

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO



IDAAN – VIGUECONS ESTEVEZ: PLANTA POTABILIZADORA SAN FRANCISCO

SIMULACIÓN HIDRÁULICA – RÍO CUETA

Lugar:

TOMA PLANTA POTABILIZADORA, en el CORREG. DE SAN ANDRES-
DISTRITO DE BUGABA, PROVINCIA DE CHIRIQUI EN LA REPÚBLICA DE
PANAMÁ.

ELABORADO POR: ING. ALPIDIO FRANCO

IDONEIDAD #: 5,438-06

OCTUBRE 2018

INTRODUCCIÓN:

La hidrología y climatología de influencia del **río Cueta** en la toma de la Planta Potabilizadora del sector, se encuentra comprendida en este estudio, con el propósito de caracterizar las variables climatológicas e hidrológicas que definen el comportamiento y tendencias que se presentan durante el ciclo hidrológico para el área de la micro cuenca del río Cueta hasta el sitio aledaño o próximo al Proyecto.

Conceptos Generales:

- Área de Drenaje:** Área en km² de la superficie terrestre drenada por un único sistema pluvial.
- Cuenca:** Para este documento se refiere a la cuenca principal o base (#102 “río Chiriquí Viejo”) en la que se ubica el Proyecto y abarca la micro cuenca de estudio
- Micro cuenca de estudio:** Se refiere al área de drenaje delimitada en estudio hasta el sitio próximo al Proyecto. También se le puede llamar Cuenca de Aportación.
- Proyecto:** Se refiere al Proyecto Planta Potabilizadora
- Traslado de Caudales:** Metodología comúnmente utilizada en hidrología para estudiar numéricamente los valores de caudales registrados por una estación cercana en un sitio o punto de interés de la misma cuenca o vecinas con características hidrológicas similares.
- Sitio de influencia:** Se refiere al sitio de estudio mediante secciones hidráulicas próximas a la toma de la planta.

1. UBICACIÓN EXACTA DEL PROYECTO.

1.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN REGIONAL DEL PROYECTO

La ubicación político-administrativa corresponde al Corregimiento de San Andrés, en el Distrito de Bugaba, Provincia de Chiriquí, de la República de Panamá.



Figura #1. Mapa de ubicación geo-política del proyecto.

La ubicación del Proyecto se describe así: Para llegar al sitio del Proyecto se deberá ir por la interamericana en dirección a la Frontera, ingresando a mano derecha por la vía a San Andrés hasta llegar al poblado del mismo nombre, se sigue a mano derecha en dirección a la localidad de San Francisco, una vez allí se avanza por la segunda entrada a mano derecha y se recorren por un camino de tierra unos 5 kilómetros hasta llegar a una entrada a mano derecha y se sigue unos 500 metros hasta llegar al sitio de toma en el río Cueta.

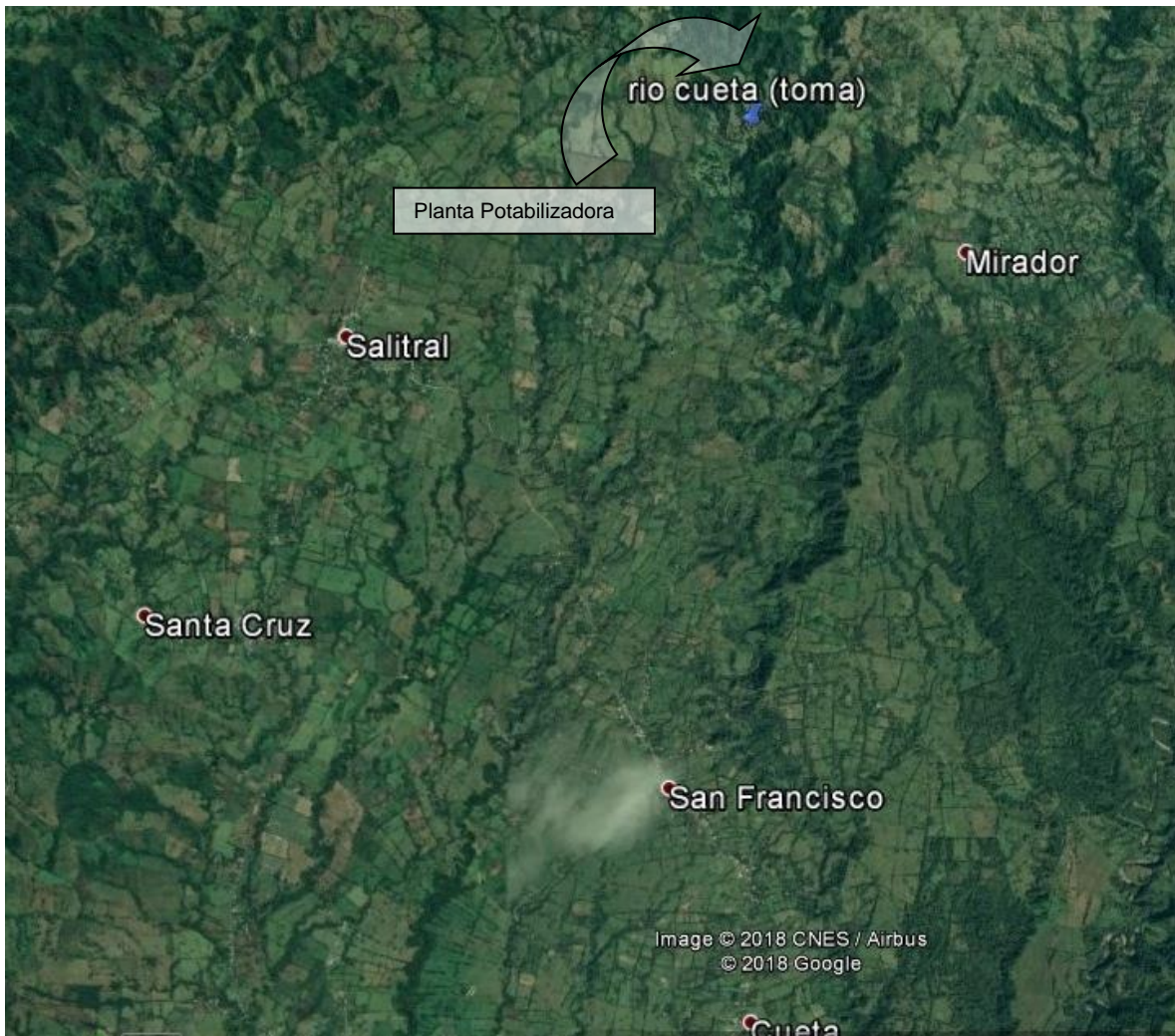


Figura #2. Ubicación: imagen satelital del Proyecto Planta Potabilizadora

1.2 MAPA (HOJA TOPOGRÁFICA) A ESCALA 1:50,000

Hoja Topográfica: “LA CONCEPCIÓN” # 3641-I DEL IGNTG

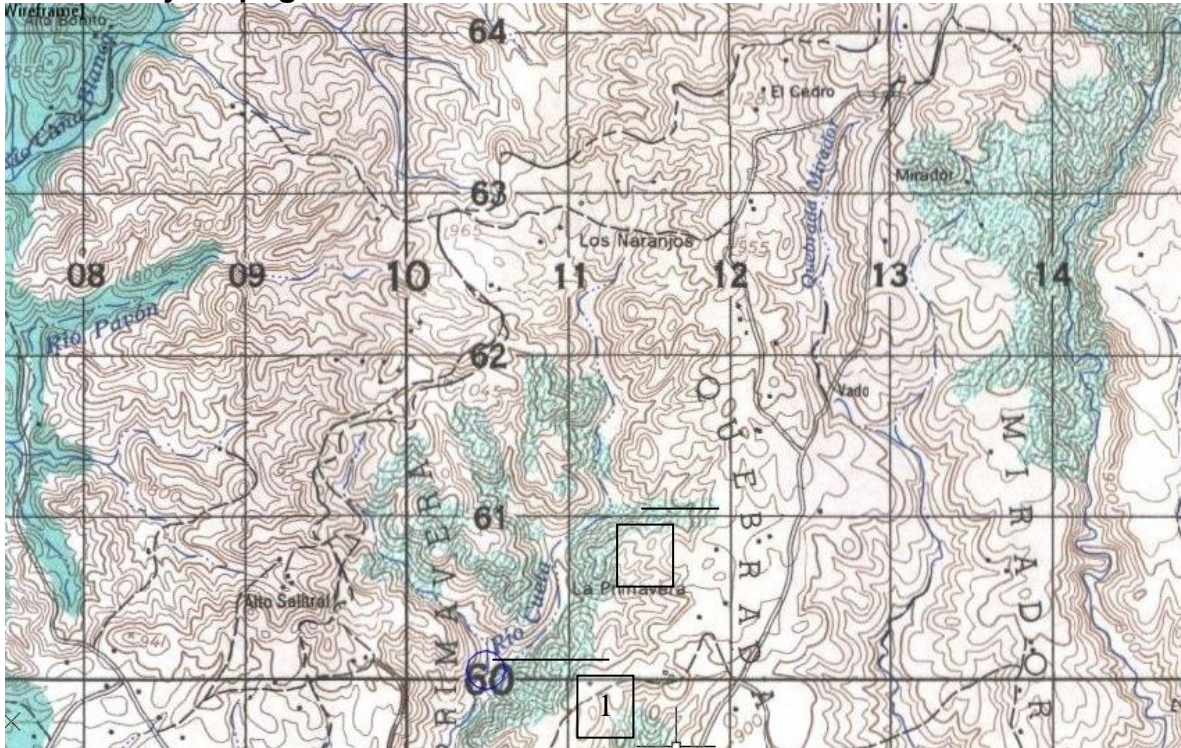


Figura #3. Mapa de localización del Proyecto Planta Potabilizadora (Hoja 1:50,000 de Tommy Guardia).

CUADRO 1. PUNTO DE INTERES E INFLUENCIA EN EL MAPA DE LOCALIZACIÓN 1:50,000

| # en el mapa | LUGAR | COORDENADAS (UTM) | ELEVACIÓN Aproximada (M.S.N.M.) |
|--------------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Punto de toma de la Planta Potabilizadora en el río Cueta | 310409 mE 960105 mN | 767 |

Datum de Localización aproximada: WGS84

1.2 Descripción General de la Cuenca en la que se ubica el Proyecto:

El Proyecto “Planta Potabilizadora” se ubica en la **la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (#102)** se encuentra localizada en la parte occidental de la provincia de Chiriquí entre las coordenadas 8°15’ y 9°00’ de latitud norte y 82° 15’ y 83° 00’ de longitud Oeste.

El área de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 1376 km². La elevación media de la cuenca es de 1100 msnm y el punto más alto se encuentra sobre el Volcán Barú, ubicado en la parte nororiental de la cuenca, con una elevación de 3474 m.s.n.m.

2. DEFINICIÓN DEL RÍO PRINCIPAL

El cauce principal de la cuenca # 102 denominada río Chiriquí Viejo tiene como río o cauce principal una longitud de 161 Kilómetros hasta su desembocadura al mar. Entre los afluentes principales del río Chiriquí Viejo están el río Colorado, río Cotito y río Caisán en la Cuenca Alta. y los ríos Caña Blanca, Baitún, Gariché y Jacú en la parte media-baja de la cuenca.

La fuente hídrica en estudio corresponde al río Cueta, el cual tiene una longitud aproximada de 15 kilómetros desde su nacimiento hasta su bifurcación con el cauce principal del río Gariché aguas abajo del proyecto. Desde su nacimiento hasta el sitio de toma de la planta potabilizadora tiene una longitud aproximada de 3 kilómetros.

2.1 Área de drenaje:

Micro Cuenca del Proyecto: Se define como la delimitación fisiográfica del área de drenaje tomando en cuenta el cauce principal y sus afluentes. El área de drenaje de la fuente hídrica, tiene su cierre en un punto sobre el cauce del río Cueta colindante con el Proyecto Planta Potabilizadora.

El área de drenaje del Drenaje Natural hasta el sitio de influencia con la Planta Potabilizadora es de 6.73 Km²

Mapa de área de drenaje de la Micro Cuenca: río Cueta hasta la colindancia con el Proyecto

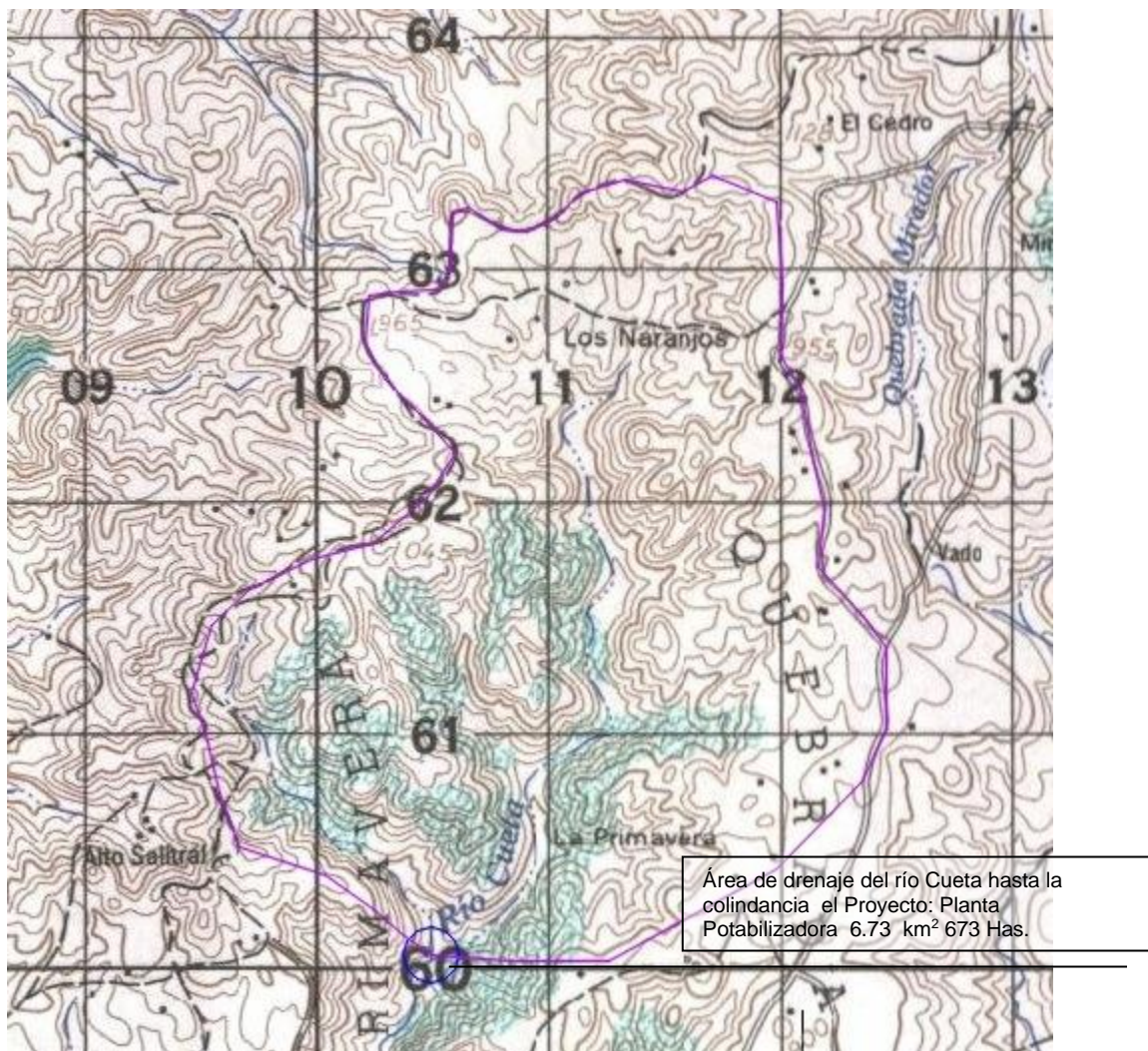


Figura #4. Mapa con el área de drenaje de la micro cuenca del proyecto.

3. CAUDALES

(son de referencia en base a un área de drenaje simular en la influencia de la cuenca alta sobre el proyecto en estudio.

El agua o caudal de simulación es aquel producto de un aguacero local en el sitio)

El caudal es el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río en la unidad de tiempo. El caudal medio diario es el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río durante el día dividido por el número de segundos del día, mientras que el caudal medio mensual es la media aritmética de los caudales medios diarios del mes.

3.1 Recopilación, verificación y validez de la información (metodología utilizada)

Según las bases técnicas y en el caso de este estudio se verificó la calidad de la estadística disponible efectuando su homogenización, relleno y extensión, utilizando los métodos hidrológicos convencionales para un período mínimo de 15 años consecutivos con una antigüedad de la estadística recopilada que no supera los últimos 20 años. A las series con datos faltantes se les denomina series originales, ya que no han sido rellenadas ni alteradas desde su generación por parte del personal encargado del manejo de las estaciones hidrométricas.

Para el análisis de caudales se utilizaron una serie homologada de 52 años a partir del año 1957 hasta el año 2009 (información disponible), certificada por ETESA.

Para el caso del presente estudio, la información recopilada para generar los resultados objeto del análisis hidrológico, incluye:

Datos de Caudales Promedios Mensuales de Estación Chiriquí, Volcán (102-01-01)

Estación Hidrológica Chiriquí, Volcán:

La estación del río Chiriquí Viejo – Volcán se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, en el distrito de Bugaba en el corregimiento de Volcán, a una elevación de 1,520 msnm con un área de drenaje de 108 km². Se cuenta con registros de información de caudales desde 1957. Se ubica en la margen izquierda de la carretera a Cerro Punta, aproximadamente 100 metros aguas abajo del puente de madera que cruza el río en el camino hacia la finca de la Sra. Martinz. La estación cuenta con un juego de reglas que permiten leer niveles de agua de 0 a 3.0 metros. Las coordenadas geográficas son 08°48'58" Norte y 82° 38' 00" Oeste.

3.2 Variación Mensual de los Caudales en la micro cuenca de estudio. (metodología utilizada).

La variación mensual de los caudales en el sitio del Proyecto se aprecia en las dos épocas marcadas del año hidrológico para la república de Panamá, observándose que para la época seca los mayores caudales se dan en el mes de enero y que para la época lluviosa el mes de octubre registra el máximo de los caudales promedios, en esta época se tiene un caudal promedio multianual de 895 L/s con el mayor pico en el mes de octubre con un valor de 1288 L/s y el menor valor en el mes de marzo y abril en el cual se tiene el máximo estiaje y se inicia la recarga hídrica de los acuíferos. El caudal promedio multianual en el sitio de

colindancia e influencia con el Proyecto para el período de 52 años analizados corresponde a 704 Litros/segundo (L/s)

En la determinación de los caudales promedios anuales hasta el sitio del Proyecto, se utilizó el método de la Transposición o traslado de caudales, el cual considera los caudales medios registrados en una Cuenca Base con características de vegetación y forma similares. Como cuenca base se utilizó la Estación Chiriquí Viejo-Volcán con un área de drenaje: 108 km² y el área de drenaje de la micro cuenca de estudio hasta el sitio del Proyecto con un área de drenaje de 6.73 km²

$$\text{Factor de área} = \frac{\text{Área Sub Cuenca de estudio}}{\text{Área Cuenca Base}} * \frac{\text{Ppt Sub de Cuenca (en estudio)}}{\text{Ppt Cuenca (base)}}$$

Cuadro 2. Caudales Promedios en L/s trasladados hasta el sitio de colindancia del proyecto con el río Cueta. Período: 1957 - 2014

| Caudales Trasvasados al área en estudio | | | | | | | | | | | | | Promedios | | |
|---|----------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| Año | Época Lluviosa | | | | | | | | Época Seca | | | | Prom. | Prom. | Prom. |
| | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | Anual | E.Lluv | E.Seca |
| PRIMERA DÉCADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1957 | 362 | 690 | 683 | 1089 | 888 | 1217 | 754 | 483 | 497 | 319 | 183 | 144 | 609 | 771 | 286 |
| 1958 | 337 | 533 | 633 | 934 | 1007 | 1170 | 711 | 517 | 310 | 243 | 199 | 179 | 564 | 730 | 233 |
| 1959 | 284 | 878 | 617 | 790 | 808 | 1325 | 856 | 531 | 242 | 227 | 174 | 198 | 578 | 761 | 210 |
| 1960 | 437 | 643 | 768 | 715 | 907 | 1365 | 1159 | 545 | 286 | 235 | 180 | 194 | 620 | 818 | 224 |
| 1961 | 261 | 385 | 475 | 402 | 1157 | 918 | 1357 | 555 | 320 | 205 | 209 | 153 | 533 | 689 | 222 |
| 1962 | 527 | 867 | 734 | 725 | 1219 | 1201 | 768 | 533 | 325 | 234 | 200 | 209 | 629 | 822 | 242 |
| 1963 | 343 | 510 | 754 | 697 | 911 | 1304 | 1256 | 564 | 286 | 264 | 232 | 268 | 616 | 792 | 262 |
| 1964 | 374 | 720 | 990 | 1168 | 1010 | 1087 | 1008 | 398 | 308 | 185 | 191 | 228 | 639 | 845 | 228 |
| 1965 | 230 | 411 | 443 | 639 | 858 | 1295 | 917 | 445 | 347 | 235 | 196 | 159 | 515 | 655 | 234 |
| 1966 | 785 | 896 | 905 | 912 | 1010 | 1371 | 991 | 621 | 308 | 226 | 190 | 256 | 706 | 936 | 245 |
| Prom. | 394 | 653 | 700 | 807 | 978 | 1225 | 978 | 519 | 323 | 237 | 196 | 199 | 601 | 782 | 239 |
| SEGUNDA DÉCADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1967 | 274 | 830 | 613 | 794 | 1131 | 1444 | 986 | 724 | 350 | 269 | 220 | 322 | 663 | 850 | 290 |
| 1968 | 680 | 1187 | 1001 | 858 | 1400 | 1471 | 947 | 526 | 329 | 310 | 239 | 229 | 765 | 1009 | 277 |
| 1969 | 342 | 621 | 647 | 1005 | 1432 | 1530 | 1542 | 759 | 223 | 221 | 197 | 187 | 726 | 985 | 207 |
| 1970 | 585 | 987 | 1017 | 1123 | 1691 | 1760 | 1390 | 974 | 513 | 343 | 231 | 669 | 940 | 1191 | 439 |
| 1971 | 919 | 749 | 784 | 1307 | 1626 | 1583 | 1121 | 445 | 398 | 346 | 318 | 316 | 826 | 1067 | 345 |
| 1972 | 572 | 845 | 475 | 648 | 891 | 1125 | 1119 | 454 | 364 | 231 | 208 | 279 | 601 | 766 | 271 |
| 1973 | 634 | 997 | 1068 | 1519 | 1568 | 2094 | 1297 | 710 | 334 | 240 | 191 | 231 | 907 | 1236 | 249 |
| 1974 | 682 | 1194 | 789 | 1047 | 1514 | 1899 | 1104 | 462 | 433 | 277 | 246 | 240 | 824 | 1086 | 299 |
| 1975 | 488 | 885 | 1000 | 1267 | 1968 | 1559 | 2069 | 899 | 282 | 230 | 193 | 156 | 916 | 1267 | 215 |
| 1976 | 368 | 785 | 469 | 689 | 593 | 962 | 983 | 387 | 445 | 269 | 206 | 220 | 531 | 654 | 285 |
| Prom. | 554 | 908 | 786 | 1026 | 1381 | 1543 | 1256 | 634 | 367 | 274 | 225 | 285 | 770 | 1011 | 288 |
| TERCERA DÉCADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1977 | 290 | 664 | 299 | 676 | 856 | 1082 | 1116 | 454 | 293 | 200 | 163 | 176 | 522 | 680 | 208 |
| 1978 | 448 | 856 | 862 | 797 | 1233 | 1481 | 1060 | 472 | 261 | 196 | 179 | 178 | 669 | 901 | 204 |
| 1979 | 937 | 767 | 820 | 1066 | 1387 | 1679 | 1799 | 622 | 255 | 194 | 221 | 518 | 855 | 1135 | 297 |
| 1980 | 497 | 822 | 687 | 1163 | 1271 | 1089 | 1258 | 684 | 376 | 303 | 210 | 205 | 714 | 934 | 274 |
| 1981 | 594 | 1298 | 755 | 985 | 1033 | 1529 | 1052 | 561 | 342 | 256 | 243 | 320 | 747 | 976 | 290 |
| 1982 | 799 | 991 | 574 | 512 | 964 | 1415 | 765 | 341 | 333 | 249 | 217 | 177 | 611 | 795 | 244 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1983 | 467 | 630 | 645 | 647 | 1095 | 1134 | 923 | 528 | 222 | 166 | 170 | 215 | 570 | 759 | 194 |
| 1984 | 559 | 901 | 894 | 930 | 1228 | 1524 | 1641 | 844 | 372 | 304 | 285 | 296 | 815 | 1065 | 314 |
| 1985 | 381 | 741 | 589 | 953 | 1122 | 1051 | 871 | 555 | 314 | 231 | 190 | 204 | 600 | 783 | 235 |
| 1986 | 424 | 520 | 497 | 418 | 731 | 1932 | 660 | 388 | 290 | 225 | 211 | 206 | 542 | 696 | 233 |
| Prom. | 540 | 819 | 662 | 815 | 1092 | 1392 | 1115 | 545 | 306 | 232 | 209 | 249 | 665 | 872 | 249 |
| CUARTA DÉCADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1987 | 480 | 785 | 716 | 1037 | 968 | 1142 | 663 | 488 | 245 | 186 | 176 | 193 | 590 | 785 | 200 |
| 1988 | 346 | 720 | 906 | 1698 | 1697 | 2052 | 1036 | 511 | 291 | 222 | 220 | 196 | 825 | 1121 | 232 |
| 1989 | 413 | 634 | 923 | 833 | 1355 | 1131 | 883 | 650 | 358 | 282 | 266 | 224 | 663 | 853 | 282 |
| 1990 | 596 | 793 | 861 | 728 | 657 | 1355 | 1287 | 897 | 350 | 202 | 214 | 174 | 676 | 897 | 235 |
| 1991 | 1157 | 1305 | 708 | 868 | 1333 | 1306 | 918 | 834 | 464 | 257 | 201 | 282 | 803 | 1054 | 301 |
| 1992 | 401 | 584 | 548 | 618 | 854 | 1008 | 716 | 694 | 350 | 235 | 186 | 208 | 534 | 678 | 245 |
| 1993 | 712 | 845 | 644 | 972 | 1232 | 1168 | 653 | 497 | 433 | 289 | 316 | 290 | 671 | 840 | 332 |
| 1994 | 497 | 725 | 693 | 611 | 1086 | 1551 | 1470 | 733 | 400 | 218 | 189 | 199 | 698 | 921 | 252 |
| 1995 | 837 | 1257 | 1158 | 1473 | 1357 | 1482 | 970 | 612 | 280 | 221 | 224 | 312 | 849 | 1143 | 259 |
| 1996 | 732 | 1043 | 1285 | 1179 | 1518 | 2358 | 1372 | 905 | 643 | 353 | 288 | 231 | 992 | 1299 | 379 |
| Prom. | 617 | 869 | 844 | 1002 | 1206 | 1455 | 997 | 682 | 381 | 247 | 228 | 231 | 730 | 959 | 272 |
| QUINTA DÉCADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1997 | 527 | 848 | 614 | 472 | 765 | 1019 | 1168 | 697 | 496 | 482 | 468 | 461 | 668 | 764 | 477 |
| 1998 | 246 | 531 | 961 | 1375 | 1727 | 1707 | 1299 | 1297 | 311 | 236 | 184 | 203 | 840 | 1143 | 233 |
| 1999 | 1034 | 1356 | 916 | 1425 | 2157 | 2187 | 1720 | 1335 | 525 | 451 | 357 | 375 | 1153 | 1516 | 427 |
| 2000 | 647 | 1555 | 987 | 1086 | 2039 | 1215 | 1044 | 547 | 956 | 673 | 492 | 513 | 980 | 1140 | 658 |
| 2001 | 544 | 759 | 792 | 760 | 1301 | 1222 | 1766 | 724 | 360 | 298 | 315 | 306 | 762 | 983 | 320 |
| 2002 | 436 | 677 | 882 | 746 | 1596 | 1344 | 1098 | 484 | 441 | 304 | 285 | 279 | 714 | 908 | 327 |
| 2003 | 871 | 1977 | 1187 | 1090 | 1310 | 1506 | 1405 | 902 | 303 | 256 | 231 | 307 | 946 | 1281 | 275 |
| 2004 | 1026 | 696 | 729 | 527 | 650 | 667 | 669 | 787 | 918 | 391 | 976 | 601 | 720 | 719 | 722 |
| 2005 | 676 | 707 | 411 | 400 | 494 | 761 | 2061 | 503 | 2321 | 512 | 374 | 634 | 821 | 752 | 960 |
| 2006 | 296 | 522 | 596 | 411 | 458 | 680 | 559 | 527 | 905 | 523 | 475 | 331 | 524 | 506 | 559 |
| Prom. | 630 | 963 | 808 | 829 | 1250 | 1231 | 1279 | 780 | 754 | 413 | 416 | 401 | 813 | 971 | 496 |
| SEXTA DÉCADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2007 | 892 | 524 | 492 | 717 | 1030 | 1139 | 836 | 1211 | 486 | 422 | 304 | 376 | 702 | 855 | 397 |
| 2008 | 901 | 699 | 684 | 658 | 741 | 1175 | 6346 | 4471 | 617 | 405 | 419 | 447 | 1464 | 1959 | 472 |
| 2009 | 545 | 660 | 846 | 806 | 726 | 733 | 793 | 776 | 618 | 1798 | 745 | 484 | 794 | 736 | 911 |
| 2010 | 310 | 325 | 292 | 450 | 591 | 958 | 1247 | 736 | 810 | 308 | 304 | 256 | 549 | 614 | 419 |
| 2011 | 265 | 315 | 488 | 367 | 396 | 733 | 482 | 432 | 428 | 359 | 267 | 266 | 400 | 435 | 330 |
| 2012 | 384 | 383 | 410 | 406 | 395 | 411 | 725 | 468 | 406 | 271 | 316 | 361 | 411 | 448 | 339 |
| 2013 | 255 | 396 | 351 | 379 | 409 | 329 | 323 | 345 | 223 | 210 | 239 | 201 | 305 | 348 | 218 |
| 2014 | 426 | 454 | 412 | 465 | 398 | 342 | 337 | 480 | 250 | 243 | 184 | 273 | 355 | 414 | 238 |
| Prom. | 512 | 524 | 532 | 564 | 659 | 784 | 1374 | 1078 | 510 | 492 | 355 | 341 | 644 | 753 | 424 |
| Prom | 541 | 795 | 727 | 849 | 1106 | 1288 | 1158 | 693 | 433 | 309 | 266 | 281 | 704 | 895 | 322 |
| Max | 1157 | 1977 | 1285 | 1698 | 2157 | 2358 | 6346 | 4471 | 2321 | 1798 | 976 | 669 | 6346 | 6346 | 669 |
| Min | 230 | 315 | 292 | 367 | 395 | 329 | 323 | 341 | 222 | 166 | 163 | 144 | 144 | 230 | 144 |
| Desv | 222 | 299 | 218 | 309 | 409 | 409 | 758 | 528 | 294 | 213 | 135 | 119 | 180 | 180 | 81 |

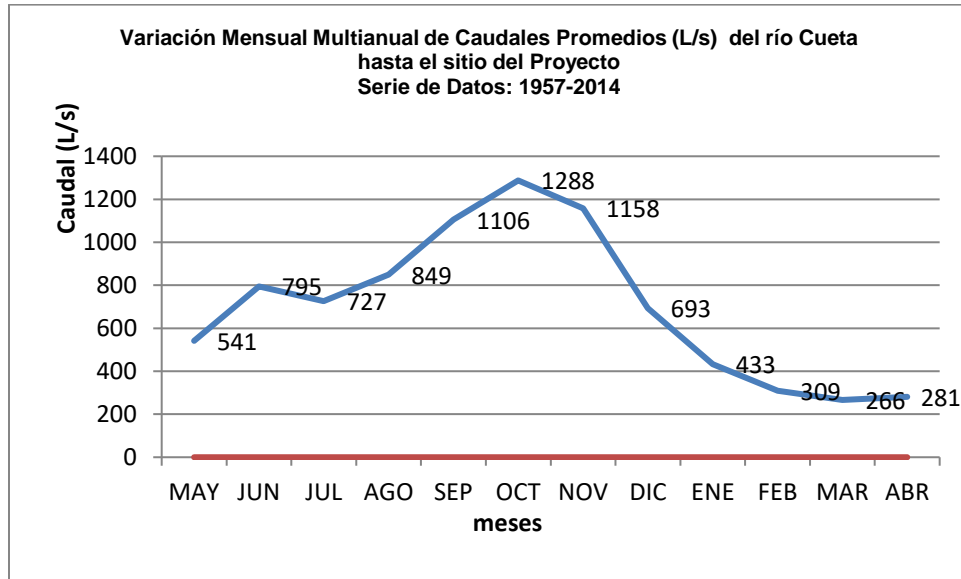


Figura #5. Gráfico de variación mensual de los caudales promedios en el sitio del proyecto (río Cueta)

En el Cuadro 2 se puede observar el resultado completo de los valores teóricos correspondientes al traslado de caudales utilizando la metodología con factores de ajustes de área y precipitación utilizando datos confiables certificados por Etesa.

El promedio multianual de caudales promedios para 56 años de registros corresponde a **704 L/s**, con una marcada distinción de las dos estaciones características del año hidrológico en la república de Panamá: época seca (enero a abril) y época lluviosa (mayo a diciembre)

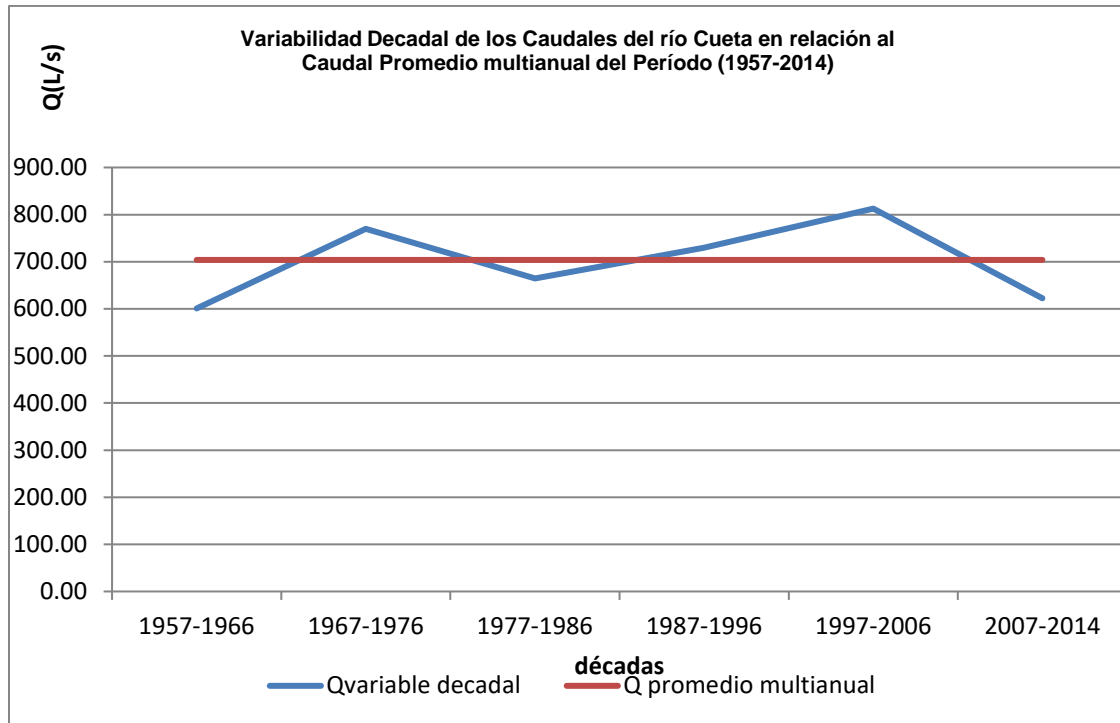


Figura #6. Gráfico de comparación de la variabilidad del caudal decadal vs el caudal promedio multianual hasta el sitio de colindancia con el Proyecto

4 ANÁLISIS CLIMÁTICO

La mayoría de las lluvias que ocurren en el área son de origen convectivo u orográfico, y los eventos de intensas precipitaciones son originados generalmente por una combinación de estos dos tipos de precipitación. La precipitación anual media de la cuenca del río Chiriquí Viejo varía entre 2000 y 6000 mm. Las máximas precipitaciones ocurren entre las elevaciones 500 y 1500 metros, la cantidad e intensidad de precipitación tiende a ser reducida.

- **Definición del régimen de lluvias**

La cuenca registra una precipitación media anual de 3341 mm. En esta cuenca se presentan dos núcleos de precipitación. El primero de baja precipitación, se localiza en la parte nororiental de la cuenca y registra precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 2200 mm y 2400 mm. El segundo, de alta precipitación, donde se registran precipitaciones medias anuales entre los 4000 mm y 4800 mm, ubicado en la parte media de la cuenca. El 90% de la precipitación, ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 10% restante se registra entre los meses de diciembre a abril. En la parte nororiental de la cuenca, donde se presenta menor precipitación, la distribución es más homogénea, con un 15% de la lluvia en el período seco.

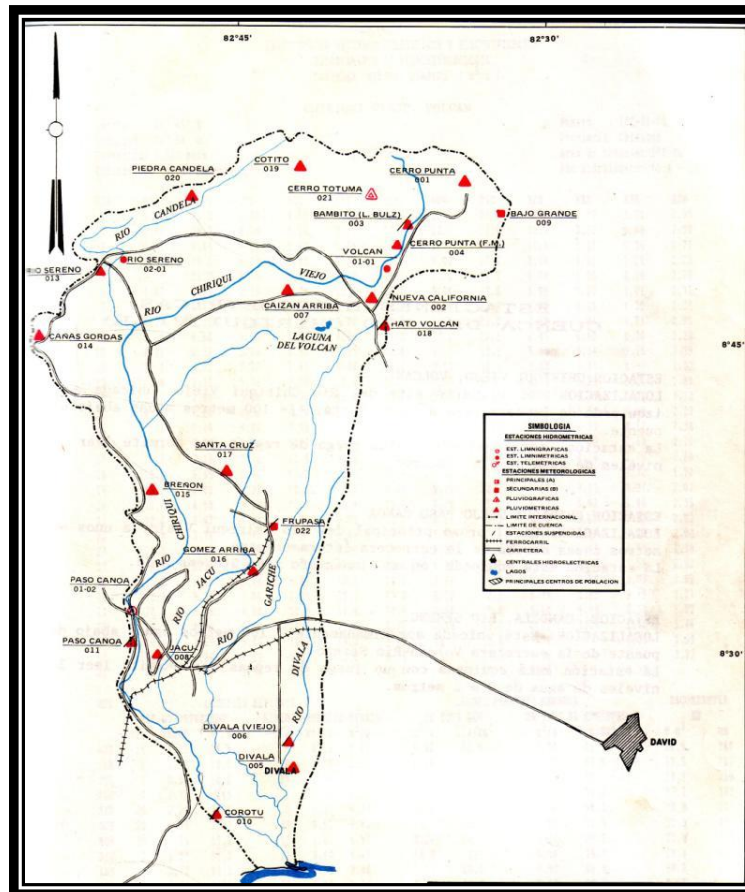
4.1 Precipitación (Definición del régimen de lluvias)

La cuenca registra una precipitación media anual de 3,341 mm. Se presentan dos (2) núcleos: el primero, de baja precipitación (entre 2,200 y 2,400 mm) ubicado en la parte nororiental de la cuenca; el segundo, de alta precipitación (entre 4,000 y 4,800 mm) ubicado en la parte media de la cuenca. El 90% de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 10% restante se registra entre los meses de diciembre a abril; en la parte nororiental donde llueve menos, la distribución es más homogénea, con un 15% de la lluvia en el período seco.

Información Meteorológica

Las estaciones de precipitación consideradas en este estudio presentan las coordenadas geográficas, elevación, tipo de estación y fecha de instalación. La información de estas estaciones fue suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada; sin embargo, con la finalidad de evaluar la consistencia y homogeneidad de la información recopilada, se procedió a analizarlos, corregirlos y extenderlos mediante el método de proporción normal y dobles acumuladas hasta completar el período base de estudio.



ESTACIONES PLUVIOMETRICAS DE REFERENCIA:

EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA S.A.
GERENCIA DE HIDROMETEOROLOGÍA

TOTAL MENSUAL DE PRECIPITACIÓN (mm)
ESTACIÓN: NUEVA CALIFORNIA

Latitud: 08°47' N
Longitud: 82°39' O
Elevación: 1400 m.s.n.m.

Número: 102-002
Provincia: Chiriquí
Distrito: Bugaba
Tipo de Estación: PV

| Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total |
|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1970 | 100.0 | 0.0 | 41.0 | 373.4 | 359.9 | 279.9 | 458.9 | 398.0 | 535.1 | 542.0 | 342.7 | 246.0 | 3676.9 |
| 1971 | 83.5 | 36.2 | 29.7 | 87.5 | 470.0 | 338.1 | 361.6 | 441.9 | 694.2 | 317.8 | 235.5 | 3.0 | 3099.0 |
| 1972 | 67.0 | 16.0 | 113.0 | 261.9 | 289.7 | 297.4 | 66.5 | 218.4 | 313.6 | 528.6 | 196.0 | 53.0 | 2421.1 |
| 1973 | 0.0 | 28.0 | 0.0 | 134.5 | 328.0 | 430.0 | 369.8 | 551.8 | 498.5 | 363.0 | 178.3 | 32.4 | 2914.3 |
| 1974 | 1.3 | 0.0 | 83.6 | 84.0 | 492.7 | 274.8 | 116.8 | 420.8 | 401.1 | 526.2 | 148.1 | 2.7 | 2552.1 |
| 1975 | 0.0 | 29.2 | 36.1 | 28.0 | 244.1 | 235.3 | 378.4 | 764.4 | 694.2 | 729.4 | 612.1 | 92.5 | 3843.7 |
| 1976 | 6.0 | 3.0 | 5.6 | 146.8 | 916.0 | 492.7 | 113.4 | 262.1 | 546.3 | 432.2 | 98.6 | 26.4 | 3049.1 |
| 1977 | 0.0 | 0.1 | 7.1 | 13.8 | 395.2 | 305.8 | 3.5 | 252.0 | 315.6 | 278.7 | 203.8 | 148.0 | 1923.6 |
| 1978 | 0.6 | 0.1 | 111.0 | 177.7 | 607.4 | 419.9 | 373.0 | 321.3 | 590.6 | 608.2 | 247.0 | 22.0 | 3478.8 |
| 1979 | 0.7 | 1.3 | 0.2 | 434.8 | 422.2 | 399.5 | 217.1 | 479.3 | 609.9 | 692.6 | 447.6 | 98.7 | 3803.9 |
| 1980 | 70.4 | 46.5 | 55.8 | 56.4 | 529.6 | 428.4 | 306.7 | 489.8 | 671.5 | 222.6 | 364.9 | 104.0 | 3346.6 |
| 1981 | 0.5 | 0.0 | 26.7 | 226.7 | 429.7 | 362.3 | 168.6 | 437.8 | 423.5 | 617.5 | 178.6 | 21.9 | 2893.8 |
| 1982 | 25.7 | 36.2 | 11.8 | 148.0 | 408.3 | 338.5 | 129.6 | 99.8 | 419.7 | 392.5 | 121.7 | 36.7 | 2168.5 |
| 1983 | 23.9 | 63.2 | 55.0 | 83.8 | 175.5 | 392.4 | 202.1 | 181.7 | 468.2 | 405.1 | 353.4 | 46.9 | 2451.2 |
| 1984 | 16.3 | 75.8 | 23.8 | 109.3 | 407.9 | 127.6 | 444.3 | 562.4 | 486.6 | 548.8 | 382.9 | 0.0 | 3185.7 |
| 1985 | 0.3 | 0.0 | 16.2 | 225.7 | 381.0 | 311.0 | 272.5 | 460.5 | 559.0 | 615.3 | 106.8 | 103.1 | 3051.4 |
| 1986 | 0.0 | 109.7 | 47.3 | 44.4 | 491.9 | 672.9 | 237.6 | 336.0 | 499.5 | 772.3 | 162.9 | 13.2 | 3387.7 |
| 1987 | 16.5 | 7.7 | 36.8 | 60.9 | 355.5 | 349.4 | 410.2 | 372.3 | 388.3 | 529.6 | 158.9 | 53.6 | 2739.7 |
| 1988 | 0.0 | 9.2 | 69.6 | 47.2 | 241.9 | 531.5 | 417.4 | 890.3 | 477.8 | 911.3 | 241.1 | 3.4 | 3840.6 |
| 1989 | 1.7 | 0.0 | 154.5 | 75.6 | 306.9 | 294.9 | 257.2 | 207.3 | 574.1 | 291.7 | 138.0 | 87.6 | 2389.5 |
| 1990 | 5.9 | 0.0 | 38.6 | 129.2 | 313.7 | 195.8 | 155.6 | 209.3 | 197.0 | 453.2 | 217.7 | 0.8 | 3186.8 |
| 1991 | 76.5 | 0.0 | 27.3 | 41.9 | 442.7 | 453.5 | 275.2 | 386.7 | 414.8 | 447.6 | 167.2 | 41.4 | 2774.8 |
| 1992 | 4.3 | 16.6 | 18.8 | 54.0 | 324.8 | 316.4 | 190.9 | 173.2 | 363.2 | 332.0 | 231.1 | 9.6 | 2034.9 |
| 1993 | 181.4 | 0.0 | 49.7 | 189.2 | 458.0 | 412.5 | 154.5 | 452.3 | 485.2 | 279.2 | 338.4 | 20.1 | 3020.5 |
| 1994 | 6.6 | 2.1 | 0.2 | 135.8 | 325.3 | 233.2 | 201.6 | 364.4 | 430.7 | 634.4 | 313.4 | 59.2 | 2707.0 |
| 1995 | 34.9 | 23.9 | 39.9 | 60.90 | 355.5 | 349.4 | 410.2 | 398.9 | 356.8 | 490.8 | 154.9 | 54.9 | 2707.1 |
| 1996 | 0.0 | 9.2 | 123.8 | 49.00 | 264.8 | 531.5 | 417.4 | 860.3 | 477.8 | 911.3 | 241.1 | 17.9 | 3904.1 |
| 1997 | 1.7 | 0.0 | 154.5 | 75.60 | 306.9 | 294.9 | 257.2 | 207.3 | 574.1 | 291.7 | 138.0 | 87.6 | 2389.5 |
| 1998 | 5.9 | 0.0 | 38.6 | 129.20 | 313.7 | 195.8 | 155.6 | 209.3 | 197 | 453.2 | 217.7 | 0.8 | 1916.8 |
| 1999 | 76.5 | 0.0 | 27.3 | 41.90 | 408.1 | 476.9 | 254.9 | 397.9 | 400.9 | 478.7 | 284.5 | 56.9 | 2904.5 |
| 2000 | 24.7 | 31.8 | 18.8 | 54.00 | 324.8 | 316.4 | 190.9 | 173.2 | 363.2 | 332.0 | 231.1 | 9.6 | 2070.5 |
| 2001 | 181.4 | 0.0 | 49.7 | 189.20 | 458 | 412.5 | 154.5 | 452.3 | 485.2 | 279.2 | 338.4 | 20.1 | 3020.5 |
| 2002 | 6.6 | 2.1 | 0.2 | 135.80 | 325.3 | 267.9 | 199.7 | 356.8 | 419.4 | 598.7 | 315.9 | 60.8 | 2689.2 |
| 2003 | 5.8 | 12.7 | 43.9 | 187.40 | 292.1 | 324.7 | 311.0 | 489 | 539.9 | 714.4 | 342.9 | 98.3 | 3362.1 |
| 2004 | 4.1 | 6.9 | 17 | 79.40 | 198.1 | 339.3 | 367.9 | 677.5 | 564.8 | 230.8 | 341.4 | 5.9 | 2833.1 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| 2005 | 5.5 | 4.8 | 35.9 | 134.80 | 289.5 | 478.5 | 400.1 | 728.5 | 511.9 | 365.9 | 199.0 | 18.5 | 3172.9 |
| 2006 | 89.6 | 19.1 | 34.7 | 277.90 | 421.9 | 279.3 | 500.7 | 631.9 | 843.6 | 796.6 | 956.9 | 166.8 | 5019 |
| 2007 | 112.3 | 15.3 | 65.9 | 205.90 | 494.7 | 328.6 | 436.7 | 587.3 | 595.6 | 643.6 | 634.7 | 9.6 | 4130.2 |
| 2008 | 24.9 | 6.5 | 72.8 | 304.90 | 237.5 | 319.5 | 475.6 | 563.9 | 423.3 | 623.7 | 598.5 | 12.7 | 3663.8 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Prom | 31.58 | 18.19 | 45.74 | 133.52 | 382.52 | 362.05 | 274.14 | 420.10 | 482.78 | 511.37 | 283.62 | 49.78 | 2987 |
| Máx. | 181.40 | 109.70 | 154.50 | 434.80 | 916.00 | 672.90 | 500.70 | 890.30 | 843.60 | 911.30 | 956.90 | 246.00 | |
| Mín. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13.80 | 175.50 | 127.60 | 3.50 | 99.80 | 197.00 | 222.60 | 98.60 | 0.00 | |



EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA S.A.
GERENCIA DE HIDROMETEOROLOGÍA

TOTAL MENSUAL DE PRECIPITACIÓN (mm)
ESTACIÓN: CAÍSAN CENTRO

Latitud: 08°46' N
Longitud: 82°44' O
Elevación: 1150 m.s.n.m.
Información desde: Enero,1971

Número: 102-007
Provincia: Chiriquí
Distrito: Bugaba
Tipo de Estación: PV

| Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1981 | 7.4 | 3.7 | 131.2 | 300.0 | 533.5 | 628.6 | 156.5 | 593.4 | 440.2 | 662.6 | 332.2 | 86.5 | 3875.8 |
| 1982 | 110.2 | 39.1 | 90.3 | 320.6 | 454.3 | 413.1 | 140.3 | 138.7 | 455.5 | 83.9 | 50.2 | 35.6 | 2331.8 |
| 1983 | 26.4 | 76.8 | 132.1 | 168.8 | 366.3 | 299.0 | 283.5 | 232.0 | 611.3 | 400.4 | 397.7 | 125.0 | 3119.3 |
| 1984 | 39.0 | 168.8 | 143.6 | 84.9 | 377.9 | 436.2 | 495.5 | 353.8 | 477.2 | 629.7 | 556.7 | 9.9 | 3773.2 |
| 1985 | 0.0 | 0.0 | 18.6 | 288.4 | 375.9 | 356.8 | 308.9 | 352.1 | 533.7 | 345.0 | 158.4 | 75.6 | 2813.4 |
| 1986 | 0.0 | 79.9 | 48.0 | 47.2 | 305.3 | 372.3 | 102.5 | 270.9 | 304.2 | 603.6 | 177.0 | 8.3 | 2319.2 |
| 1987 | 12.4 | 23.9 | 117.2 | 133.5 | 241.6 | 372.1 | 286.2 | 288.1 | 386.6 | 366.4 | 132.5 | 45.3 | 2405.8 |
| 1988 | 38.4 | 0.0 | 23.0 | 111.3 | 224.6 | 209.0 | 275.2 | 515.2 | 371.3 | 403.7 | 183.6 | 11.5 | 2366.8 |
| 1989 | 8.5 | 6.7 | 91.2 | 47.9 | 363.8 | 175.2 | 272.1 | 303.4 | 469.9 | 431.1 | 197.5 | 96.8 | 2464.1 |
| 1990 | 0.0 | 95.7 | 25.8 | 286.8 | 522.8 | 356.8 | 291.4 | 319.1 | 376.0 | 865.1 | 450.4 | 117.9 | 3707.8 |
| 1991 | 36.5 | 0.0 | 139.1 | 151.5 | 421.8 | 475.7 | 246.1 | 252.4 | 466.3 | 720.6 | 251.8 | 35.1 | 3196.9 |
| 1992 | 0.0 | 30.5 | 7.7 | 211.1 | 354.4 | 404.9 | 252.7 | 290.5 | 469.5 | 567.0 | 296.5 | 18.0 | 2902.8 |
| 1993 | 90.3 | 0.0 | 133.0 | 312.5 | 417.3 | 392.4 | 88.8 | 438.7 | 605.5 | 408.4 | 290.5 | 57.0 | 3234.4 |
| 1994 | 27.5 | 15.7 | 32.3 | 66.6 | 177.8 | 165.6 | 150.5 | 171.1 | 407.3 | 919.8 | 377.2 | 37.7 | 2549.1 |
| 1995 | 0.0 | 0.0 | 248.2 | 229.8 | 493.9 | 587.6 | 398.9 | 506.6 | 645.8 | 692.6 | 195.8 | 186.7 | 4185.9 |
| 1996 | 96.6 | 22.0 | 146.8 | 224.2 | 495.5 | 493.8 | 488.8 | 601.1 | 826.5 | 856.1 | 351.5 | 25.6 | 4628.5 |
| 1997 | 157.5 | 8.3 | 143.3 | 224.1 | 270.6 | 358.3 | 98.7 | 215.1 | 494.1 | 242.1 | 426.1 | 20.7 | 2658.9 |
| 1998 | 0.0 | 93.1 | 80.3 | 123.1 | 465.4 | 418.4 | 548.0 | 452.4 | 610.1 | 548.2 | 417.3 | 236.7 | 3993.0 |
| 1999 | 196.0 | 133.5 | 121.6 | 429.3 | 442.0 | 505.2 | 184.8 | 508.9 | 531.9 | 534.1 | 280.7 | 563.9 | 4431.9 |
| 2000 | 512.6 | 138.7 | 72.6 | 137.2 | 277.0 | 478.4 | 441.2 | 293.3 | 598.1 | 412.2 | 301.5 | 172.2 | 3835.1 |
| Prom | 68.0 | 46.8 | 97.3 | 194.9 | 379.1 | 395.0 | 275.5 | 354.8 | 504.0 | 534.6 | 291.3 | 98.3 | 3239.7 |
| Máx | 512.6 | 168.8 | 248.2 | 429.3 | 533.5 | 628.6 | 548.0 | 601.1 | 826.5 | 919.8 | 556.7 | 563.9 | 919.8 |
| Mín | 0.0 | 0.0 | 7.7 | 47.2 | 177.8 | 165.6 | 88.8 | 138.7 | 304.2 | 83.9 | 50.2 | 8.3 | 0.0 |
| Desv. | 119.0 | 54.2 | 60.0 | 105.1 | 103.5 | 121.3 | 138.8 | 136.8 | 120.5 | 215.4 | 125.5 | 127.4 | 40.7 |

Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA)



4.2 ISOYETAS

Variación espacial de la precipitación en el Proyecto. Mapa de Isoyetas.

El mapa de isoyetas fue ajustado tomando como bueno la información de caudal ya que este parámetro por lo general se mide con más exactitud; pues se considera que su medición está sujeta a menores errores, aunque en todo momento se respetó los valores de lluvia de las estaciones consideradas. El mapa de isoyetas media anual de la microcuenca en estudio se trazó en mapa a escala 1:50,000 con la utilización de la herramienta informática AutoCad Civil 3D.

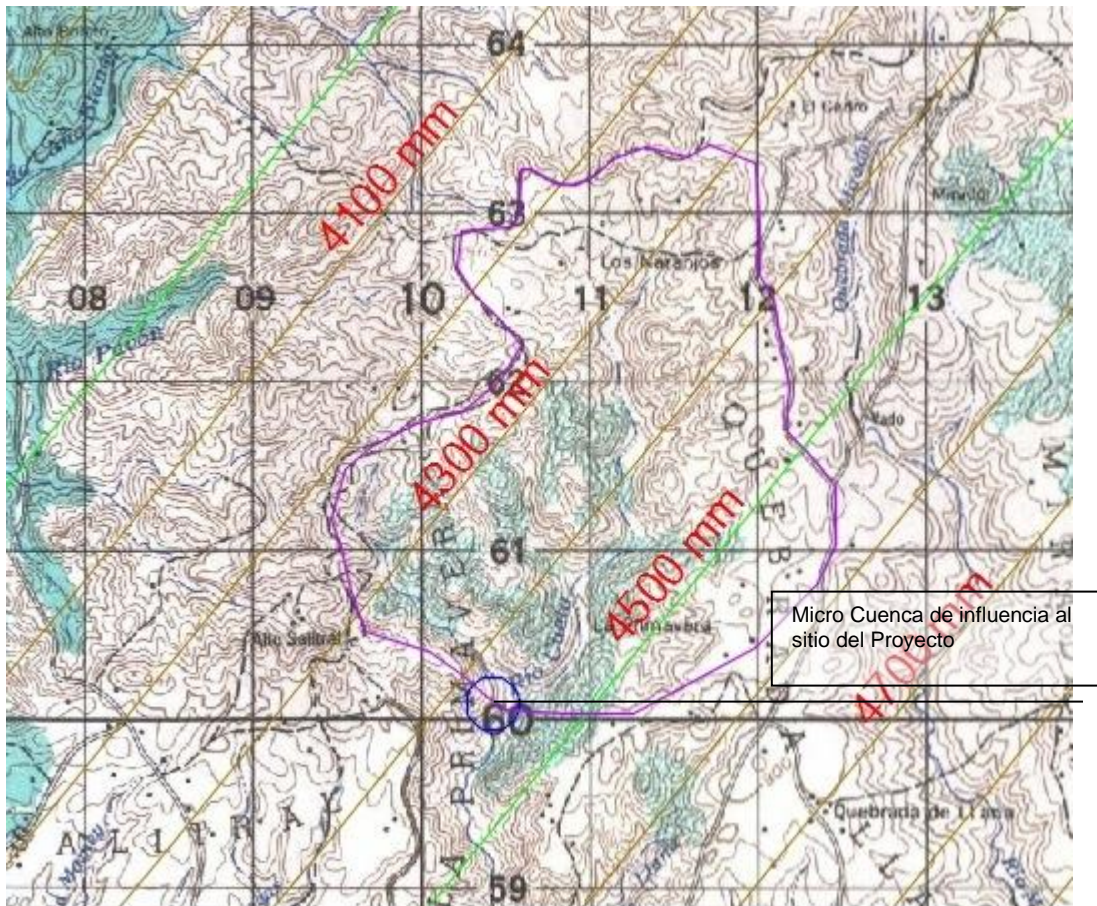


Figura #8. Mapa de Isoyetas para la Micro Cuenca de estudio con influencia en el proyecto.

Se observa en la Figura 8 que la Microcuenca de influencia al sitio de la Planta Potabilizadora se encuentra entre las isoyetas 4300 y 4500 mm con lo cual se define una precipitación anual de 4400 milímetros.

5. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO PARA SIMULACIÓN:

Análisis Regional de Crecidas Máximas

Metodología que permite estimar la frecuencia de crecidas máximas que pueden ocurrir en un sitio determinado de un río. Su uso es adecuado especialmente para aquellas cuencas no controladas, ya que sólo se requiere conocer el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio en estudio (punto de control) y su ubicación en el país (región o zona hidrológicamente homogéneas). Este análisis se basó fundamentalmente en la información de 58 estaciones limnigráficas o de registro continuo de nivel, de las cuales 49 eran operadas por el entonces IRHE y 6 por la ACP.

Caudal Máximo Promedio. (Según zona hidrológica)

$$Q_{\text{máx.}} = K * A^{0.59}$$

$Q_{\text{máx.}}$ = Caudal máximo promedio en m³/s.

K = Constante (depende de la región o zona)

A = Área de drenaje de la micro cuenca en Km² (6.73)

Cuadro 3. Ecuaciones para determinar crecidas máximas según zonas hidrológicamente homogéneas

| ZONA (VER MAPA) | ECUACIÓN | TABLA A USAR PARA FACTOR SEGÚN Tr |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | $Q_{\text{máx.}} = 34 * A^{0.59}$ | Tabla #1 |
| 2 | $Q_{\text{máx.}} = 34 * A^{0.59}$ | Tabla #3 |
| 3 | $Q_{\text{máx.}} = 25 * A^{0.59}$ | Tabla #1 |
| 4 | $Q_{\text{máx.}} = 25 * A^{0.59}$ | Tabla #4 |
| 5 | $Q_{\text{máx.}} = 14 * A^{0.59}$ | Tabla #3 |
| 6 | $Q_{\text{máx.}} = 14 * A^{0.59}$ | Tabla #1 |
| 7 | $Q_{\text{máx.}} = 9 * A^{0.59}$ | Tabla #3 |
| 8 | $Q_{\text{máx.}} = 4.5 * A^{0.59}$ | Tabla #3 |
| 9 | $Q_{\text{máx.}} = 25 * A^{0.59}$ | Tabla #3 |

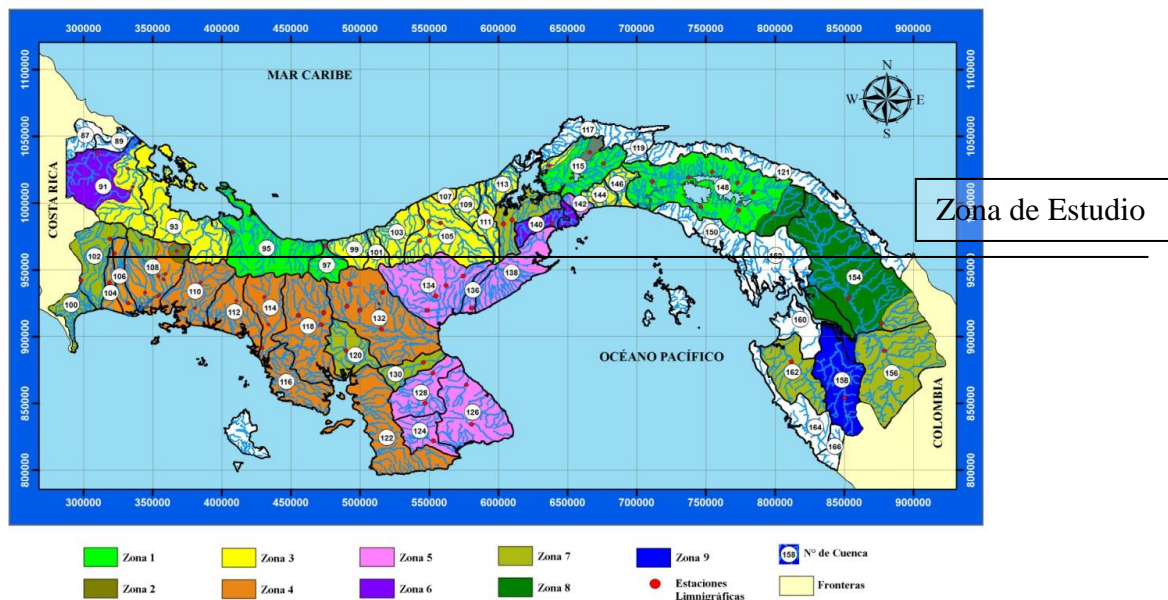


Figura #9. Mapa de Zonas Hidrológicas de Panamá

Zona Hidrológica 7 (Zona en la que se ubica la micro cuenca de estudio)

$$Q_{\text{máx.}} = 9 * A^{0.59} = 9 * 6.73^{0.59} = 28 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal Máximo.

$$Q_{\text{máx.}} = \text{Índice } (Q_{\text{máx.}})$$

$Q_{\text{máx.}}$ = Caudal máximo en m^3/s

Factor = Constante (depende del período de retorno) ver Cuadro 4.

$Q_{\text{máx.}}$ = Caudal máximo promedio en m^3/s

Cuadro 4. Índices $Q_{\text{máx.}}/Q_{\text{máx}}$ para distintos períodos de retorno (Tr)

| TR (AÑOS) | TABLA #1 | TABLA #2 | TABLA #3 | TABLA #4 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 1.005 | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.34 |
| 1.05 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.49 |
| 1.25 | 0.62 | 0.63 | 0.64 | 0.67 |
| 2 | 0.92 | 0.93 | 0.92 | 0.93 |
| 5 | 1.36 | 1.35 | 1.32 | 1.30 |
| 10 | 1.66 | 1.64 | 1.60 | 1.55 |
| 20 | 1.96 | 1.94 | 1.88 | 1.78 |
| 50 | 2.37 | 2.32 | 2.24 | 2.10 |
| 100 | 2.68 | 2.64 | 2.53 | 2.33 |
| 1,000 | 3.81 | 3.71 | 3.53 | 3.14 |
| 10,000 | 5.05 | 5.48 | 4.60 | 4.00 |

Utilizando el factor según períodos de retorno de la Tabla #3 del Cuadro 4 se tiene:

Cuadro 5. Caudales máximos según período de retorno para la micro cuenca de estudio hasta el sitio del Proyecto.

| | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Factor K (Cuadro 4 – Tabla #1) | 0.30 | 0.45 | 0.64 | 0.92 | 1.32 | 1.60 | 1.88 | 2.24 | 2.53 | 3.53 | 4.60 |
| Tr (período de retorno)(años) | 1.005 | 1.05 | 1.25 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 1000 | 10000 |
| Caudal máximo promedio (m^3/s) | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| ($Q_{\text{máx.}}$) en m^3/s | 8 | 13 | 18 | 26 | 37 | 45 | 53 | 63 | 71 | 99 | 129 |

La estimación del caudal de simulación tomando en cuenta el método de análisis o Crecidas Máximas del antiguo Irhe permitió obtener valor para un período de retorno de 100 años de $71 \text{ m}^3/\text{s}$

6. SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO CUETA

Las modelaciones Hidrológicas-Hidráulicas tienen la finalidad de analizar el comportamiento de los cauces ya sean naturales o artificiales, estas modelaciones en muchos de los casos están sujetas a factores variables como los son las precipitaciones y los caudales registrados en los canales naturales o artificiales. Para este estudio se realizó la modelación Hidrológica-Hidráulica del río Cueta hasta cercanías y colindancia con el Proyecto Planta Potabilizadora San Francisco; estas modelaciones cubren la mayoría eventos extraordinarios que puedan ocurrir basándose en los métodos estadísticos y fórmulas comúnmente establecidas.

Para esta labor se utiliza el software de aplicación HEC-RAS, creado por el cuerpo de Ingeniería de la Armada de Estados Unidos de América (US ARMY ENGINEER CORP), Este cuerpo de ingeniería desarrollo este software con el objetivo de simular las crecidas máximas para diferentes periodos de ocurrencia, al cual se utiliza la topografía de los perfiles transversales del área de influencia del proyecto, Los resultados y objetivos, se enfocan en la comprobación grafica simulada de cada uno de los niveles de crecida.

Objetivo General

Generar un modelo de inundación a partir de un programa de computadora del tramo de unos 139 metros del río Cueta comprendido entre la estación 0K +000 y 0K + 138.69 metros longitud de colindancia e influencia con la parcela o lote en el que se desarrollará el Proyecto de la Planta Potabilizadora.

Objetivos Específicos

- Definir la topografía del cauce del río en el tramo en estudio a partir de un levantamiento topográfico, para representar las secciones del río requeridas para el modelo digital.
- Realizar el análisis hidráulico del tramo del drenaje natural en estudio utilizando el programa de modelación por computadora HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System).
- A partir de los resultados obtenidos con el programa de computadora, generar conclusiones que permitan proponer soluciones para los posibles efectos

indeseables que se generan cuando se sobrepasa la capacidad hidráulica de un cauce y que se apliquen a la situación particular

Alcances

El trabajo de investigación consiste en modelar el comportamiento hidráulico de un tramo de influencia y colindancia del río Cueta con la planta potabilizadora, el cual recoge las aguas de lluvia de un área determinada como Área de la Micro Cuenca.

Para realizar el análisis hidráulico río Cueta, se necesitó de un levantamiento topográfico de la misma, recopilar datos de estudios hidrológicos y topográficos de la cuenca que drena hacia ella; así como determinar el método de análisis a utilizar para el cálculo del caudal que se genera. Con estos datos se procede al análisis por computadora, el cual proporciona los resultados acerca del comportamiento y capacidad hidráulica del tramo de la fuente hídrica en estudio y se propone entonces, las soluciones que permitan evitar daños humanos y materiales en la zona afectada.

Trabajo de cálculo

- Revisión de levantamiento topográfico.
- Aplicación del marco teórico y de los conceptos de hidrología de trazo de cuenca y morfometría.
- Determinación de Cuenca hidrológica correspondiente y determinación de sus parámetros.
- Análisis y determinación del tramo del cauce a modelar en el programa por computadora.
- Modelación de la capacidad hidráulica del tramo seleccionado de la cuenca, mediante el programa HEC-RAS y para diferentes condiciones.
- Análisis de los resultados de la modelación.
- Análisis comparativo entre el comportamiento hidráulico de la cuenca actual esperado una vez efectuadas las modificaciones recomendadas.
- Planteamiento de propuesta de solución.

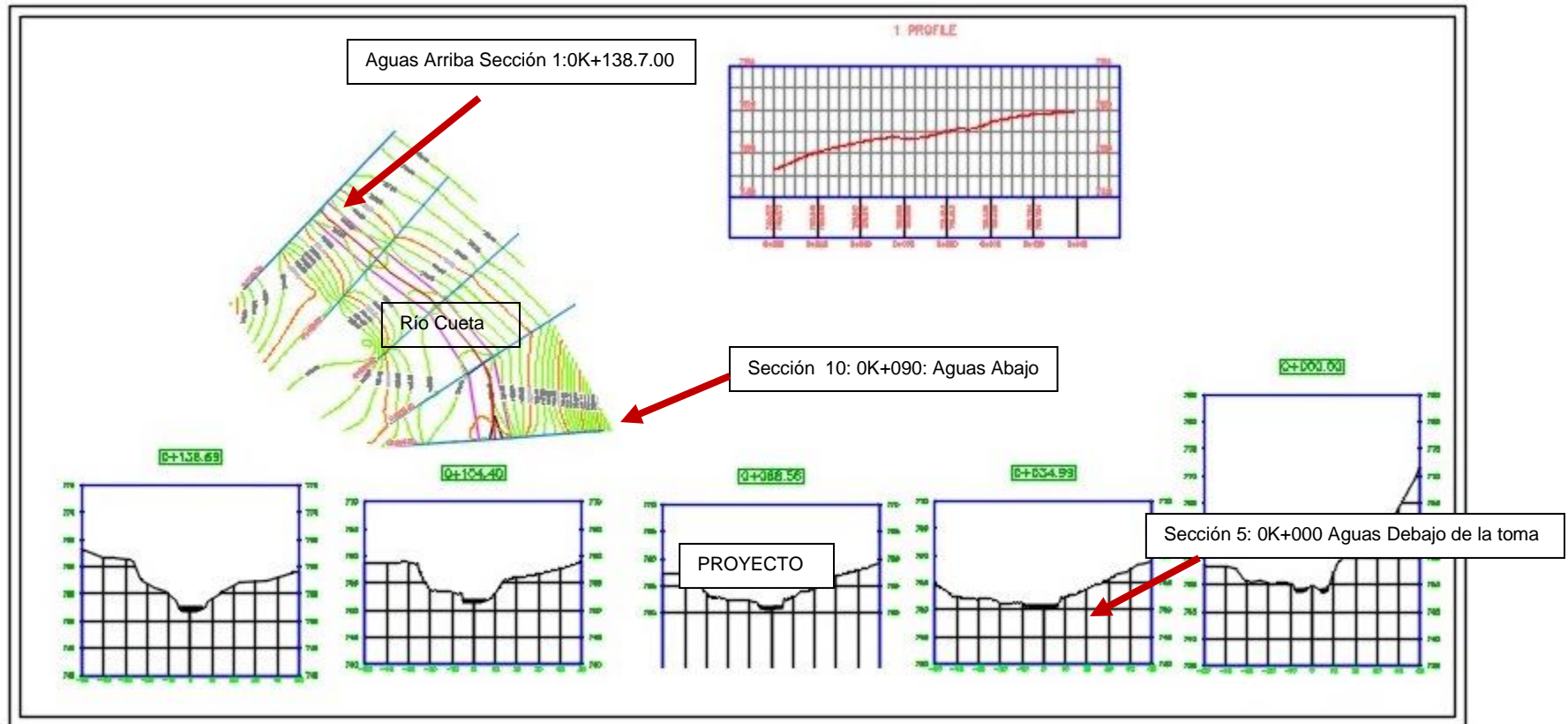
Resultados de las Modelación Hidrológica e Hidráulica

Para la realización de este estudio se tomó en cuenta los datos de la estación de aforo para el río Chiriquí Viejo-Volcán (Paso Ancho). Luego se procedió a estimar los caudales promedios y las máximos crecidas según metodología de Análisis regional de crecidas máximas propuesta por Etesa.

| CAUDALES en m ³ /s del río Cueta Área de drenaje: 6.73 km ² (673 Has) | |
|--|-------------------|
| Período de retorno (años) | MÉTODOLÓGÍA |
| | Análisis Regional |
| 100 Río Cueta | 71 |

Las secciones transversales del río Cueta fueron introducidos en el software de HEC-RAS que es producido por el centro de Ingeniería hidrológica del cuerpo de ingeniería de las Armada de Los Estados Unidos de América, una vez realizado este procedimiento se procedió a computar los valores sobre las crecidas Máximas en cada una de las secciones, a partir de estos datos computados se procedió a estimar las lamina de crecida en cada una de las secciones, las cuales se presentaran a continuación en secuencia de aguas arriba (0K+138.7 m) hacia aguas abajo (0K+000.m) siendo la colindancia aproximada con la Toma en la 0K+34.995 m y terminando en la 0K+000 metros debajo de la toma. Para la modelación se utilizó un caudal con período de retorno de 100 años: 71 m³/s

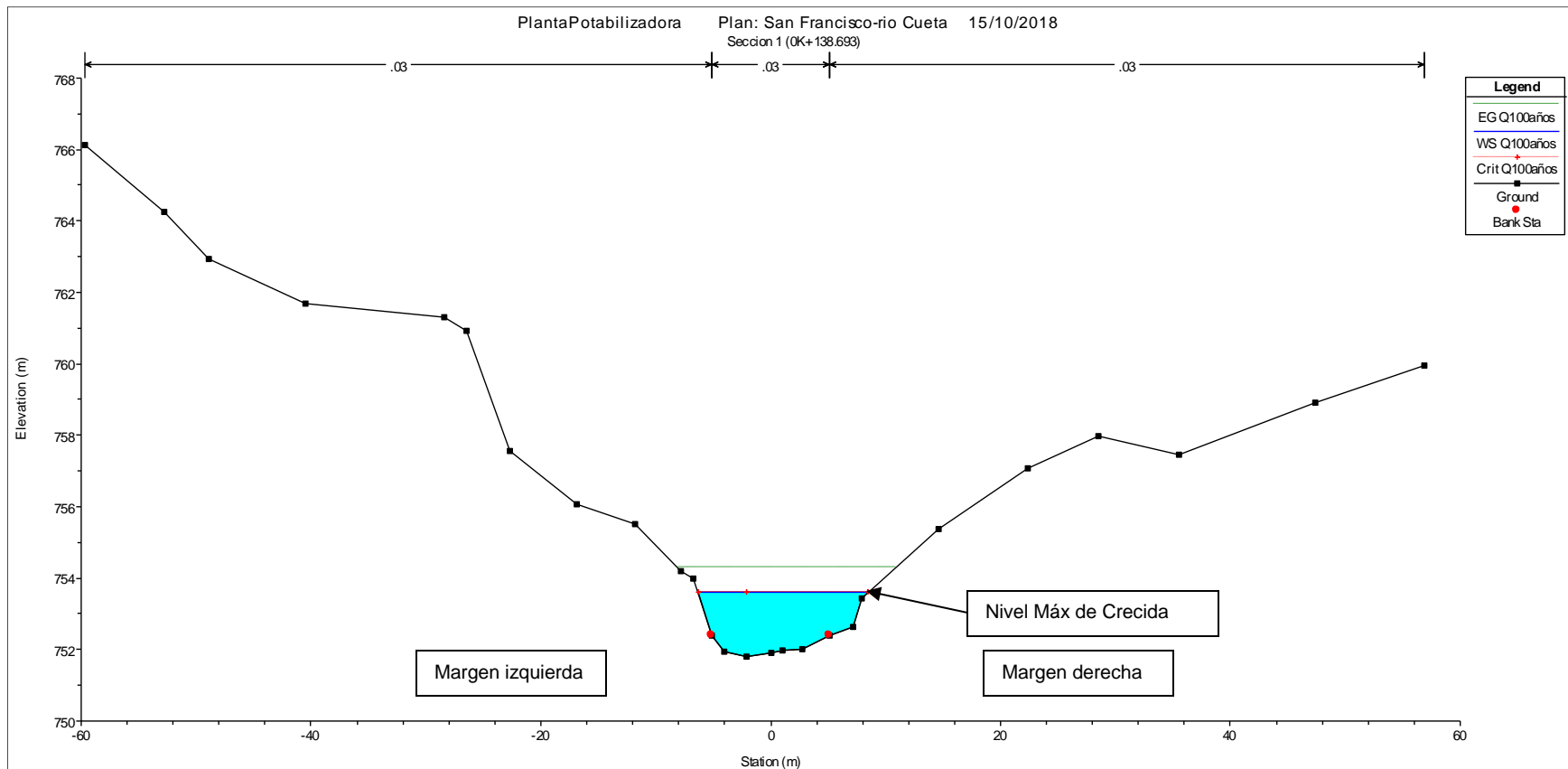
Secciones Transversales río Cueta colindante con el Proyecto Planta Potabilizadora (Visualización Gráfica)

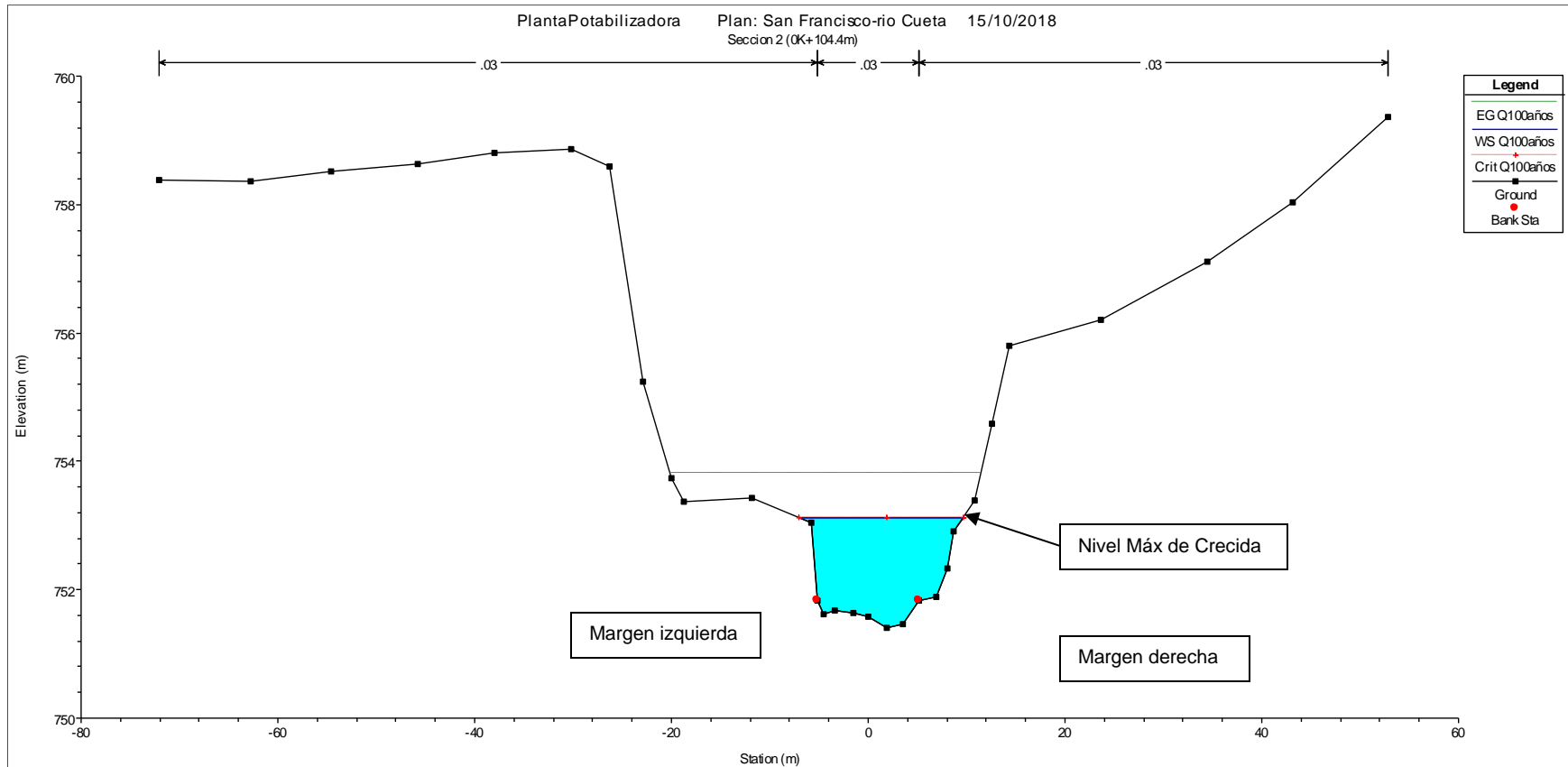


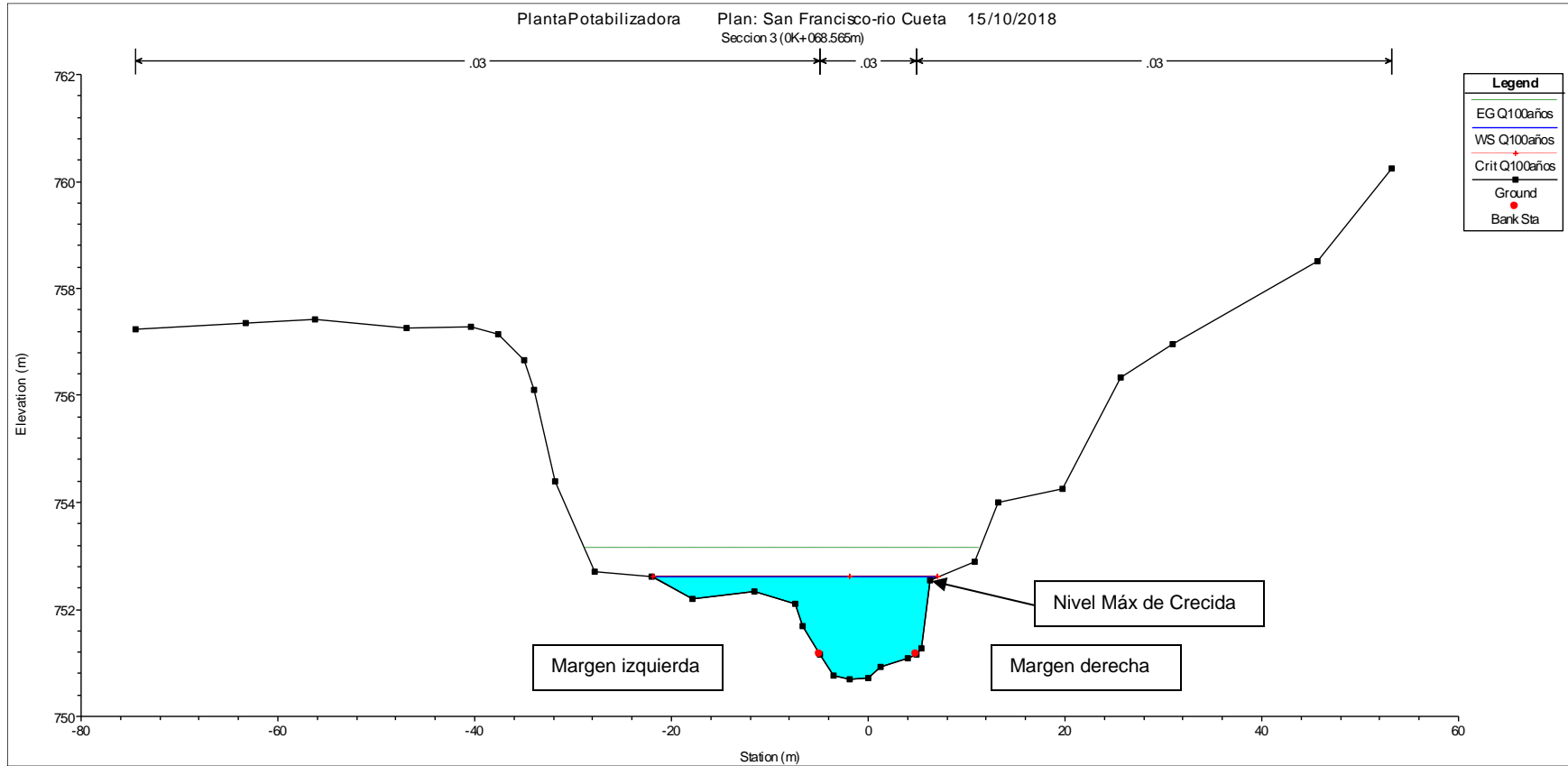
Definición de Abreviaturas:

- EG: Altura de energía
- WS: Altura de la lámina de agua
- Crit: Altura crítica de lámina de agua
- Ground: sección transversal en terreno
- Bank Sta: Bordes del drenaje natural
- Qmax Período de retorno 100 años para el río Cueta: 71.0 m³/s

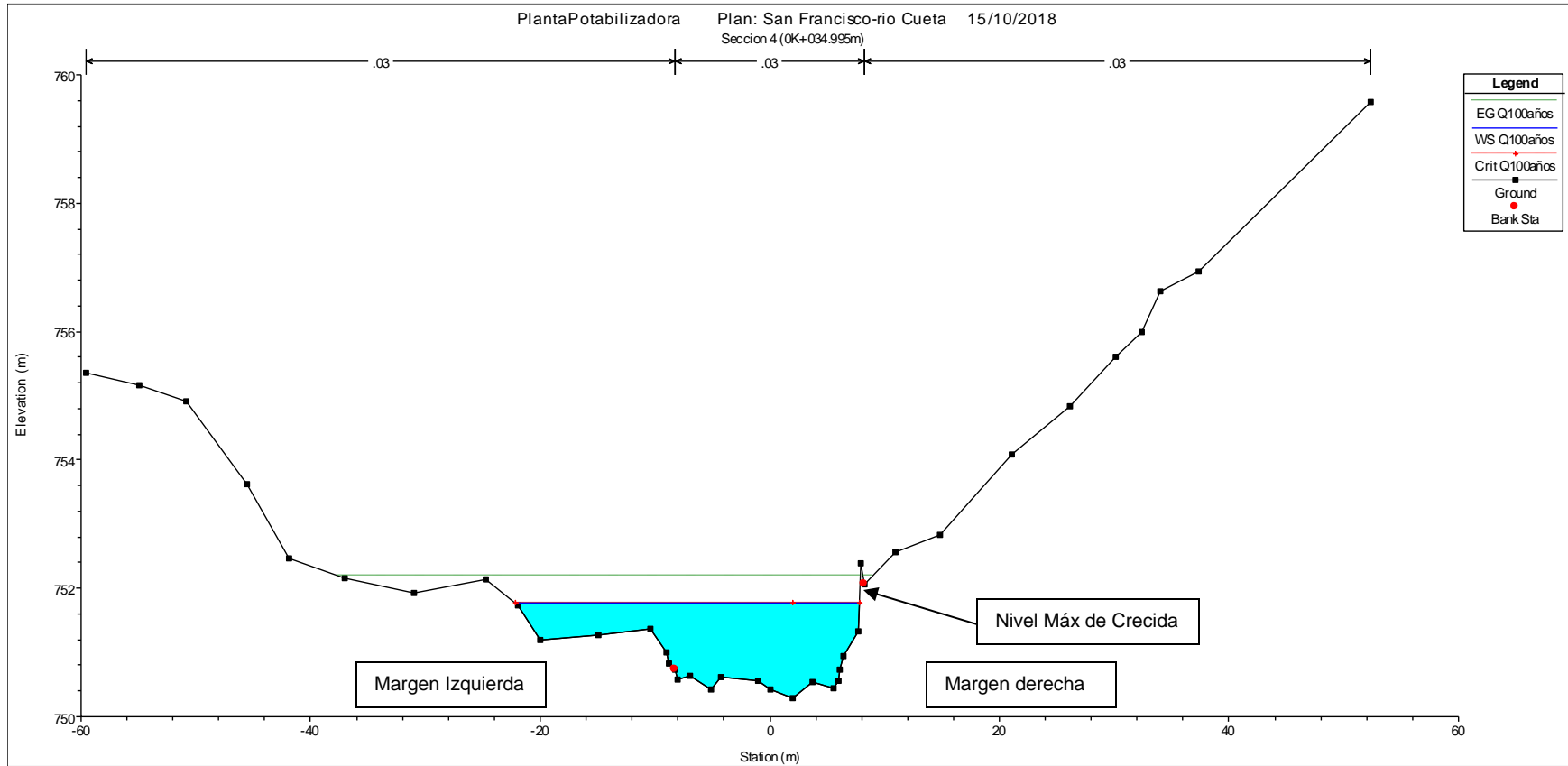
AGUAS ARRIBA DE LA TOMA



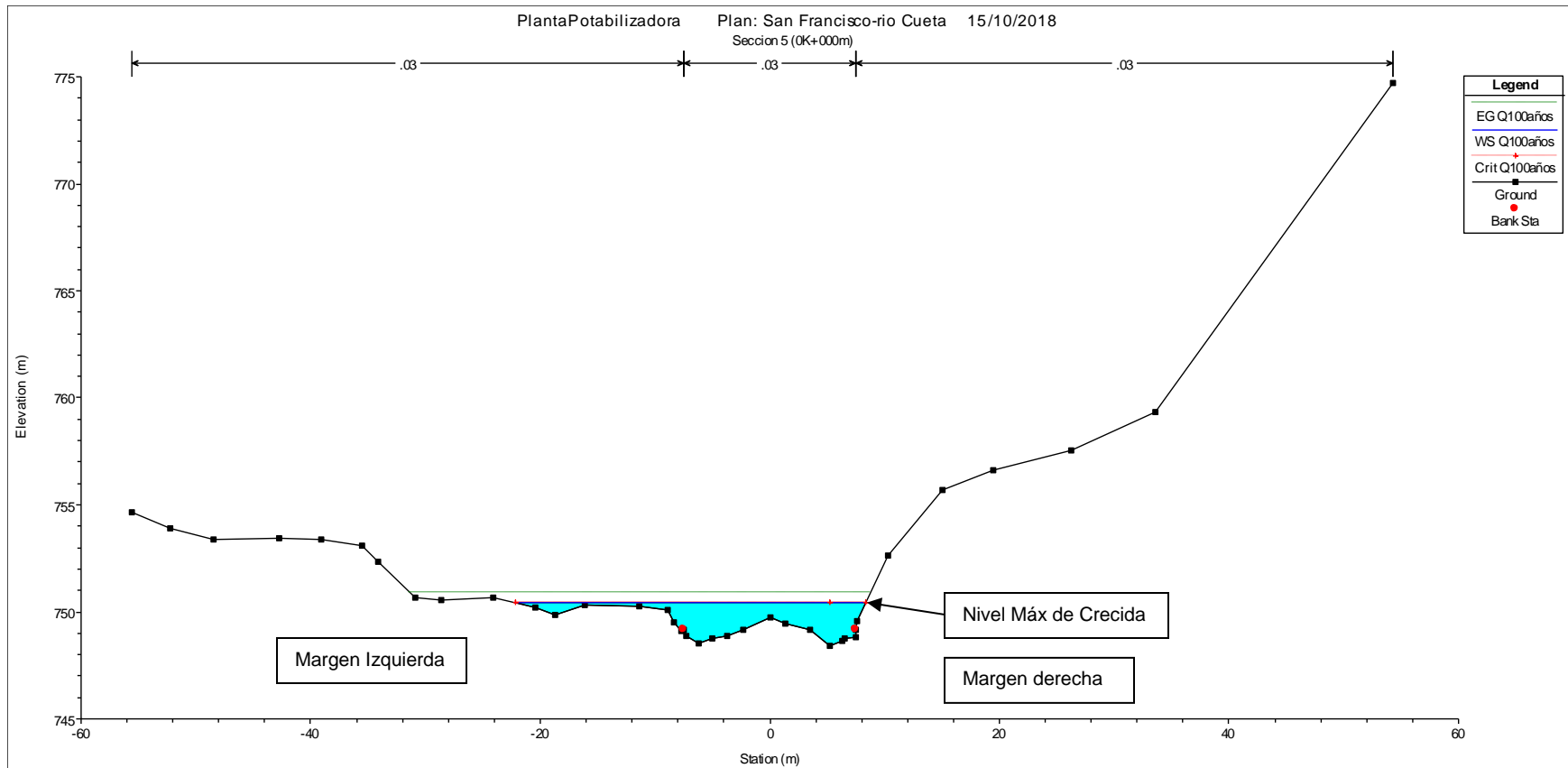




SITIO DE TOMA DE LA PLANTA



AGUAS ABAJO DE LA TOMA



Resumen de Resultados de las simulaciones de cada sección del tramo analizado del río Cueta

| Reach | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|--------------|-----------|----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-------------------|-----------|--------------|
| | | | (m ³ /s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/m) | (m/s) | (m ²) | (m) | |
| Collindancia | 5 1 | Q100años | 71.00 | 751.79 | 753.60 | 753.60 | 754.31 | 0.007303 | 3.87 | 19.88 | 14.86 | 0.98 |
| Collindancia | 4 2 | Q100años | 71.00 | 751.40 | 753.12 | 753.12 | 753.81 | 0.007561 | 3.84 | 20.19 | 16.71 | 0.99 |
| Collindancia | 3 3 | Q100años | 71.00 | 750.69 | 752.60 | 752.60 | 753.14 | 0.005387 | 3.50 | 25.32 | 28.84 | 0.85 |
| Collindancia | 2 4 | Q100años | 71.00 | 750.28 | 751.77 | 751.77 | 752.19 | 0.007118 | 3.08 | 26.06 | 29.96 | 0.90 |
| Collindancia | 1 5 | Q100años | 71.00 | 748.44 | 750.44 | 750.44 | 750.89 | 0.005919 | 3.10 | 26.03 | 30.56 | 0.83 |

Análisis de las secciones transversales del río Cueta

El nivel de máximo de agua para cada sección transversal del tramo de 139 metros del río Cueta denominado “Colindancia” con la Toma de la Planta Potabilizadora se presenta en el siguiente Cuadro, en este se señala la Cota Segura (nivel máximo de posible Inundabilidad de las márgenes) para el Proyecto Planta Potabilizadora (en dirección aguas arriba hacia aguas abajo) para una crecida de 71 m³/s en un período de retorno de 100 años.

Nota: La altimetría y/o planimetría de las secciones del río Cueta, (cotas reales o asumidas) no van amarradas o guardan relación a la topografía general del globo de terreno a desarrollar por el contratista, el cual deberá replantear las cotas en campo en base a las secciones medidas en este estudio.

Con esto, salva cualquier responsabilidad el profesional idóneo que firma y presenta esta simulación hidráulica.

| Sección Transversal | Distancia (m) de centro del río Cueta al Nivel máximo | | Elevación de la Inundación | | Nivel de Terracería Segura Cota (m.s.n.m.) |
|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|--------------------|--|
| | Margen izquierdo | Margen derecho | metros | Cota (m.s.n.m.) | |
| | | | | | |
| AGUAS ARRIBA DE LA TOMA | | | | | |
| Sección 1 (0K+138.7 m) | 6.35 | 8.51 | 1.70 | 753.60 | 754.31 |
| Sección 2 (0K+104.4 m) | 7.07 | 9.64 | 1.55 | 753.12 | 753.81 |
| Sección 3 (0K+068.6 m) | 21.8 | 7.01 | 1.87 | 752.60 | 753.14 |
| SITIO DE TOMA | | | | | |
| Sección 4 (0K+034.9 m) | 22.2 | 7.80 | 1.34 | 751.77 | 752.19 |
| AGUAS ABAJO DE LA TOMA | | | | | |
| Sección 5 (0K+000 m) | 22.2 | 8.37 | 0.70 | 750.44 | 750.89 |

Los distanciamientos promedios para una terracería segura en el tramo de influencia o colindancia del lote o terreno de la planta potabilizadora y el río Cueta están por el orden de los 16 metros y 8 metros desde el centro de la fuente hídrica hacia el margen izquierda y derecha respectivamente.

Los niveles de terracería seguro garantizan la no afectación de la toma de la planta.

Resultados y Recomendaciones

- El río Cueta es una fuente hídrica permanente y mantiene un caudal promedio de 704 Litros por segundo.
- El caudal máximo utilizando la metodología de Crecidas máximas es de: 71 m³/s para un período de retorno de 100 años.
- La simulación hidráulica indica que en caso de un evento pluvial extremo con probabilidad de ocurrencia de 1:100 años para el río Cueta, en la margen izquierda y derecha el agua alcanzaría una distancia promedio de 16 y 8 metros respectivamente. En el sitio de toma la cota segura sería de 752 msnm.
- Se recomienda cumplir con los 3 metros de servidumbre en la margen colindante del río Cueta y retirar la estructura a 22 metros del centro hacia la margen izquierda si fuese la estructura en esa posición y a 8 metros si fuese en la margen derecha.
- Se recomienda replantear la topografía y seguir los resultados de este informe para los niveles de terracería segura de la Toma de la Planta Potabilizadora.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CHOW. V. 1994. Hidrología Aplicada. Mac Graw-Hill. Bogota, Colombia. 584 Págs.
ETESA. 2012. Datos de Caudales promedios de la estación Volcán Paso Canoas. Serie: 1957-2012

PANAMÁ. 1998-1999. Estadística Panameña. Situación Física Meteorológica. Sección 121, Clima. 57 p.

US ARMY. 2012. Hydrologic Engineering Center. HEC-RAS. River Analysis System. 600p

VILLÓN, MÁXIMO. Software de Hidrología: Hidroesta. Cartago – Costa Rica