ m}} * \frac{\left(1,53 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,100 \text{ m}$$

Luego la pérdida total por fricción será:

$$h_{vf} = h_{vf1} + h_{vf2} = 0,153 \text{ m} + 0,100 \text{ m} = 0,253 \text{ m}$$

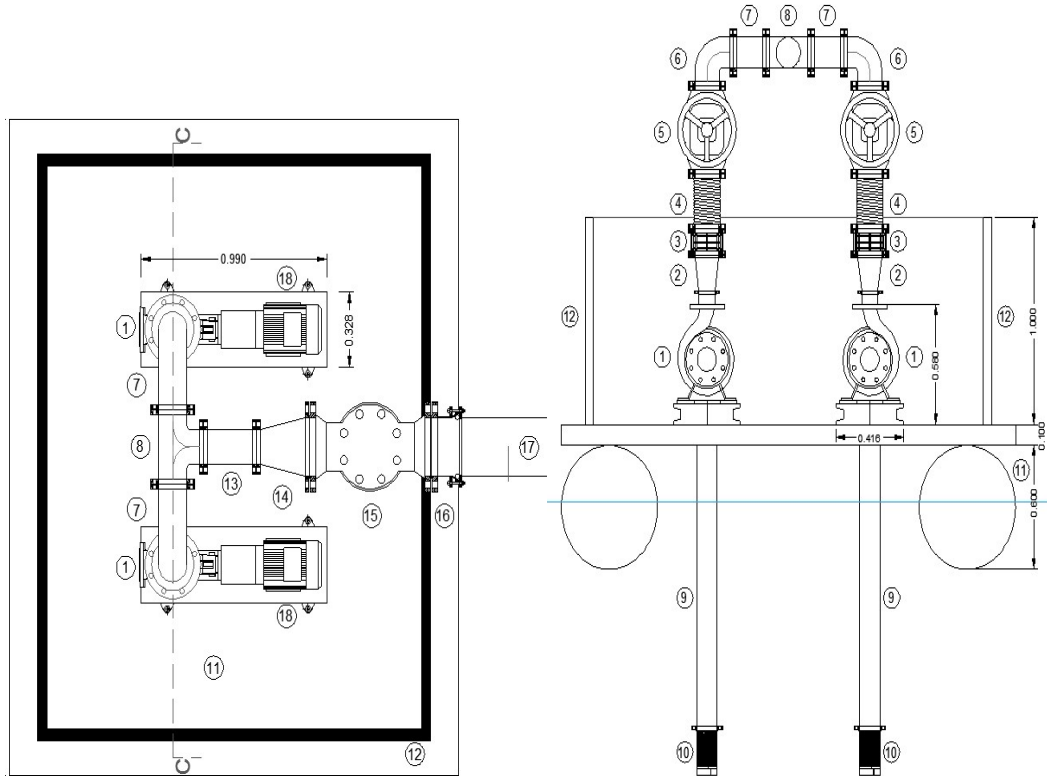
Pérdidas de carga de los accesorios

Las pérdidas locales se calculan según la siguiente fórmula (Ec. 10):

$$h_{vl} = k * \frac{v^2}{2 * g} \quad (10)$$

Siendo k el coeficiente determinado de forma empírica para cada tipo de punto singular, v la velocidad de fluido por dicho punto y g la gravedad.

Detallamos en la siguiente figura (Fig. 6.08) los diferentes elementos que componen la instalación de bombeo que se encuentra sobre la balsa, los que serán considerados para calcular las pérdidas locales:



Referencias

- | | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1 Bomba | 7 Manguito de $\phi 150$ L 200 | 13 Manguito $\phi 150$ L 180 |
| 2 Ampliación $\phi 100$ - $\phi 150$ | 8 Ramal T $\phi 150$ | 14 Ampliación $\phi 150$ - $\phi 250$ |
| 3 Junta de desarme $\phi 150$ | 9 Cañería de acero $\phi 125$ | 15 Válvula de retención $\phi 250$ |
| 4 Junta antivibración $\phi 150$ | 10 Filtro con válvula de retención $\phi 125$ | 16 Adaptador $\phi 250$ |
| 5 Válvula esclusa $\phi 150$ | 11 Balsa | 17 Cañería flexible $\phi 250$ |
| 6 Codo 90° $\phi 150$ | 12 Baranda | 18 Motor bomba |

Figura 6.08 Croquis de la instalación de bombeo

Calculamos entonces las pérdidas locales, según la Ec. 9 y lo plasmamos en la Tabla 6.04:

Pérdidas de carga				
	Concepto	Cantidad	Factor f o k^5	Pérdidas
D1 (150 mm)	Válvula Esclusa	1	0,200	0,184
	Curva a 90°	1	1,000	0,918
	Sección T	1	1,800	1,653
	Ampliación del diámetro	2	0,107	0,098
D2 (250 mm)	Válvula de retención	1	2,000	0,238
	Salida de cañería	1	1,000	0,119

3,210

Tabla 6.04 Resumen de volúmenes según tiempo de retardo

⁵ H. W. King and E. F. Brater (1963) *Hydraulics for the solution of hydraulic problems*; 5th ed.

Se determinan luego las pérdidas locales como la suma de las diferentes pérdidas en cada punto:

$$h_{vl} = \sum h_{vli} = 3,210 \text{ m}$$

Pérdidas de carga totales

Finalmente, se determinan las pérdidas de carga totales como la suma de las friccionales con las locales, Ec. 11, así:

$$h_v = h_{vf} + h_{vl} \quad (11)$$

$$h_v = 0,253 \text{ m} + 3,210 \text{ m} = 3,463 \text{ m}$$

De esta forma se calcula la altura real a cubrir por la bomba:

$$H_{real} = H_{teórico} + \text{Pérdidas} = 10,451 \text{ m} + 3,463 \text{ m} = 13,914 \text{ m}$$

6.4.3. Selección de la bomba (Grundfos)

Para la selección de la bomba se recurre a la empresa Grundfos⁶, vendedora de bombas, y se selecciona la más adecuada conforme a las características antes descritas (en especial H-Q). Luego, la bomba seleccionada será la que se muestra en la Fig. 6.09.



Figura 6.09 Foto de bomba seleccionada

Cabe destacar que se buscó, dentro de las bombas Grundfos, la serie N por ser la más económica. Así, se seleccionó la anteriormente mostrada y se detallan en la siguiente Tabla 6.05 los parámetros más importantes y en la Fig. 6.10 un esquema dimensional de la misma:

⁶ <http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/BGE/webcaps.html>

Técnico:

Velocidad para datos de bomba:	2960 rpm
Caudal real calculado:	113 m ³ /h
Altura resultante de la bomba:	29.47 m
Diámetro real del impulsor:	160-154 EUP mm
Impulsor nominal:	160 mm

Instalación:

Presión de trabajo máxima:	16 bar
Aspiración:	DN 125
Descarga:	DN 100
Presión:	PN 16

Datos eléctricos:

Tipo de motor:	SIEMENS
Potencia nominal - P2:	18.5 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-420D/660-725Y V
Corriente nominal:	33,5-30,5/19,6-17,6 A
Intensidad de arranque:	850-850 %
Factor de potencia:	0,90
Velocidad nominal:	2960 rpm
Eficiencia:	IE3 92,4%
Rendimiento del motor a carga total:	92.4-92.4 %
Rendimiento del motor a 3/4 de carga:	92.9-92.9 %
Rendimiento del motor a 1/2 carga:	92.4-92.4 %

Otros:

Índice eficiencia mínima, MEI ≥:	0.70
Peso neto:	236 kg
Peso bruto:	256 kg
Volumen:	0.674 m ³

Tabla 6.05 Especificaciones de la bomba seleccionada

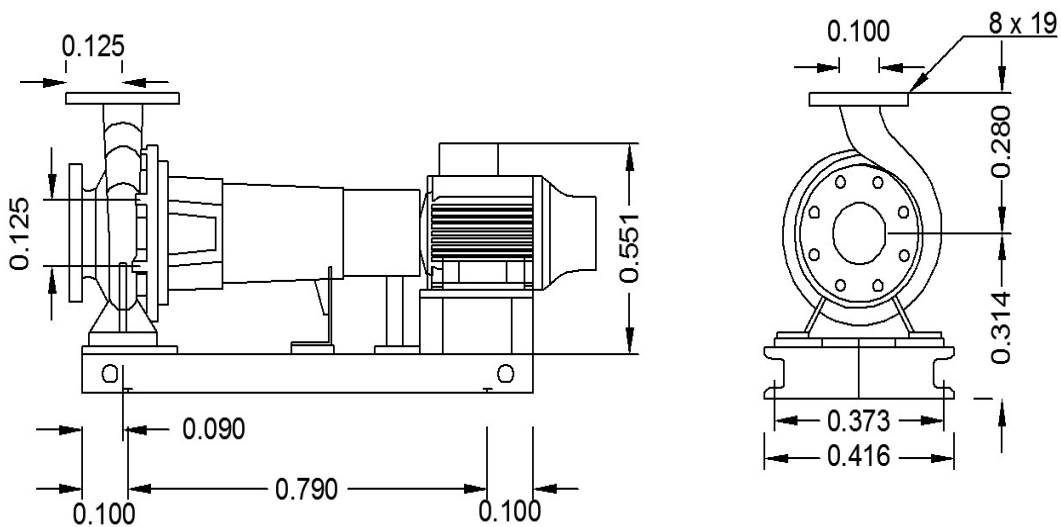


Figura 6.10 Esquema dimensional de la bomba seleccionada

Además se adjunta la descripción de la bomba:

“Bomba centrífuga de voluta, no autocebante y de una etapa, diseñada de acuerdo con la norma ISO 5199, con dimensiones y rendimiento nominal de acuerdo con la norma EN 733. Las bridas son de PN 16 y sus dimensiones satisfacen los requisitos establecidos por la norma EN 1092-2. La bomba posee un puerto de aspiración axial, un puerto de descarga radial y un eje horizontal. Su diseño incluye un sistema de extracción trasera que permite desmontar el motor, el acoplamiento, el soporte de los cojinetes y el impulsor sin que esto afecte a la carcasa de la bomba o las tuberías. El cierre de fuelle de caucho no equilibrado satisface los requisitos establecidos por la norma DIN EN 12756. La bomba está equipada con un motor asíncrono refrigerado por ventilador y montado sobre soportes. La bomba y el motor se encuentran montados en una bancada común.”

Por último, se detallan las curvas de la bomba con su respectivo rendimiento observando en la Fig. 6.11 que, ante un caudal de 75 l/s y una altura de 17,31 m, la eficiencia de la bomba 77,9 % y junto con el motor 72,1 %, lo que representa un buen resultado.

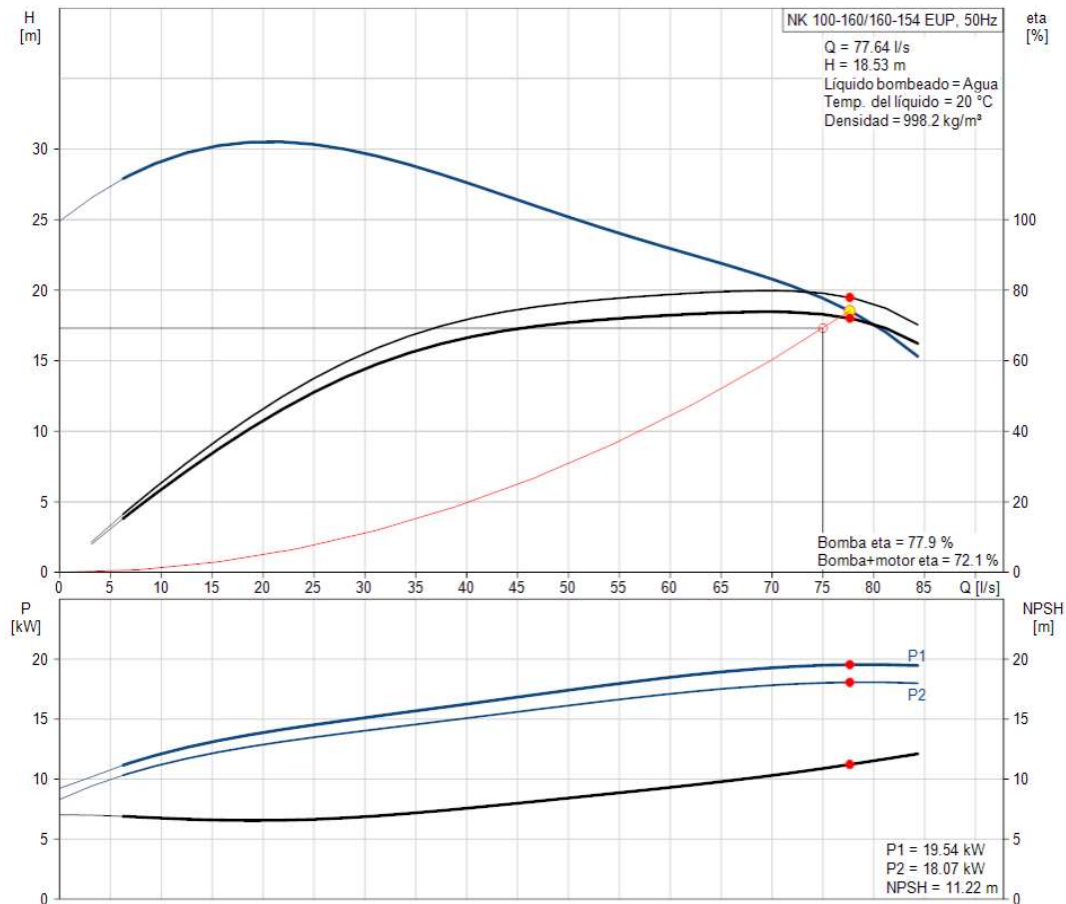


Figura 6.11 Curva H-Q y P-Q con eficiencia de la bomba

6.4.4. Posicionamiento de la bomba en la laguna

Luego de definir todos los parámetros de la laguna y de la bomba se plantea la colocación de la misma sobre una balsa, dentro de la laguna. Esto se decide debido a que es una opción muy flexible para adaptarse a los cambios de nivel de agua de la

laguna. A su vez, este tipo de cámara de bombeo permite fácilmente vaciar la laguna sin restricciones de profundidad. Una cámara fija tendría un límite de altura de succión (6 m) para evitar la presión de vapor (incluye las pérdidas en el conducto).

La balsa se encontrará flotando sobre la laguna (Fig. 6.12). Se asegura que la misma nunca se quedará sin agua debido a los 4 m de profundidad reservados para la acumulación de sedimentos. Se diseña la misma conforme al tamaño de las bombas a colocar y la necesidad de una baranda para poder acceder a la balsa.

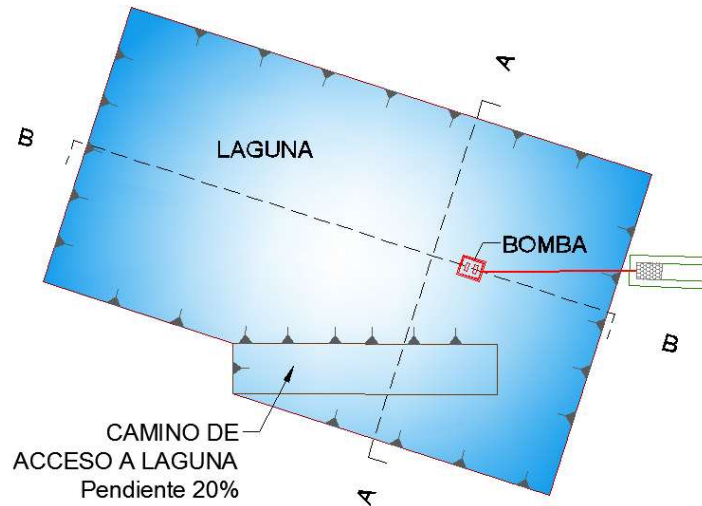


Figura 6.12 Planta de laguna y bomba

6.5. DISEÑO DE LOS CANALES DE DESAGÜE

Posteriormente a ser elevada por la bomba, el agua circulará por un conjunto de canales que la conducirán hasta el río (punto de descarga). Se calculan entonces 3 modelos de canales conforme al terreno natural del terreno.

Cabe destacar que fue necesario dejar una revancha a cada canal por la posibilidad de la sedimentación de sólidos en el mismo reduciendo así la sección del canal.

6.5.1. Diseño del canal 01

El canal 01 es aquel que parte desde la salida de la bomba hasta la primera alcantarilla. La profundidad del canal en este tramo será de 40 cm. Se fija la pendiente para el tramo del canal en 0,63‰ en la longitud de 103,70 m.

Para el dimensionado del canal se utiliza una página de internet: <http://enlineacalc.sdsu.edu>, la opción de cálculo del tirante normal para canales prismáticos. Los datos⁷ a ingresar para el cálculo se especifican en la Tabla 6.06 y las fórmulas utilizadas por el programa en la Fig. 6.13.

⁷ La pendiente de fondo se estima conforme a las cotas disponibles del terreno. El coeficiente de Manning se selecciona conforme al revestimiento de los canales, que es pasto ($n = 0,035$). Se toma un talud de 2:1.

Caudal (Q)	0,075 m ³ /s
Ancho de fondo (b)	2 m
Pendiente del lado (z)	2
Pendiente de fondo (s)	0,000627
Coefficiente de Manning (n)	0,035

Tabla 6.06 Datos para el cálculo del canal 01

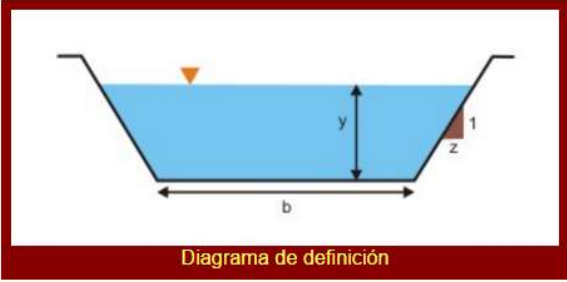


Diagrama de definición

Fórmulas

$$A = y(b + zy)$$

$$P = b + 2y(1 + z^2)^{1/2}$$

$$T = b + 2zy$$

$$R = A/P$$

$$D = A/T$$

$$Q = (k/n) AR^{2/3}S^{1/2}$$

$$V = Q/A$$

$$F = V/(gD)^{1/2}$$

Figura 6.13 Esquema y fórmulas de cálculo en canal prismático

Se observan los resultados obtenidos en la Tabla 6.07.

Perímetro mojado (P)	2,74 m
Ancho de la superficie libre (T)	2,66 m
Área de flujo (A)	0,40 m ²
Radio hidráulico (R)	0,15 m
Tirante normal (y _n)	0,17 m
Velocidad media (V _n)	0,19 m/s
Número de Froude (F _n)	0,16

Tabla 6.07 Resultados obtenidos del cálculo del canal 01

Se pueden observar de los resultados obtenidos que el tirante normal es de 17 cm y que el flujo es subcrítico. Se decide así comenzar con una revancha de 23 cm al inicio del canal (cota 488,902), que irá creciendo a medida que se aproxima a la alcantarilla 01 (488,837). Se considera que dicha revancha es suficiente para el ancho de canal obtenido.

En la Fig. 6.14 se observa el diseño del canal 01.

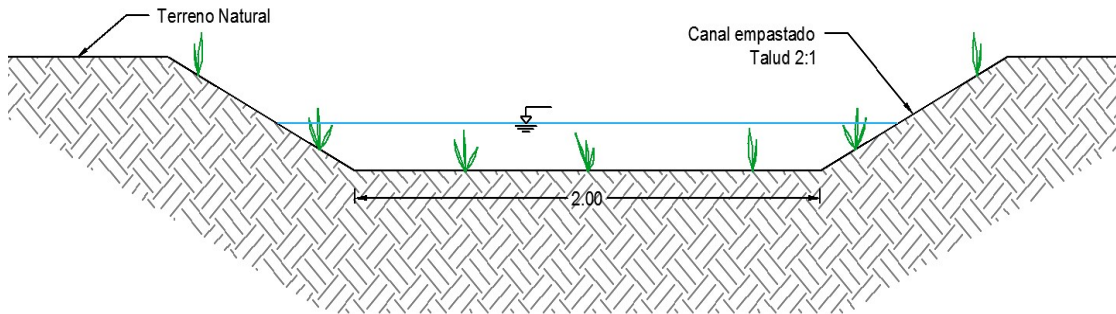


Figura 6.14 Canal 01⁸

6.5.2. Verificación de la alcantarilla 01

La alcantarilla 01 es aquella por la cual el agua cruza de un lado al otro del camino interno de tierra de la cantera. Consideramos en este caso la verificación de la alcantarilla existente en el terreno. Las características fundamentales relevadas son:

- Cota de ingreso: 488,837
- Cota de salida: 488,797
- Forma: cuadrada
- Longitud de lado: 600 mm.
- Material: hormigón simple
- Longitud: 10 m.
- Pendiente: 0,63‰.

Para la verificación de la alcantarilla se utiliza una página de internet: <http://onlinecalc.sdsu.edu>, la opción de cálculo del tirante normal para canales prismáticos (considerando que la alcantarilla no funciona a carga). Los datos⁹ a ingresar para el cálculo se especifican en la Tabla 6.08 y las fórmulas utilizadas por el programa son los mismos que en el caso anterior según la Fig. 6.13.

Caudal (Q)	0,075 m ³ /s
Ancho de fondo (b)	0,60 m
Pendiente del lado (z)	0
Pendiente de fondo (s)	0,000627
Coefficiente de Manning (n)	0,014

Tabla 6.08 Datos para la verificación de la alcantarilla 01

Se observan los resultados obtenidos en la Tabla 6.09.

Perímetro mojado (P)	0,87 m
Ancho de la superficie libre (T)	0,60 m
Área de flujo (A)	0,08 m ²
Radio hidráulico (R)	0,09 m

⁸ La escala vertical se encuentra distorsionada en relación a la horizontal.

⁹ La pendiente de fondo se estima conforme a las cotas disponibles del terreno. El coeficiente de Manning se selecciona conforme al material de la alcantarilla, que es hormigón simple (n = 0,0014). Se toma un talud de 0 que representa al canal de sección cuadrada.

Tirante normal (y_n)	0,14 m
Velocidad media (V_n)	0,92 m/s
Número de Froude (F_n)	0,80

Tabla 6.09 Resultados obtenidos del cálculo del canal 01

Se pueden observar de los resultados obtenidos que el tirante normal es de 14 cm y que el flujo es subcrítico. Se observa así que la capacidad de la alcantarilla es suficiente para transportar el caudal movido por la bomba.

En la Fig. 6.15 se observa la alcantarilla 01.

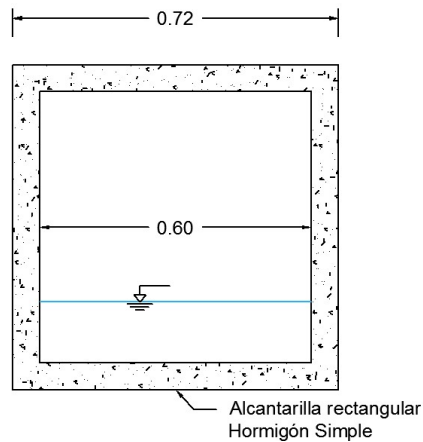


Figura 6.15 Alcantarilla 01

6.5.3. Diseño del canal 02

El canal 02 es aquel que parte desde la alcantarilla 01 hasta la alcantarilla 02. Actualmente el agua ya desagua por dicho canal. En este caso, el terreno natural se encuentra más elevado en relación a las cotas de proyecto por lo que se opta por un canal de ancho de fondo menor y más profundidad de tirante. Se fija la pendiente para el tramo del canal en 3,94‰ en la longitud de 240,34 m.

Para el dimensionado del canal se utiliza una página de internet: <http://enlineacalc.sdsu.edu>, la opción de cálculo del tirante normal para canales prismáticos. Los datos¹⁰ a ingresar para el cálculo se especifican en la Tabla 6.10 y las fórmulas utilizadas son las mismas que en los casos anteriores que se observan en la Fig. 6.13.

Caudal (Q)	0,075 m ³ /s
Ancho de fondo (b)	0,4 m
Pendiente del lado (z)	2
Pendiente de fondo (s)	0,00394
Coefficiente de Manning (n)	0,035

Tabla 6.10 Datos para el cálculo del canal 01

¹⁰ La pendiente de fondo se estima conforme a las cotas disponibles del terreno. El coeficiente de Manning se selecciona conforme al revestimiento de los canales, que es pasto ($n = 0,035$). Se toma un talud de 2:1.

Se observan los resultados obtenidos en la Tabla 6.11.

Perímetro mojado (P)	1,32 m
Ancho de la superficie libre (T)	1,22 m
Área de flujo (A)	0,20 m ²
Radio hidráulico (R)	0,15 m
Tirante normal (yn)	0,21 m
Velocidad media (Vn)	0,45 m/s
Número de Froude (Fn)	0,39

Tabla 6.11 Resultados obtenidos del cálculo del canal 02

Se pueden observar de los resultados obtenidos que el tirante normal es 21 cm y que el flujo es subcrítico. Según las características relevadas del terreno se observa que la revancha mínima del tramo será de 75 cm, suficiente para el tipo de canal.

En la Fig. 6.16 se observa el diseño del canal 02.

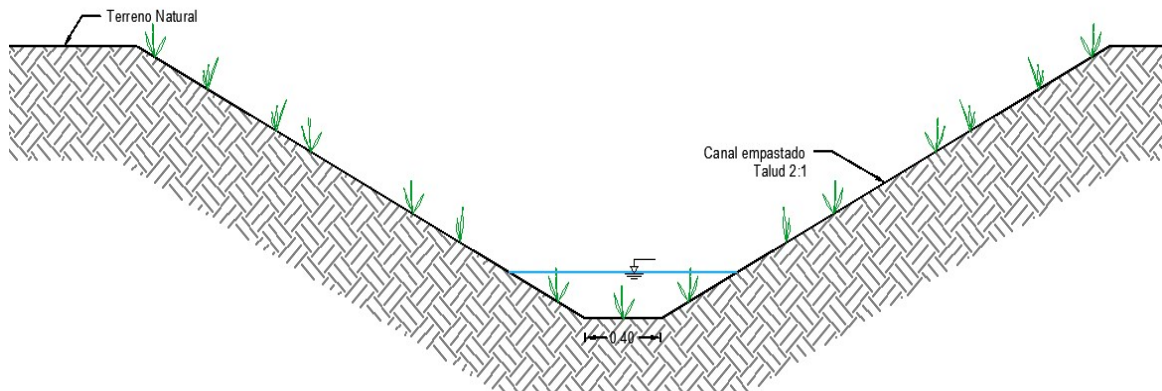


Figura 6.16 Canal 02¹¹

6.5.4. Verificación de la alcantarilla 02

La alcantarilla 02 es aquella por la cual el agua cruza de un lado al otro del camino externo que bordea la cantera. Consideramos en este caso la verificación de la alcantarilla y no el diseño ya que la misma ya se encuentra materializada en el terreno. Las características geométricas relevadas resultan:

- Cota de ingreso: 488,226
- Cota de salida: 488,042
- Forma: circular
- Diámetro: 600 mm.
- Material: hormigón simple
- Longitud: 10 m.
- Pendiente: 2,57 %.

Para la verificación de la alcantarilla se utiliza una página de internet: <http://enlineacalc.sdsu.edu>, la opción de descarga en una alcantarilla circular. Se procede de forma iterativa suponiendo el tirante de agua hasta obtener como resultado

¹¹ La escala vertical se encuentra distorsionada en relación a la horizontal.

el caudal bombeado. Los datos¹² a ingresar para el cálculo se especifican en la Tabla 6.12 y las fórmulas utilizadas por el programa son los mismos que en el caso anterior según la Fig. 6.17.

Diámetro del tubo (D)	0,60 m
Profundidad del tirante (y)	0,187 m
Pendiente de fondo (s)	0,00394
Coefficiente de Manning (n)	0,014

Tabla 6.12 Datos para la verificación de la alcantarilla 01

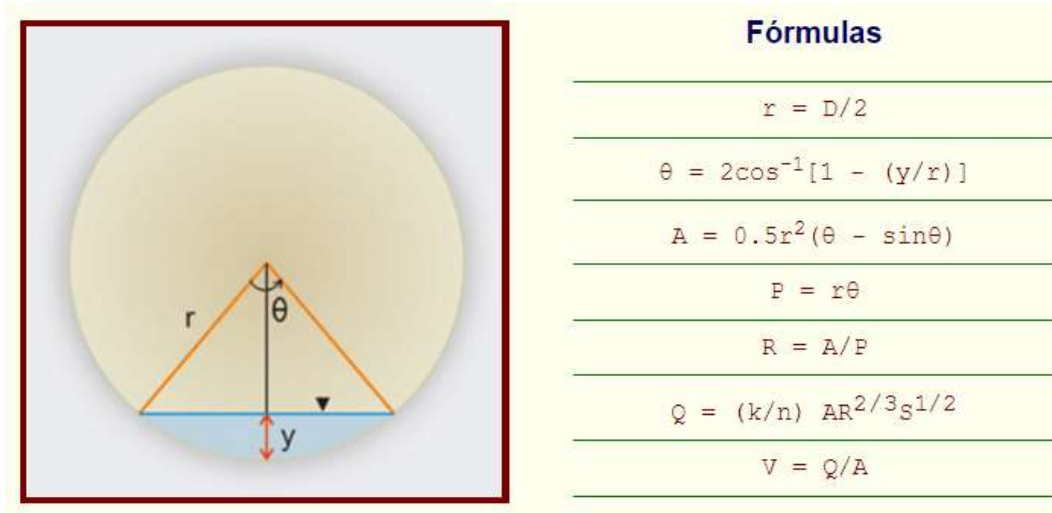


Figura 6.17 Esquema y fórmulas de cálculo en canal prismático

Se observan los resultados obtenidos en la Tabla 5.13.

Perímetro mojado (P)	0,71 m
Área de flujo (A)	0,08 m ²
Radio hidráulico (R)	0,11 m
Profundidad relativa (y/D)	0,14 m
Número de Froude (Fn)	0,74
Descarga (Q)	0,08 m ³ /s
Velocidad media (Vn)	1,00 m/s

Tabla 6.13 Resultados obtenidos de la verificación de la alcantarilla 02

Se pueden observar de los resultados obtenidos que el tirante normal es de 18,7 cm y que el flujo es subcrítico. Se observa así que la capacidad de la alcantarilla es suficiente para transportar el caudal movido por la bomba.

En la Fig. 6.18 se observa la alcantarilla 02.

¹² La pendiente de fondo se estima conforme a las cotas relevadas. El coeficiente de Manning se selecciona conforme al material de la alcantarilla, que es hormigón simple (n = 0,0014).

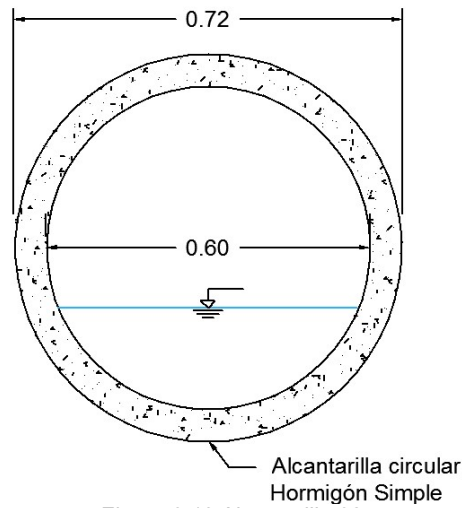


Figura 6.18 Alcantarilla 02

6.5.5. Diseño del canal 03

El canal 03 es aquel que parte desde la salida de la alcantarilla 02 hasta descargar en el río. Actualmente el agua ya desagua por dicho canal, aunque se desconocen las condiciones del mismo por lo que se procede a diseñar el canal como si no existiera. En este caso, el terreno natural se encuentra más elevado en relación a las cotas de proyecto por lo que se opta por un canal de ancho de fondo menor y más profundidad de tirante. Se fija la pendiente para el tramo del canal en 2,57% en la longitud de 17,15 m.

Para el dimensionado del canal se utiliza una página de internet: <http://enlineacalc.sdsu.edu>, la opción de cálculo del tirante normal para canales prismáticos. Los datos¹³ a ingresar para el cálculo se especifican en la Tabla 6.14 y las fórmulas utilizadas son las mismas que en los casos anteriores que se observan en la Fig. 6.13.

Caudal (Q)	0,075 m ³ /s
Ancho de fondo (b)	0,4 m
Pendiente del lado (z)	2
Pendiente de fondo (s)	0,0257
Coefficiente de Manning (n)	0,035

Tabla 6.14 Datos para el cálculo del canal 01

Se observan los resultados obtenidos en la Tabla 6.15.

Perímetro mojado (P)	0,97 m
Ancho de la superficie libre (T)	0,91 m
Área de flujo (A)	0,08 m ²
Radio hidráulico (R)	0,09 m
Profundidad hidráulica (D)	0,09 m

¹³ La pendiente de fondo se estima conforme a las cotas disponibles del terreno. El coeficiente de Manning se selecciona conforme al revestimiento de los canales, que es pasto (n = 0,035). Se toma un talud de 2:1.

Tirante normal (yn)	0,13 m
Velocidad media (Vn)	0,89 m/s
Número de Froude (Fn)	0,94

Tabla 6.15 Resultados obtenidos del cálculo del canal 03

Se pueden observar de los resultados obtenidos que el tirante normal es 13 cm y que el flujo es subcrítico.

En la Fig. 6.19 se observa el diseño del canal 03.

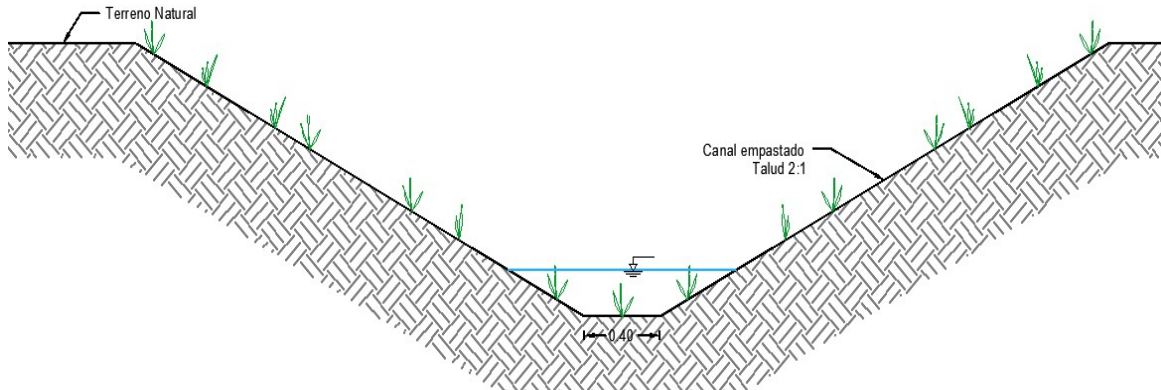


Figura 6.19 Canal 03¹⁴

6.5.6. Verificación de sobrepresión

Debido a la ubicación que presenta la válvula de retención (parte inferior de la tubería) se efectúa un cálculo de la sobrepresión que se producirá cuando se genere el cierre de dicha válvula o la detención de la bomba.

Como primera medida se determina el tiempo crítico de la tubería para poderlo comparar posteriormente con el tiempo de detención de la bomba y cierre de la válvula. Allievi dedujo que para operaciones bruscas, la sobrepresión se calcula según la siguiente fórmula (Ec. 12).

$$\Delta H = \frac{a * V}{g}$$

Donde a representa la celeridad o velocidad de la onda por la conducción, V el cambio de velocidad en el caudal y g la gravedad.

Allievi estimó que la parada es brusca si el tiempo de parada T cumple con la condición expresada en la Ec. 13.

$$T < \frac{2 * L}{a} \tag{13}$$

Donde a representa la celeridad o velocidad de la onda de conducción, T el tiempo de detención y L la longitud de la tubería (15 m).

¹⁴ La escala vertical se encuentra distorsionada en relación a la horizontal.

Allievi planteó la siguiente ecuación práctica (Ec. 14) para la determinación de la celeridad de la onda de conducción:

$$a = \frac{9,900}{\sqrt{48,30 + k \frac{D}{e}}} \quad (14)$$

Donde k es un coeficiente dado en función del módulo de E, E el módulo de elasticidad del material ($2,8 * 10^8 \text{kg/m}^2$), D el diámetro interior de la tubería (0,25 m) y e el espesor de la tubería (0,0055 m).

Definimos entonces al coeficiente k según la Ec. 15.

$$k = \frac{10^{10}}{E} \quad (15)$$

Luego aplicamos ambas ecuaciones Ec. 14 y Ec. 15 para calcular el tiempo de detención:

$$a = \frac{9,900}{\sqrt{48,30 + 35,71 * \frac{0,250}{0,0055}}} = 242,14$$

$$k = \frac{10^{10}}{2,8 * 10^8} = 357,14$$

$$T < \frac{2 * 15}{357,14} = 0,084 \text{ seg}$$

Para el cálculo del tiempo de detención de bombas, se utilizó la expresión de Mendiluce, Ec. 16.

$$T = C + \frac{K * L * V}{g * H_m} \quad (16)$$

Donde C representa el factor de pendiente hidráulica (Hm/L), K el coeficiente de inercia de la bomba (2^{15}), L la longitud de la cañería (15 m), V la velocidad del fluido (1,53 m/s), g la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$) y H_m la altura manométrica (13,914 m).

$$C = \frac{13,914}{15} = 0,93$$

Reemplazando los valores en la Ec. 15, se obtiene:

$$T = 0,93 + \frac{2 * 15 * 1,53}{9,81 * 13,914} = 1,26 \text{ s}$$

El valor anterior se compara con el tiempo crítico de la tubería de impulsión:

$$1,26 > 0,084$$

¹⁵ TBT – Flygt S.A. (2004) "Bombas sumergibles y estaciones de bombeo" Capítulo 16.

De acuerdo al valor anterior, el tiempo de parada de la bomba resulta mayor que el tiempo crítico, motivo por el cual estamos en presencia de una detención lenta. Por otra parte, la tubería dispone en su extremo inferior de una válvula de retención para evitar el retroceso del fluido cuando se detiene la bomba. El tiempo de cierre de esta válvula resulta casi instantáneo, motivo por el cual se utilizará la expresión de Allievi, Ec. 17.

$$\Delta H = \frac{a \cdot V}{g} \quad (17)$$

Donde ΔH representa el incremento de presión (m), a la celeridad o velocidad de la onda de conducción (m/s), V el cambio de velocidad en el caudal (m/s) y g la gravedad (9,81 m/s²).

Por lo tanto, la sobre presión resulta:

$$\Delta H = \frac{242,14 * 1,53}{9,81} = 37,76 \text{ m}$$

De acuerdo al resultado anterior, se puede indicar que la presión total en la cañería cuando se produce la detención de la bomba con el correspondiente cierre de la válvula esclusa:

$$H_T = 13,91 \text{ m. c. a.} + 37,76 \text{ m. c. a.} = 51,67 \text{ m. c. a.}$$

Esta columna de agua genera una presión en el interior de la tubería de 5,167 kg/cm². Según las especificaciones técnicas, la presión de trabajo de la tubería es de 14 bar o kg/cm², es decir, el valor anterior resulta inferior a la carga admisible que puede soportar la tubería en pequeños lapsos de tiempo.

6.5.7. Determinación de la necesidad de protecciones

Para finalizar el diseño de las conducciones de agua hasta el río es necesario evaluar los sectores de los canales donde será necesario colocar protecciones contra la erosión.

En primer lugar se destaca la descarga de la bomba, donde la velocidad del agua es de 1,53 m/s, suficiente para erosionar el sector. Así, se propone colocar una colchoneta de gaviones de espesor de 23 cm. La misma se dispondrá en una longitud de 3 m y con un ancho conforme al ancho del canal (lo que depende de la altura del nivel del terreno en cada punto del mismo).

A su vez, en la salida de la alcantarilla 02 se dispondrán también las mismas colchonetas para hacer menos brusco el cambio de material de revestimiento de las diferentes conducciones a causa de la pendiente más pronunciada que trae aparejado más velocidad en el flujo.

Tercero, se dispondrán las mismas colchonetas en el ingreso a la alcantarilla 01 debido a, no solo el cambio de material, sino también a la curva de casi 90° que debe desarrollar el flujo para ingresar a la alcantarilla.

Por último, cabe destacar que el terreno sobre el cual se construyen los canales es roca, lo que no es muy propenso a erosionarse. Sumado con el revestimiento de pasto se considera innecesario revestir los canales en las curvas.

7. CONCLUSIÓN

Para finalizar este informe se procede a resumir lo experimentado y aprendido durante las horas de práctica.

Para elaborar el modelo digital de elevación, necesario para caracterizar el predio estudiado, se utilizaron imágenes ASTER (Satélite Avanzado de Observación Terrestre) del proyecto SRTM de alta resolución que permiten observar detalles con minuciosidad. Esto permitió la reconstrucción del terreno de forma más precisa, generando curvas de nivel con una resolución de 12,5 m (evitando pasar por alto colinas o pozos presentes en la topografía). A su vez, para completar y contrastar la información, se comparó con imágenes tomadas de Google Earth Pro. Luego se extendió el plano de curvas de nivel a la totalidad de la cuenca con curvas de nivel con equidistancia de 0,20 m.

Luego de definir la topografía del terreno se delimitaron las cuencas y subcuencas en base a las curvas de nivel. Cabe destacar que, al encontrarnos en una situación en la cual la topografía cambia considerablemente antes y después del desarrollo de la cantera, las cuencas no coincidían. Esto lleva a buscar el punto de descarga post desarrollo de la cantera y realizar allí la comparación de caudales.

Las subcuencas pre desarrollo de la cantera se delimitaron según el escurrimiento natural del agua mientras que las post desarrollo se dieron conforme a las condiciones del terreno debido a que fue el proyecto mismo de la cantera quien definió el punto de salida de los caudales aportados por cada sector.

Para definir los parámetros de la cuenca se recurrió a diferentes tablas y a consultar el criterio de profesionales con más experiencia. El periodo de recurrencia se fijó conforme a las normas indicadas por la Secretaria de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba, el cual exige que las obras se diseñen para un TR de 5 años y verifiquen sin daños mayores para 100. Sin embargo, debido a la importancia de la obra y a los daños incurrido en caso de falla de la obra se diseñó para 50 años y se verificó para 100.

A su vez se definieron los parámetros necesarios para aplicar el método de SCS para calcular los caudales y tiempos de concentración (ampliamente difundido y mucha experiencia en definir sus parámetros). Se definieron así CN de 73 a 78 en la situación pre desarrollo y de 78 a 93 luego de desarrollar la cantera. En cuanto al tránsito de hidrogramas se utilizó el método de Muskingum. Esto dio como resultado un tiempo de concentración de 24 minutos, siendo el mismo utilizado como la duración de la lluvia.

Luego se procedió a definir los hietogramas de diseño con una distribución temporal de las lluvias conforme a los criterios del CIHRSA según la ubicación de pico y la duración de la tormenta, ubicando el pico en el segundo sextil.

Para la determinación de los hidrogramas se utilizó el programa HEC HMS sobre el cual se cargan los parámetros conocidos de las cuencas y subcuencas y de la lluvia. El caudal máximo de salida en el punto de descarga de la bomba fue: en la situación pre desarrollo 0,98 m³/s y 4,85 m³/s para la situación post desarrollo para una tormenta de 100 años de recurrencia.

Pasando luego a la parte hidráulica, se decidió proyectar la laguna sobre el mismo espacio físico donde actualmente se concentra el agua que escurre por la cantera. El proyecto en sí consistió en una laguna donde se acumula el agua que luego se eleva hasta su coronamiento y luego circula por canales hasta su salida al río. El caudal

propuesto para la bomba fue de 75 l/s conforme a la bomba con la cual ya cuentan en el lugar.

La primera verificación a realizar fue la posibilidad de vaciar la laguna mensualmente conforme a la lluvia media máxima mensual. Al verificar eso se diseñó la laguna con dos bombas, una en funcionamiento y la otra de seguridad. La misma se coloca sobre una balsa que flota sobre la laguna y eleva el agua por mangueras flexibles hasta el primer canal de desagüe. El mismo termina en la primera alcantarilla, continúa otro canal, una segunda alcantarilla y un último canal de descarga al río.

Se destaca la necesidad de incorporar una bomba ante la ausencia de un descargador de fondo o un vertedero, a causa de la posición o elevación de la laguna. Esta misma razón es la que llevo a definir el caudal de la laguna conforme al caudal máximo calculado de la situación post desarrollo (no de la diferencia como se haría convencionalmente). Se decide entonces almacenar el agua aportada por una lluvia de 50 años de recurrencia y que la misma verifique para los 100 años sin inundar zonas aledañas.

Las características geométricas se definen según la sudación actual, optando por una laguna rectangular de 65x34 m con taludes de 1,5:1. Se incorpora un camino de acceso a la laguna hasta la cota 483, siendo el coronamiento 489,501 y el fondo 478,851. Se propone una revancha de 20 cm y una altura útil de la laguna de 6 m a partir de la revancha, reservando el fondo para ser rellenado por los sedimentos a decantar.

Para seleccionar la bomba se calculan las pérdidas puntuales y por fricción que se suman a la altura teórica a vencer por la bomba para luego calcular la misma con el dato del caudal. Esta selección se realizó en la página de Grundfos. Se procuró entonces una bomba que cumpliera con los parámetros necesarios H Q, que fuera económica y cuya eficiencia garantizará el buen funcionamiento de la instalación.

Por último, se procedió al diseño de canales de conducción del caudal elevado por medio de programas online conforme a las condiciones existentes en el terreno. Se definió la pendiente (variable), los taludes (2:1), el coeficiente de Manning (0,035 para el pasto) y las cotas de entrada o salida según las restricciones de cada canal. Se establecieron dos modelos de canal, uno de 2 m de ancho y otro de 0,4 m. La diferencia está en la profundidad posible de alcanzar por cada sector del terreno según sus restricciones hidráulicas para trasladar el flujo por gravedad. Se procura confeccionar canales más anchos en los casos en que no se cuente con mucha revancha con respecto al terreno natural y el más angosto conforme a dicha profundidad más que suficiente. Se procedió también a designar los sectores donde será necesario colocar protecciones contra la erosión a causa de la velocidad del fluido, del cambio de material de contacto o brusco del sentido de movimiento. Se verificaron las capacidades de las alcantarillas según los datos tomados y el caudal a circular.

8. BIBLIOGRAFÍA

Chow, V.T. (1982). *Hidráulica de los Canales Abiertos*. Editorial Diana. México.

Chow, V.T.; Maidment D. y Mays L. (1993). *Hidrología Aplicada*. Capítulo 12, Análisis de Frecuencia. Mc. Graw-Hill Book Company. Santa Fe de Bogotá. Colombia.

H. W. King and E. F. Brater (1963) *Hydraulics for the solution of hydraulic problems*; 5th ed.

Linsley, R.K., Kohler, M.A. y Paulhus, J.L.H. (1982). *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill, New York, USA.

Selección de bombas Grundfos

<http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/BGE/webcaps.html> , 07/02/2017.

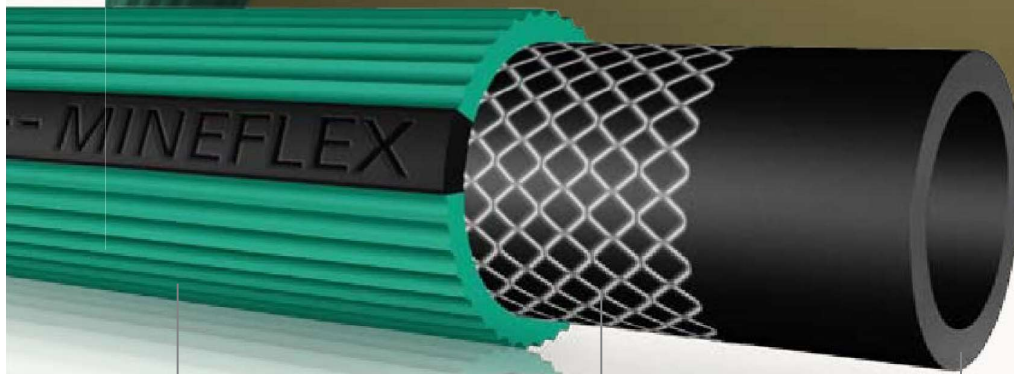
TBT – Flygt S.A. (2004) “*Bombas sumergibles y estaciones de bombeo*”

U.S. Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. (1990). *HEC-1. Flood Hydrograph Package. User’s Manual*. U.S.A.

U.S. Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center. (2001). *HEC-HMS. Hydrologic Modeling System. User’s Manual*. Version 2.2.1. U.S.A.

ANEXOS

Presión Pressure Pression Druck



Capa exterior pvc amarillo
Outside layer of yellow pvc
Couche extérieure pvc jaune
Außerhalb Schicht aus gelben PVC

Capa interior de pvc negro
Inside layer of black pvc
Couche intérieure de pvc noir
Innenschicht aus schwarzem PVC

Capa intermedia reforzada con malla de hilo de poliéster para dotarla de gran resistencia a la rotura

Intermediate layer reinforced with polyester-thread mesh to equip it with great resistance

Couche intermédiaire renforcée avec du treillis de fil de polyester pour leur conférer une grande résistance

Zwischenschicht mit Netzarmierung aus Polyesterfaden für hohe Bruchfestigkeit

Us industrial
Industrial use
Industrielle Nutzung



Attoomtrópolis d
Attoomtrópolis d
Attoomtrópolis d



Attoomtrópolis d
Attoomtrópolis d
Attoomtrópolis d



Mineflex

Manguera fabricada a partir de componentes vinílicos, reforzada en su interior con una malla de polyester

Características

- Gran flexibilidad pero resistente a las dobleces, a los estiramientos, a la abrasión y al cortado accidental
- Estable frente a los rayos UVA
- Material atóxico pero no de uso alimentario
- Resistente a una gran variedad de productos químicos y a los diversos fenómenos meteorológicos
- Rango de temperatura entre -10°C a 60 °C
- Diseñada de acuerdo a la norma de calidad europea EN 694

Aplicaciones

Aplicaciones generales en entornos industriales y especialmente en instalaciones mineras

En función de las evoluciones técnicas, las especificaciones pueden ser modificadas sin previo aviso. Otros diámetros, colores y características previa consulta.

Ø Nominal Ø Nominal Ø Nominal Ø XXXXXX mm	Ø INT Ø I.D. Ø INT INNEN-Ø mm	ESPEJOR Ø I.D. Ø INT INNEN-Ø mm	PESO WEIGHT WEIGHT GEWICHT g/m	PRESIÓN TRABAJO WORK PRESSURE PRESSION DE TRAVAIL BETRIEBDRUCK bar	PRESIÓN ROTURA BURSTING PRESSURE PRESSION ECLAT BERSTDRUCK bar
12	12,5	5,0	355	17	68
20	19,3	5,5	554	15	60
25	24	5,5	658	14	56
32	31	7,0	1080	10	40
40	39	7,3	1370	9	36
50	49	7,5	1720	9	36

Presiones a Tª ambiente en laboratorio / Valores Nominales sin tener en cuenta tolerancias fabricación.
Pressure at ambient temperature in laboratory / Nominals values without taking manufacturing tolerances into account.
Pression effectuées à températures ambiente de laboratoire / Valeurs nominales sans tenir compte des tolérances de fabrication.
Druckwerte bei Umgebungtemperatur im Labor / Nominalwerte ohne Berücksichtigung von Produktionstoleranzen.

UK

Hose manufactured from vinyl compounds, internally reinforced with a polyester mesh

Characteristics

- Highly flexible while resistant to folding, stretching, abrasion and accidental cutting
- Stable against the effects of UVA rays
- Non-toxic, but not for use with food
- Resistant to environmental elements and a wide range of chemical products
- Temperature range between -10°C and 60°C
- Designed in compliance with European Quality standard EN 694

Uses

For general use in industrial environments, in particular, mining

Specifications are subject to change without notice. Other diameters, colours and features on request. Ability to custom manufacture a minimum order, please consult.

FR

Tuyau fabriqué à partir de composants vinyliques, renforcé intérieurement par une maille en polyester

Caractéristiques

- Grande souplesse, mais résistance aux plis, aux étirements, à l'abrasion et aux coupures accidentelles
- Stable face à l'action des rayons UVA
- Matériau atoxique, mais pas pour usage alimentaire
- Résistance à une grande variété de produits chimiques et aux différents phénomènes météorologiques
- Tª d'emploi -10 et 60 °C
- Conçu conformément à la norme de qualité européenne EN 694

Applications

Applications générales dans les environnements industriels, notamment dans les installations minières

En fonction des évolutions techniques, les données peuvent être modifiées sans préavis. Autres diamètres, couleurs et caractéristiques sur demandes. Possibilité de fabriquer sur mesure un minimum de commande, consulter.

DE

Schlauch aus Vinylkomponenten, der innen mit einem Netz aus Polyester verstärkt ist

Merkmale

- große Flexibilität aber widerstandsfähig gegen Knicken, Dehnung, Abrieb und versehentliches Durchschneiden
- resistent gegen UVA-Strahlen
- aus atoxischem Material, jedoch nicht zur Nutzung in der Lebensmittelbranche geeignet
- resistent gegen eine große Bandbreite von chemischen Produkten und gegen die verschiedenen Wetterbedingungen
- Temperaturbereich zwischen -10 °C und 60 °C
- Design gemäß der europäischen Qualitätsnorm EN 694

Einsatzmöglichkeiten

Allgemeine Anwendungen in Industriebereichen und speziell in Minenanlagen

Die technischen Spezifikationen können ohne vorherige Bekanntmachung geändert werden. Andere Durchmesser, Farben und Merkmale auf Anfrage. Die Fähigkeit, eigene Herstellung ein Minimum Bestellung, siehe

MINING HOSES

MINEFLEX

High Pressure Dewatering Hose

HoseSolutions Inc

www.allhoses.com



MINEFLEX

High Pressure Dewatering Hose

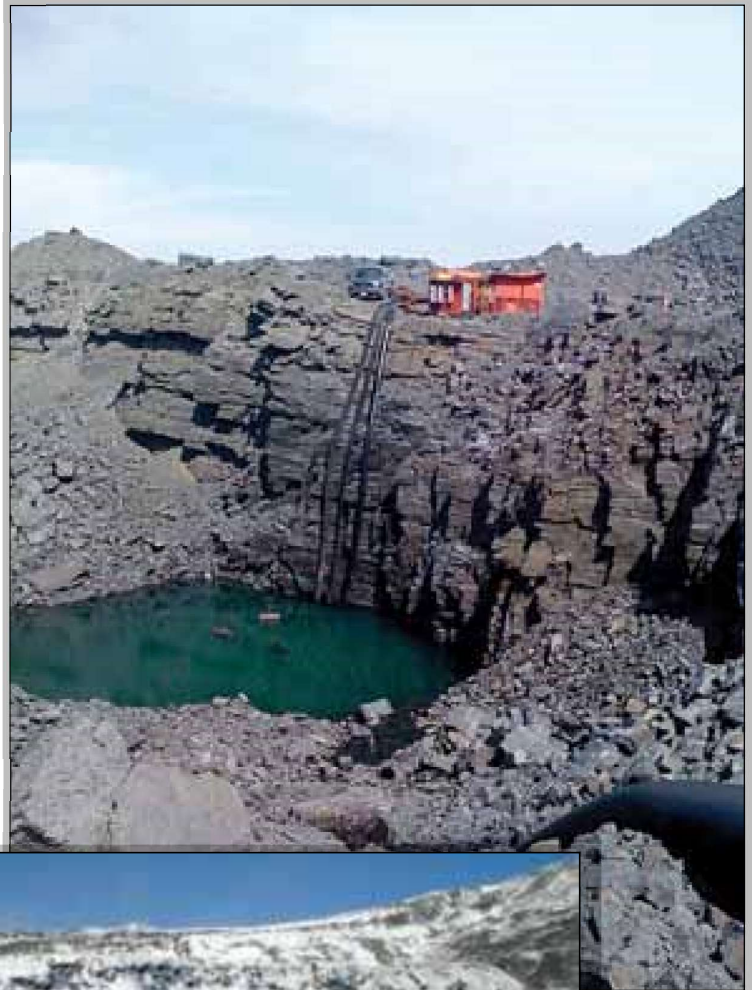
Mineflex is a high-pressure, high strength lay-flat hose designed for pumping aggressive water around mine sites. Safety and efficiency are important factors when choosing products for these applications.

Mineflex is manufactured with high tenacity fibers completely protected with an abrasion-resistant, polyurethane material.



Dewatering collection pits

Mineflex has been designed to assist with mine dewatering where the constant movement of pumps and surface equipment makes rigid and semi-rigid piping a problem. Being totally lay-flat, this product is light-weight and easy to handle.



right:
***Mine water
pumping***



Mine flex in operation in sub-zero conditions

Due to its flexibility and construction, **Mineflex** is ideal in sub-zero conditions where freezing conditions can cause splitting and handling problems to rigid pipes.



1,000m x 10" Mine flex Delivered into the field

Due to its roll-flat nature, **Mineflex** can be packaged on spools and shipped very efficiently. This results in savings on storage and transportation costs.

Why Mineflex

- Extra abrasion resistant for rugged terrain and extreme conditions
- Resistant to oil and chemicals
- Integrated inner and outer coating of abrasion resistant Polyurethane
- Heavy duty, high pressure applications
- UV Stabilized
- pH 3 – pH10 at ambient water temperature
- Flexible in all weather conditions from -40 deg C to 70 deg C. (-40 deg F to 160 deg F)
- Available in standard 100m (330ft) and 200m (660ft) lengths
- Longer or shorter lengths available on request
- Manufactured by an ISO 9001 Approved Company



Mineflex hose being transferred to the Mineflex Reeler



Mine Flooding = No production

Time is money and when the rain starts production slows. Loss of production in the modern day is inexcusable. All scenarios are usually planned for and discussed. A focus is kept on operating the mine in a safe and efficient manner.

Using the **Mine flex** Reelers, hose can be deployed along haul roads or down the pit wall. Pumping can begin in a matter of hours instead of days.



High pressure dewatering

Mineflex hardware

offers the most efficient connections in the business. These fittings are connected using a simple Allen Key and no special tools or pipe welding is required.

QUICK - EFFICIENT - SAFE This is the key!

Rugged terrain, high pressure, corrosive environments, extreme conditions.

This is where you will find the **Mineflex**.





MiNeFlex on floating barge

