



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

## CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

### TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# “UBICACIÓN Y DISEÑO DE UNA OBRA DE REGULACIÓN DE CAUDALES SOBRE EL RÍO QUIJOS”

**AUTORES: MORALES SÁNCHEZ ÁNGEL ALFREDO  
TOPÓN GUALLICHICO EDWIN DAVID**

**DIRECTOR: PhD. SANDOVAL WASHINGTON**



**CAPÍTULO I:  
INTRODUCCIÓN**

**CAPÍTULO II:  
MARCO TEÓRICO E INFORMACIÓN BASE PARA DISEÑO**

**CAPÍTULO III:  
INFORMACIÓN PARA EVALUACIÓN Y DISEÑO**

**CAPÍTULO IV:  
DISEÑO DE LA PRESA DE ENROCADO**

**CAPÍTULO V:  
OBRAS HIDRAÚLICAS**

**CAPÍTULO V:  
OBRAS HIDRAÚLICAS**

# OBJETIVOS

## GENERAL

- Determinar sobre el Río Quijos la ubicación de una presa de regulación de caudales que aporte a la operación del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair y diseñar a nivel de pre-factibilidad las obras hidráulicas relacionadas con esta estructura de control.

# OBJETIVOS

## ESPECÍFICOS

- Mediante el estudio y análisis Hidrológico de la Cuenca del río Quijos establecer los posibles aportes de caudales regulados.
- Analizar las dimensiones del embalse y su relación con las alturas de las presas en base a los aportes hídricos y de sólidos de la cuenca.
- Determinar la presa más adecuada y diseñarla a nivel de pre-factibilidad cumpliendo con todos los requisitos de seguridad, regulación de caudales y control de sólidos.

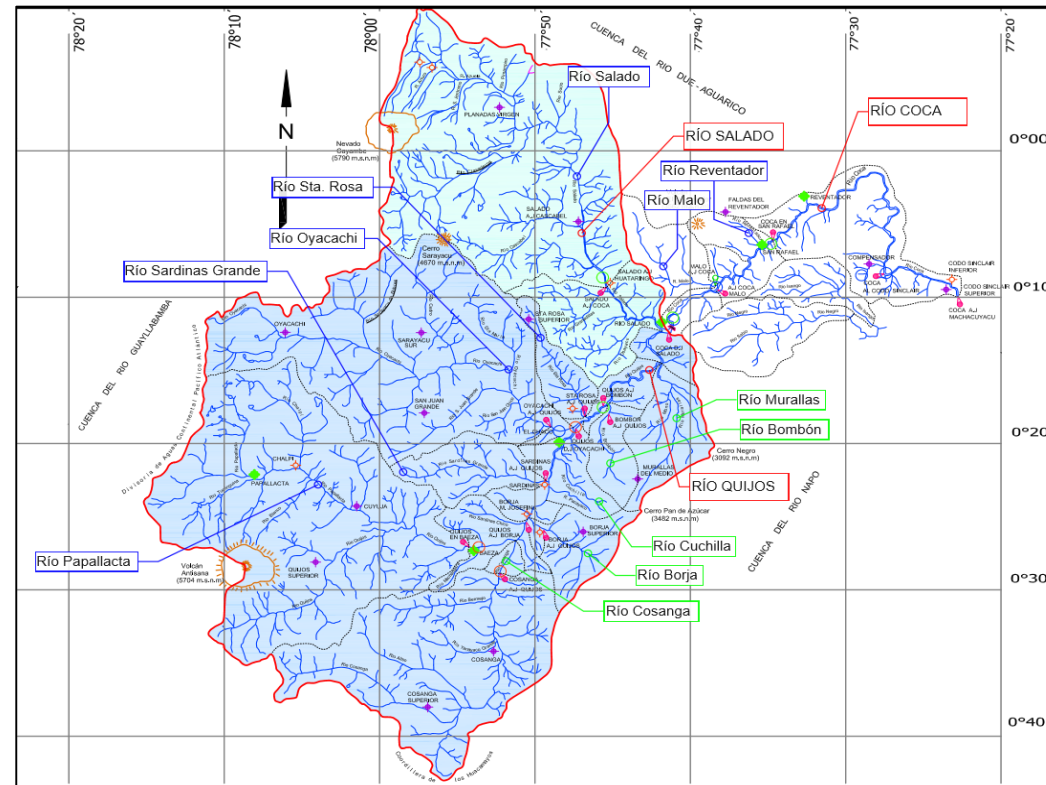


# ANTECEDENTES



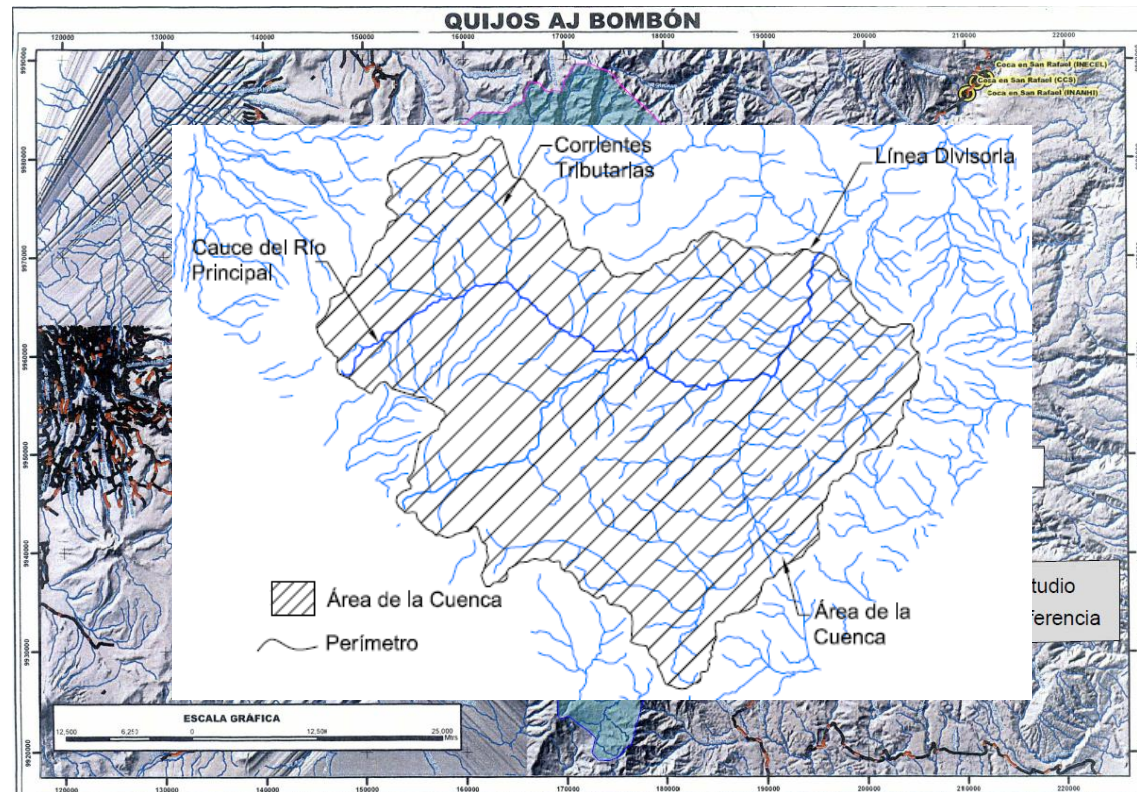
- Cantón El Chaco – Provincia del Napo.
- Desarrollo en cascada de la cuenca del río Quijos y Coca.
- Influencia directa al proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair.

# HIDROGRAFÍA



- Parte del Sistema del Río Amazonas y del subsistema del río Napo.
- Localizada en la vertiente Atlántica de los Andes.
- Origen en los páramos del sur del Antisana.

# CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA



- Cartografía 1:5000 de restituciones aerofotogramétricas MAGAP – SIGTIERRAS curvas de nivel equidistantes cada 5 m.



# PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

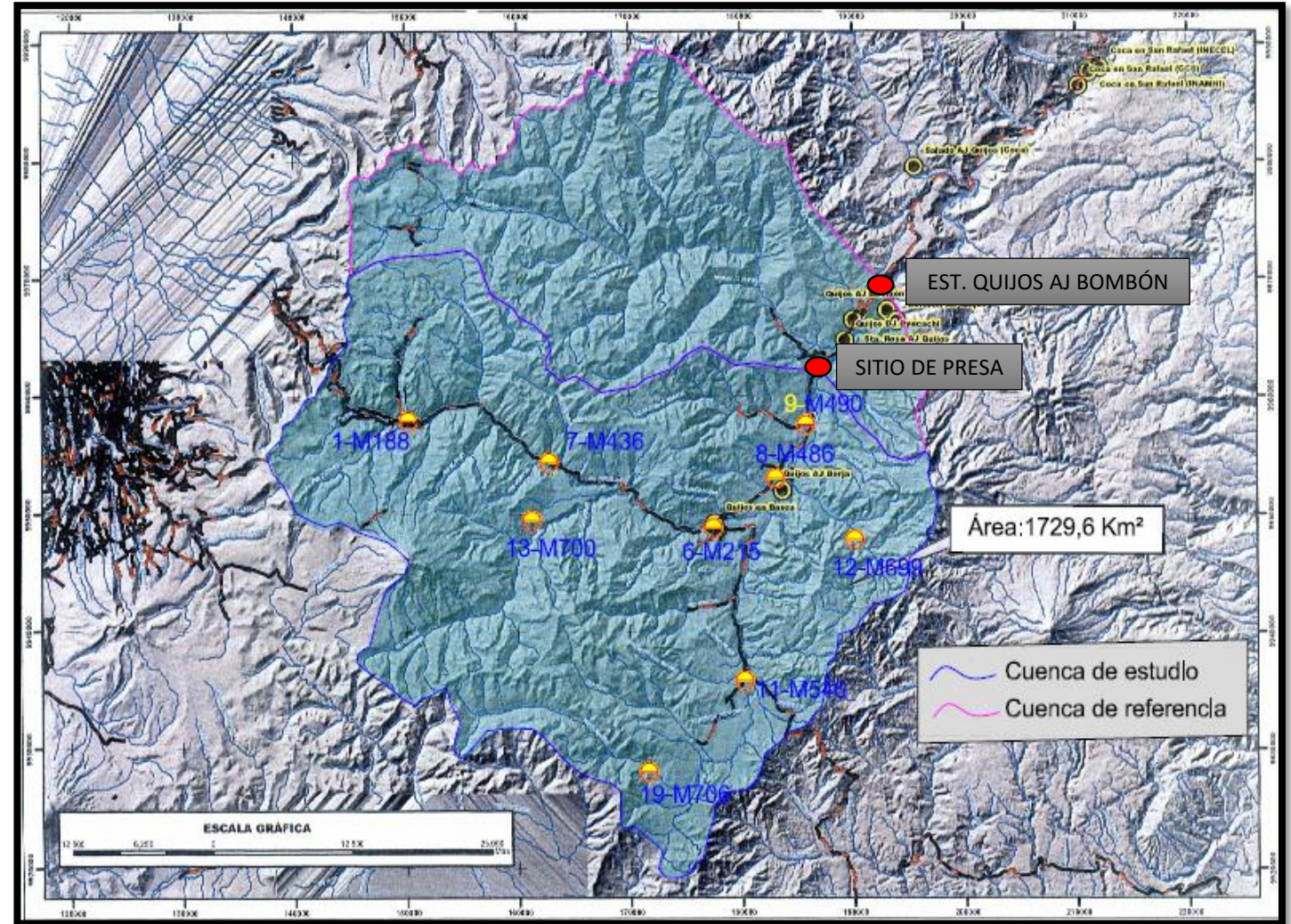
| N°   | Nombre Parámetro                         | Símbolo                               | U               | Valor         |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
|--|--|---------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-------|------|-----------------------------|-----------------------------|------|-------------|--------------------------------|-----|-------------|---------------------------------------|
| 1  | Longitud del Río Principal               | Lr                                    | Km              | <b>68.53</b>  |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| 2  | Área de la Cuenca                        | Ac                                    | km <sup>2</sup> | <b>1729.6</b> |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| 3  | Perímetro de la Cuenca                   | P                                     | Km              | <b>214.51</b> |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| 8  | Longitud Axial                           | Lc                                    | km              | <b>61.02</b>  |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| 4  | Coeficiente de Compacidad                | Kc                                    | adm             | <b>1.46</b>   |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| $Kc = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot Ac}}$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>CLASES DE FORMA</th> <th>RANGO DE CLASES</th> <th>FORMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kc1</td> <td>1 a 1,25</td> <td>Casi redonda u Oval Redonda</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>Kc2</td> <td>1,25 a 1,50</td> <td>De oval Redonda a Oval Oblonga</td> </tr> <tr> <td>Kc3</td> <td>1,50 a 1,75</td> <td>De Oval Oblonga a Rectangular Oblonga</td> </tr> </tbody> </table> |  |                                       |                 |               | CLASES DE FORMA | RANGO DE CLASES | FORMA | Kc1  | 1 a 1,25                    | Casi redonda u Oval Redonda | Kc2  | 1,25 a 1,50 | De oval Redonda a Oval Oblonga | Kc3 | 1,50 a 1,75 | De Oval Oblonga a Rectangular Oblonga |
| CLASES DE FORMA  | RANGO DE CLASES                          | FORMA                                 |                 |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| Kc1  | 1 a 1,25                                 | Casi redonda u Oval Redonda           |                 |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| Kc2  | 1,25 a 1,50                              | De oval Redonda a Oval Oblonga        |                 |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| Kc3  | 1,50 a 1,75                              | De Oval Oblonga a Rectangular Oblonga |                 |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| 5  | Coeficiente de Forma                     | Kf                                    | adm             | <b>0.46</b>   |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| $K_f = \frac{Ac}{Lc^2}$  |  |                                       |                 |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| 6  | Pendiente Longitudinal del Río Principal | Yr                                    | %               | <b>4.11</b>   |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| $Yr = \frac{AH}{Lr}$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>Cota máxima</td> <td>Y2</td> <td>msnm</td> <td>4300</td> </tr> <tr> <td>Cota mínima (punto control)</td> <td>Y1</td> <td>msnm</td> <td>1480</td> </tr> <tr> <td>Diferencia en altura</td> <td>AH</td> <td>m</td> <td>2820</td> </tr> </tbody> </table>   |  |                                       |                 |               | Cota máxima     | Y2              | msnm  | 4300 | Cota mínima (punto control) | Y1                          | msnm | 1480        | Diferencia en altura           | AH  | m           | 2820                                  |
| Cota máxima  | Y2                                       | msnm                                  | 4300            |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| Cota mínima (punto control)  | Y1                                       | msnm                                  | 1480            |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |
| Diferencia en altura   | AH                                       | m                                     | 2820            |               |                 |                 |       |      |                             |                             |      |             |                                |     |             |                                       |



## Ubicación



## Cuenca Hidrográfica



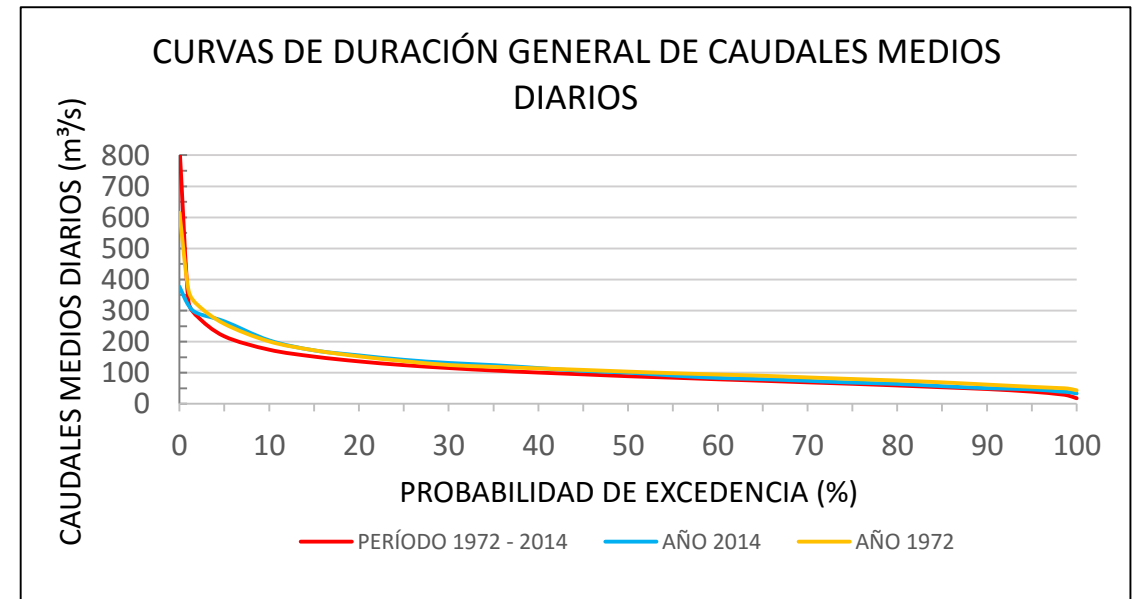
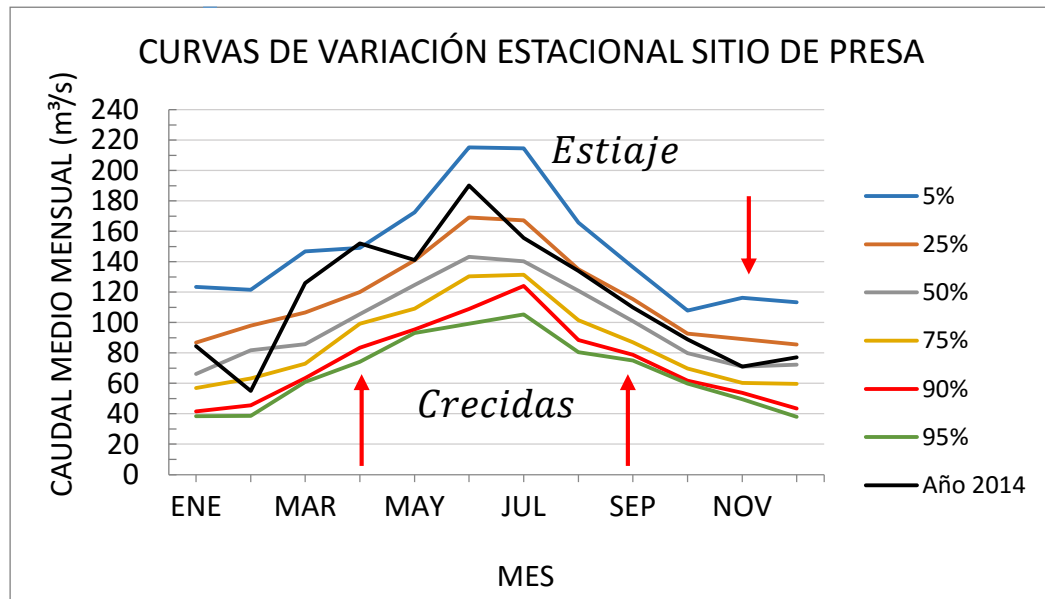
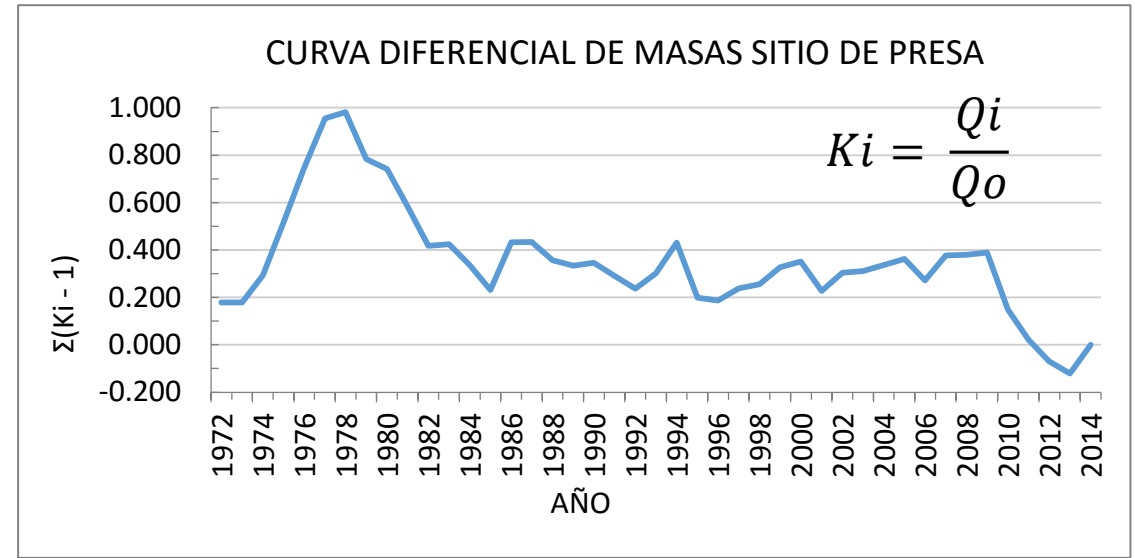
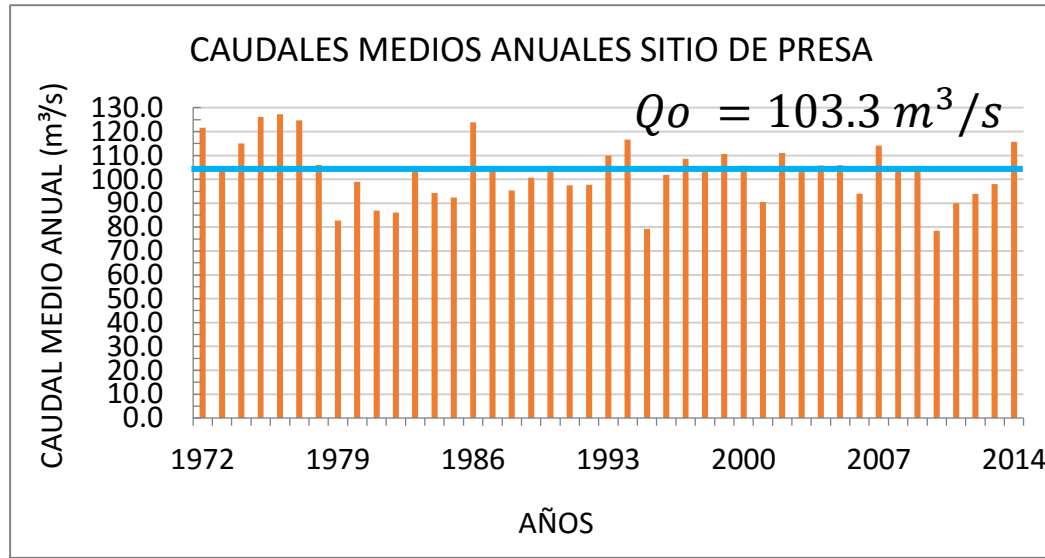
## Transposición Caudales

$$Q_{chaco} = \frac{M_{O_{Qchaco}}}{M_{O_{QAJB}}} * \frac{A_{C_{Qchaco}}}{A_{C_{QAJB}}} * Q_{QAJB}$$

$$Q_{chaco} = \frac{\frac{60lt}{s} * km^2}{\frac{70,50lt}{s} * km^2} * \frac{1729,6km^2}{2574km^2} * Q_{QAJB} = 0,57 * Q_{QAJB}$$

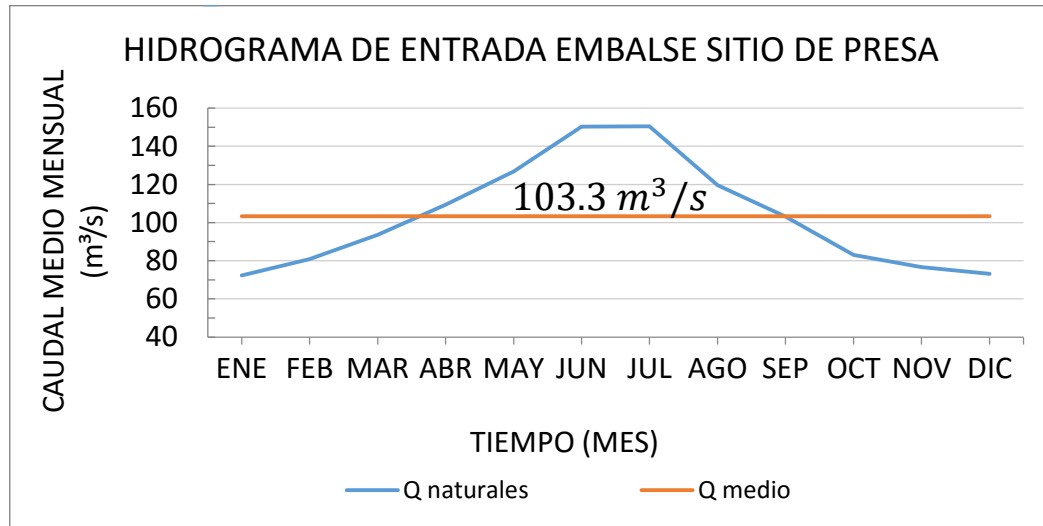


# ANÁLISIS DE CAUDALES – RÍO QUIJOS

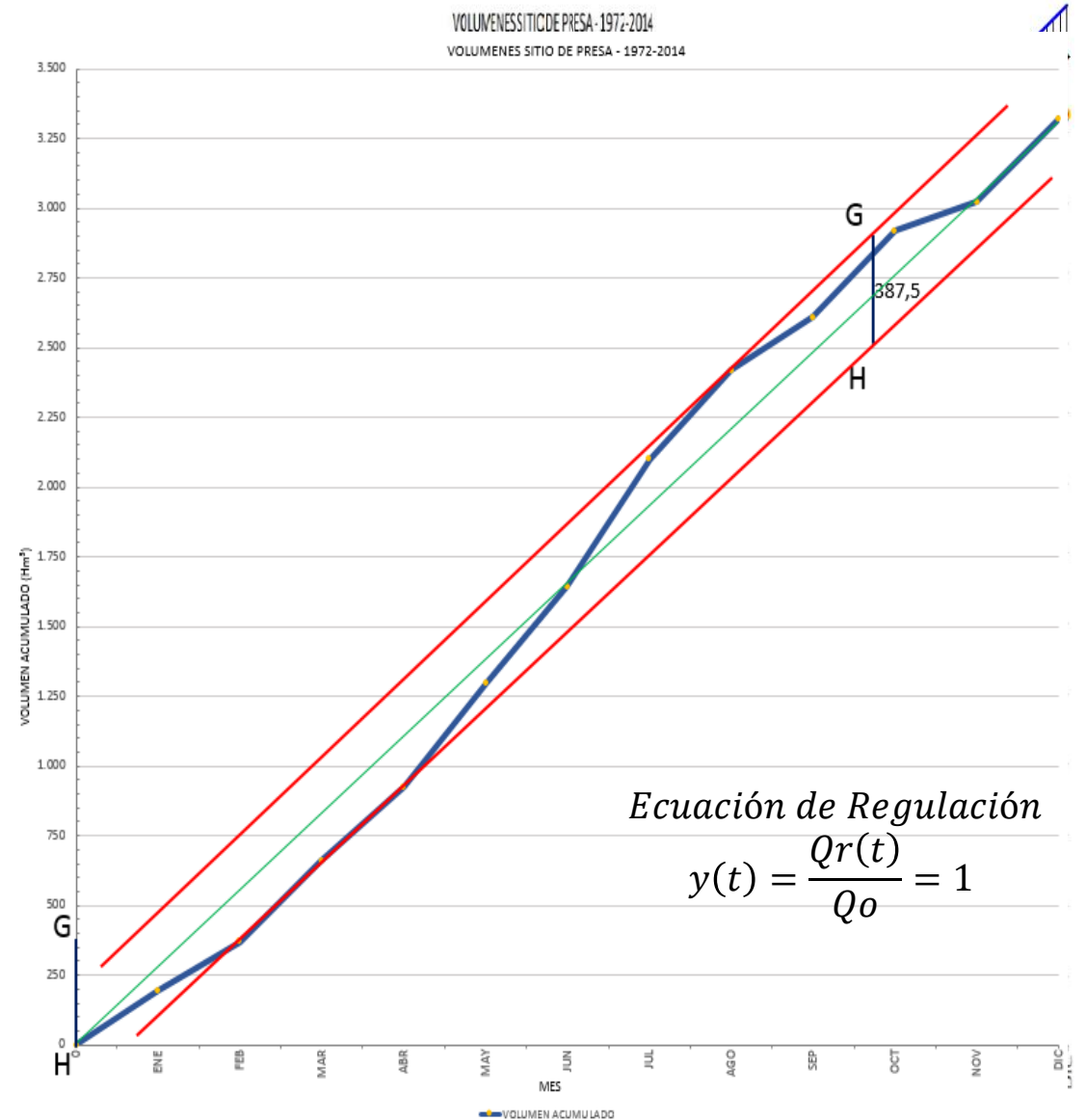


# VOLUMENES Y REGULACIÓN DEL EMBALSE

| Mes           | Qmed                | Qmed Acumulado      | Días     | Vol Acumulado     |                    |
|---------------|---------------------|---------------------|----------|-------------------|--------------------|
|               | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) |          | (m <sup>3</sup> ) | (Hm <sup>3</sup> ) |
| ENE           | 72,3                | 72,3                | 31       | 193766876,7       | 193,8              |
| FEB           | 80,9                | 153,2               | 28       | 370710538,6       | 370,7              |
| MAR           | 93,6                | 246,9               | 31       | 661199115,7       | 661,2              |
| ABR           | 109,4               | 356,3               | 30       | 923421459,6       | 923,4              |
| MAY           | 126,8               | 483,1               | 31       | 1293926270,1      | 1293,9             |
| JUN           | 150,3               | 633,4               | 30       | 1641767091,1      | 1641,8             |
| JUL           | 150,4               | 783,8               | 31       | 2099264851,1      | 2099,3             |
| AGO           | 119,5               | 903,3               | 31       | 2419465342,1      | 2419,5             |
| SEP           | 103,1               | 1006,4              | 30       | 2608618991,0      | 2608,6             |
| OCT           | 83,0                | 1089,4              | 31       | 2917948863,6      | 2917,9             |
| NOV           | 76,7                | 1166,2              | 30       | 3022698146,1      | 3022,7             |
| DIC           | 73,2                | 1239,3              | 31       | 3319427336,3      | 3319,4             |
| <b>Qmedio</b> | <b>103,3</b>        |                     | LINE G-H | VOLUMEN ÚTIL      | <b>387,5</b>       |



## Diagrama de Rippl



## Diagrama de Conti Varlet

# ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Datos iniciales:

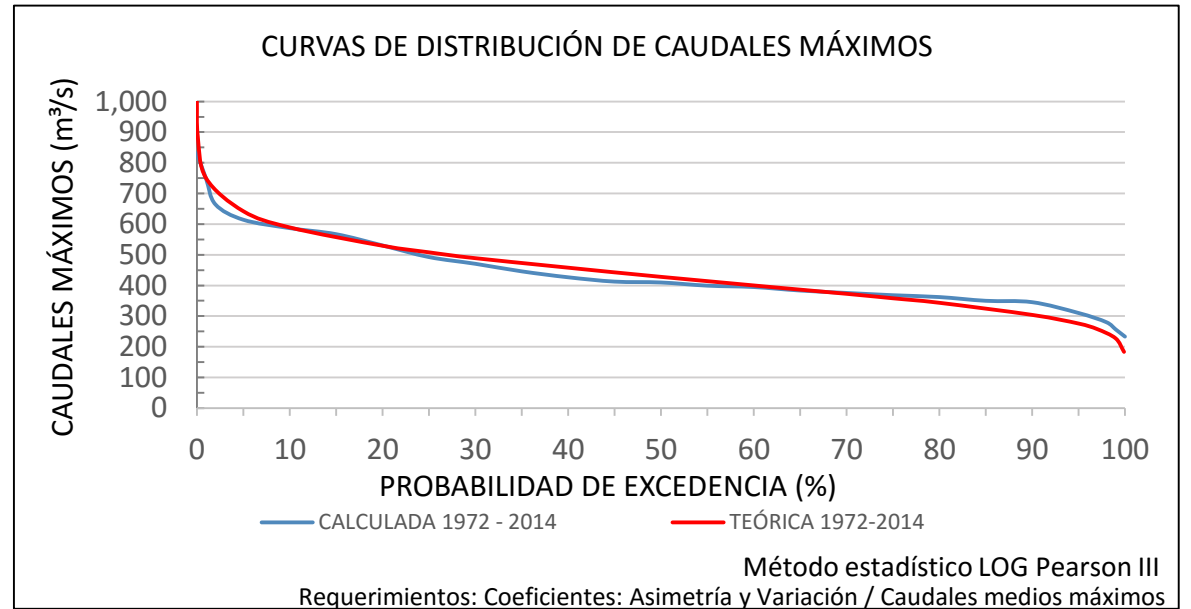
$$Ac = 1729.6 \text{ km}^2 \quad P = 2291.75 \text{ mm/multianual}$$

$$Q_o = 103.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{max} = a \frac{P * \sqrt{Ac}}{(1 + \lg Ac)} * (0,5 * \ln(T) - 0,7)$$

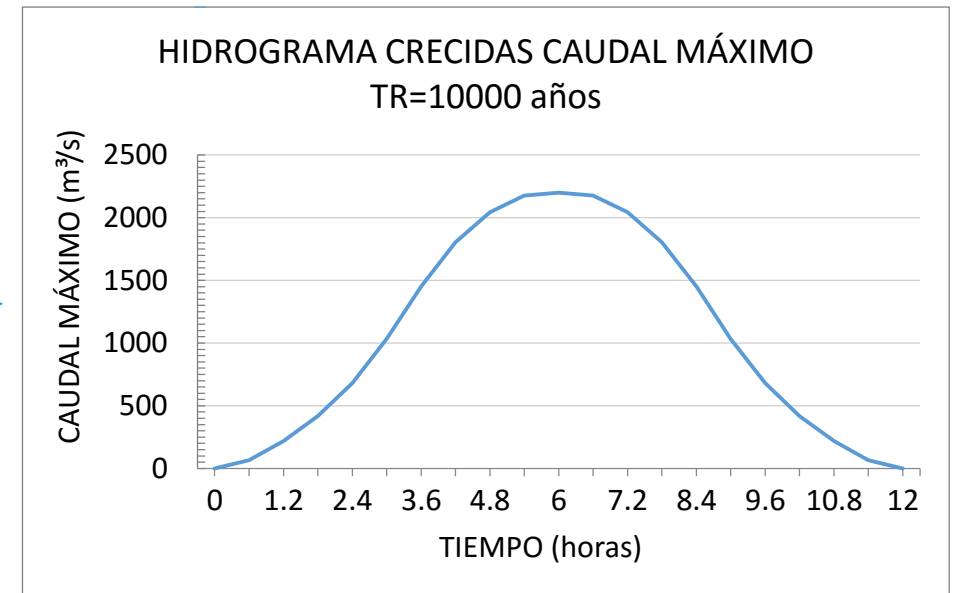
|                               |                       |                         |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| PRECIPITACIÓN (mm)            | 500 a 2500            | > 2500 a 4000           |
| Fórmula para el coeficiente a | $a=0,644-0,08*\ln(P)$ | $a=0,1256*\ln(P)-0,965$ |

Fuente: Sandoval W. 2014



| T      | Q max    |
|--------|----------|
| (años) | (m³/seg) |
| 10     | 254,08   |
| 25     | 512,03   |
| 50     | 707,15   |
| 100    | 902,28   |
| 500    | 1355,35  |
| 1000   | 1550,47  |
| 5000   | 2003,54  |
| 10000  | 2198,67  |

| Tc = 5,95 h                 | ≈ 6,00           | Q(Tr=10000)             | 2198,67    |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|------------|
| Hidrograma adimensional SCS |                  | Hidrograma Crecidas Max |            |
| Time Ratios                 | Discharge Ratios | CUADALE MÁXIMOS         |            |
| t/tp                        | q/qp             | T (Horas)               | Q (m³/seg) |
| 0                           | 0,00             | 0                       | 0,00       |
| 0,1                         | 0,03             | 0,6                     | 65,96      |
| 0,2                         | 0,10             | 1,2                     | 219,87     |
| 0,3                         | 0,19             | 1,8                     | 417,75     |
| 0,4                         | 0,31             | 2,4                     | 681,59     |
| 0,5                         | 0,47             | 3                       | 1033,37    |
| 0,6                         | 0,66             | 3,6                     | 1451,12    |
| 0,7                         | 0,82             | 4,2                     | 1802,91    |
| 0,8                         | 0,93             | 4,8                     | 2044,76    |
| 0,9                         | 0,99             | 5,4                     | 2176,68    |
| 1                           | 1,00             | 6                       | 2198,67    |





## Volumen de Descarga del Vertedero Tr=10.000 años

$$\Delta Volumen = (t_2 - t_1) * (Q_2 - Q_1) * \frac{3600}{2 * 10^6}$$

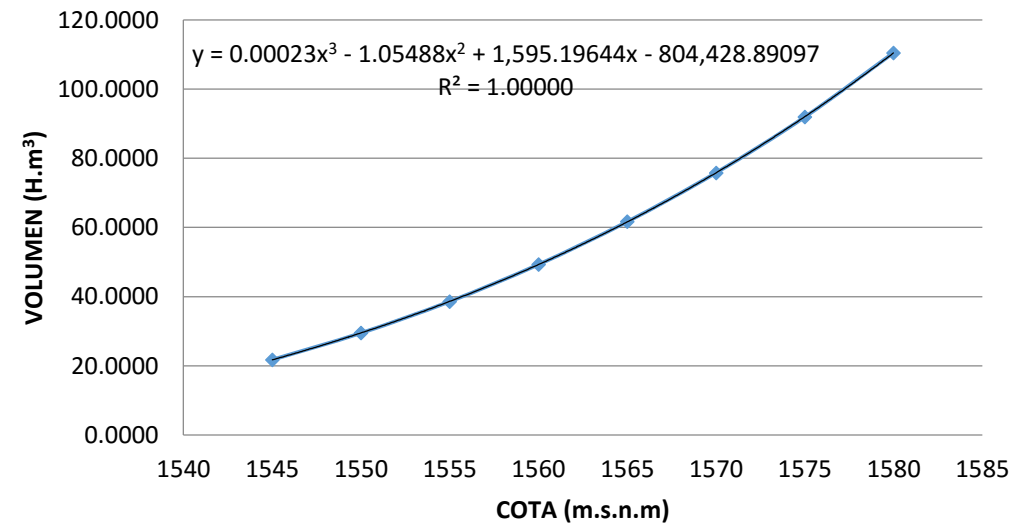
### DATOS HIDROGRAMA

| TIEMPO<br>(h)        | CAUDAL<br>CALCULADO (m³/s) | Δ VOLUMEN 10 <sup>6</sup><br>m³ |
|----------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 0                    | 0,00                       | 0,00                            |
| 0,6                  | 65,96                      | 0,07                            |
| 1,2                  | 219,87                     | 0,31                            |
| 1,8                  | 417,75                     | 0,69                            |
| 2,4                  | 681,59                     | 1,19                            |
| 3                    | 1033,37                    | 1,85                            |
| 3,6                  | 1451,12                    | 2,68                            |
| 4,2                  | 1802,91                    | 3,51                            |
| 4,8                  | 2044,76                    | 4,16                            |
| 5,4                  | 2176,68                    | 4,56                            |
| 6                    | 2198,67                    | 4,73                            |
| 6,6                  | 2176,68                    | 4,73                            |
| 7,2                  | 2044,76                    | 4,56                            |
| 7,8                  | 1802,91                    | 4,16                            |
| 8,4                  | 1451,12                    | 3,51                            |
| 9                    | 1033,37                    | 2,68                            |
| 9,6                  | 681,59                     | 1,85                            |
| 10,2                 | 417,75                     | 1,19                            |
| 10,8                 | 219,87                     | 0,69                            |
| 11,4                 | 65,96                      | 0,31                            |
| 12                   | 0,00                       | 0,07                            |
| <b>VOLUMEN TOTAL</b> |                            | <b>47,49</b>                    |

## Cota vs Volumen

| COTA<br>(m.s.n.m) | VOLUMEN EMBALSE<br>(H.m³) |
|-------------------|---------------------------|
| 1480,0            | 0.0000                    |
| 1485,0            | 0.0510                    |
| 1490,0            | 0.1792                    |
| 1495,0            | 0.4047                    |
| 1500,0            | 0.7480                    |
| 1505              | 1.2485                    |
| 1510              | 1.9486                    |
| 1515              | 2.8963                    |
| 1520              | 4.2071                    |
| 1525              | 5.9428                    |
| 1530              | 8.2395                    |
| 1535              | 11.3137                   |
| 1540              | 15.6294                   |
| 1545              | 21.7198                   |
| 1550              | 29.4543                   |
| 1555              | 38.5844                   |
| 1560              | 49.2793                   |
| 1565              | 61.6683                   |
| 1570              | 75.8047                   |
| 1575              | 91.9424                   |
| 1580              | 110.53                    |

### COTA/VOLUMEN DEL EMBALSE



# Calculo del ancho del vertedero Tr=10.000 años

Variación de altura, en m

$$\Delta H = Cota_f - Cota_i$$

Variación de volúmenes, en 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

$$\Delta V = Volumen_f - Volumen_i$$

Caudal de descarga, en m<sup>3</sup>/s

$$Q_x = Q_{max} * \left(1 - \frac{\Delta V}{Vt}\right)$$

Ancho b, en m

$$b = \frac{Q_x}{m * \sqrt{2 * g * H^{3/2}}}$$

Donde:

m = Coeficiente del vertedero, adimensional.

g = Fuerza de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>

| COTA VOLUMEN   |                                     | CARGA SOBRE EL VERTEDERO |  |   |           |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------|--|---|-----------|
| COTA (m.sn.m)  | VOLUMEN EMBALSE (H.m <sup>3</sup> ) | H (m)                    | DELTA V. EMBALSE 10 <sup>6</sup> (m <sup>3</sup> ) | Qx (Caudal de descarga) (m <sup>3</sup> /s) | b (m)     |
| 1572.00        | 82.04                               | 0.00                     | 0.00   | 2198.67                                     | 0         |
| 1572.50        | 83.65                               | 0.50                     | 1.61   | 2124.07                                     | 2768      |
| 1573.00        | 85.28                               | 1.00                     | 3.24   | 2048.44                                     | 944       |
| 1573.50        | 86.94                               | 1.50                     | 4.90   | 1971.82                                     | 495       |
| 1574.00        | 88.62                               | 2.00                     | 6.58   | 1894.19                                     | 309       |
| 1574.50        | 90.32                               | 2.50                     | 8.28   | 1815.56                                     | 212       |
| 1575.00        | 92.04                               | 3.00                     | 10.00  | 1735.91                                     | 154       |
| 1575.50        | 93.78                               | 3.50                     | 11.74  | 1655.23                                     | 116       |
| 1576.00        | 95.54                               | 4.00                     | 13.50  | 1573.52                                     | 91        |
| 1576.50        | 97.33                               | 4.50                     | 15.29  | 1490.78                                     | 72        |
| 1577.00        | 99.14                               | 5.00                     | 17.10  | 1406.98                                     | 58        |
| 1577.50        | 100.97                              | 5.50                     | 18.93  | 1322.13                                     | 47        |
| <u>1578.00</u> | <u>102.83</u>                       | <u>6.00</u>              | <u>20.79</u>                                       | <u>1236.21</u>                              | <u>39</u> |
| <u>1578.50</u> | <u>104.71</u>                       | <u>6.50</u>              | <u>22.67</u>                                       | <u>1149.22</u>                              | <u>32</u> |
| <u>1579.00</u> | <u>106.61</u>                       | <u>7.00</u>              | <u>24.57</u>                                       | <u>1061.15</u>                              | <u>26</u> |
| 1579.25        | 107.57                              | 7.25                     | 25.53  | 1016.70                                     | 24        |
| 1579.50        | 108.54                              | 7.50                     | 26.50  | 971.99                                      | 22        |
| 1579.75        | 109.51                              | 7.75                     | 27.47  | 927.00                                      | 20        |
| 1580.00        | 110.49                              | 8.00                     | 28.45  | 881.73                                      | 18        |
| 1580.25        | 111.47                              | 8.25                     | 29.43  | 836.19                                      | 16        |
| 1580.50        | 112.46                              | 8.50                     | 30.42  | 790.37                                      | 15        |
| 1580.75        | 113.46                              | 8.75                     | 31.42  | 744.27                                      | 13        |
| 1581.00        | 114.46                              | 9.00                     | 32.42  | 697.89                                      | 12        |
| 1581.25        | 115.46                              | 9.25                     | 33.42  | 651.23                                      | 11        |
| 1581.50        | 116.48                              | 9.50                     | 34.44  | 604.29                                      | 10        |
| 1581.75        | 117.50                              | 9.75                     | 35.46  | 557.07                                      | 8         |

# Cálculo del Nivel Máximo de Operaciones del Embalse para b=35 m

Caudal del Vertedero

$$Q_v = Q_x = m * \sqrt{2 * g} * b * H^{3/2}$$

Volumen del Embalse

$$V_{embalse} = 0.0023X^2 - 1.05488X^2 + 1595.196X - 804428.891$$

Tramo 1

$$y = 14,48X^2 - 2374,92X + 97352,53$$

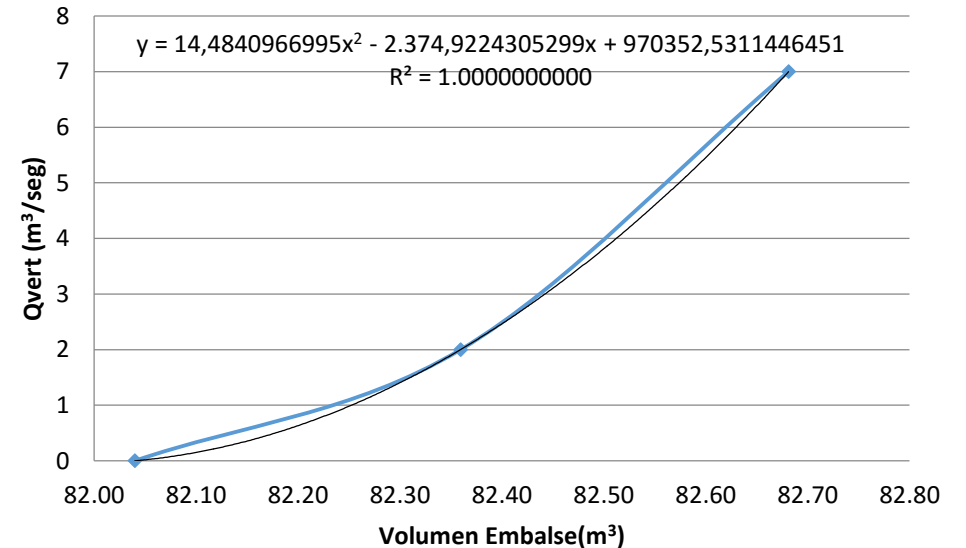
| H (m) | Qvert=Qx (m³/s) | COTA (m.s.n.m) | V EMBALSE (Hm³) | Qx2 (ecuación) | Ecuación |
|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------|
| 0     | 0               | 1572,00        | 82,04           | 0,00           | E.C.1    |
| 0,1   | 2               | 1572,10        | 82,36           | 2,00           |          |
| 0,2   | 7               | 1572,20        | 82,68           | 7,00           |          |

Donde:

X = Valores de cota

Variaciones de cota de 0.1 m y tomando varios tramos de análisis

Q / V

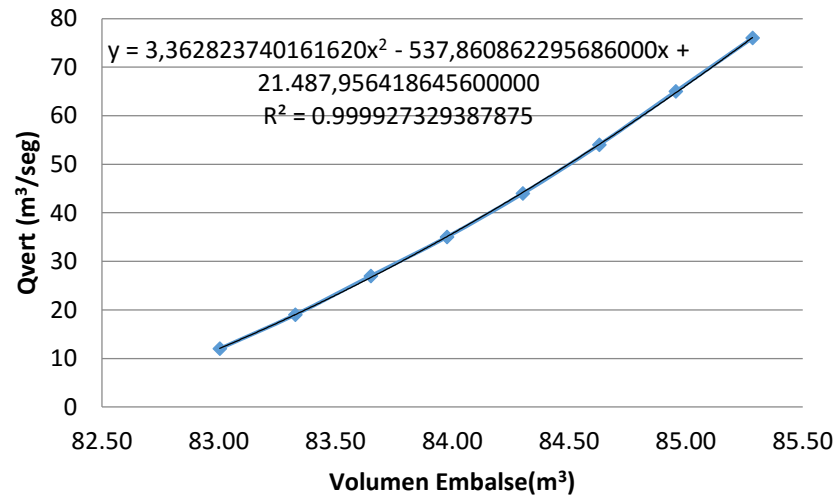


## Tramo 2

$$y = 3,36X^2 - 537,86X + 21487,96$$

| H (m) | Qvert=Qx (m³/s) | COTA (m.s.n.m) | V EMBALSE (Hm³) | Qx2 (ecuación) | Ecuación |
|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------|
| 0,3   | 12              | 1572,30        | 83,00           | 12,07          | E.C. 2   |
| 0,4   | 19              | 1572,40        | 83,33           | 19,02          |          |
| 0,5   | 27              | 1572,50        | 83,65           | 26,69          |          |
| 0,6   | 35              | 1572,60        | 83,98           | 35,09          |          |
| 0,7   | 44              | 1572,70        | 84,30           | 44,22          |          |
| 0,8   | 54              | 1572,80        | 84,63           | 54,10          |          |
| 0,9   | 65              | 1572,90        | 84,96           | 64,72          |          |
| 1     | 76              | 1573,00        | 85,28           | 76,09          |          |

Q/v

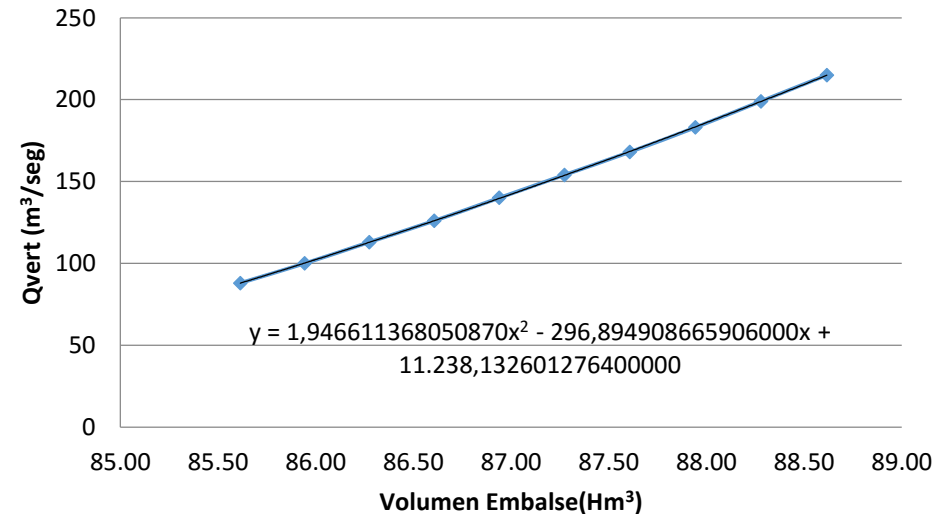


## Tramo 3

$$y = 1,946X^2 - 296,89X + 11238,13$$

| H (m) | Qvert=Qx (m³/s) | COTA (m.s.n.m) | V EMBALSE (Hm³) | Qx2 (ecuación) | Ecuación |
|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------|
| 1,1   | 88              | 1573,10        | 85,61           | 87,97          | E.C. 3   |
| 1,2   | 100             | 1573,20        | 85,94           | 100,21         |          |
| 1,3   | 113             | 1573,30        | 86,28           | 112,90         |          |
| 1,4   | 126             | 1573,40        | 86,61           | 126,06         |          |
| 1,5   | 140             | 1573,50        | 86,94           | 139,68         |          |
| 1,6   | 154             | 1573,60        | 87,27           | 153,77         |          |
| 1,7   | 168             | 1573,70        | 87,61           | 168,33         |          |
| 1,8   | 183             | 1573,80        | 87,94           | 183,36         |          |
| 1,9   | 199             | 1573,90        | 88,28           | 198,87         |          |
| 2     | 215             | 1574,00        | 88,62           | 214,87         |          |

Q/v



### 1.- Cálculo de la $\Delta T$

$$\Delta T = (h_2 - h_1) * 3600$$

Los valores de  $h_1$  y  $h_2$  se obtienen del hidrograma.

### 2.- Cálculo de $Q_1$

El valor de  $Q_1$  es el caudal que se obtiene del hidrograma

### 3.- Cálculo de $Q_2$

El valor de  $Q_2$  son los valores de  $Q_1$  exceptuando el primero.

### 4.- Cálculo de $Q_{x2}$

Este valor obtenemos al igualarlo con  $Q_x$

### 5.- Cálculo de $Q_x$ !

El valor de  $Q_{x1}$  es igual al valor de  $Q_{x2}$  pero iniciando desde 0.

### 6.- Cálculo de $V_2$

$$V_2 = V_1 + \frac{\left(\frac{Q_1 + Q_2}{2} - \frac{Q_{x1} + Q_{x2}}{2}\right) * \Delta T}{10^6}$$

### 7.- Cálculo de $V_1$

El valor de  $V_1$  es igual a  $V_2$ , pero iniciando con el valor del volumen del embalse inicial.

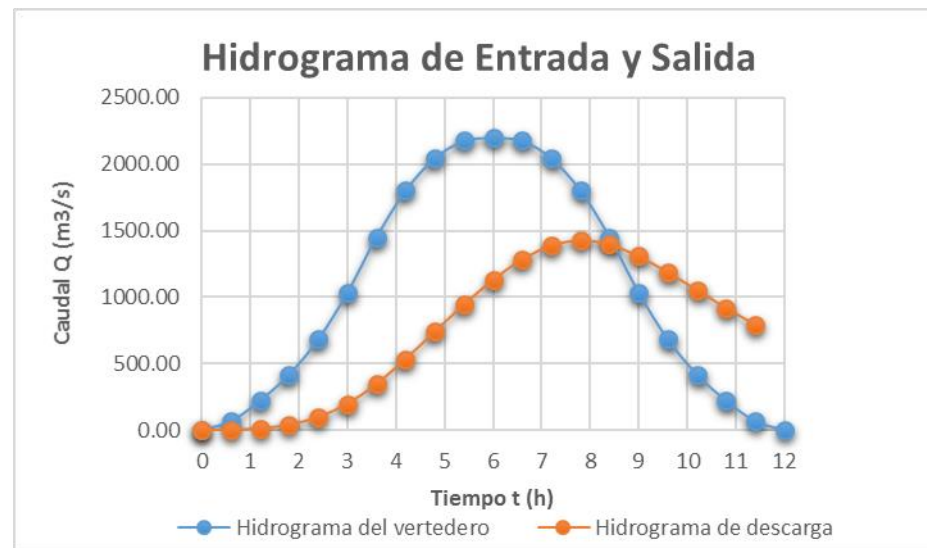
### 8.- Cálculo de $Q_x$

$$Q_x = (a * V_2^2) + (b * V_2) + c$$

Los valores de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  dependen de las ecuaciones que se tenga en cada tramo, mostradas anteriormente.

### Cálculo del Caudal de Diseño

| $\Delta T$ (seg) | $Q_1$   | $Q_2$   | $(Q_1+Q_2)/2$ | $Q_{x1}$ | $Q_{x2}$ | $(Q_{x1}+Q_{x2})/2$ | $V_1$  | $V_2$      | $Q_x$   | COTA   |
|------------------|---------|---------|---------------|----------|----------|---------------------|--------|------------|---------|--------|
| 2160             | 0,00    | 65,96   | 32,98         | 0        | 0,19     | 0,10                | 82,04  | 82,11      | 0,19    | 1572,0 |
| 2160             | 65,96   | 219,87  | 142,91        | 0,19     | 2,67     | 1,43                | 82,11  | 82,42      | 2,67    | 1572,1 |
| 2160             | 219,87  | 417,75  | 318,81        | 2,67     | 13,80    | 8,24                | 82,42  | 83,09      | 13,80   | 1572,3 |
| 2160             | 417,75  | 681,59  | 549,67        | 13,80    | 41,7     | 27,75               | 83,09  | 84,21      | 41,70   | 1572,6 |
| 2160             | 681,59  | 1033,37 | 857,48        | 41,7     | 99,1     | 70,40               | 84,21  | 85,91      | 99,10   | 1573,1 |
| 2160             | 1033,37 | 1451,12 | 1242,25       | 99,1     | 198,73   | 148,92              | 85,91  | 88,28      | 198,73  | 1573,8 |
| 2160             | 1451,12 | 1802,91 | 1627,01       | 198,73   | 347,79   | 273,26              | 88,28  | 91,20      | 347,79  | 1574,7 |
| 2160             | 1802,91 | 2044,76 | 1923,84       | 347,79   | 535,64   | 441,72              | 91,20  | 94,40      | 535,64  | 1575,6 |
| 2160             | 2044,76 | 2176,68 | 2110,72       | 535,64   | 741,87   | 638,76              | 94,40  | 97,58      | 741,87  | 1576,5 |
| 2160             | 2176,68 | 2198,67 | 2187,68       | 741,87   | 945,45   | 843,66              | 97,58  | 100,48     | 945,45  | 1577,3 |
| 2160             | 2198,67 | 2176,68 | 2187,68       | 945,45   | 1131,57  | 1038,51             | 100,48 | 102,97     | 1131,57 | 1578,0 |
| 2160             | 2176,68 | 2044,76 | 2110,72       | 1131,57  | 1285,48  | 1208,53             | 102,97 | 104,92     | 1285,48 | 1578,5 |
| 2160             | 2044,76 | 1802,91 | 1923,84       | 1285,48  | 1389,21  | 1337,35             | 104,92 | 106,18     | 1389,21 | 1578,8 |
| 2160             | 1802,91 | 1451,12 | 1627,01       | 1389,21  | 1428,53  | 1408,87             | 106,18 | 106,65     | 1428,53 | 1579,0 |
| 2160             | 1451,12 | 1033,37 | 1242,25       | 1428,53  | 1397,7   | 1413,12             | 106,65 | 106,28     | 1397,70 | 1578,9 |
| 2160             | 1033,37 | 681,59  | 857,48        | 1397,7   | 1309,56  | 1353,63             | 106,28 | 105,21     | 1309,56 | 1578,6 |
| 2160             | 681,59  | 417,75  | 549,67        | 1309,56  | 1188,82  | 1249,19             | 105,21 | 103,70     | 1188,82 | 1578,2 |
| 2160             | 417,75  | 219,87  | 318,81        | 1188,82  | 1055,25  | 1122,04             | 103,70 | 101,97     | 1055,26 | 1577,7 |
| 2160             | 219,87  | 65,96   | 142,91        | 1055,25  | 920,61   | 987,93              | 101,97 | 100,14     | 920,60  | 1577,2 |
| 2160             | 65,96   | 0,00    | 32,98         | 920,61   | 794,97   | 857,79              | 100,14 | 98,36      | 794,97  | 1576,7 |
|                  |         |         |               |          |          |                     |        | <b>MAX</b> | 1428,53 | 1579,0 |





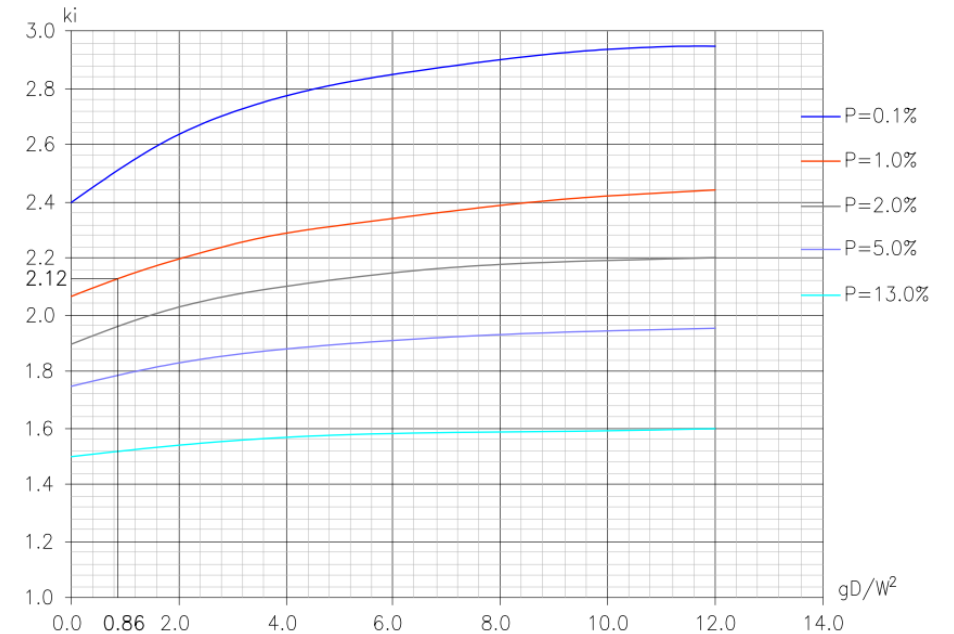
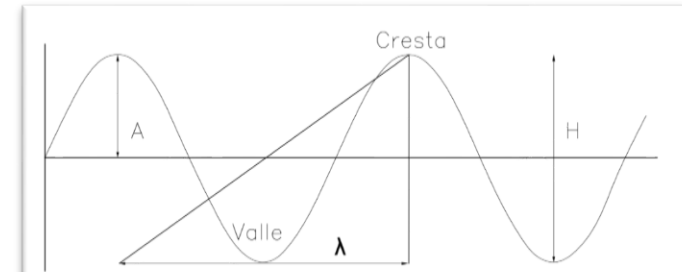
# Diseño de Presa de Escollera con Pantalla de Hormigón

| VARIABLE  | DESCRIPCION        | VALOR |
|-----------|--------------------|-------|
| <b>m1</b> | Talud aguas arriba | 1,4:1 |
| <b>m2</b> | Talud aguas abajo  | 1,4:1 |

## Velocidad del viento

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| <b>V(m/s) - NAMOasu</b> | <b>10,00</b> |
| <b>V(m/s) - NAME</b>    | <b>5,00</b>  |

|                                 | DESCRIPCIÓN                          | NAME  | NAMO  |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|
| <b>W (m/s)</b>                  | Velocidad del viento                 | 5,0   | 10,0  |
| <b>D (Km)</b>                   | Fetch                                | 2,2   | 2,2   |
| <b>h (m)</b>                    | $h = 0,009165W^3\sqrt{WD}$           | 0,102 | 0,257 |
| <b><math>\tau</math> (seg)</b>  | $\tau = 7,5 \frac{h^{3/5}}{W^{1/5}}$ | 1,381 | 2,093 |
| <b><math>\lambda</math> (m)</b> | $\lambda = \frac{g\tau^2}{2\pi}$     | 2,975 | 6,834 |

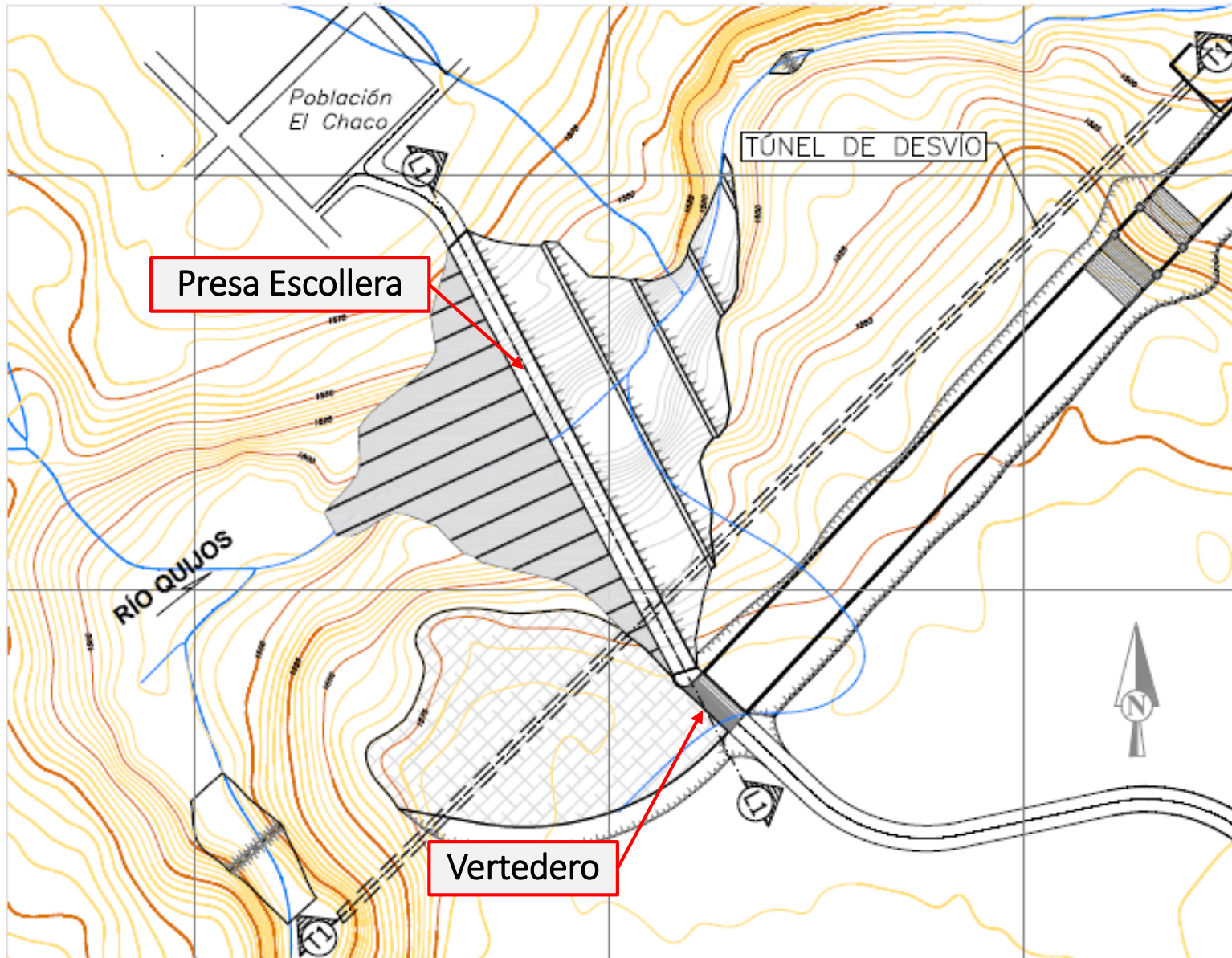


| $\frac{g \cdot D}{W^2}$ | Gráfica | 0.862 | 0.216 |
|-------------------------|---------|-------|-------|
|-------------------------|---------|-------|-------|

|                |         |       |       |
|----------------|---------|-------|-------|
| <b>Ki (1%)</b> | Gráfica | 2,120 | 2,120 |
|----------------|---------|-------|-------|

|                 |                         |       |       |
|-----------------|-------------------------|-------|-------|
| <b>hi1% (m)</b> | $h_{i\%} = k_i \cdot h$ | 0,216 | 0,544 |
|-----------------|-------------------------|-------|-------|

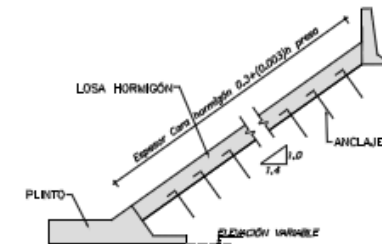
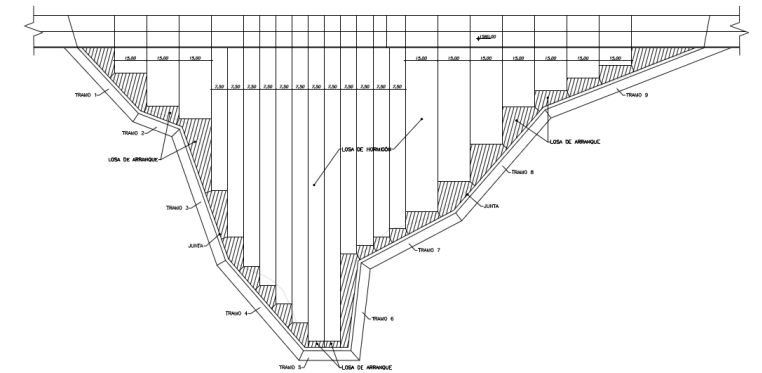
# Diseño de Presa de Escollera con Pantalla de Hormigón



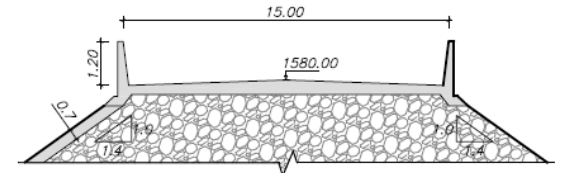
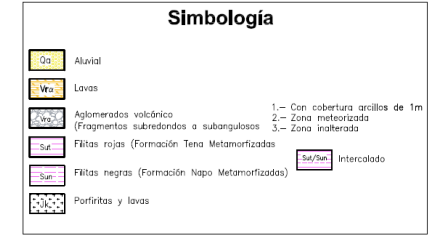
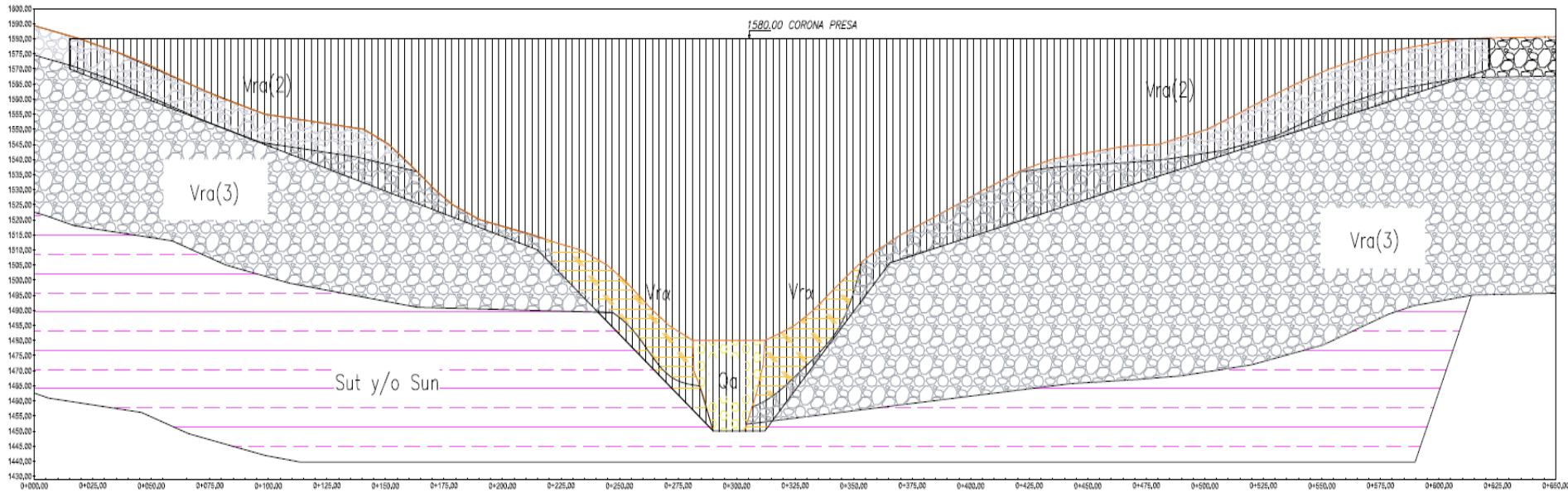
## Dimensionamiento de pantalla de hormigón

|               | DESCRIPCIÓN                      | Valor |
|---------------|----------------------------------|-------|
| K             | Factor de tipo de juntas         | 0,10  |
| $\lambda$ (m) | Periodo de duración de la ola    | 2,975 |
| L (m)         | Dimensión vertical de las juntas | 20    |
| h (m)         | Altura de la ola                 | 0,216 |
| m             | Talud aguas arriba               | 1,400 |
| th (m)        |                                  | 0,007 |

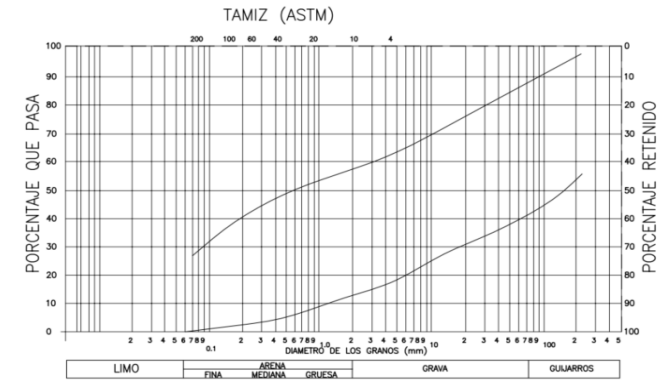
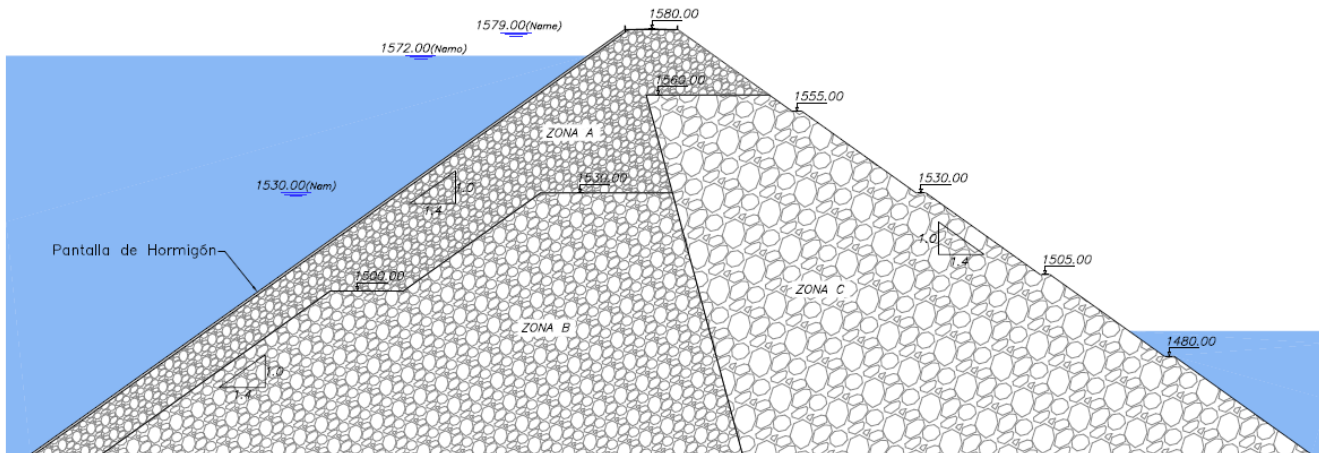
$$t_h = kh \sqrt{\frac{\lambda}{mL}}$$



# Diseño de Presa de Escollera con Pantalla de Hormigón



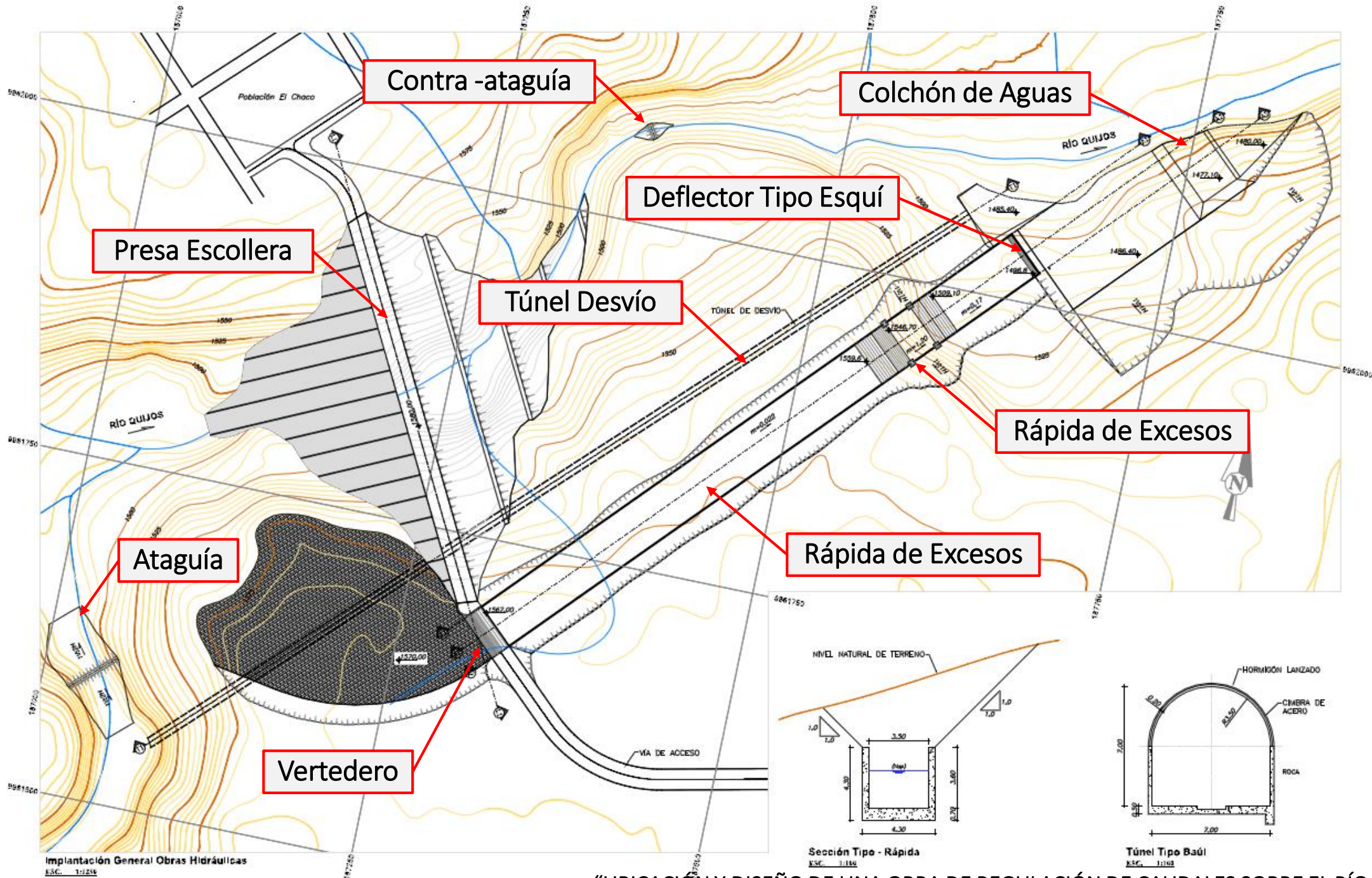
Perfil Geológico



Características del cuerpo de la presa



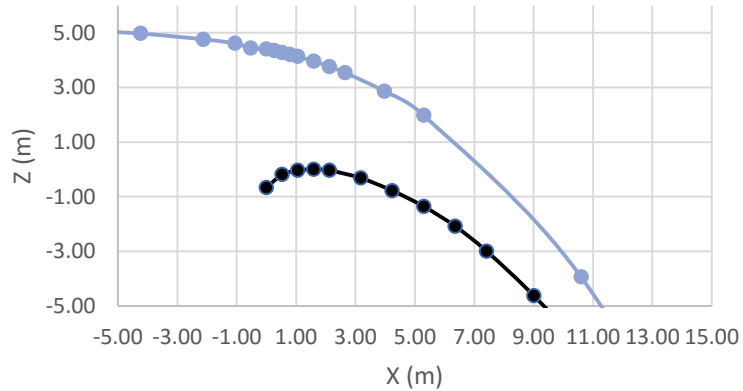
O  
B  
R  
A  
S  
  
H  
I  
D  
R  
Á  
U  
L  
I  
C  
A  
S



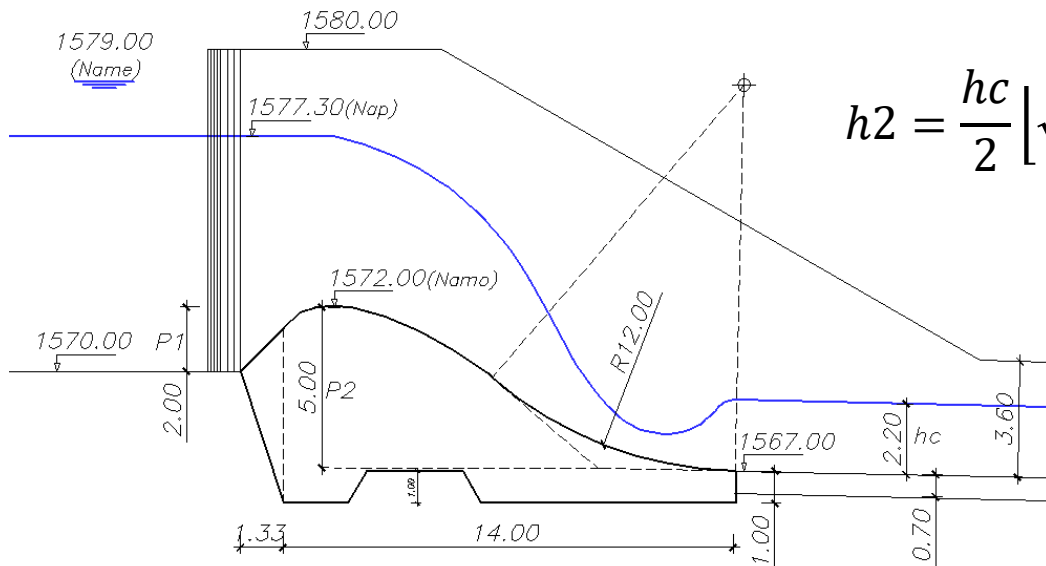
“UBICACIÓN Y DISEÑO DE UNA OBRA DE REGULACIÓN DE CAUDALES SOBRE EL RÍO QUIJOS”

# VERTEDERO CREAGER

PERFIL DEL VERTEDERO



● Vertedero Creager    ● SUPERFICIE LIBRE



$$Q_{\text{proyecto}} = 941.53 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$H_o = \left( \frac{Q}{m * b * \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$$

$$q = \frac{Q}{b}$$

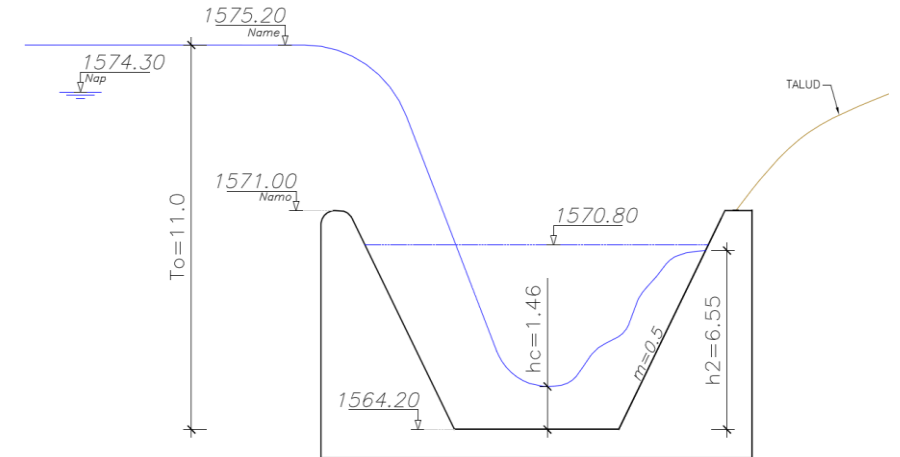
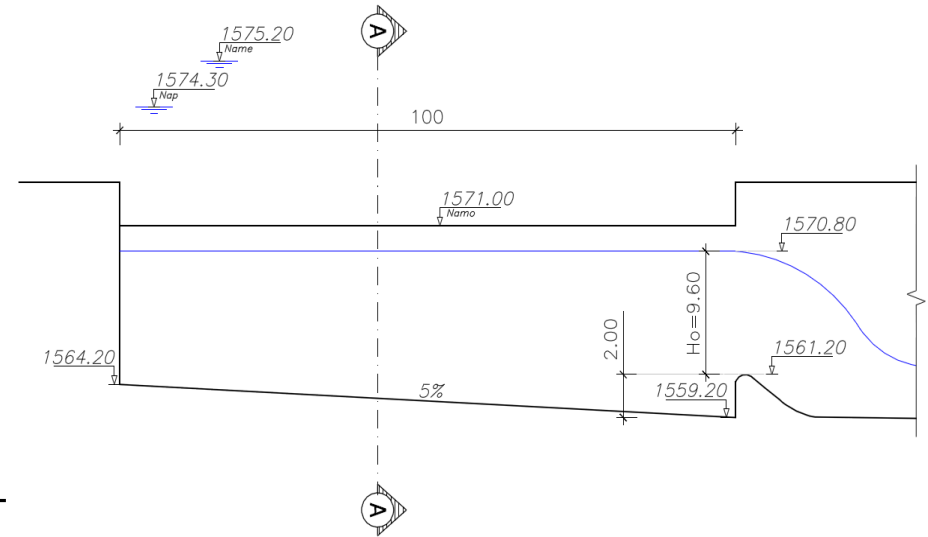
$$hc = \frac{Q}{b * C_v * \sqrt{2g(T_o - hc)}}$$

$$h_2 = \frac{hc}{2} \left[ \sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right]$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * hc}}$$

$$V = \frac{q_{\text{ext}}}{hc}$$

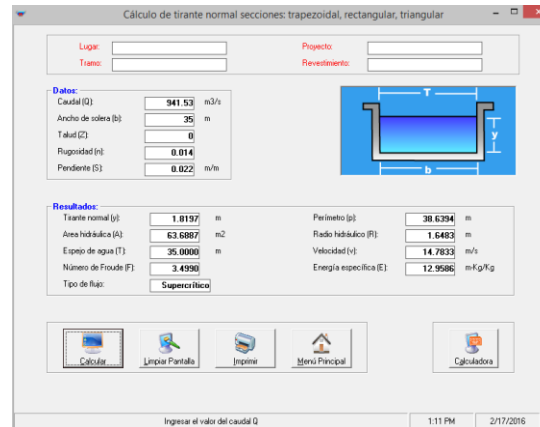
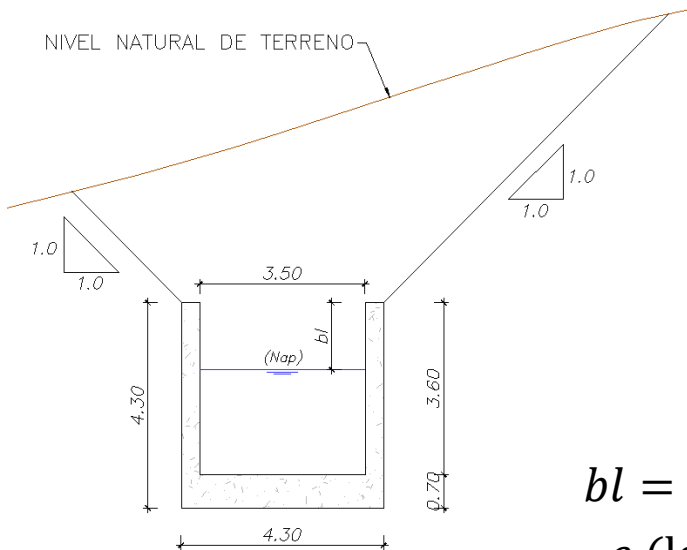
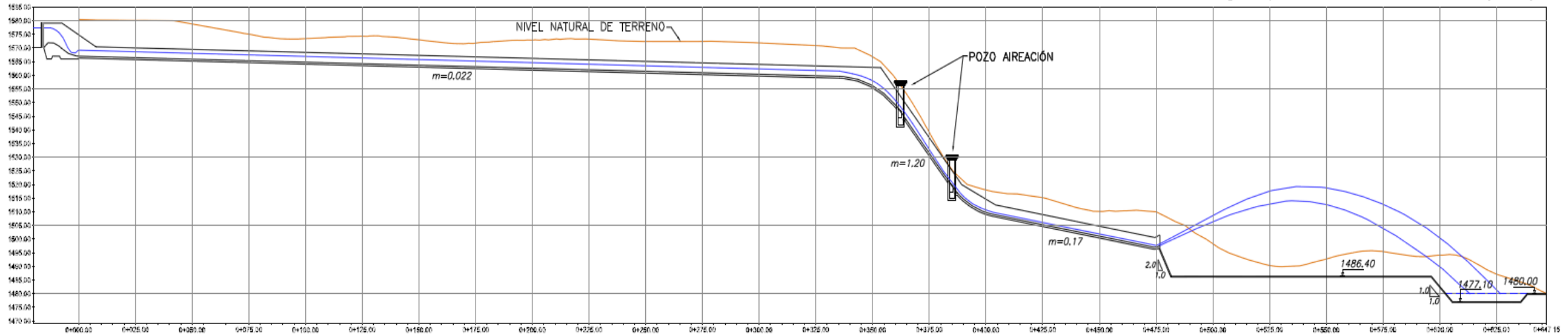
# VERTEDERO LATERAL





# RÁPIDA

$Q_{\text{proyecto}} = 941.53 \text{ m}^3/\text{seg}$

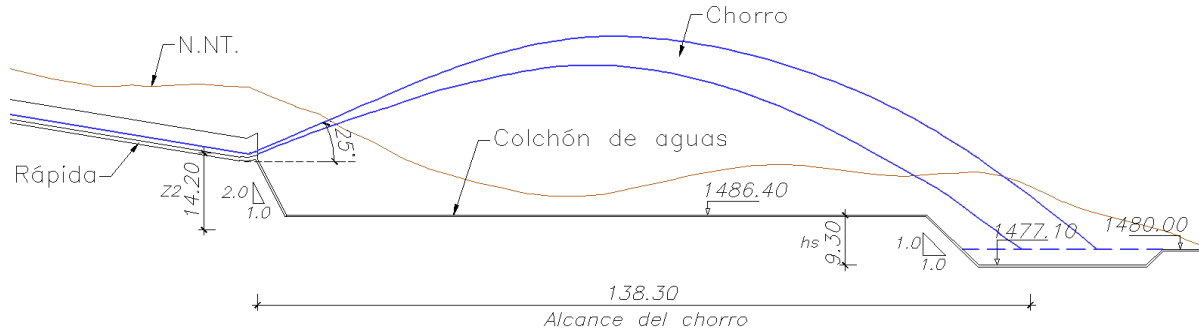


| Tramo Rápida | Longitud (m) | Pendiente | Tirante Normal (m) | Velocidad (m³/s) |
|--------------|--------------|-----------|--------------------|------------------|
| 1            | 335,53       | 0,022     | 1,92               | 14,78            |
| 2            | 15,25        | 0,24      | 1,64               | 30,89            |
| 3            | 15,26        | 0,78      | 1,2                | 44,25            |
| 4            | 35,47        | 1,2       | 0,77               | 50,44            |
| 5            | 10,6         | 0,84      | 0,74               | 45,26            |
| 6            | 10,57        | 0,36      | 0,74               | 35,00            |
| 7            | 73           | 0,17      | 0,62               | 28,00            |

$$bl = 0,15 * Q^{0,3} \text{ Chebaesky V. (1982)}$$

$$e \text{ (losa)} = 0,035 * a * v\sqrt{h} = 0.68\text{m}$$

## Deflector Tipo Esquí



$$L = ka \frac{v1^2}{g} \cos\beta (\sen\beta + \sqrt{\sen^2\beta - 2gz2/v1^2})$$

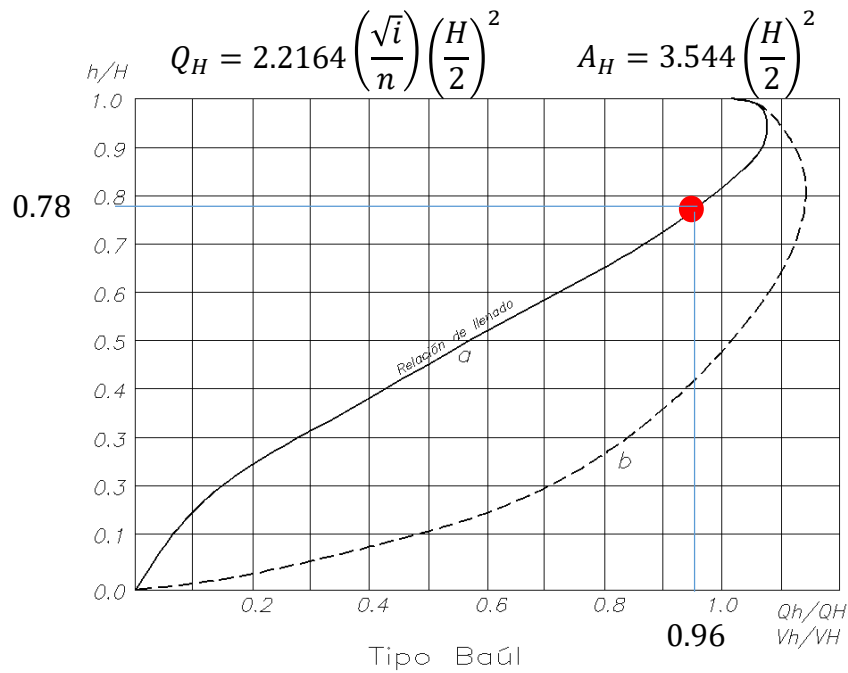
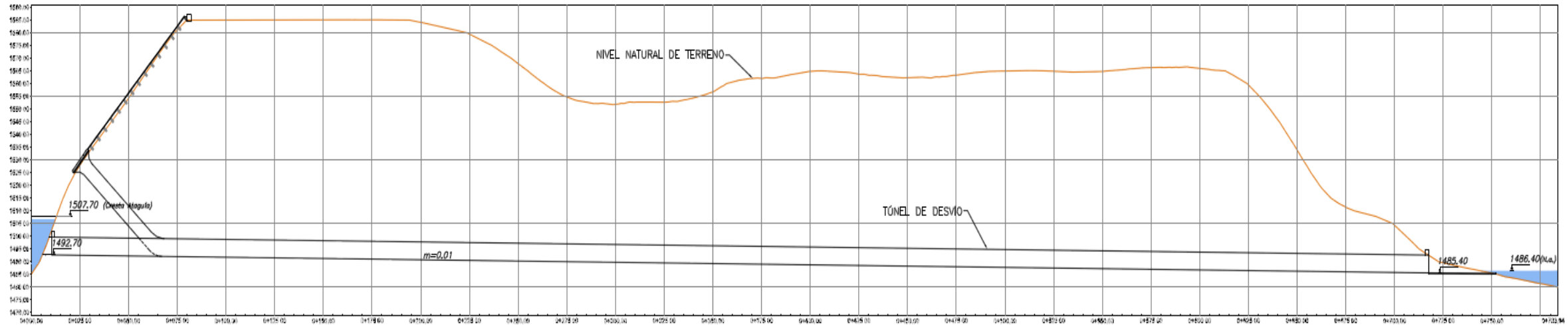
$$hs = 5.13 * K \frac{q^{0.567} \left(\frac{z1 + z2}{g}\right)^{0.15}}{(d90\% + 0.2)^{0.3}}$$

K= Coeficiente de desprendimiento, presas grandes 0,7

d90%= Diámetro partículas en mm corresponden al 90% del suelo de impacto del chorro.

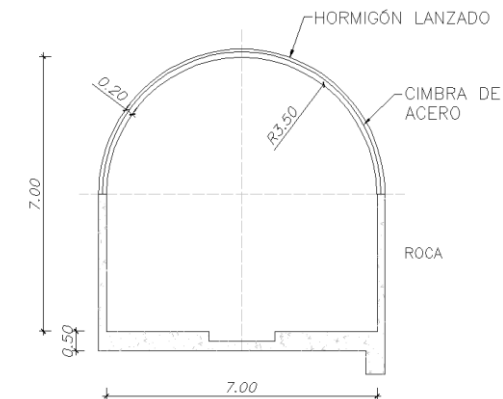
| Parámetro    | Descripción   | Valor  |
|--------------|---|--------|
| hc (m)       | Tramo final (hcanales)  | 0,62   |
| V (m/seg)    | Velocidad<br>$V = \frac{q}{hc}$   | 43,39  |
| β (grados)   | Ángulo de desprendimiento 25° a 35°   | 25,00  |
| β (radianes) | Angulo de desprendimiento 25° a 35°   | 0,44   |
| Fr           | Número de Froude  | 17,59  |
| ka           | Coeficiente de aireación de flujo Fr <sup>2</sup> >35<br>$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * hc}}$ | 0,80   |
| Z2 (m)       | Altura salto desde esquí hasta pozo   | 14,20  |
| Z1 (m)       | Altura aguas arriba inicio rápida hasta pozo  | 63,70  |
| L (m)        | Alcance del chorro  | 138,30 |
| hs           | Socavación  | 9,30   |

# Túnel de Desvío



| Parámetro    | Descripción                        | Valor  |
|--------------|------------------------------------|--------|
| i (m/m)      | Pendiente                          | 0,01   |
| n (hormigón) | Coefficiente de rugosidad          | 0,014  |
| Q20 (m³/s)   | Caudal 20años                      | 449,21 |
| m            | coeficiente vertedero cresta ancha | 0,34   |
| H (m)        | Altura = ancho túnel tipo baúl     | 7      |

| T  | Q           |
|----|-------------|
| m  | (m³/seg)    |
| 10 | 335,814633  |
| 11 | 370,9595639 |
| 12 | 403,0515208 |
| 13 | 432,7702147 |
| 14 | 460,575     |



## Conclusiones

- Por estar constituida la zona del proyecto y el sitio de la presa por material rocoso andesita se selecciona como mejor opción una presa de escollera (enrocado).
- La presa de enrocado tiene una altura de 130m, 294m de longitud de la corona, con un aliviadero de margen de 35m de ancho para un caudal de 941.53 m<sup>3</sup>/s.
- Para no afectar a la población de El Chaco con la construcción de la presa, la corona se establece en el nivel 1580 msnm.
- Los niveles del embalse para la presa se establecen en 1572 NAMO, 1577.30 NAP, 1579 NAME y 1530 NAM.
- Se prevé 15m de excavación del material superficial meteorizado en las márgenes izquierda y derecha del sitio de emplazamiento para que los espaldones se apoyen en aglomerados y roca volcánica moderadamente alterada.

## Recomendaciones:

- Para la cimentación de la presa se recomienda retirar aproximadamente 30m de material aluvial, cuyo volumen no es significativo y permite que la fundación se asiente sobre roca sana.
- En las zonas puntuales que de acuerdo al análisis de estabilidad se tiene cierto riesgo de deslizamiento se recomienda el uso de geotextil y anclajes sobre el talud aguas arriba y para el talud aguas abajo una mezcla de mortero de 2 m de espesor en su borde exterior que mejore la cohesión del material granular.
- Para definir los revestimientos de los túneles se requiere ampliar las investigaciones geotécnicas en la zona.
- Para el talud presente bajo el salto de esquí se recomienda revestirlo de hormigón lanzado.