

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE  
OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL VALLE ACOCRO-  
AYACUCHO-2016**

Presentado por:

**ALEJANDRO MEDINA TORRE**

Tesis para obtener el título profesional de:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**AYACUCHO – PERU**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESISTA : MEDINA TORRE Alejandro.**

**TEMA:**

**SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE  
OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL VALLE ACOCRO-  
AYACUCHO-2016**

-----  
Dr. Jorge E. PASTOR WATANABE

Presidente del miembro jurado

-----  
M.Sc. Sandra DEL ÁGUILA RÍOS

Miembro del Jurado

-----  
Ing. Efraín CHUCHÓN PRADO

Miembro del Jurado

-----  
Ing. Vance G. FERNÁNDEZ HUAMÁN

Miembro del Jurado

## **DEDICATORIA**

A Dios padre Jheova, por ser mi fuente de inspiración, sabiduría, salud, y fuerzas para vencer cada uno de los obstáculos que se presentan en mi vida.

A mis padres Edgar Medina Lagos y Ruperta Torre Ccahuana por el constante apoyo para la realización del presente trabajo; Con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo y trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincera gratitud a mi alma mater; Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haberme impartido conocimientos en mi formación profesional.

A toda la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería agrícola que contribuyeron con sus enseñanzas y conocimientos en el proceso de mi formación profesional.

A mi Docente Ing. Sandra del águila Ríos asesora de la presente tesis, por las indicaciones impartidas hacia mi persona y en especial al ingeniero Hans Sánchez Tueros por el apoyo con su amplio conocimiento en el desarrollo del presente trabajo.

A mis amigos, en especial por el apoyo incondicional al Ing. David Jorge Alarcón Ataucusi, Luis Alberto, Williams Elvis, Pastor Serapio, Ronald, Ruth por su comprensión, compañerismo y apoyo constante e incondicional.

Mi más sincero agradecimiento a los pastores hermanos y hermanas de la Iglesia Evangélica Pentecostal del Perú, por el apoyo espiritual constante e incondicional.

Mi más sincero agradecimiento a la Cruz Roja Nacional, internacional, filial Ayacucho, por su comprensión, compañerismo y apoyo constante e incondicional.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación denominado “**SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL VALLE ACOCRO-AYACUCHO-2016**”, se contempla el uso y la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) y el modelo de Simulación Hidrológica HEC-HMS 5.0 que permitió determinar los caudales en la cuenca Yucaes para diferentes periodos de retorno. Con la información de los caudales máximos para la zona de estudio, se realizó la simulación hidráulica con el modelo Iber 2.3.2, el cual es un módulo hidrodinámico que resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocida como 2D Shallow Water Equations o ecuación de Saint Venant bidimensionales. Junto con el módulo hidrodinámico de Iber 2.3.2, se determinó las zonas inundables en la margen derecha e izquierda del río Yucaes, específicamente en la área urbana de Cruz Pata y Mayobamba para posteriormente realizar la correcta ubicación de estructuras de encauzamiento y protección, tales como muros, gaviones y diques.

Con la ayuda del programa HEC-HMS 5.0 se determinó los caudales máximos de 95.5, 117.6, 140.9 m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 25, 50, 100 años respectivamente, con estos resultados se ha realizado la simulación hidráulica haciendo el uso del modelo Iber 2.3.2, determinándose que las zonas de áreas de cultivos (progresiva 5+800 a 6+200 en el sector del pueblo Cruz Pata) y aguas abajo del puente Carrozable de Mayobamba (progresiva 5+300 a 5+800) son vulnerables a ser inundados para caudales máximos calculados, alcanzados y tirantes hidráulicos que varían de 0.50 a 1.0 metros de altura.

**Palabras claves:** Simulación hidráulica, modelo de simulación hidrológica, caudales máximos

# INDICE GENERAL

|  | Pág.     |
|--|----------|
| DEDICATORIA.....   | i        |
| AGRADECIMIENTO.....  | ii       |
| RESUMEN .....  | iii      |
| INDICE .....   | iv       |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                      | viii     |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                    | ix       |
| INTRODUCCIÓN .....   | xiii     |
| OBJETIVOS .....  | xiv      |
| <b>I. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                     | <b>1</b> |
| 1.1 ANTECEDENTES.....                                      | 1        |
| 1.2 LOS RIOS.....  | 3        |
| 1.2.1 Clasificación de los ríos.....                       | 4        |
| 1.3 PRECIPITACION.....                                     | 5        |
| 1.3.1 Tipos de precipitación.....                          | 5        |
| 1.4 CUENCAS HIDROGRAFICAS .....                            | 6        |
| 1.4.1 Hoya hidrográfica .....                              | 6        |
| 1.4.2 Divisoria.....                                       | 7        |
| 1.4.3 Clasificaciones de los cursos de agua.....           | 7        |
| 1.5 CARACTERISTICAS FISICAS DE UNA HOYA HIDROGRAFICA ..... | 8        |
| 1.5.1 Área de drenaje (A) .....                            | 8        |
| 1.5.2 Forma de hoya .....                                  | 8        |
| 1.5.3 Sistema de drenaje.....                              | 10       |
| 1.5.4 Características del relieve de una hoya.....         | 11       |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 1.6        | TIEMPO DE CONCENTRACION .....  | 15        |
| 1.6.1      | Determinación de tormenta de diseño.....                                   | 16        |
| 1.6.2      | Relación Intensidad –Duración – Frecuencia .....                           | 16        |
| 1.6.3      | Histogramas de precipitación de diseño utilizando las relaciones IDF ..... | 18        |
| 1.6.4      | Precipitación total y efectiva .....                                       | 19        |
| 1.7        | ESTIMACION DE CAUDALES .....   | 23        |
| 1.7.1      | Sistema de modelamiento hidrológico (HMS) .....                            | 24        |
| 1.7.2      | Hidrograma unitario sintético.....   | 28        |
| 1.7.3      | Método directo.....  | 29        |
| 1.7.4      | Coeficiente de Rugosidad de Manning.....                                   | 30        |
| 1.7.5      | Transito Hidrológico en Ríos .....   | 33        |
| 1.8        | MODELIZACION BIDIMENCIONAL DEL FLUJO.....                                  | 34        |
| 1.8.1      | Modulo Hidrodinámico.....  | 35        |
| 1.8.2      | Ecuaciones Hidrodinámicas .....  | 35        |
| 1.8.3      | Fricción de fondo.....   | 37        |
| 1.8.4      | Razonamiento superficial por viento.....                                   | 38        |
| 1.8.5      | Tensiones efectivas.....   | 38        |
| 1.8.6      | Condiciones de contorno hidrodinámicas.....                                | 39        |
| 1.8.7      | Conceptualización de Modelo en Hidráulica y Hidrología.....                | 44        |
| 1.8.8      | Simulación Hidráulica .....  | 45        |
| 1.8.9      | HEC-RAS .....  | 46        |
| 1.8.10     | Efecto Venturi en los Ríos .....   | 46        |
| 1.8.11     | Zona de flujo preferente y zonas inundables.....                           | 49        |
| 1.8.12     | Ley N° 30157 "Ley de las organizaciones de usuarios de agua" .....         | 50        |
| 1.8.13     | Resolución Ministerial N° 0483-2015-MINAGRI .....                          | 50        |
| <b>II.</b> | <b>MATERIALES Y METODOS.....</b>   | <b>53</b> |
| 2.1        | UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.....                            | 53        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.1.1 Ubicación Política Y Características de la zona en estudio.....              | 53        |
| 2.1.2 Ubicación Geográfica .....   | 53        |
| 2.2 VIAS DE ACCESO .....   | 56        |
| 2.3 MATERIALES, EQUIPOS Y PROGRAMAS DE INGENIERIA .....                            | 57        |
| 2.3.1 Materiales.....  | 57        |
| 2.3.2 Equipos. ....  | 57        |
| 2.3.3 Herramientas informáticos de ingeniería .....                                | 57        |
| 2.4 METODOLOGIA.....   | 58        |
| 2.4.1 Ubicación del punto crítico donde se realizara la simulación Hidráulica..... | 58        |
| 2.4.2 Características de los arroyos y de las cuencas.....                         | 58        |
| 2.4.3. Creación y reparación de las capas bases.....                               | 59        |
| 2.4.4 Mapa de datos hidrológicos.....  | 64        |
| 2.4.5. Mapa de tipos de Ríos.....  | 66        |
| 2.4.6 Mapa de elevación del terreno .....  | 67        |
| 2.4.7 Mapa de pendientes .....   | 69        |
| 2.4.8 Mapa de capacidad de uso mayor de suelo .....                                | 71        |
| 2.4.9 Mapa de cobertura vegetal.....   | 71        |
| 2.4.10 Mapa de idealización hidrológica.....                                       | 72        |
| 2.4.11 Análisis Hidrológico de la cuenca en estudio .....                          | 74        |
| 2.4.12 Determinación de parámetros de las subcuencas.....                          | 74        |
| 2.4.13 Determinación de tiempo de concentración .....                              | 77        |
| 2.4.14. Calculo del Hietogramas de precipitación de diseño .....                   | 78        |
| 2.4.15 Modelamiento hidrológico de la cuenca Yucaes- Hec HMS .....                 | 78        |
| 2.4.16 Estimación de caudal máximo por método directo .....                        | 81        |
| 2.4.17 Modelamiento hidráulico del rio Yucaes con IBER .....                       | 82        |
| <b>III. RESULTADO Y DISCUSIONES .....</b>  | <b>95</b> |
| 3.1 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA EN ESTUDIO .....                    | 95        |



|   |            |
|---|------------|
| 3.1.1 Cuenca del rio Yucaes .....   | 95         |
| 3.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO .....  | 96         |
| 3.2.1. Análisis de curvas IDF .....   | 96         |
| 3.2.2. Análisis de Hietogramas de diseño .....                              | 98         |
| 3.2.3. Parámetros de entrada a HEC-HMS para la simulación hidrológica ..... | 100        |
| 3.2.4 Análisis de Resultados .....  | 103        |
| 3.2.5 Caudal máximo de la cuenca Yucaes .....                               | 104        |
| 3.2.6. Caudal de aforo por método directo .....                             | 105        |
| 3.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO .....   | 106        |
| 3.3.1 Análisis de los resultados de simulación con Hec-Ras y Iber.....      | 106        |
| 3.3.2 Simulación hidráulica del rio Yucaes con HEC-RAS .....                | 111        |
| 3.3.3 Determinación de los coeficientes de rugosidad. ....                  | 116        |
| 3.3.4 Determinación de la socavación generalizada del Rio Yucaes. ....      | 116        |
| <b>IV. CONCLUSIONES</b> .....   | <b>118</b> |
| <b>V. RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>120</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | <b>121</b> |
| <b>ANEXOS</b> .....   | <b>123</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N° 1.1. Clasificación de antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia de SCS.....   | 22  |
| Tabla N° 1.2. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a=0.2S$ )..... | 23  |
| Tabla N° 1.3. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación de Cowan.....  | 33  |
| Tabla N° 1.4. Fricción de pared.....   | 40  |
| Tabla N° 1.5. Condiciones de contorno, en los contornos abiertos en Rios.....  | 44  |
| Tabla N° 2.1. Vías de acceso al proyecto.....  | 56  |
| Tabla N° 3.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio .....   | 96  |
| Tabla N° 3.2. Parámetros de las subcuencas. ....   | 100 |
| Tabla N° 3.3. Parámetros de pérdida en las subcuencas. ....  | 101 |
| Tabla N° 3.4. Parámetros para el análisis por el método de Hietogramas SCS. ....   | 101 |
| Tabla N° 3.5. Calculo de parámetros de Muskingum. ....   | 102 |
| Tabla N° 3.6. Caudales máximos Resultante a la salida de la cuenca con el método de transformación de lluvias SCS. ....  | 105 |
| Tabla N° 3.7. Caudal máximo por método sección pendiente.....  | 106 |
| Tabla N° 3.8. Cálculo coeficiente de manning por método de cowan .....   | 116 |
| Tabla N° 3.9. Resultado de cálculo de Socavación general .....   | 117 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 1.1. Vista panorámica de Rio Corriente en los esteros de Ibera .....   | 3  |
| Figura N° 1.2. Modelo de una cuenca hidrográfica (Madre de Dios).....  | 6  |
| Figura N° 1.3. Orden de las corrientes de una cuenca.....  | 10 |
| Figura N°1.4. Ejemplo de curvas de intensidad-duración-frecuencia para lluvia<br>máxima.....   | 17 |
| Figura N° 1.5 Variables en el método de abstracciones de precipitación.....  | 20 |
| Figura N° 1.6. Hidrogramas unitarios sintéticos del Soil Concervation Service. a)<br>Hidrograma adimensional. b) Hidrograma unitario triangular.<br>(Fuente: Soil Conservation Service, 1972)..... | 29 |
| Figura N° 1.7. Almacenamiento por prisma y por cuña en un tramo de canal.....  | 34 |
| Figura N° 1.8. Disminución de la sección en un tramo de canal abierto. ....  | 48 |
| Figura N° 1.9. Disminución de la sección en un tramo de canal abierto (ecuación de<br>continuidad).....  | 49 |
| Figura N° 2.1. Mapas de ubicación Nacional y Regional.....   | 54 |
| Figura N° 2.2. Mapas de ubicación distrital y localización de área de estudio ....   | 54 |
| Figura N° 2.3. Base de datos de ARGIS. ....  | 60 |
| Figura N° 2.4. Visualización panorámica de toda la cuenca Yucay, Para tener una<br>perspectiva el área de interés a delimitar y estudiar. ....   | 61 |
| Figura N° 2.5. Creación del proyecto en el administrador del programa Argis; Arc<br>Catalogo donde se almacenara toda la información requerida del<br>proyecto. ....                               | 61 |
| Figura N° 2.6. Determinación de la subcuencas numero uno .....   | 62 |
| Figura N° 2.7. sub cuenca N° 01 delimitado.....  | 62 |
| Figura N° 2.8. Identificando la subcuencas de Yucaes a colores.....  | 63 |
| Figura N° 2.9. Vista de subcuencas delimitados y categorizados de acuerdo a las<br>áreas .....   | 63 |
| Figura N° 2.10. Determinando el centroide de gravedad de la Subcuencas. ....   | 64 |
| Figura N° 2.11. Muestra de áreas por altitud presentado en toda la cuenca.....   | 65 |
| Figura N° 2.12. Presentación de capas de delimitación, centroide y ríos. Altitud por<br>longitud de rio.....   | 65 |

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 2.13. La realización de segmentación en los cursos de los ríos, para luego determinar la longitud desde el centroide hasta la salida de la subcuenca..... | 66 |
| Figura N° 2.14. Resultados de la obtención de tipos de Ríos en cada subcuencas en estudio.....  | 67 |
| Figura N° 2.15. Creación de modelo de elevación digital (DEM) de la cuenca. ...   | 68 |
| Figura N° 2.16. Categorización de colores según rangos de altura de la cuenca.  | 68 |
| Figura N° 2.17. Se Convierte del TIN a Raster de la cuenca Yucaes. ....   | 69 |
| Figura N° 2.18. Clasificación de colores según rangos de pendientes en unidad de grados. ....   | 70 |
| Figura N° 2.19. Vista de mapa de pendientes de la cuenca Yucaes. ....   | 70 |
| Figura N° 2.20. Capacidad de uso mayor de suelo en la cuenca Yucaes. ....   | 71 |
| Figura N° 2.21. Cubertura vegetal de la cuenca Yucaes.....  | 72 |
| Figura N° 2.22. Vista de idealización Hidrológica de la cuenca Yucaes.....  | 73 |
| Figura N° 2.23. Determinación de área y perímetro de la cuenca.....   | 75 |
| Figura N° 2.24. Determinación de áreas parciales de las subcuencas. ....  | 76 |
| Figura N° 2.25. Determinación de la longitud del curso principal (L) de la subcuencas.....  | 77 |
| Figura N° 2.26. Modelo de cuenca e interconexión de subcuencas-Yucaes.....  | 79 |
| Figura N° 2.27. Cuadro de dialogo del control de especificaciones. ....   | 80 |
| Figura N° 2.28. Hidrograma resultante de la cuenca Yucaes para un periodo de retorno de 100 años. ....  | 81 |
| Figura N° 2.29. Vista de georreferenciación de la ortofoto de las zonas.....  | 83 |
| Figura N° 2.30. Cuadro de dialogo de la creación de TIN. ....   | 83 |
| Figura N° 2.31. Cuadro de dialogo de conversión de TIN o RASTER de la zona de estudio.....  | 84 |
| Figura N° 2.32. Vista de la zona de estudio en formato Raster.....  | 84 |
| Figura N° 2.33. Cuadro de dialogo de conversión de Raster a ASCII. ....   | 85 |
| Figura N° 2.34. Cuadro de dialogo para guardar el proyecto elaborado. ....  | 85 |
| Figura N° 2.35. Cuadro de parámetros de creación del archivo RTIN. ....   | 86 |
| Figura N° 2.36. Cuadro de dialogo para colapsar la geometría del terreno. ....  | 87 |
| Figura N° 2.37. Cuadro de dialogo de parámetros de entrada. ....  | 88 |
| Figura N° 2.38. Cuadro de dialogo de parámetros de salida.....  | 88 |
| Figura N° 2.39. Cuadro de dialogo de condiciones de inicio. ....  | 89 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 2.40. Cuadro de dialogo de uso del suelo. ....  | 90  |
| Figura N° 2.41. Ventana de entrada de valor de numero de divisiones para asignar las líneas. ....   | 91  |
| Figura N° 2.42. ventana de generación de mallas. ....   | 91  |
| Figura N° 2.43. Vista de las mallas generadas de la superficie en estudio. ....   | 92  |
| Figura N° 2.44. Ventana de parámetros de cálculos. ....   | 92  |
| Figura N° 2.45. ventana de proceso de cálculo. ....   | 93  |
| Figura N° 2.46. Visualización de los resultados de calado, para un caudal pico..  | 94  |
| Figura N° 3.1. Curvas IDF para una duración de tormenta máxima. ....  | 97  |
| Figura N° 3.2. Curvas IDF para una duración de tormenta menores a 3 horas....   | 97  |
| Figura N° 3.3. Curvas IDF para una duración de tormenta mayores a 3 horas....   | 98  |
| Figura N° 3.4. Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años. ....   | 99  |
| Figura N° 3.5. Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años. ....   | 99  |
| Figura N° 3.6. Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años. ....   | 100 |
| Figura N° 3.7. Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 25 años. ....  | 103 |
| Figura N° 3.8. Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 50 años. ....  | 104 |
| Figura N° 3.9. Hidrograma de avenida para un retorno de 100 años. ....  | 104 |
| Figura N° 3.10. Niveles que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 25 años. ....  | 108 |
| Figura N° 3.11. Niveles que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años. ....  | 108 |
| Figura N° 3.12. Niveles que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años. ....   | 109 |
| Figura N° 3.13. Vista en perfil de Nivel que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años. ....                                 | 109 |
| Figura N° 3.14. Simulación hidráulica 2D con el programa Iber, para un caudal máximo y periodo de retorno de 25 años. ....                        | 110 |
| Figura N° 3.15. Modelamiento 2D con el programa Iber, para un caudal máximo y periodo de retorno de 50 años. ....                                 | 110 |
| Figura N° 3.16. Modelamiento 2D, comportamiento sinuoso del rio con el programa Iber, para un caudal máximo y periodo de retorno de 50 años. .... | 110 |
| Figura N° 3.17. Sección de superficie libre de agua, simulación Hidráulica.....   | 111 |
| Figura N° 3.18. Ubicación del puente Carrozable en Mayobamba (L=18m). ....  | 111 |
| Figura N° 3.19. Superficie libre de agua, simulación Hidráulica Yucaes . ....   | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 3.20. Perfil de terreno de rio en estudio simulación Hidráulica.....  | 112 |
| Figura N° 3.21. Perfil de comportamiento hidráulico de agua para un periodo de<br>retorno de 100 años, simulación Hidráulica Yucaes. ....       | 113 |
| Figura N° 3.22. Perfil de Resalto hidráulico de agua para diferentes periodos de<br>retorno, simulación Hidráulica Yucaes. ....                 | 113 |
| Figura N° 3.23. Sección de comportamiento de nivel hidráulico de agua para<br>diferentes periodos de retorno, simulación Hidráulica Yucaes..... | 114 |
| Figura N° 3.24. Resultados hidráulicos del rio Yucaes para 25 años de retorno.  | 114 |
| Figura N° 3.25. Resultados hidráulicos del rio Yucaes para 50 años de retorno.  | 115 |
| Figura N° 3.26. Resultados hidráulicos del rio Yucaes para 100 años.....  | 115 |

## INTRODUCCIÓN

Los niveles de elevación de agua en el cauce a valores no usuales se conoce también como máximas avenidas, como consecuencias del crecimiento del caudal que circula por la red de drenaje. El aumento del caudal, en la mayoría de los casos, es consecuencia de precipitaciones extraordinarias de una magnitud tal que la superficie de la cuenca no es capaz de asimilarlas en su totalidad. Estos excesos de precipitación que no se infiltran, denominados escorrentía superficial, discurren rápidamente por la red de drenaje de la cuenca concentrándose en los cauces. Esta red a su vez, tiene una capacidad de evacuación determinada, en función de sus características; El volumen de agua que le llega un momento dado y que no es capaz de evacuarlo en dicho momento es almacenado en el cauce, provocando la inundación de las áreas adyacentes al cauce (Martin, 2002).

Para realizar un estudio de esta problemática, primero se generaron los caudales extraordinarios mediante la aplicación del programa Hec-Hms 3.5; Posteriormente se analizó el movimiento del agua en el cauce haciendo el uso del programa Iber 2.3.2, que es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lamina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial.

El rango de aplicación del modelo Iber 2.3.2 abarca la hidrodinámica fluvial, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, la simulación de rotura de presas, y el flujo de marea en estuarios (Grupo de ingeniería de agua y del medio ambiente).

El estudio de cuencas está orientado a determinar sus características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. El mayor

conocimiento de la dinámica de las cuencas permitirá tomar mejores decisiones respecto a lo establecido; Es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico (MTC, 2009).

Una vez realizado la simulación hidráulica se determinó los tirantes en todo el tramo del cauce en estudio, luego se identificó las zonas vulnerables a ser inundados de acuerdo a los resultados del modelo Iber 2.3.2. Finalmente se plantea las medidas correctivas en dichas zonas de riego, de acuerdo a la observación de mancha de inundación; La construcción de estructuras no es de prioridad para la protección en las áreas de cultivo, la mayor parte de la zona de estudio no está propenso a ser inundado para avenidas máximas mayores a 95.5m<sup>3</sup>/s.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Establecer la relación que existe la simulación hidráulica del Rio Yucaes y el diseño de obras de defensas rivereñas en el valle de Acocro Ayacucho-2016

### **Objetivos específicos**

- Determinar las avenidas extraordinarias para diferentes periodos de retorno, para la simulación hidráulica del tramo estudiado.
- Determinar el comportamiento hidrológico e hidráulico del rio Yucaes en el área del valle de Acocro, aplicando el programa IBER 2.3.2 y HEC-RAS.
- Determinar los coeficientes de rugosidad de acuerdo a las características geométricas del río.
- Determinar la socavación generalizada del Rio Yucaes; En los recorridos del rio desde puente Carrozable en el pueblo Mayobamba hasta el puente peatonal artesanal del pueblo Cruz pata (5+380.a 6+380 en dirección del flujo del rio).





## **I. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

De acuerdo a las investigaciones realizadas de la tesis de la universidad San Cristóbal de Huamanga, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.

Alarcón en el 2013; Realizó el modelamiento hidrológico e hidráulico del río Vinchos a través del programa Iber 2.3.2. Reportó como resultados el ancho de la faja inundable del río y propuso medidas estructurales para el control de avenidas.

Avalos en el 2013; Realizo el modelamiento hidrológico e hidráulico del Rio Yucaes a través, la aplicación del programa HEC RAS 4.0; Con el resultado obtenido de caudal máximo de diseño determino el ancho de la faja inundable del rio, Zonas críticas y áreas Agrícolas con riesgo a inundaciones.

Montes en el 2006; mediante la aplicación del programa HEC - RAS 3.1.1. Pudo determinar áreas en el tramo comprendido como zonas críticas, vulnerables a las crecidas, inundaciones según tiempos de retorno en los márgenes del rio Chacco, con los resultados obtenidos propuso alternativas de obras de defensa ribereña.

De acuerdo a la identificación realizada de poblaciones conformantes de las áreas cultivables del valle de Acocro, siempre están expuestas a riesgos ocasionados por la crecida de los ríos, afectando además terrenos agrícolas en producción y viviendas familiares, específicamente los meses de diciembre a abril de todos los años, poniendo en riesgo la economía de muchos habitantes.

En respuesta a los requerimientos en materia de aguas definidos en las directrices, reglamentos y recomendaciones existentes en la legislación española, los cuales están mayormente basados en directivas europeas, se ha desarrollado una herramienta de modelización numérica del flujo de agua en lámina libre en 2 dimensiones. La herramienta, llamada Iber, combina un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos, y utiliza el método de volúmenes finitos para resolver las ecuaciones correspondientes. La modelación matemática del flujo de agua en un río consiste en predecir los valores que toman las variables hidráulicas (calado, velocidades, caudal, etc.) a partir de la resolución mediante métodos numéricos de unas ecuaciones obtenidas con una serie de hipótesis. Para el estudio de los efectos de la propagación de avenidas en ríos se pueden utilizar modelos unidimensionales o bidimensionales. La necesidad de estudiar cada vez más fenómenos complejos, y la observación que en la naturaleza se encuentran muchas situaciones donde el flujo parece ser efectivamente bidimensional es decir, predominan las dimensiones horizontales sobre la vertical, junto con la creciente capacidad y velocidad de los ordenadores, ha llevado al uso de ecuaciones y esquemas bidimensionales, ecuaciones de aguas someras (Bladé et al., 2012).

En épocas anteriores no existían poblaciones en los alrededores del río, ni áreas de cultivo, y el río tenía amplio cauce recorriendo en épocas de fuertes precipitaciones por toda la llanura del valle; en otras palabras la zona periférica del tramo con áreas cultivables ahora, era el curso del río año atrás. Progresivamente la acción del hombre en su afán de poseer terrenos a riberas de los ríos ocuparon dichos cauces, ocasionando variaciones hidráulicas a lo largo del valle, trayendo consigo las inundaciones, desbordes, deslizamientos y pérdidas económicas a falta de la faja marginal.

El proyecto plantea la manera adecuada de zonificar las zonas de inundación bajo un estudio hidrológico, hidráulico y características de la cuenca en estudio. Esto con el fin de evitar la inundación de terrenos agrícolas debido al desbordamiento del río Yucaes, con la finalidad de evitar las pérdidas de vidas humanas y terrenos que son erosionadas por las grandes avenidas de agua en

épocas de lluvia que se producen normalmente en los meses de Noviembre a Marzo.

## 1.2 LOS RIOS

La ingeniería fluvial estudia a cerca de las intervenciones humanas en los ríos para su adecuación al aprovechamiento de los recursos y la reducción de los riesgos de daño. El río no es en sí mismo objeto de la ingeniería civil, como pueden ser una carretera o un ferrocarril. El río es un elemento natural que recoge las aguas de una cuenca y las transporta en lamina libre hasta su desembocadura.



Figura N° 1.1: Vista panorámica de Rio Corriente en los esteros de Ibera (Argentina)

El caudal de un canal suele ser constante. En los ríos el caudal es siempre variable, según el régimen hidrológico de la cuenca, en una escala de tiempo estacional o bien restringido a un episodio meteorológico. Ciertos caudales frecuentes pero no extraordinarios son importantes para el río en el sentido que lo conforma el cauce y además existen las avenidas extraordinarias, las cuales pueden transformar radicalmente la naturaleza o el curso del río (por ejemplo un meandro).

Un río es un medio con flujo básico de agua y sedimento (precedente del cauce o de la cuenca). Cuando este flujo no presenta ningún cambio espacial o temporal, el río da una aportación de agua y sedimentos.

La rugosidad en un canal es un parámetro bien definido y determinante de su capacidad. En un río, el caudal circulante y la altura del agua están relacionados de manera mucho más compleja. Mientras el agua está contenida en el cauce principal, existen una resistencia al flujo por el tamaño del grano de material de fondo y otra añadida por las formas del fondo granular (dunas, etc.).

Cuando el río crece por encima de su nivel habitual e inunda orillas o llanuras donde crece la vegetación, el problema de la resistencia al flujo se hace aún más complejo (Martin, J.2002).

### **1.2.1 Clasificación de los ríos**

Los ríos tienen el régimen hidrológico determinado por las características de la cuenca y de las precipitaciones (lluvia y nieve). Estamos acostumbrados a relacionar el caudal de un río con las lluvias inmediatamente precedentes, si pensamos en la escorrentía directa de la cuenca como la realidad hidrológica más importante. Conviene señalar que en otros casos la fusión de las nieves explica el régimen del río. En grandes ríos de climas tropicales el régimen hidrológico tiene una fuerte y regular estacionalidad, es decir hay un largo periodo de aguas altas que pueden esperarse cada año, como también el aprovechamiento del hombre para el cultivo de las necesidades hídricas en épocas de estiaje.

Las aguas subterráneas, nos demuestra la permanencia de un caudal base de un río durante un periodo seco y a la inversa de la infiltración a través de un cauce permeable explica que los ríos se sequen.

A este aspecto llamamos ríos efímeros, por oposición a ríos perennes, aquellos que solo llevan agua en episodios de fuertes precipitaciones, mientras que se mantienen secos el resto del tiempo. Son típicos de climas áridos y semiáridos. Las ramblas, barrancos y algunas reirás mediterráneas son un ejemplo de este tipo especial de ríos.

Se llaman ríos aluviales aquellos que discurren con materiales sedimentarios modernos, generalmente aportados por el propio río (Martin, J.2002).

### **1.3 PRECIPITACION**

Se define la precipitación a toda forma de humedad, que originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garuas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación (Chereque, W.1995).

#### **1.3.1 Tipos de precipitación**

Las precipitaciones se clasifican en tres grupos, según el factor responsable del levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para que produzca cantidades significativas de precipitación.

##### **a) Precipitaciones conectivas**

Son causados por el ascenso del aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Las diferencias de temperatura pueden ser sobre todo el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie o en la capa superior de la capa del aire.

##### **b) Precipitaciones orográficas**

Resultan del ascenso del aire cálido hacia una cadena montañosa. Las regiones que queden del otro lado de las montañas pueden sufrir la ausencia de lluvias, puesto que todas las nubes son interceptadas y precipitadas en el lado de donde ellas provienen.

##### **c) Precipitaciones ciclónicas**

Se producen cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas; Las más calientes son interceptadas a las partes más altas donde precipitan.

## 1.4 CUENCAS HIDROGRAFICAS

### 1.4.1 Hoya hidrográfica

Una hoya hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple

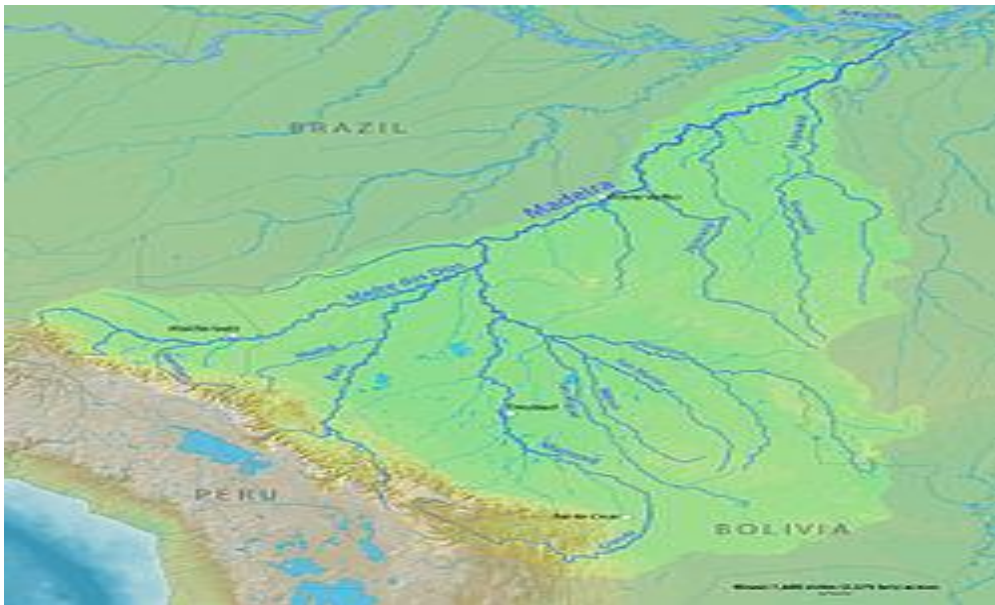


Figura N° 1.2: Modelo de una cuenca hidrográfica (Madre de Dios)

Aplicando la ecuación fundamental de la hidrología, si tiene:

$$I - O = \Delta S / \Delta t \quad \dots (1.1).$$

Se exige que una altura mínima se acumula en la superficie para que haya escorrentía en A.

En este sistema toda la precipitación será transformada en caudal, siempre y cuando sean despreciables las pérdidas por evaporación durante el tiempo de “entrada”.

#### **Ilustración real: modelo práctico**

Perdidas diversas ocurren durante el proceso. El proceso de evaporación se presenta desde que se inicia la precipitación.

Por otro lado, la superficie del terreno no es tan plana como la del modelo ideal. Existen depresiones en el terreno; Al caer el agua y acumularse, puede ser evaporada o infiltrada en este. Además cuando el agua llega a una corriente y se transforma en escorrentía, continúa sufriendo el proceso de evaporación, en cantidades que no pueden no ser despreciables.

También en el proceso de infiltración, al penetrar en el suelo el agua sigue diversos caminos, quedando almacenada temporalmente en dicho medio; De ahí por medio del proceso de percolación, continúa a estratos más profundos, formando el nivel freático, se mueve lateralmente, como escorrentía subterránea, y puede surgir superficialmente como fuente de escorrentía superficial o según la localización de la divisoria del nivel freático, escurrir hacia otra hoya (Monsalve, G. 1995).

#### **1.4.2 Divisoria**

Se designa como divisoria la línea que separa las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante por uno y otro sistema fluvial. La divisoria sigue una línea rígida, atravesando el curso de agua solamente en el punto de salida. La divisoria une los puntos de máxima cota entre hoyas, lo que no impide que en el interior de una hoya existan picos aislados con una cota superior a cualquier punto de la divisoria (Monsalve, G.1995).

#### **1.4.3 Clasificaciones de los cursos de agua**

Con base en la constancia de la escorrentía, los cursos de agua se pueden dividir en:

##### **a) Perennes**

Corrientes con agua todo el tiempo.

El nivel de agua subterráneo mantiene una alimentación continua y no desciende nunca de bajo del lecho del río.



## **b) Intermitentes**

Corrientes que escurren en estaciones de lluvia y se secan durante el verano.

El nivel del agua subterráneo se conserva por encima del nivel del lecho del río solo en la estación lluviosa. En verano el escurrimiento cesa, u ocurre solamente durante o inmediatamente después de las tormentas

## **c) Efímeras**

Existente apenas durante o inmediatamente después de los periodos de precipitación, y solo transportan escurrimiento superficial.

El nivel de agua subterráneo se encuentra siempre debajo del nivel inferior del lecho de la corriente; No hay por lo tanto posibilidad de escurrimiento.

## **1.5 CARACTERISTICAS FISICAS DE UNA HOYA HIDROGRAFICA**

Las características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico (Monsalve, G. 1995).

### **1.5.1 Área de drenaje (A)**

Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica.

### **1.5.2 Forma de hoya**

Esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya a la sección de la corriente en estudio, o en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma.

### a) Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)

Es la relación entre el perímetro de la hoya y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la hoya.

$$Kc = \frac{0.28}{\sqrt{A}} \quad \dots (1.2)$$

En donde:

P: perímetro de la hoya, en Km

A: área de drenaje de la hoya hidrográfica, en km<sup>2</sup>

Cuando más irregular sea la hoya mayor será su coeficiente de compacidad. Una hoya circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad.

### b) Factor de forma (Ff)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la hoya. La longitud axial de la hoya se mide cuando se sigue el curso del agua más larga desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la hoya.

El ancho medio, B, se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial de la hoya.

$$Ff = \frac{A}{2L^2} \quad \dots (1.3)$$

En donde:

B: ancho medio, en donde km

L: Longitud axial de la hoya, en Km

A: área de drenaje, en km<sup>2</sup>

Una hoya con factor de forma bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.

### 1.5.3 Sistema de drenaje

Está constituido por el río principal y sus tributarios.

#### a) Orden de las corrientes de agua

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una hoya.

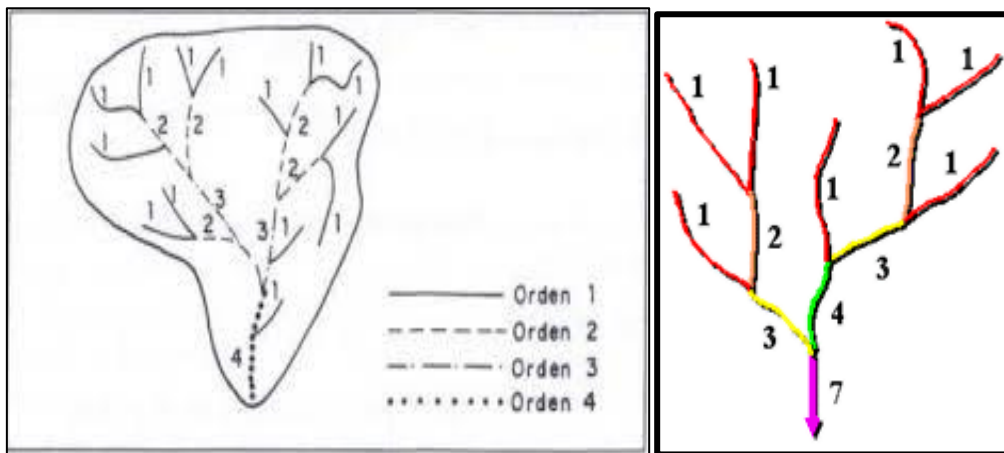


Figura N° 1.3: Orden de las corrientes de una cuenca.

Corriente de primer orden: Pequeños canales que no tienen tributarios.

Corrientes de segundo orden: Cuando dos corrientes de primer orden se unen.

Corrientes de tercer orden: Cuando dos corrientes de segundo orden se unen.

Corrientes de orden n+1: Cuando dos corrientes de orden “n” se unen.

#### b) Densidad de drenaje (Dd)

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la hoya y su área total.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \dots (1.4)$$

En donde:

L: longitud total de las corrientes de agua, en km

A: área total de la hoya, en km<sup>2</sup>

Dd: Usualmente toma valores entre 0.50 km/km<sup>2</sup> para hoyas con drenaje pobre hasta 3.5 km/km<sup>2</sup> para hoyas excepcionalmente bien drenadas.

### **c) Extensión media de la escorrentía superficial**

Se define como la distancia media en que el agua de lluvia tendría que escurrir sobre los terrenos de una hoya, en caso de que la escorrentía se diese en línea recta desde donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la hoya.

$$ES = \frac{A}{4L} \dots\dots\dots(1.5)$$

En donde:

ES: extensión media de la escorrentía superficial, en km

L: longitud total de las corrientes de agua en la hoya hidrográfica, en km

A: área de drenaje total de la hoya, en km<sup>2</sup>.

## **1.5.4 Características del relieve de una hoya**

### **a) Pendiente de la hoya**

La pendiente, es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la filtración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas (Villon, M. 2002).

Existen diversos criterios para evaluar la pendiente de una cuenca, entre las que citamos a continuación:

- Criterio de rectángulo equivalente
- Criterio de Alvord
- Criterio de Horton
- Criterio de Nash

### **Criterio del rectángulo equivalente**

Se optó por este criterio, para hallar la pendiente de la cuenca, se toma la pendiente media del rectángulo equivalente, es decir:

$$S = \frac{H}{L} \dots\dots\dots (1.6)$$

En donde:

S: Pendiente de la cuenca

H: Desnivel (cota en la parte más alta- cota en la estación de aforo), en km

L: Lado mayor del rectángulo equivalente, en km

### **b) Curva hipsométrica**

Representación gráfica del relieve de una hoya. Representa el estudio de la variación, elevación de varios terrenos de la hoya con referencia al nivel medio del mar. Esta variación es indicada por medio de un gráfico que nos muestra el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. Dicho grafico se puede determinar por el método de las cuadrículas del numeral anterior o planimetrando las áreas entre curvas de nivel.

La curva hipsométrica relaciona el valor de la cota, en las ordenadas, con el porcentaje del área acumulada, en las abscisas. Para su construcción se grafican, con excepción de los valores máximos y mínimos de cota hallados, los valores menores de cota de cada intervalo de clase contra su correspondiente área acumulada. Al valor de la cota mayor encontrada corresponde el cero por ciento del porcentaje de área acumulada.

La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulado igualado o excedido para una cota determinada (Monsalve, G. 1995).

### c) Elevación media de hoya

Se define como:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Cota media intervalo } i \times \text{Area } i)}{\sum_{i=1}^n (\text{Area } i)} \quad \dots(1.7)$$

En donde el valor de “n” corresponde al número de intervalos de clase.

Se debe tener en cuenta que la altitud y la elevación media de una hoya son, también importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración y consecuentemente, sobre el caudal medio (Monsalve, G. 1995).

### d) Pendiente del cauce

El conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca, es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico, como por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones.

En general, la pendiente de un tramo de un cauce de un río, se puede considerar como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo (Villón, M.2002).

Existen varios métodos para obtener la pendiente de un cauce, entre los que a continuación mencionaremos:

- **Pendiente uniforme**

Este método considera la pendiente de un cauce, como la relación entre el desnivel que hay entre los extremos del cauce y la proyección horizontal de su longitud, es decir:

$$S = \frac{H}{L} \quad \dots (1.8)$$

En donde:

S: Pendiente

H: Diferencia de cotas entre los extremos del cauce, en km

L: Longitud de cauce, en km.

- **Ecuación de Taylor y Schwarz**

Este método, considera que un río está formado por “n” tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme.

La ecuación de Taylor y Schwarz, para este caso es:

$$S = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad \dots(1.9)$$

Donde:

N: Número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil

S1, S2,..., Sn: Pendiente de cada tramo

S: Pendiente media del cauce

**e) Rectángulo equivalente**

Este índice fue introducido por los hidrólogos franceses como un intento de comparar la influencia de las características de la hoya sobre la escorrentía.

Las características más importante del rectángulo equivalente, tiene igual distribución de alturas que la curva hipsométrica original de la hoya.

Se construye un rectángulo equivalente de área igual a la de la hoya, tal que el lado menor sea “l” y el lado mayor “L”. Se sitúan las curvas de nivel paralelas a “l” respetando la hipsometría natural de la hoya, es decir:

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{(1.12)^2}{Kc^2}\right)} \right]^1 \quad \dots(1.10)$$

$$l = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{(1.12)^2}{Kc^2}\right)} \right]^1 \quad \dots(1.11)$$

En donde:

P: Perímetro de la hoya, en km

A: Área de la hoya, en km<sup>2</sup>

Kc: Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius

L y l: Lado mayor y menor del rectángulo equivalente, en Km.

## 1.6 TIEMPO DE CONCENTRACION

Es el tiempo requerido por una gota de agua para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de un tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración Tc. El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2011).

Formula de Kirpich o de California:

$$t_c = \left( \frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \dots(1.12)$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración, en hrs



L: Longitud del cauce principal, en km

H: Desnivel correspondiente a L, en m.

### **1.6.1 Determinación de tormenta de diseño**

Uno de los primeros pasos para muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar.

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia esorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un Hietograma que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta.

Para determinar la tormenta de diseño sería recomendable contar con información obtenida a través de un fluviógrafo, ya que este equipo provee información instantánea, sin embargo, la mayoría de estaciones de medición de precipitaciones en nuestro país solo cuentan con pluviómetros que solo proveen de valores medios MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011).

### **1.6.2 Relación Intensidad –Duración – Frecuencia**

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como el diseño de drenaje urbano, es la determinación del evento o de los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizando una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. En muchos casos existen curvas estándar de intensidad- duración- frecuencia (IDF) disponibles para el sitio, luego no hay que llevar a cabo este análisis. Sin embargo, es conveniente entender el procedimiento utilizado para desarrollar estas relaciones. Usualmente los datos se presentan en forma gráfica, con la duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, mostrando una serie de curvas, para cada uno de los periodos de retorno de diseño.

## CURVAS I-D-F.

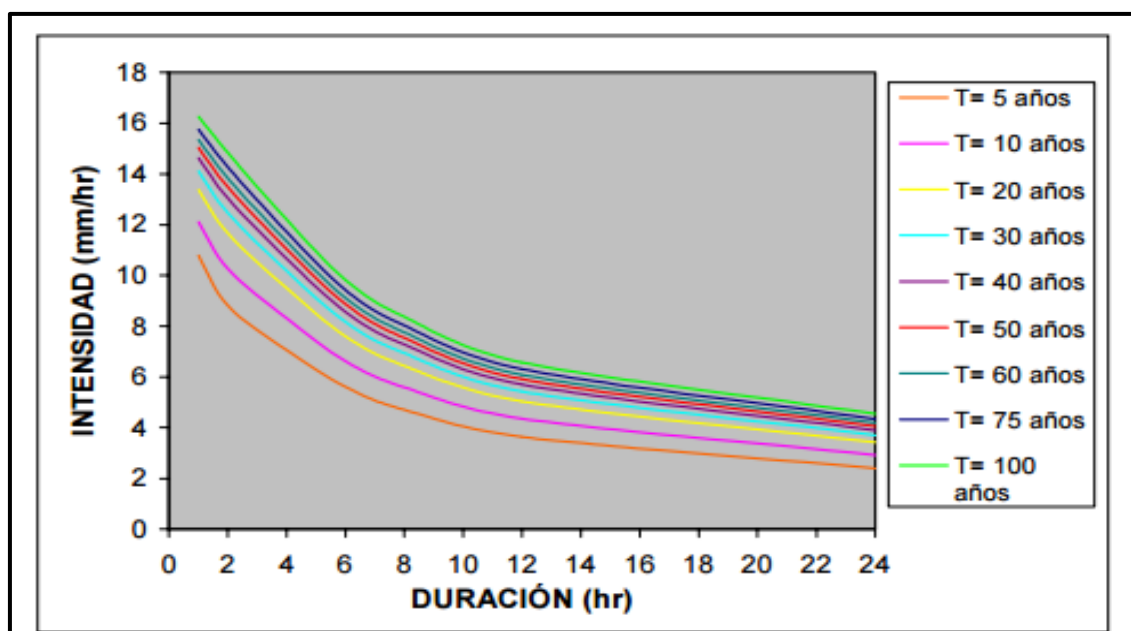


Figura N° 1.4: Ejemplo de curvas de intensidad-duración-frecuencia para lluvia máxima.

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/hr o pulg/hr). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{T_d} \quad \dots(1.13)$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm o pulg) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, T, es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño (Chow, V. 1982).

### a) Método IILA

Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe mucha dispersión en los datos, con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T ( en años ), es:

$$i_{t,r} = a(1 + K \log T) t^{n-1} \dots\dots\dots(1.14).$$

Y la precipitación Pt, T tiene la siguiente relación:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T) t^n \dots\dots\dots(1.15).$$

Según la metodología empleada las formulas son validadas para  $3 \leq t \leq 24$  horas.

Para  $t \leq 3$  horas se usa:

$$i_{t,r} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1} \dots\dots\dots(1.16).$$

Las constantes a, b, K y n fueron determinados en el estudio de la hidrología del Perú realizado por el convenio ILLA-SENAMHI-UNI (Plano n.2-C. 1983).

### 1.6.3 Histogramas de precipitación de diseño utilizando las relaciones IDF

En los métodos de diseño en hidrología desarrollados hace muchos años, tal como el método racional, solo se utilizaba el caudal pico. No existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución del caudal (del Hietograma de caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (del Hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, se utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables del hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño (Chow, V. 1982).

#### a) Método de bloque alterno

Este método del bloque alterno es una forma simple de desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad –duración- frecuencia. El hietograma de diseño por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en “n” intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$ , sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para una de las duraciones  $\Delta t$ ,  $2 \Delta t$ ,  $3 \Delta t$  y la profundidad de precipitación correspondiente al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando entre valores sucesivos de profundidad de

precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ .

Estos incrementos o bloques se reordenan en un secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar de hietograma de diseño (Chow, V. 2000).

#### **1.6.4 Precipitación total y efectiva**

El exceso de precipitación o precipitación efectiva ( $P_e$ ), es la precipitación que no se retienen en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, bajo la suposición de flujo superficial hortoniano. Las gráficas de exceso de precipitación vs. El tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de la relaciones lluvia- escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua adsorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, P. 2011).

##### **a) Método SCS para abstracciones**

El Soil Conservation Service (1972). Recalca el autor en mención al término del desarrollo un método para calcular la abstracción de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de precipitación o escorrentía directa ( $P_e$ ) es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación ( $P$ ); de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca ( $F_a$ ) es menor o igual a alguna retención potencial máxima ( $S$ ). El Soil Conservation Service (1972) (véase la figura N°1.5). Existen una cierta cantidad de precipitación ( $I_a$ ) (abstracción inicial antes de encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es ( $P-I_a$ ) (Chow, V. 1982).

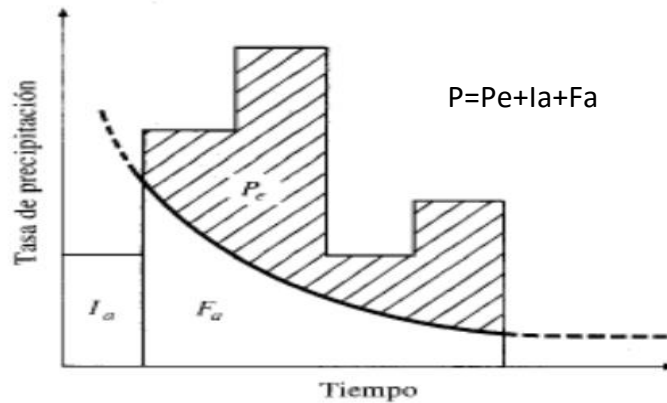


Figura N° 1.5: Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{(P-Ia)} \quad \dots\dots\dots(1.17)$$

Por el principio de continuidad

$$P = Pe + Ia + Fa \quad \dots\dots\dots(1.18)$$

Combinando (1.18), (1.17) y resolviendo Pe se encuentra

$$Pe = \frac{(P-Ia)^2}{(P-Ia+S)} \quad \dots\dots\dots(1.19)$$

Es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica.

$$Ia = 0.2S \quad \dots\dots\dots(1.20)$$

Con base en resto:

$$Pe = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)} \dots\dots\dots(1.21)$$

El uso de esta metodología exige la determinación del valor respectivo de CN (número adimensional de curva o curva número), correspondiente al área específica en estudio, valor que debe ser obtenido mediante procesos de calibración. La calibración del parámetro CN se realiza con información de campo, de algunos eventos en el que se disponga de datos de precipitación y caudales resultantes; luego se calcula en el modelo hasta ajustar el hidrograma calculado con el observado en el campo. Es un proceso de prueba error en donde se ajusta el parámetro (CN) hasta obtener coincidencias entre ambos hidrogramas.

Como alternativa, y como valor referencial, el parámetro CN puede estimarse con el siguiente procedimiento:

$$S = \frac{1000}{CN-10} \dots\dots\dots(1.22)$$

Donde “S” está en pulgadas.

Los números de curvas se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva equivalentes pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.2 CN(II)}{10-0.058 CN (II)} \dots\dots\dots(1.23)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0.13 CN (II)} \dots\dots\dots(1.24)$$

**Tabla N° 1.1. Clasificación de antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia de SCS**

| Grupo AMC | Antecedente de Lluvia Total de 5 días (pulg) |                         |
|-----------|--|-------------------------|
|           | Estación inactiva                            | Estación de crecimiento |
| I         | Menor que 0.5                                | Menor que 1.4           |
| II        | 0.5 a 1.1                                    | 1.4 a 2.1               |
| III       | Sobre 1.1                                    | Sobre 2.1               |

Fuente: Soil conservation service (SCS) 1972, tabla 4.2 pag.4-12

Los números de curva han sido tabulados por el soil Conservation Service (SCS) con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se dan en la tabla N° 1.2. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

**Tabla N° 1.2. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a=0.2S$ )**

| Descripción del uso de la tierra   | Grupo hidrológico del suelo |          |          |          |
|--|-----------------------------|----------|----------|----------|
|  | A                           | B        | C        | D        |
| Tierra Cultivada: Sin tratamiento de conservación  | 72                          | 81       | 88       | 91       |
| Con tratamiento de conservación  | 62                          | 71       | 78       | 81       |
| Pastizales: Condiciones pobres   | 68                          | 79       | 86       | 89       |
| Condiciones optimas  | 39                          | 61       | 74       | 80       |
| Vegas de Ríos: Condiciones optimas   | 30                          | 58       | 71       | 78       |
| Bosques: Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas   | 45                          | 66       | 77       | 83       |
| Cubierta buena   | 25                          | 55       | 70       | 77       |
| Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.   |                             |          |          |          |
| Óptimas condiciones: Cubierta de pasto en el 75% o más condiciones aceptables: Cubierta de pasto en el 50 al 75% | 39<br>49                    | 61<br>69 | 74<br>79 | 80<br>84 |
| Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)   | 89                          | 92       | 94       | 95       |
| Distritos industriales (72% impermeables)  | 81                          | 88       | 91       | 93       |
| Residencial:<br>Tamaño promedio del lote, porcentaje promedio impermeable.                                       |                             |          |          |          |
| 1/8 acre o menos   | 65                          | 77       | 85       | 90       |
| 1/4 acre   | 38                          | 61       | 75       | 83       |
| 1/3 acre   | 30                          | 57       | 72       | 81       |
| 1/2 acre   | 25                          | 54       | 70       | 80       |
| 1 acre   | 20                          | 51       | 68       | 79       |
| Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.   | 98                          | 98       | 98       | 98       |
| Calles y carreteras:   |                             |          |          |          |
| Pavimentados con cunetas y alcantarillados   | 98                          | 98       | 98       | 98       |
| Grava  | 76                          | 85       | 89       | 91       |
| Tierra   | 72                          | 82       | 87       | 89       |

Fuente: Hidrología aplicada (Ven Te Chow), tabla 5.5.2. pag.154.

## 1.7 ESTIMACION DE CAUDALES

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realizan un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los periodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log Pearson III y valor extremo Tipo I (Gumbel), etc.

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en



el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2011).

### **1.7.1 Sistema de modelamiento hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)**

El Sistema de Modelamiento Hidrológico es una aplicación desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados (US Army Corps of Engineers).

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular una cuenca, la respuesta que tendrá frente a un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de una cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Un componente hidrológico e hidráulico puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse.

La representación de un componente requiere un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso del modelamiento es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río.

EL HEC-HMS, representa la versión para Windows de la versión HEC- 1, desarrollada para D.O.S, en la cual se han mejorado los conceptos hidrológicos, los resultados e hidrogramas producidos; Se almacenan en una base de datos que pueden usarse directamente por el HEC-RAS en la elaboración de estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, predicción de flujo, reducción de los daños de las avenidas, etc.

Para poder utilizar este programa se debe disponer de la siguiente información:

Características de la precipitación, la intensidad se obtiene de las curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia), o puede ajustarse utilizando los

procedimientos mencionados anteriormente. Es importante señalar que las precipitaciones parciales deben introducirse en intervalos fijos. Características de la cuenca (área, forma, longitud del cauce principal, centro de gravedad, pendiente media del terreno, cobertura vegetal, tipo de prácticas de pastoreo, tipos de precipitación, etc.)

Cuando se usa el HEC-HMS debemos juntar los elementos que componen el sistema. La cuenca se crea seleccionando los elementos de la columna izquierda, arrastrándolos al centro de “zona de trabajo”. Los elementos que se eligen se unen por medio de “tramos” (Reach, en la lista). Estos a su vez se adhieren a los elementos colocando sus extremos dentro de los mismos.

Para poder editar los elementos, se presiona rápidamente dos veces sobre ellos hasta que aparezca el cuadro de dialogo en la que se deben incluir los datos respectivos. Los datos que se requieren para la cuenca, además del área (en Km<sup>2</sup>) son tres:

- a) Función de infiltración y los parámetros correspondientes. La función de infiltración se debe escoger de la siguiente lista:
  - i. Servicio de conservación de suelos (SCS).
  - ii. Green y Ampt
  - iii. Inicial/Constante
  - iv. Inicial/déficit
  - v. No hay perdida
  
- b) Función del hidrograma unitario y los parámetros correspondientes. La función del diagrama unitario se debe escoger de la siguiente lista:
  - i. Clark
  - ii. Snyder
  - iii. SCS
  - iv. Clark modificado
  - v. Definido por el usuario
  - vi. Onda cinemática
  
- c) Función de recesión de las avenidas, los parámetros y variables correspondientes son.

- i. Recesión
- ii. Flujo constante mensual
- iii. No hay flujo base

En el caso de la función de infiltración, escogemos del servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos, SCS. Se necesitan 3 tipos de datos: la pérdida inicial (en mm), el número de curva (CN) y el porcentaje de suelo impermeable en la cuenca. La pérdida inicial es la cantidad de lluvia en mm que se produce antes de ocasionar el flujo superficial. Por otro lado, el número de curva se define en base al tipo de suelo, cobertura vegetal, y prácticas de pastoreo. El porcentaje impermeable está dado por el área ocupada por lagunas y zonas rocosas que para propósitos prácticos puede considerarse impermeable.

En el caso de hidrograma unitario, se utilizara la función de Snyder para exponer los parámetros necesarios. Se requieren básicamente dos:  $t_p$ , que es el tiempo en horas que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación y el caudal pico; y  $C_p$  que se estimas en base a cuencas vecinas de características similares. El primer parámetro se calcula con la siguiente formula:

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \dots\dots\dots(1.25)$$

En donde  $t_p$  es el tiempo, en horas, que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación ocasionada por una tormenta,  $C_1$  es igual a 0.75 en el sistema Internacional y  $C_t$  es “un parámetro deducido en base a cuencas con instrumentos de medición de la misma región”.  $L$  es la distancia, en kilómetros del cauce principal de la cuenca desde la divisionaria hasta la salida y  $L_c$  es la distancia (en kilómetros) desde el punto más cercano al centro de gravedad de la cuenca hasta la salida.  $C_p$  varía entre 0.4 y 0.8, según la pendiente y capacidad de almacenamiento de la cuenca.

En quebradas intermitentes el flujo base puede considerarse igual a cero, pero en quebradas mayores el flujo base debe estimarse en base a mediciones realizadas a lo largo de varios años y posiblemente establecer valores de flujo base mensual.

Los datos de salida se representan en forma tabular, sintetizados en un sumario o gráfica.

Las estimaciones obtenidas usando el programa mencionado deben ser usadas de manera prudente por el especialista, el cual debe tener un conocimiento cabal de la región del mundo en la cual se desempeña,

En una cuenca pequeña es probable que no sea necesario unir varias subcuencas para obtener el caudal de salida mientras que en cuencas mayores es necesario realizar el tránsito de avenidas.

Los métodos que se utilizan comúnmente son las siguientes:

- i. Muskingum
- ii. SCS
- iii. Muskingum-Cunge
- iv. Onda cinemática

Las variables de entrada del método de Muskingum son  $K$  y  $X$ , que se basan en mediciones de hidrogramas realizados en el cauce.  $K$  es una medida de tiempo de transporte de una onda de un punto a otro, expresándose en unidad de tiempo (horas) y  $X$  es una variable adimensional que fluctúa entre 0 y 0.3 y que tiene un valor típico de 0.2.

En el método del SCS solo se especifica un tiempo de retraso de la onda. Básicamente se “traslada” la onda de un tiempo a otro sin tomar en cuenta las pérdidas por fricción.

Tanto el método de la Onda Cinemática como el método de Muskingum-Cunge requieren datos de la geometría del canal principal, el cual se realiza el modelamiento asumiendo que el canal es un trapecio, un triángulo o un círculo. Se necesita por lo tanto el ancho de la base (o diámetro), la inclinación de los taludes ( $z$ ), el coeficiente de rugosidad del cauce ( $n$ =coeficiente de Manning), la pendiente de la línea de energía,  $S_f$  y la longitud de tramo,  $L$ . La pendiente de la línea de energía se asume igual a la pendiente del canal en el tramo de interés MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, P 2011).

### 1.7.2 Hidrograma unitario sintético

El hidrograma unitario desarrollado a partir de la información de lluvia y de caudal se aplica en caso de cuenca y para el punto de la corriente donde se midió la información de caudales. Los procedimientos de hidrograma unitario sintético se utilizan para desarrollar hidrogramas unitarios para otros puntos en la corriente dentro de la misma cuenca o para cuencas adyacentes de carácter similar. Existen tres tipos de hidrogramas unitarios sintéticos: Aquellos que relacionan las características del hidrograma (tasa de flujo pico, flujo base, etc.) con las características de cuenca, aquellos basados en modelos de almacenamiento en la cuenca (Show V. 1982).

#### a) Hidrograma adimensional SCS

El hidrograma SCS es unitario sintético el caudal se expresa por la relación del caudal “q” con respecto al caudal pico “qp” el tiempo por la relación del tiempo “t” con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario, “Tp. Dados el caudal pico y el tiempo de retraso para la duración de exceso de precipitación, El hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada. En la figura (1.6 a) muestra uno de estos hidrogramas adimensionales, preparado utilizando los hidrogramas unitarios para una variedad de cuencas. Los valores de “qp” y “Tp.” Pueden estimarse utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular tal como se muestra en la (figura 1.6 b), el tiempo está dado en horas y caudal en m<sup>3</sup>/s (Soil Conservation Service, 1972).

Con base en la revisión de un gran número de hidrogramas unitarios, el soil, conservation service nos sugiere que el tiempo de recisión puede aproximarse como 1.67 Tp. Con el área bajo el hidrograma unitario debe ser igual a una escorrentía directa de 1cm o 1pulgada se demuestra a continuación.

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \dots\dots\dots(1.26)$$

Donde C= 2.08 y A es el área de drenaje en Km<sup>2</sup>.

Adicionalmente, un estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indica que el tiempo de retraso  $T_p \approx 0.6T_c$  donde  $T_c$  es el tiempo de concentración de la cuenca. Como se muestra en la figura 1.6 b el tiempo de ocurrencia del pico  $T_p$  puede expresarse en términos del tiempo de retardo  $T_p$  y la duración de la lluvia efectiva  $T_r$ . (Chow, V. 1982).

$$q_p = \frac{CA}{T_p} + t_p \dots\dots\dots(1.27)$$

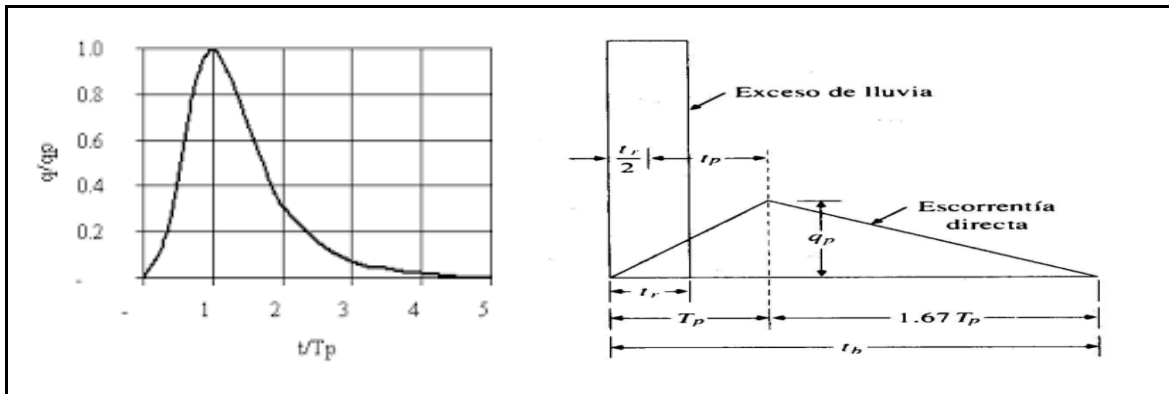


Figura N° 1.6: Hidrogramas unitarios sintéticos del Soil Conservation Service. a) Hidrograma adimensional. b) Hidrograma unitario triangular. (Fuente: Soil Conservation Service, 1972).

### 1.7.3 Método directo

Es un método hidráulico de sección y pendiente, el caudal máximo se estima después de los pasos de una avenida con base en los datos específicos obtenidos en el campo (Chow, V. 1982).

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{0.5}}{n} \dots\dots\dots(1.28)$$

Donde:

Q: Caudal máximo, en (m<sup>3</sup>/s).

A: Área de sección hidráulico en (m<sup>2</sup>)

S: Pendiente del fondo en (m/m).

R: Radio hidráulico en (m).

n: Coeficiente de Manning.

#### 1.7.4 Coeficiente de Rugosidad de Manning

El valor de “n” es variable no hay un único valor para un canal, tiene valores diferentes dependiendo el diseño que se va a optar, resulta ser muy útil tener un conocimiento básico para su determinación de estos factores. Los factores que ejercen la mayor influencia sobre el coeficiente de Rugosidad tanto en canales artificiales como en canales naturales nótese que estos factores están hasta cierto punto interrelacionados, por tanto la discusión de uno de los factores pueden repetirse en conexión con otros. (Chow, V. 1982).

- a) **Rugosidad superficial.** La rugosidad superficial se presenta por el tamaño y forma de los granos de material que forma el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. Por lo general este se considera como el único factor para la selección de un coeficiente de rugosidad, En realidad es uno de varios factores principales. Los granos finos dan como resultado relativamente bajo de “n” y granos gruesos un mayor valor de “n”.
- b) **Vegetación.** La vegetación puede considerarse como una de las clases de rugosidad superficial, pero también reduce de forma notable la capacidad del canal y retraso del flujo de agua. Este efecto por completo de la altura, la densidad, la distribución, y el tipo de vegetación, es muy importante en el diseño de pequeños canales de drenaje a tener en cuenta.
- c) **Irregularidad del canal.** Las irregularidades del canal incluyen en el perímetro mojado variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de este a lo largo del canal. En canales naturales, tales irregularidades por lo general son producidas por la presencia de barras de arenas, crestas y depresiones, fosos y montículos en el lecho del canal. Estas irregularidades introducen, rugosidad adicional causada por rugosidad superficial natural y entre otros factores que se pueden presentar.
- d) **Alineamiento del canal.** Curvas suaves con radios grandes producirán el valor de “n” relativamente bajos, en cuanto a curvas bruscas con meandros severos incrementan el valor de “n”. Con base en pruebas de laboratorios llevados a cabo en canales, Scobey ha sugerido que el valor

de “n” se incrementa en 0.001 por cada 20 grados de curvatura en 100 pies de canal.

- e) **Sedimentación y socavación.** En general, la sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el valor de “n” en tanto que la socavación puede hacer lo contrario incrementar el valor. De “n”, Sin embargo el efecto dominante de la sedimentación dependerá de la naturaleza del material depositado. Depósitos no uniformes, como barras de arena y undulaciones de arena, constituyen irregularidades del canal e incrementara la rugosidad.
- f) **Obstrucción.** La presencia de obstrucciones de troncos, pilas de puentes y estructuras similares tiende a incrementar el valor de “n”. La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones y de su tamaño, forma, número y distribución.
- g) **Tamaño y forma de canal.** No existen literaturas de una evidencia definida a cerca del tamaño y forma del canal como factores importantes que afecten el valor de “n”. Un incremento en el radio Hidráulico puede aumentar o disminuir el valor de “n” según la condición del canal.
- h) **Nivel y Caudal.** En la mayor parte de las corrientes de agua el valor de “n” disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua es poco profunda, las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y sus efectos se vuelven pronunciados. Sin embargo, el valor de “n” puede ser grande en niveles muy altos si las bancas están cubiertas por pastos naturales o son muy rugosas.
- i) **Cambio estacional.** Debido al crecimiento estacional de plantas acuáticas, hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o en las bancas, el valor de “n” puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación inactiva. Este cambio estacional puede producir cambios en otros factores.
- j) **Material en suspensión y carga de lecho.** El material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causara una pérdida de altura e incrementara la rugosidad aparente del canal.

Todos los factores anteriores deben estudiarse y evaluarse con respecto a las condiciones relacionadas con el tipo de canal, el estado del flujo, el



grado del mantenimiento y otras consideraciones. Ellos dan una base para determinar el valor de “n” apropiado para un problema determinado. Como una guía general para la escorrentía, debe aceptarse que las condiciones que tiendan a inducir turbulencia y causar retardo incrementará el valor de “n” y aquellas que tiendan a reducir la turbulencia el retardo disminuirá el valor de “n”.

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afecten el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor de “n”. Mediante este procedimiento, el valor de “n” puede calcularse por.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad \dots (1.29).$$

Donde  $n_0$  es un valor básico de “n” para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados,  $n_1$  es un valor que debe agregarse al  $n_0$  para corregir el efecto de las rugosidades superficiales,  $n_2$  es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal,  $n_3$  es un valor para considerar las obstrucciones,  $n_4$  es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo y  $m_5$  es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal. Los valores apropiados de  $n_0$  a  $n_4$  y  $m_5$  se pueden seleccionarse en la tabla N° 1.3. De acuerdo con las condiciones dadas.

**Tabla N° 1.3. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación de Cowan**

| Condiciones del canal                 |                           | Valores |             |
|---------------------------------------|---------------------------|---------|-------------|
| Material involucrado                  | Tierra                    | n0      | 0.020       |
|                                       | Corte en roca             |         | 0.025       |
|                                       | Grava fina                |         | 0.024       |
|                                       | Grava gruesa              |         | 0.028       |
| Grado de irregularidad                | Suave                     | n1      | 0.000       |
|                                       | Menor                     |         | 0.005       |
|                                       | Moderado                  |         | 0.010       |
|                                       | severo                    |         | 0.020       |
| Variaciones de la sección transversal | Gradual                   | n2      | 0.000       |
|                                       | Ocasionalmente alternante |         | 0.005       |
|                                       | Frecuentemente alternante |         | 0.010-0.015 |
| Efecto Relativo de las obstrucciones  | Insignificante            | n3      | 0.000       |
|                                       | Menor                     |         | 0.010-0.015 |
|                                       | Apreciable                |         | 0.020-0.030 |
|                                       | Severo                    |         | 0.040-0.060 |
| Vegetación                            | Baja                      | n4      | 0.0050-0.01 |
|                                       | Media                     |         | 0.010-0.025 |
|                                       | Alta                      |         | 0.025-0.050 |
|                                       | Muy alta                  |         | 0.050-0.100 |
| Grado de los efectos por meandros     | Menor                     | n5      | 1.000       |
|                                       | Apreciable                |         | 1.150       |
|                                       | severo                    |         | 1.300       |

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Chow V.), Tabla 5.5. Pag.105.

### 1.7.5 Transito Hidrológico en Ríos

El método de Muskingum es un método de transito hidrológico que se usa comúnmente para manejar relaciones de caudales-almacenamiento de variables. Este método modela el almacenamiento volumétrico de creciente del nivel de agua en un canal de un Río mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma (Ver figura N°1.7). Durante el avance de la

onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de cuña durante la recesión, el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada resultando en una cuña negativa. Adicionalmente, existe un almacenamiento por prisma que está formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo de la longitud de canal prismático.

Suponiendo que el área de la sección transversal del flujo de creciente es directamente proporcional al caudal en la sección, el volumen de almacenamiento por un prisma es igual a  $KQ$ . Donde  $K$  es un coeficiente de proporcionalidad y el volumen de almacenamiento por cuña es igual a  $KX(I-Q)$ , donde  $X$  es un factor de ponderación dentro del rango  $0 \leq X \leq 0.5$  (Chow V. 1982).

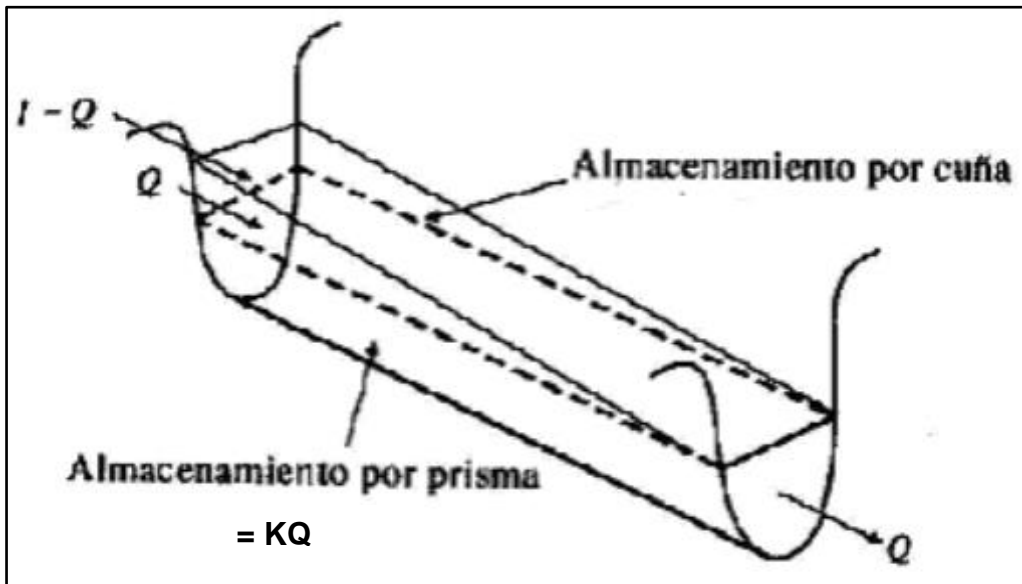


Figura N° 1.7: Almacenamiento por prisma y por cuña en un tramo de canal.

## 1.8 MODELIZACION BIDIMENCIONAL DEL FLUJO EN LÁMINA LIBRE EN AGUAS POCO PROFUNDAS

El programa de modelamiento IBER es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos medio ambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación del programa iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de mareas en estuarios.

Este modelo consta actualmente de tres modelos de cálculos principales: Un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos geométricos triangulares o cuadriláteros. En el módulo hidrodinámico, que constituye la base de Iber, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ver las ecuaciones de St. Venand 2D). El módulo de turbulencia permite incluir las tensiones turbulentas en el cálculo hidrodinámico, utilizando para ello diferentes modelos de turbulencia para aguas someras con diferentes grados de complejidad. El módulo de transporte de sedimentos resuelve las ecuaciones de transporte de fondo y transporte turbulento en suspensión, calculando a partir del balance de masa de sedimentos la evolución de la cota de fondo (Grupo de ingeniería del agua y del medio ambiente, E. 2010).

### **1.8.1 Modulo Hidrodinámico**

El modelo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuación de Saint.Venant bidimensionales. Estas ecuaciones asumen una distribución de presiones Hidrostáticas y una distribución relativa uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo de aguas en ríos y estuarios. Aunque pueden existir zonas en las que dicha hipótesis no se cumple debido a flujos locales tridimensionales o cuñas salinas. En estos casos es necesario estudiar la extensión de dichas zonas y su posible repercusión en los resultados del modelo hidrológico. En la actualidad los modelos numéricos basados en la ecuación de aguas someras bidimensionales son las más utilizadas en estudios de dinámica fluvial y litoral, evaluación de zonas inundables, y cálculo de transporte de sedimentos y contaminantes (Grupo de ingeniería del agua y el medio ambiente, E. 2010).

### **1.8.2 Ecuaciones Hidrodinámicas**

En el modelo Hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de masa y de momentos en las dos direcciones horizontales.

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{p} - \frac{\tau_{b,x}}{p} - \frac{gh^2 \partial p}{\partial x 2p} + 2\Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{p} - \frac{\tau_{b,y}}{p} - \frac{gh^2 \partial p}{\partial y 2p} + 2\Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + M_x$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_S \quad \dots\dots\dots (1.30)$$

En donde h es el calado, U<sub>x</sub>, U<sub>y</sub> son las velocidades horizontales promediadas en profundidades, g es la aceleración de la gravedad, Z<sub>s</sub> es la elevación de lámina libre, T<sub>s</sub> es la fricción en la superficie libre debido al rozamiento producido por el viento, T<sub>b</sub> es la fricción debido al rozamiento del fondo, “p” es la densidad de agua, Ω es la velocidad angular de la rotación de la tierra, λ es la altitud del punto considerado, τ<sub>xx</sub><sup>e</sup>, τ<sub>xy</sub><sup>e</sup>, τ<sub>yy</sub><sup>e</sup> son las tensiones tangenciales efectivas horizontales, y M<sub>s</sub>, M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub> son respectivamente los términos fuente/sumidero de masa y momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

Se incluyen los siguientes términos como fuente en las ecuaciones hidrodinámicas.

- Presión hidrostática.
- Pendiente del fondo.
- Tensiones tangenciales viscosas y turbulentas.
- Razonamiento del fondo.
- Razonamiento superficial por viento.
- Precipitación.
- Infiltración.

Se modelan así mismo también seco-mojado, tanto como estacionarios, como también no estacionarios que puedan presentar en el dominio del programa. Dichos frentes son fundamentales en la modelización de zonas inundables en

los márgenes de los Ríos así como en estuarios. De esta forma se introducen la posibilidad de evaluar la extensión de zonas inundables en ríos, así como el movimiento del frente de marea en estuarios y zonas costeras (Grupo de ingeniería de agua y de medio ambiente, E. 2010).

### 1.8.3 Fricción de fondo

El fondo ejerce una fuerza de rozamiento sobre el flujo que es equivalente al rozamiento con una pared, con la particularidad que en general en ingeniería hidráulica la rugosidad de fondo es elevada, como ocurre en ríos.

La fricción de fondo tiene un doble efecto en las ecuaciones de flujo. Por un lado produce una fuerza de fricción que se opone a la velocidad media y por otro lado produce turbulencia. Ambos efectos se pueden caracterizar por la velocidad de fricción  $U_f$ , que no es más que una forma de expresar la tensión tangencial de fondo con unidades de velocidad.

$$U_f = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}} \quad \dots\dots\dots(1.31)$$

Donde  $\tau_b$  es el módulo de fuerza de fricción de fondo y " $\rho$ " es la densidad de agua.

En los modelos promediados en profundidad no es posible calcular la velocidad de fricción por medio de funciones de pared estándar, tal como se hace en los contornos tipo pared, ya que las ecuaciones no se resuelven en la dirección vertical. Por el cual es necesario relacionar la velocidad de fricción  $U_f$  con la velocidad media promediada en profundidad mediante un coeficiente de fricción. La tensión de fondo se puede expresar de la siguiente manera.

$$\tau = \rho U_f^2 = \rho C_f [U]^2 \quad \dots\dots\dots(1.32)$$

En donde  $C_f$  es el coeficiente de fricción de fondo. Existen diferentes expresiones que permiten aproximar el coeficiente de fricción  $C_f$ . La mayor parte de ellas se asume en caso de flujo uniforme en canal con un perfil logarítmico de velocidad en profundidad.

A diferencia de modelos unidimensionales 1D, en los modelos 2D el radio hidráulico deja de definirse como área de la sección mojada entre perímetro mojado ya que en 2D no tiene sentido al definir una sección transversal. Tomando una columna de fluido de anchura  $\Delta x$  y calado “h” el radio hidráulico se calcula de la siguiente forma.

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{h\Delta x}{\Delta x} = h \quad \dots\dots\dots(1.33)$$

Por lo tanto, en los modelos 2D es lo mismo mencionar a cerca del radio hidráulico y de calado.

La fricción de fondo se evalúa mediante la fórmula de Manning, el cual utiliza el coeficiente “n” como parámetro. La fórmula de Manning utiliza el siguiente coeficiente de rugosidad.

$$C_f = g \frac{n^2}{h^{1/3}} \quad \dots\dots\dots(1.34)$$

**1.8.4 Razonamiento superficial por viento**

La fuerza de rozamiento realizado por el viento sobre la superficie libre se calcula a partir de la velocidad de viento a 10 metros de altura y un coeficiente de arrastre utilizando la ecuación de (Van Dom 1953).

$$\tau_s = pC_{vd}V_{10}^2 \quad \dots\dots\dots(1.35)$$

Donde p es la densidad del agua,  $V_{10}$  la velocidad del viento a 10 metros de la altura y  $C_{vd}$ . ES el coeficiente de arrastre superficial. Por defecto se toma un coeficiente de arrastre de  $C_{vd} = 2.5 * 10^{-6}$

**1.8.5 Tensiones efectivas**

Las tensiones efectivas horizontales que se presentan en las ecuaciones hidrodinámicas incluyen los efectos de las tensiones viscosas, de las tensiones

turbulentas y los términos de dispersión debido a la homogeneidad en profundidad del perfil de velocidad.

$$\tau_{ij}^e = \tau_{ij}^v - \overline{u_i' u_j'} - D_{IJ} \dots\dots\dots(1.36)$$

En donde  $\tau_{ij}^v$  son las tensiones viscosas,  $\overline{u_i' u_j'}$  son las tensiones turbulentas (También llamadas tensiones de Reynolds) y  $D_{IJ}$  son los términos de dispersión lateral.

**1.8.6 Condiciones de contorno hidrodinámicas**

En los problemas bidimensionales es necesario distinguir entre dos tipos de contorno; Abiertos y cerrados. Los contornos cerrados, también llamados contornos de tipo pared, son impermeables, no permiten el paso del fluido a través de ellos.

**a) Contorno cerrados**

La presencia del contorno tipo pared genera una fuerza de rozamiento lateral en el fluido de manera similar a la fricción ejercida por el rozamiento de fondo. Se puede imponer las siguientes condiciones de contorno tipo pared.

- Condición de deslizamiento libre (tensión tangencial nula).
- Condición de fricción de pared (funciones de pared).

La condición de deslizamiento libre equivale a despreciar la tensión de rozamiento generada por los contornos tipo pared sobre el fluido. En la ingeniería hidráulica y en especial en ingeniería fluvial la superficie de contacto con los contornos laterales es mucho menor que la superficie de contacto con el fondo debido a la separación entre escalas horizontales y vertical por lo que la fuerza de rozamiento en los contornos de pared se puede despreciar en este caso se impone con una condición de deslizamiento libre en los contornos cerrados.

En problemas con las dimensiones horizontales y vertical son similares (canales de sección muy estrechas), estas fuerzas de rozamiento puede tener cierta importancia en el desarrollo del flujo, en general la influencia es pequeña si queremos tener en cuenta el efecto del rozamiento lateral se puede introducir



una condición de contorno tipo fricción, que consiste en imponer una fuerza Tangencial en dirección opuesta al flujo en el contorno. En este caso en el programa IBER se distingue entre régimen turbulento liso y régimen turbulento rugoso en función de la rugosidad de la pared y de la velocidad del flujo en las proximidades de la pared.

La velocidad de fricción de pared ( $U^*$ ), Se define en función de la fricción de pared ( $\tau_w$ ) como se puede observar en la siguiente formula.

$$U_0 = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \dots\dots\dots(1.37)$$

La velocidad tangencial a la pared puede expresarse como una función de la velocidad de fricción, de la altura de rugosidad y de la distancia a la pared como se muestra en la formula siguiente.

$$|U| = \frac{U_0}{K} \ln(E \cdot y^+) \dots\dots\dots(1.38)$$

$$Y^+ = \frac{YU_0}{\rho} \dots\dots\dots(1.39)$$

Donde “y” es la distancia perpendicular a la pared; Es un parámetro cuyo valor depende de las características del flujo. Para el cálculo de “E”, en el programa IBER se consideran condiciones de flujo turbulento liso, turbulento rugoso y transición entre turbulento liso y rugoso (Ver cuadro N° 1.4).

**Tabla N° 1.4. Fricción de pared**

| Tipo de régimen        | $K_s^+ = \frac{K_s U_0}{\nu}$ | $ U  = \frac{U_0}{K} \ln(E \cdot y^+)$ |
|------------------------|-------------------------------|--|
| Turbulento liso        | $K_s^+ < 5$                   | $E = 9.0$                              |
| Turbulento rugoso      | $S < K_s^+ < 70$              | $E = \frac{30}{K_s^+}$                 |
| Transición liso-rugoso | $K_s^+ > 70$                  | $E = \frac{1}{0.11 + 0.033 K_s^+}$     |

Fuente: Manual de referencia hidráulica (Grupo de ingeniería del agua y del medio ambiente), Tabla 1.0 pag. 12

Se define régimen turbulento liso cuando se cumple la siguiente relación.

$$K_s^+ = \frac{K_s U_o}{\nu} < 5 \quad \dots\dots\dots(1.40)$$

Donde  $K_s$  es la altura de rugosidad de la pared que es una medida de la rugosidad de la pared y tiene como unidades de longitud. En estas condiciones la velocidad tangencial a la pared se expresa como una función de la velocidad de fricción y de la viscosidad cinemática.

$$|U| = \frac{U_o}{K} \text{Ln}\left(9.0 \frac{K_s U_o}{\nu}\right) \quad \dots\dots\dots(1.41)$$

Se define como régimen turbulento, rugoso cuando cumple la siguiente relación.

$$K_s^+ = \frac{K_s U_o}{\nu} > 70 \quad \dots\dots\dots(1.42)$$

La velocidad tangencial en condiciones presentadas a la pared puede expresarse como una función de la velocidad de la fricción y de altura de rugosidad de fondo como:

$$|u| = \frac{u_o}{K} \text{Ln}\left(30 \frac{Y}{K_s}\right) \quad \dots\dots\dots(1.43)$$

En la transición de régimen turbulento liso y régimen turbulento rugoso, la velocidad tangencial a la pared se expresa en función de la velocidad de fricción, de la viscosidad cinemática y de la altura de rugosidad, como se muestra a continuación en la formula siguiente:

$$|u| = \frac{u_o}{K} \text{Ln}\left(\frac{Y}{0.11 \frac{\nu}{u_o} + 0.033 K_s}\right) \quad \dots\dots\dots(1.44)$$

**b) Contornos abiertos**

En los contornos abiertos se pueden proponer diferentes tipos de condiciones de contorno, en las ecuaciones de aguas someras bidimensionales estén bien planteadas desde el punto de vista matemático, el número de condiciones a imponer en los contornos abiertos depende de su determinación si se trata de un contorno de entrada o salida del flujo; Así como el tipo de régimen en los

contornos. (rápido/lento). En un contorno de entrada es necesario imponer tres condiciones de contornos si el régimen es subcrítico, suficiente con imponer dos condiciones. En un contorno de salida es suficiente con imponer una única condición si el régimen es subcrítico, mientras que no es necesario imponer ninguna condición si el régimen es subcrítico. Si el usuario impone menos condiciones de las necesarias desde un punto de vista matemático las ecuaciones estarán indeterminadas y no se obtendrá una solución correcta. Las condiciones concretas a imponer pueden ser el calado, las componentes de las velocidades, o una combinación de ambos. En el programa Iber se consideran diferentes opciones para imponer las condiciones de contorno, se recogen en la tabla N° 1.4.

Los más habituales en la hidráulica fluvial es que el flujo discurre en régimen lento en los contornos del río como también en el tramo modelado, en este caso lo más usual es imponer el calado o el nivel de la superficie libre en el contorno de aguas abajo. En los contornos aguas arriba se suele imponer normalmente el caudal total de entrada ( $m^3/s$ ) y la dirección del flujo en general a falta de datos más precisos, se asume perpendicular a los contornos de entrada, aunque parece menos habitual, también es posible introducir aguas arriba las componentes de velocidad ( $m/s$ ) o también es conveniente introducir el caudal específico ( $m^2/s$ ). En el caso de que se imponga un caudal total en el contorno de entrada, se tiene que realizar una distribución del caudal unitario ( $m^2/s$ ) en el contorno de entrada, según la siguiente expresión:

$$q_n = \frac{h^{5/3}}{\int h^{5/3} \partial y} Q \dots\dots\dots(1.45)$$

Donde  $q_n$  es el caudal específico en ( $m^3/s$ ) en cada contorno de entrada y  $Q$  es el caudal total de entrada para dicho contorno. La integral en el denominador de nuestra fracción se extiende a lo largo de todo el contorno considerado.

Además del calado, en el contorno de salida se considera la posibilidad de introducir las condiciones de contorno tipo vertedero y tipo curva de gasto. La condición de contorno, tipo de vertedero establece las siguientes relaciones entre el caudal de salida y el calado en cada punto de contorno estudiado.

$$q = C_d(Z_s - Z_w)^{1.5} \dots\dots\dots(1.46).$$

Siendo  $C_d$  el coeficiente descarga del vertedero,  $Z_s$  la cota de la lámina libre y  $Z_w$  la cota superior del vertedero. El interesado debe introducir como datos el valor del coeficiente descarga y la cota superior del vertedero.

La condición del contorno tipo curva de gasto establece la relación general entre el caudal de salida y la cota de la lámina de agua en cada punto de contorno, esta relación es introducida por el interesado del estudio en forma de una tabla en la que se definan pares de valores de caudal específico y cota de la lámina de agua.

El conjunto de condiciones implementadas en el programa Iber en los contornos abiertos se muestran en el Tabla N° 1.5.

**Tabla N° 1.5. Condiciones de contorno, implementados en los contornos abiertos.**

| CONTORNO |                      | REGIMEN  | CONDICIONES IMPUESTAS  |
|----------|----------------------|--|--|
| Entrada  | Caudal total         | Subcrítico/Critico   | Caudal total en dirección normal al contorno   |
|          |                      | Supercrítico   | Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media   |
|          | Caudal específico    | Subcrítico/critico   | Caudal específico en dirección normal al contorno  |
|          |                      | Supercrítico   | a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado<br>b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua |
| Salida   | Subcrítico           | a) Calado<br>b) Cota de agua<br>c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga)<br>d) Curva de gasto |  |
|          | Supercrítico/Critico | No es necesario imponer ningún condición   |  |

Fuente: Manual de referencia hidráulica (Grupo de ingeniería del agua y del medio ambiente), tabla 2.0. pag.15

### 1.8.7 Conceptualización de Modelo en Hidráulica y Hidrología

Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie de la tierra, con sus relaciones espaciales y características que se representan en un esquema describiendo los fenómenos del mundo real. Con un

diseño detallado con base de datos de información alfa-numérica y los niveles de información gráfica que define la geometría de cada una de ellas (Modelo lógico); En cambio un modelo físico determina la forma como se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar.

El modelo es considerado por los hidrólogos como una autentica herramienta polivalente, ya que contiene las metodologías utilizables habitualmente. En contrapartida, su utilización exige del usuario un conocimiento profundo de la hidrología ya que el modelo permite todo prácticamente sin ninguna limitación, produciendo resultados que cumplen las reglas formales del modelo, obligando a un análisis profundo de los resultados lo cual unido al conocimiento del problema permitirá un control de calidad (Martínez M, E. 2005).

#### **El modelo permite.**

- Modelización de cuencas complejas por medio de división en subcuencas.
- Modelización de tránsitos por el cauce.
- Superposición de hidrogramas en nudo.
- Derivaciones, sumideros y fuentes.
- Inclusión de lluvia, con creación de tormenta de lluvia de proyecto.
- Obtención de información gráfica y numérica.

#### **1.8.8 Simulación Hidráulica**

Para simular o reproducir el comportamiento hidrodinámico del encauzamiento del río es necesario llevar a cabo el proceso de modelización. La modelización es la representación simplificada, en este caso de forma numérica, de un sistema real. Para lograrlo, es necesario por un lado; conocer la geometría de la canalización, y las variables hidrodinámicas del sistema, y por otro, elegir un código numérico que permita solucionar las ecuaciones matemáticas de flujo y comparar sus resultados con los observados en el campo. Los datos requeridos por el sistema son medidos en campo o bien, recopilados de la literatura y la selección del código numérico obedece a la disponibilidad de los mismos y a sus características particulares (Martínez, E. 2005).

### 1.8.9 HEC-RAS

El Hec-Ras es el nombre compuesto de las siglas en inglés, HEC (Hydrologic Engineering Center o centro de Ingeniería Hidrológica) y RAS (River Análisis System o Sistema de Análisis de Ríos), es una aplicación que permite la modelación hidráulica en régimen permanente y no permanente, el mismo que ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU (US Army Corps of Engineers).

Este programa facilita el cálculo de los perfiles del agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. El programa permite desarrollar el cálculo, de los niveles de la superficie del agua de un flujo gradualmente variado. El componente del estudio del flujo, puede hacer el estudio de régimen subcrítico, supercrítico o la mezcla de los dos (Villón M. 2010).

### 1.8.10 Efecto Venturi en los Ríos

El tubo de Venturi es un dispositivo inicialmente diseñado para medir la velocidad de un fluido aprovechando el efecto Venturi.

El efecto Venturi se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta. Por el teorema de conservación de la energía, si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente (Chereque, Wendor. 1995).

Efectivamente, según el principio de Bernoulli:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \quad \dots\dots\dots(1.47)$$

Donde:

- $V$  = velocidad del fluido en la sección considerada.
- $g$  = aceleración gravitatoria,  $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ .
- $P$  = presión en cada punto de la línea de corriente.

- $\gamma$  es el peso específico ( $\gamma = \rho g$ ). Este valor se asume constante a lo largo del recorrido cuando se trata de un fluido incompresible.
- $z$  = altura, en vertical, sobre una cota de referencia.
- Los subíndices 1 y 2 indican que los valores se toman en un punto (1) y en otro punto (2), a lo largo de la conducción.

Expresado de este modo, cada uno de los sumandos tiene como dimensión una longitud, por lo que se consideran todas alturas:

Altura de velocidad:  $\frac{V_i^2}{2g}$

Altura de presión:  $\frac{P_i}{\gamma}$

Altura geométrica:  $z_i$

A igualdad de los demás factores, y teniendo en cuenta el principio de continuidad, que expresa que al disminuir la sección en un conducto, aumenta la velocidad del fluido que lo recorre, puede deducirse que, en un estrechamiento del conducto, si  $V$  aumenta, necesariamente debe disminuir  $P$ .

Pero además, si el estrechamiento en el punto 2 es tal, que la velocidad sea

suficientemente grande para que  $\frac{V_2^2}{2g} > z_1 - z_2$

Para que se cumpla Bernoulli, la altura:  $\frac{P_2}{\gamma}$

Tendrá que ser negativa y por tanto la presión. Cuando por ésta o por otra circunstancia, la presión se hiciera negativa, en teoría traerá consigo la detención del movimiento del fluido.



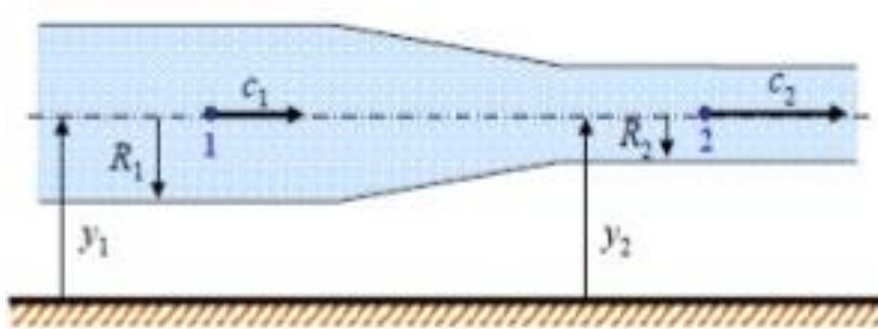


Figura N° 1.8: Disminución de la sección en un tramo de canal abierto.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho C_1^2 + \rho g Y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho C_2^2 + \rho g Y_2 \quad \dots\dots\dots(1.48)$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(C_1^2 - C_2^2) \quad \dots\dots\dots(1.49)$$

La ecuación de continuidad:  $S_1 \cdot C_1 = S_2 \cdot C_2$       $P_1 > P_2$       $C_2 > C_1$

- El fluido circula a mayor velocidad en los estrechamientos
- La presión es menor en los estrechamientos.

**a) Ecuación de continuidad**

Cuando un fluido fluye por un conducto de diámetro variable, su velocidad cambia debido a que la sección transversal varía de una sección del conducto a otra.

En todo fluido incompresible, con flujo estacionario (en régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de un conducto es inversamente proporcional a la superficie en ese punto, de la sección transversal de la misma.

La ecuación de continuidad no es más que un caso particular del principio de conservación de la masa. Se basa en que el caudal (Q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.

Dado que el caudal es el producto de la superficie de una sección del conducto por la velocidad con que fluye el fluido, tendremos que en dos puntos de un mismo canal se debe cumplir que:

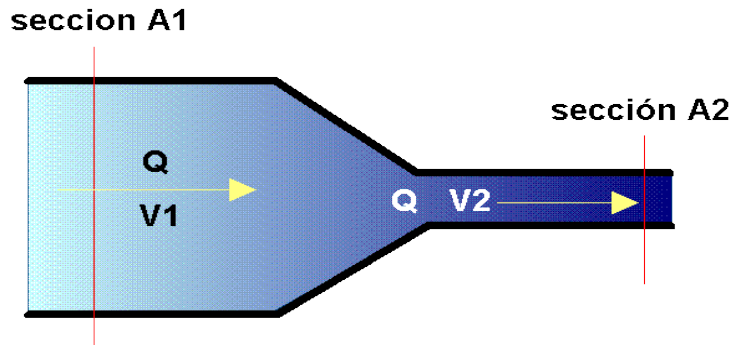


Figura N° 1.9: Disminución de la sección en un tramo de canal abierto (ecuación de continuidad).

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 \quad \dots\dots\dots(1.50)$$

De la ecuación de continuidad:

- S es la superficie de las secciones transversales de los puntos 1 y 2 del conducto.
- V es la velocidad del flujo en los puntos 1 y 2 del canal.

Se puede concluir que puesto que el caudal debe mantenerse constante a lo largo de todo el canal, cuando la sección disminuye, la velocidad del flujo aumenta en la misma proporción y viceversa. De la (figura N°1.9) se observa como la sección se reduce de A1 a A2; Teniendo la ecuación anterior:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

Es decir la velocidad en el estrechamiento aumenta de forma proporcional a la medida de la reducción de la sección del canal abierto.

### 1.8.11 Zona de flujo preferente y zonas inundables

El decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el reglamento de dominio público Hidráulico, aprobado por el real decreto 849/1986, de 11 de abril, persigue como objetivo la protección de las personas y los bienes y del medio ambiente a través de la modificación de la normativa sobre inundaciones. Para

definir y gestionar el dominio público hidráulico se define las zonas de flujo preferente y las zonas inundables para avenidas asociadas a periodos de retorno de 50 y 100 años respectivamente (Grupo de ingeniería de agua y del medio ambiente, E. 2010).

Con la finalidad de alcanzar, o de mantener el buen estado ecológico del río, y permitir que éste desarrolle su dinámica fluvial natural, además de contribuir a aumentar la seguridad frente a potenciales avenidas ordinarias y en la necesidad de avanzar en la cultura del agua, se considera justificado actualizar la definición de dominio público hidráulico, teniendo en cuenta las insuficiencias puramente hidráulicas señaladas, incorporar los elementos eco sistémicos del río en una envolvente de todos los conceptos hidráulicos (cuantitativos y de prevención de riesgos de daños por avenidas ordinarias) y ecológicos, que correspondan con los objetivos de la planificación para la gestión del buen estado de las masas de aguas superficiales, incluso del muy buen estado. (Aragón, 2011).

#### **1.8.12 Ley N° 29338 "Ley de las organizaciones de usuarios de agua"**

Artículo 2: Las organizaciones de usuarios de agua son organizaciones estables de personas naturales y jurídicas que canalizan la participación de sus miembros en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos en el marco de la Ley 29338, ley de recursos hídricos.

Las organizaciones de usuarios de agua no persiguen fines de lucro y su actividad en la gestión de infraestructura Hidráulica y de los recursos hídricos, es de interés público.(República de Perú, 2014).

#### **1.8.13 Resolución Ministerial N° 0483-2015-MINAGRI**

Considerando: Que, mediante Ley N° 30281, se aprobó el Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2015, y por Resolución Ministerial N° 0681-2014-MINAGRI, se aprobó el Presupuesto Institucional de Apertura de Gastos correspondiente al Año Fiscal 2015 del Pliego 013: Ministerio de Agricultura y Riego; Que, a través del Decreto Supremo N° 045-2015- PCM, se declaró el Estado de Emergencia; por peligro inminente ante el periodo de lluvias 2015-2016 y la ocurrencia del Fenómeno El Niño, el cual se encuentra sustentado en

los informes de estimación de riesgos presentados por la Autoridad Nacional del Agua ANA y el informe técnico del Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI, en los que se señala que los efectos del próximo periodo de lluvias 2015-2016, así como la ocurrencia del Fenómeno El Niño y su probable extensión hasta el próximo verano, pueden ocasionar inundaciones, entre otros, con consecuencias de pérdidas y daños a la vida, salud y medios de vida de la población, así como de la infraestructura productiva básica y social; medida que ha sido ampliada mediante Decreto Supremo N° 054-2015-PCM; Que, el artículo 8 del Decreto de Urgencia N° 004-2015, que dicta medidas para la ejecución de intervenciones ante el periodo de lluvias 2015-2016 y la ocurrencia del Fenómeno El Niño, autoriza a los Sectores del Gobierno Nacional a celebrar convenios por encargo con Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, a fin de encargar a estos últimos la ejecución de actividades y proyectos de reducción de riesgos. (“Resolución Ministerial N° 0483-2015-minagri - Norma Legal diario oficial El Peruano,” n.d.)

#### **a). Zona de flujo preferente**

Las zonas de flujo preferentes es la zona constituida por la unión de la vía de intenso desagüe y de las zonas donde se producen graves daños sobre las personas y los bienes, ambas zonas calculadas para las avenidas de retorno de 50 años, quedando delimitado el limite exterior por la envolvente de ambas zonas y márgenes de los ríos.

Para los efectos de la aplicación de la definición anterior, se consideran que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes, cuando las condiciones hidráulicas durante las avenidas satisfagan uno o más de los siguientes criterios.

- Que el calado sea superior a 1m.
- Que la velocidad sea superior a 1m/s
- Que el producto de ambas variables sea superior a 0.5 m<sup>2</sup>/s.

Se debe entender por vía de intenso desagüe la zona por la que pasa la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobre elevación mayor que 0.3 m respecto a la cota de la lámina de agua que se producirá con esa misma avenida considerado toda la llanura de inundación existente. La sobre elevación

anterior puede deducirse a criterios de organismos que integran la cuenca hasta 0.1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves daños y perjuicios o se aumente hasta 0.5m en las zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.

**b). Zonas inundables**

Las zonas inundables como las delimitas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo periodo estadístico de retorno sea de 100 años, las zonas a las que llega el agua ( $h>0$ ) para avenida de 100 años periodo de retorno

## **II. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO**

#### **2.1.1 Ubicación Política Y Características de la zona en estudio**

La zona de estudio se encuentra en el distrito de Acocro que está ubicado a 58 km al sur oeste de la Ciudad de Ayacucho, en margen izquierdo de la cuenca del río Yucaes.

Región : Ayacucho

Departamento : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Acocro

Lugar : Acocro

#### **2.1.2 Ubicación Geográfica**

Latitud sur : 13°12'57"

Longitud oeste : 74°02'24"

Altitud : 3,247 m.s.n.m

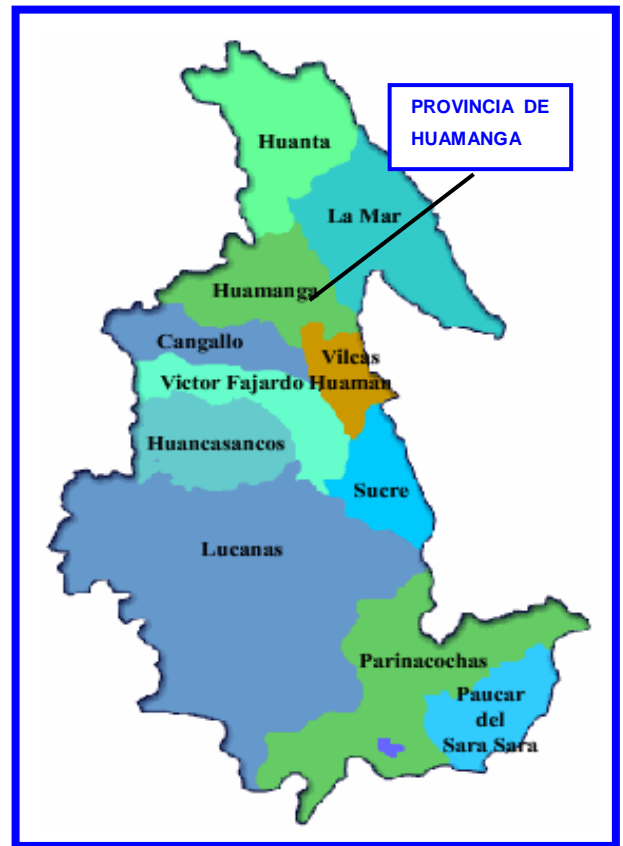


Figura N° 2.1: Mapas de ubicación Nacional y Regional

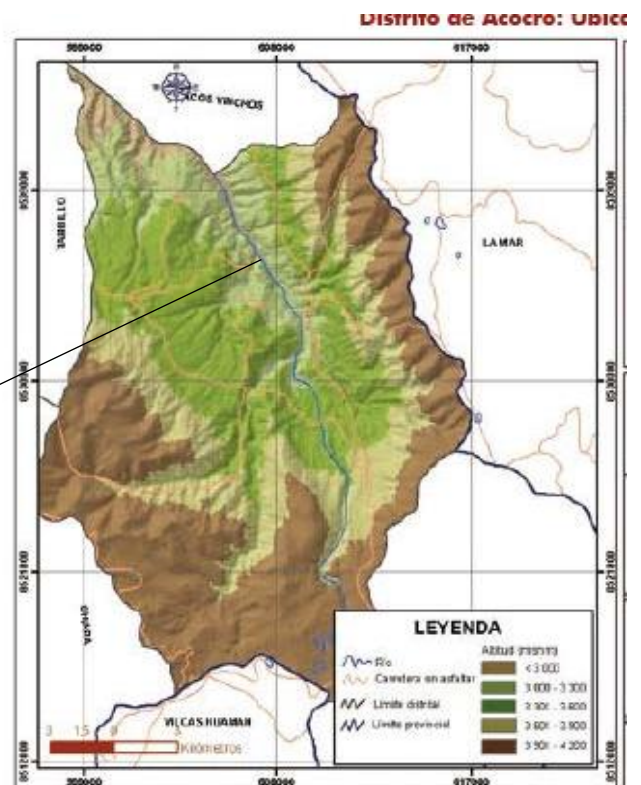


Figura N° 2.2. Mapas de ubicación distrital y localización de área de estudio

### **a) Extensión y altitud**

El distrito de Acocro abarca una extensión territorial de 50,200 Has de los cuales 19,829 Has, son cultivables 24,648 Has constituyen pastos naturales y eriazas; 5,722.80 Has se encuentran cubierto por bosques.

Respecto a la altitud y latitud se tienen en cuenta 03 puntos referenciales.

|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| La Capital     | : 2,580 m.s.n.m.             |
| Punto más bajo | : 800 m.s.n.m. (Río Mantaro) |
| Punto más alto | : 3,600 m.s.n.m.             |

### **b) Reseña Histórica del Distrito**

El nombre actual del distrito de Acocro proviene desde tiempos inmemorables, por la característica del lugar proveniente de dos voces quechuas “ACCO” que significa “arena”, “OCCRO” o “UCCRU” que significa “de este lugar”, uniendo significa “Lugar de Arena”. Este quizá sea el único indicio de donde proviene dicho nombre, mas no teniendo otras historias del origen del nombre de Acocro.

Acocro, aparece como comunidad campesina el 27 de diciembre de 1945 reconocido con Resolución Suprema s/n, siendo la más antigua de las comunidades dentro del Distrito de Acocro. Se crea como Distrito mediante la Ley N° 15232, dentro de la Provincia de Huamanga, el 19 de noviembre de 1964, siendo el Presidente de la República el Arquitecto Fernando Belaunde Terry

### **c) Superficie y Topografía**

El distrito de Acocro cuenta con topografía variada cubre dos pisos ecológicos: la Yunga de los 1,000 hasta los 2,400 m.s.n.m. Y Quechua desde los 2,500 hasta los 3,500 m.s.n.m. Buena parte de sus comunidades quedan en la parte baja, al borde de la carretera Huamanga – Andahuaylas. El Distrito de Acocro se caracteriza por presentar una topografía sumamente accidentada, con pronunciadas pendientes, otorgándole una característica peculiar de zona alto andina. Así mismo, presenta un relieve muy variado con valles, quebradas, cerros empinados y llanuras en toda su superficie.



## 2.2 VIAS DE ACCESO

El distrito de Acocro ha tenido un desarrollo vial que se ha mantenido progresivo, especialmente la parte alta, comprendidas por las comunidades de Pampamarca, Pumapuquio, Chontaca, Matará, Ccollcca. Por la presencia de la carretera afirmada que permite minimizar horas máquina y horas hombres. En la ruta de Ayacucho - distrito de Acocro, se cuenta con la vía afirmada (Ayacucho – Tambillo – Tambocucho – Matara – Ocros – Anadahuyllas - Cusco) que interconecta Ayacucho con los departamentos de Apurímac y Cusco. A la zona de estudio se tiene acceso vía carretera asfaltada de Ayacucho-Tambucucho de 58 km el tiempo de viaje es de 2 horas a partir de la zona de Tambucho se accede a través de una carretera afirmada al distrito de Acoro de 3km con un tiempo de viaje de 30 minutos (Ver Tabla N°2.1).

**Tabla N° 2.1. Vías de acceso al proyecto**

| Nº | CARRETERA                                 | Long<br>(km) | TIPO<br>DE VIA        |
|----|---|--------------|-----------------------|
| 1  | Ayacucho-Toccto-Ocros-Río Pampas          | 112          | Carretera Afirmada    |
| 2  | Ayacucho-Tambillo-Tambucucho-Matará-Ocros | 100          | Carretera Afirmada    |
| 3  | Ayacucho-Tambucucho                       | 50           | Carretera Afirmada    |
| 4  | Tambucucho-Acocro                         | 8            | Carretera sin afirmar |
| 5  | Tambucucho-Pampamarca                     | 5            | Carretera sin afirmar |
| 6  | Acocro-Parccahuanca                       | 6.5          | Trocha Carrozable     |

Fuente: Elaboración propia (2016).

## **2.3 MATERIALES, EQUIPOS Y PROGRAMAS DE INGENIERIA**

Entre los materiales, equipos y programas de ingeniería que se utilizó durante la elaboración de estudio son los siguientes:

### **2.3.1 Materiales**

- Plano topográfico de planta y perfil longitudinal.
- Carta Nacional digitalizada de los cuadrantes 27n, 27ñ.
- Libreta de campo.

### **2.3.2 Equipos.**

- Computadora portátil
- Impresora y escáner.
- Cámara fotográfica.
- Calculadora Científica.
- Gps.
- Estación Total marca Sokia.
- Wincha de 50m.
- Otros.

### **2.3.3 Herramientas informáticos de ingeniería**

- ArGis 10.2.
- HEC-HMS 3.5.
- Auto CAD civil 3D 2015.
- Iber 2.3.1
- Google earth.
- SAS planet satelital.
- Microsof office 2010.

## **2.4 METODOLOGIA**

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó los siguientes procedimientos.

### **2.4.1 Ubicación del punto crítico donde se realizara la simulación Hidráulica**

En la ubicación del punto crítico donde se han producido las inundaciones debido al desborde del río Yucaes. En ello se han realizado los trabajos de campo como levantamiento topográfico, aforo de caudales in situ, también se han realizado una entrevista con los pobladores de la zona para recopilar datos históricos de inundación.

Los trabajos topográficos consistió en el levantamiento planimétrico y altimétrico de la zona y tramo en estudio, aguas abajo desde el terreno cultivable de Mayabamaba hasta el tramo aguas arriba comprendido el puente de cruce Carrozable entre Cruz pata y Mayobamba ambos márgenes (5+200 a 6+300 en dirección del flujo del río).; En esta ejecución del levantamiento topográfico consistió en tres fases; La primera fase comprendió en la inspección de lugares para definir la zona de evaluación, en coordinación con las autoridades locales de Cruz Pata, Mayobamba y el alcalde distrital de Acocro, la segunda fase comprendió en la toma de datos altimétricos y plan métrico con la ayuda de una estación total en las zonas de áreas de estudio, y la tercera fase comprendió la toma de datos de las características geométricas del tramo en evaluación.

### **2.4.2 Características de los arroyos y de las cuencas**

Las características físicas de los arroyos, longitud, la elevación del río arriba y río abajo, pendiente, son extraídos de los datos del terreno y almacenado como atributo en la tabla de ríos, las características físicas de las subcuencas, como la longitud del flujo más largo en metros, las longitudes de flujo centroide y pendiente son extraídos de los datos obtenidos previa delimitación cálculos previos con la ayuda del programa ArcGIS y guardado como atributos en la tabla de la cuenca, de haber realizado un procedimiento con la ayuda del programa ArcGis, enfoca este programa la extracción de las características físicas en vez de los parámetros hidrológicos las tablas de las características físicas de las cuencas pueden ser exportadas y son muy usados para estimar

los parámetros hidrológicos, cuando más experiencia se tiene con aplicar parámetros generados con este programa en Gis anticipado el programa nos sugiere los rangos para los parámetros hidrológicos lo más apropiado.

#### **a) Procesamiento de cuencas**

El usuario en este paso con la ayuda del programa ArcGis es proporcionado con una variedad de herramientas interactivas para delimitar la cuenca como también las subcuencas, en el modelo interactivo de ArcGis las herramientas permite al usuario ver los resultados de la delineación, estimar los resultados, aceptar o rechazar la delimitación resultante. Las herramientas interactivas deberán trabajar rápidamente al ver la unión de pequeñas cuencas o una subdivisión de una cuenca grande, cuando el usuario realiza el procedimiento de la cuenca interactiva, el programa indicara al usuario para confirmar los resultantes. Un numero de herramientas interactivas permiten al usuario delinear una cuenca desde el perfil de corriente de flujo, y crea una cuenca donde una corriente no existe. El usuario puede proporcionar los lugares de la salida de corriente de agua y el programa los delinear las subcuencas o los lugares de influencia, pero sin interacción para observar y tener una noción a cerca de los flujos de agua.

#### **b) Parámetros hidrológicos y el HEC-HMS**

Los archivos ArcGis generalmente son exportados al HEC-HMS, para completar el modelo de cuenca como dato de fondo mas no así influyen en los cálculos y parámetros de la cuenca. Los parámetros hidrológicos primero necesitan ser estimados y luego ingresados al HEC-HMS, además se puede agregar o quitar elementos hidrológicos y sus conexiones para reflejar las áreas a modelarse finalmente se desarrollan el componente meteorológico en HEC-HMS y obtener con ello resultados de precipitación en caudales.

### **2.4.3. Creación y reparación de las capas bases.**

Para la elaboración de la cartografía base de uso, información vectorial elaborado por IGN (Instituto geográfico nacional) a escala 1:100000 que cada centímetro en el mapa corresponde a un 1km en el terreno.

Para la realización de las capas base fue necesario incorporar capas elaboradas provenientes de otras instituciones como AGRO RURAL (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural) Base SIG y GRA (Gobierno Regional De Ayacucho). Estas cuberturas son a continuación detallamos.

- Fisiografía.
- Hidrografía.
- Forestal.
- Geomorfología.
- Vial.
- Limites.

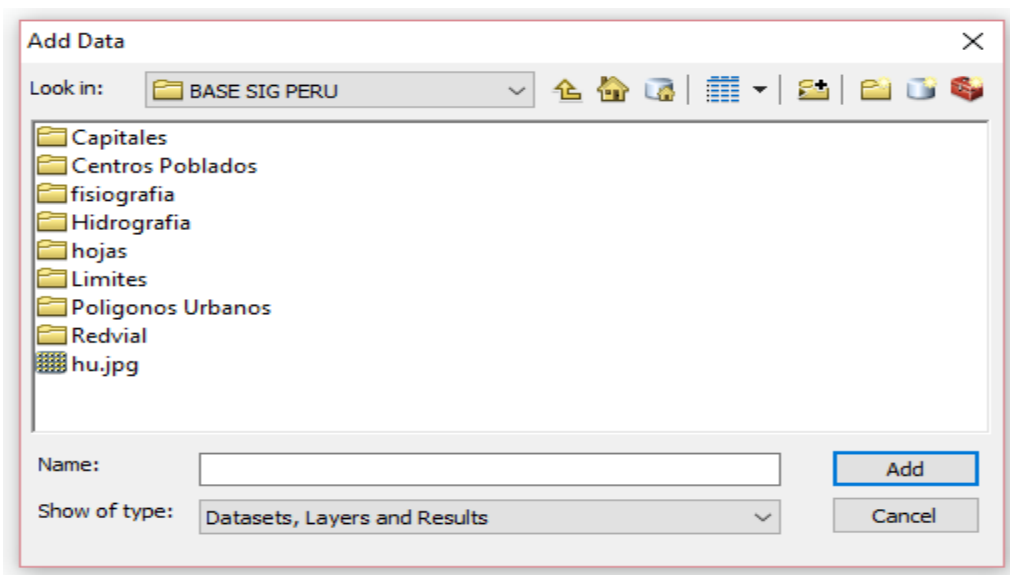


Figura N° 2.3: Base de datos de ARGIS.

#### **a. Mapa de base de cuenca Yucaes**

Gracias a capas creadas, antes mencionadas por estas instituciones, capas base se procedió a delimitar la cuenca en estudio las mismas que son motivo de estudio de la presente tesis, esta delimitación se logra a partir del Divurition Acuarium, es decir de las cotas más altas que circundan a las cuencas, o se encuentran dentro de las áreas de interés y de estudio, como se puede observar en las siguientes figuras trabajadas en el programa ArcGis 10.2.2.

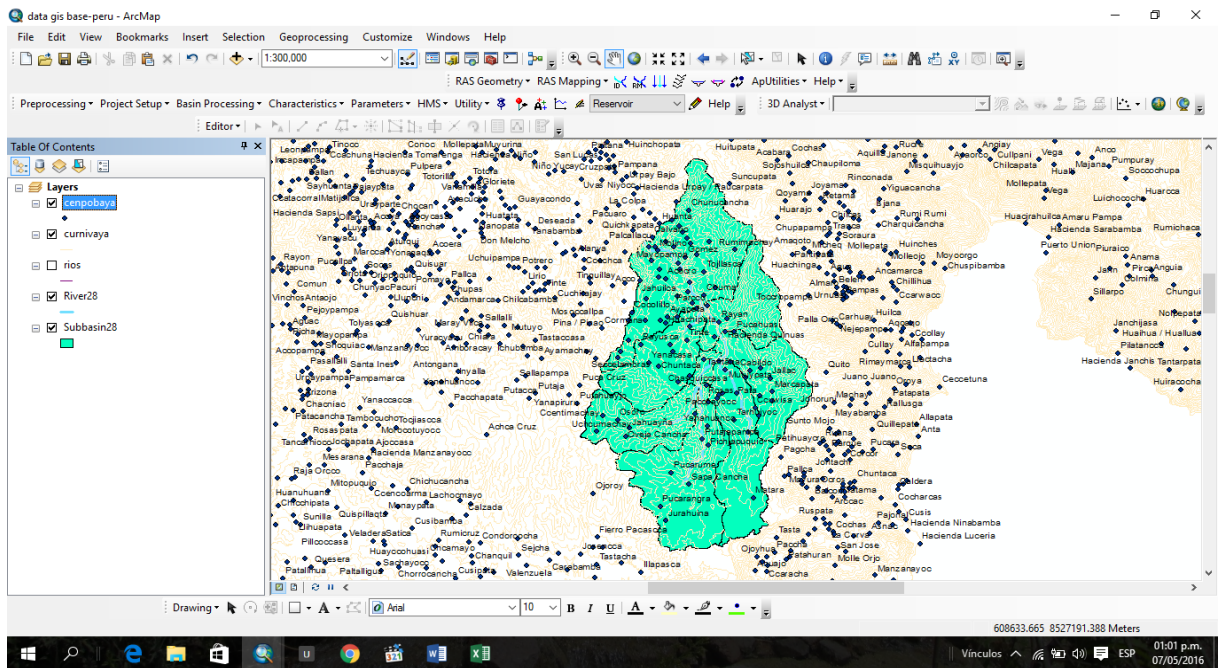


Figura N° 2.4: Visualización panorámica de toda la cuenca Yucay, Para tener una perspectiva el área de interés a delimitar y estudiar.

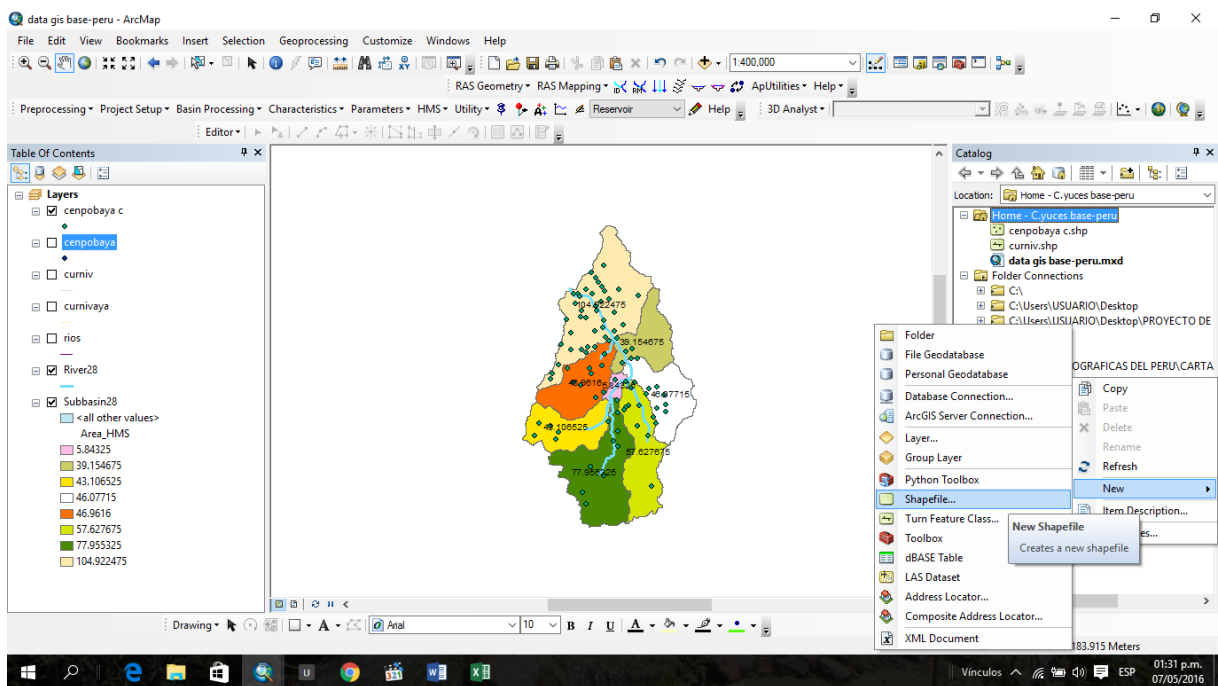


Figura N° 2.5: Creación del proyecto en el administrador del programa Argis; Arc Catalogo donde se almacenara toda la información requerida del proyecto.

El procedimiento de la delimitación de la cuenca se ha realizado de manera automática con las herramientas del programa ArcGis. Se creó segmentos continuos cerrados que determinaran los espacios comprendidos en cada

subcuencas. Los resultados se muestran en el mapa base de la cuenca Yucaes, lamina (P-01).

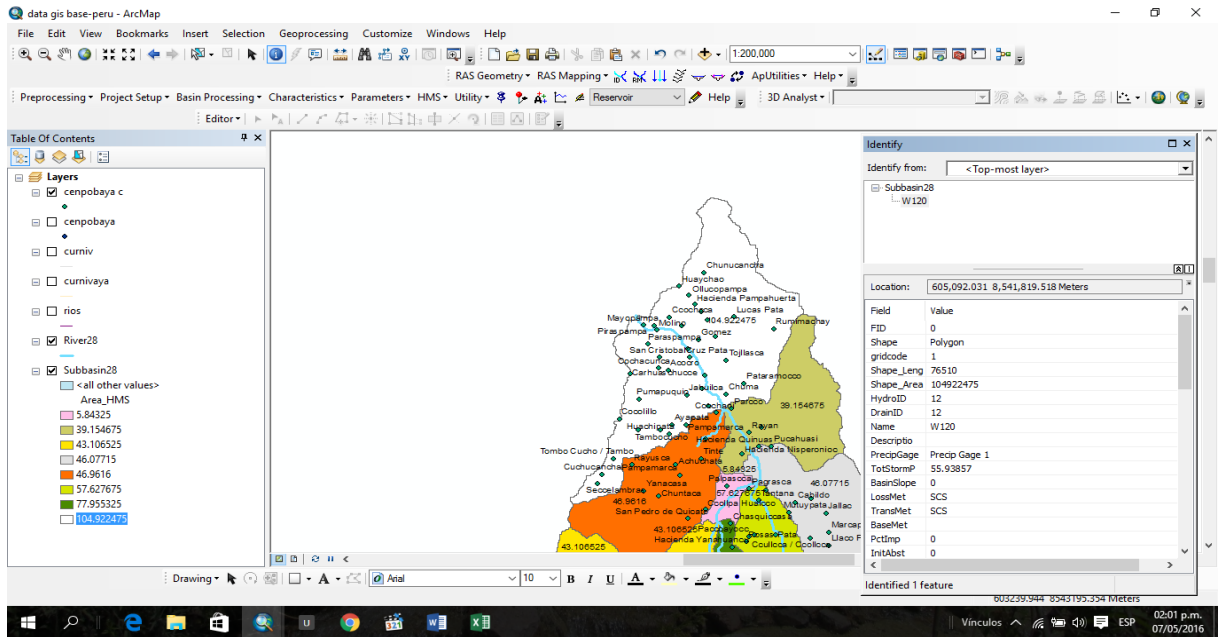


Figura N° 2.6: Determinación de la subcuencas numero uno

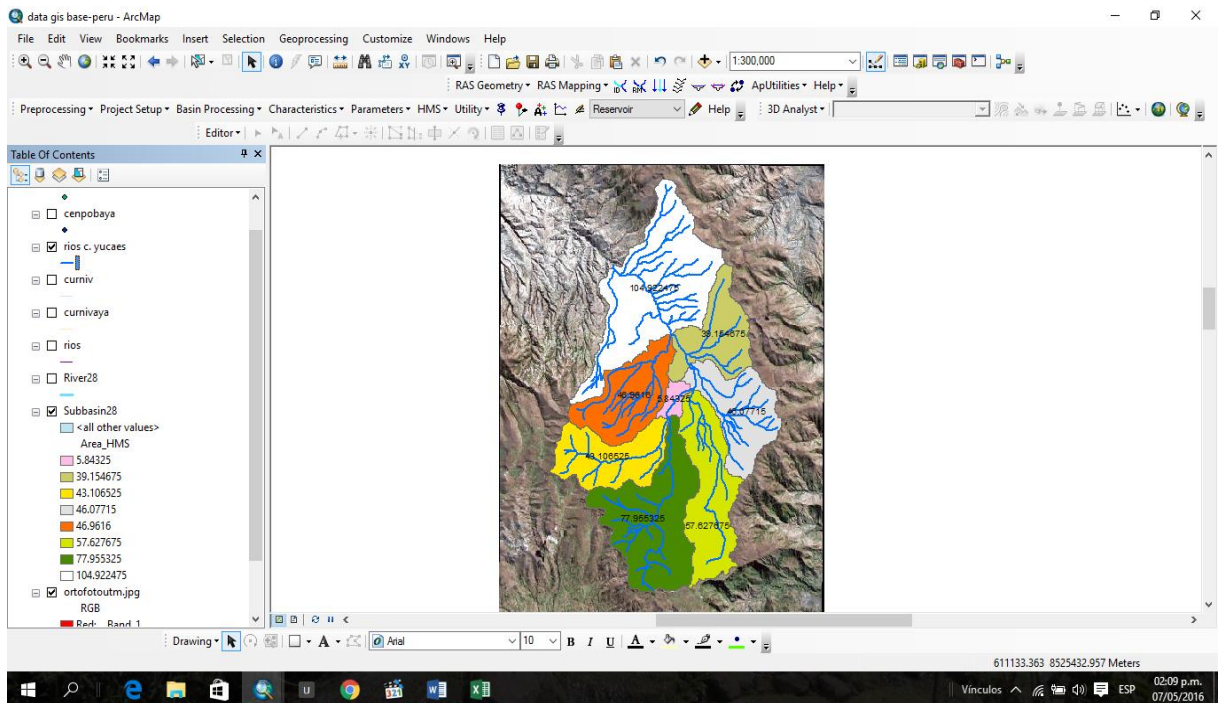


Figura N° 2.7: sub cuenca N° 01 delimitado.

Se procede de la misma manera para los demás subcuencas de estudio.

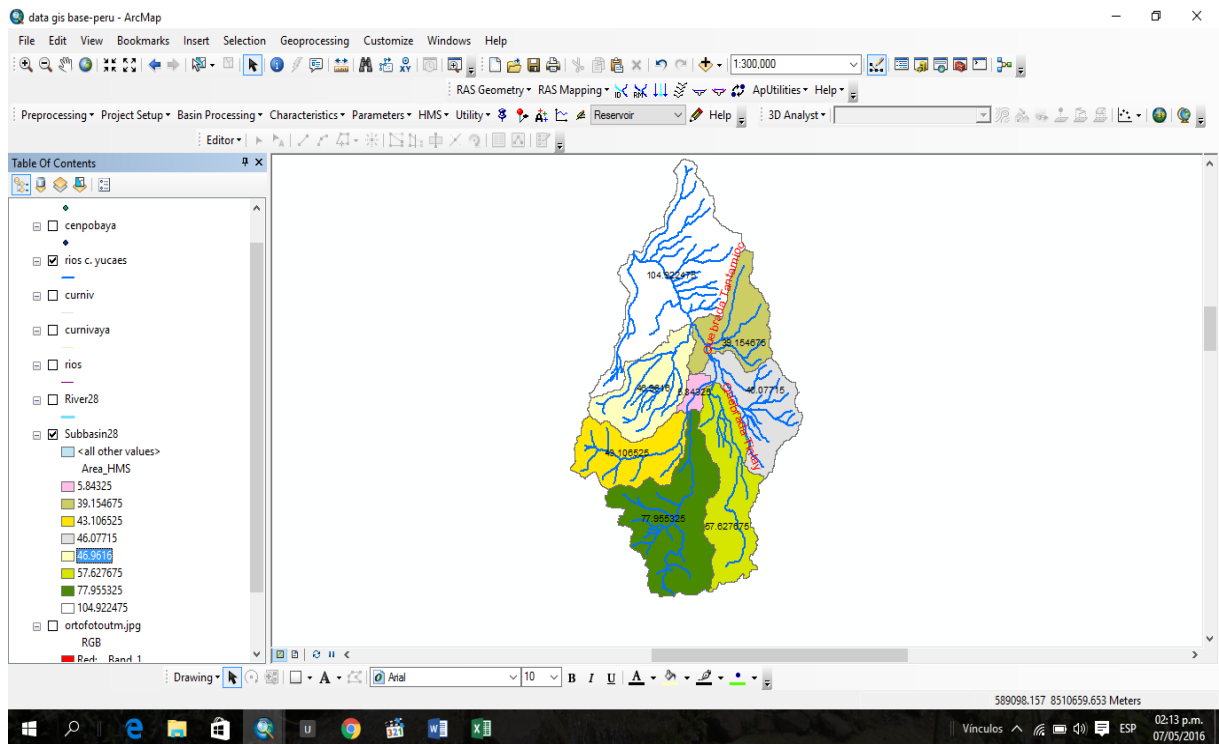


Figura N° 2.8: Identificando la subcuencas de Yucaes a colores.

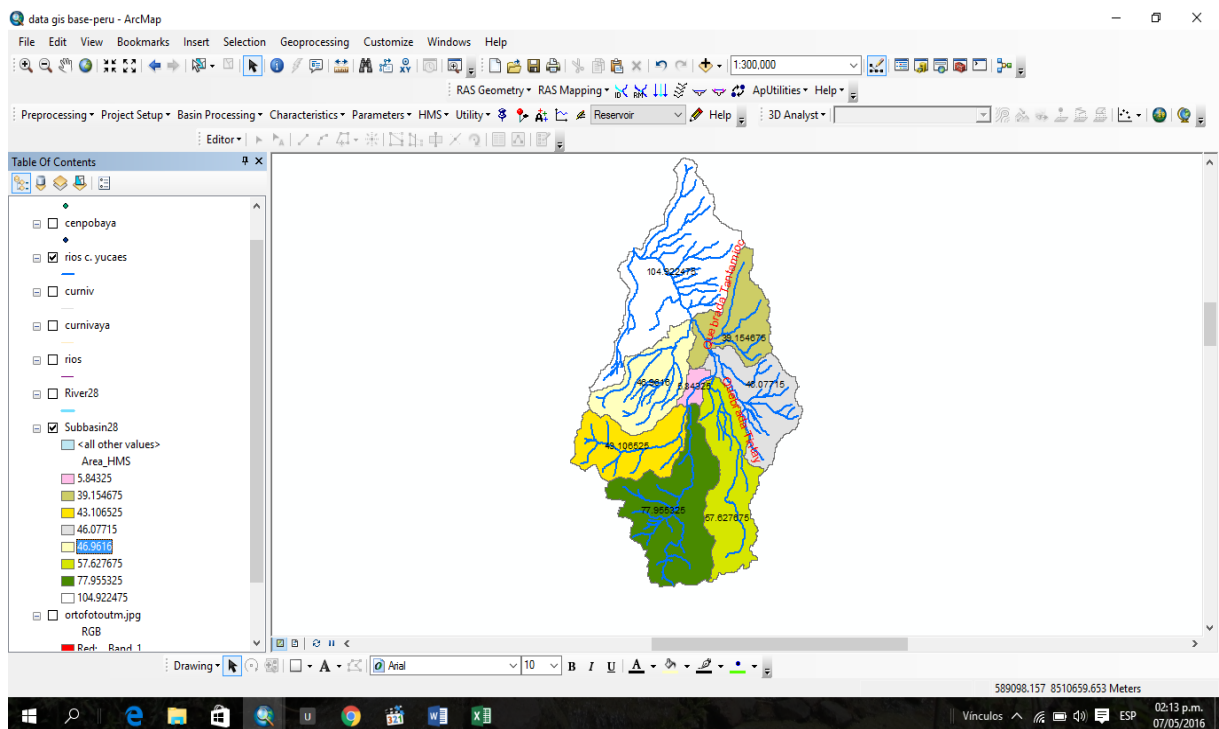


Figura N° 2.9: Vista de subcuencas delimitados y categorizados de acuerdo a las áreas



## 2.4.4 Mapa de datos hidrológicos

Para este mapa la prioridad es la muestra de los principales datos contenidos en cada subcuencas, es decir el centroide, lc, log, etc.

Para determinar el centroide (centro de gravedad de la cuenca) es mediante una función inherente del programa ArcGis. Con la herramienta características, opción Basin centroid, se determina los centros de gravedad de los polígonos, el centro de gravedad de cada polígono nos ayuda solamente para la ubicación de subbasin creation tool en el HEC-HMS. Los mapas de ubicación de centroide se muestran en la lámina (P-03).

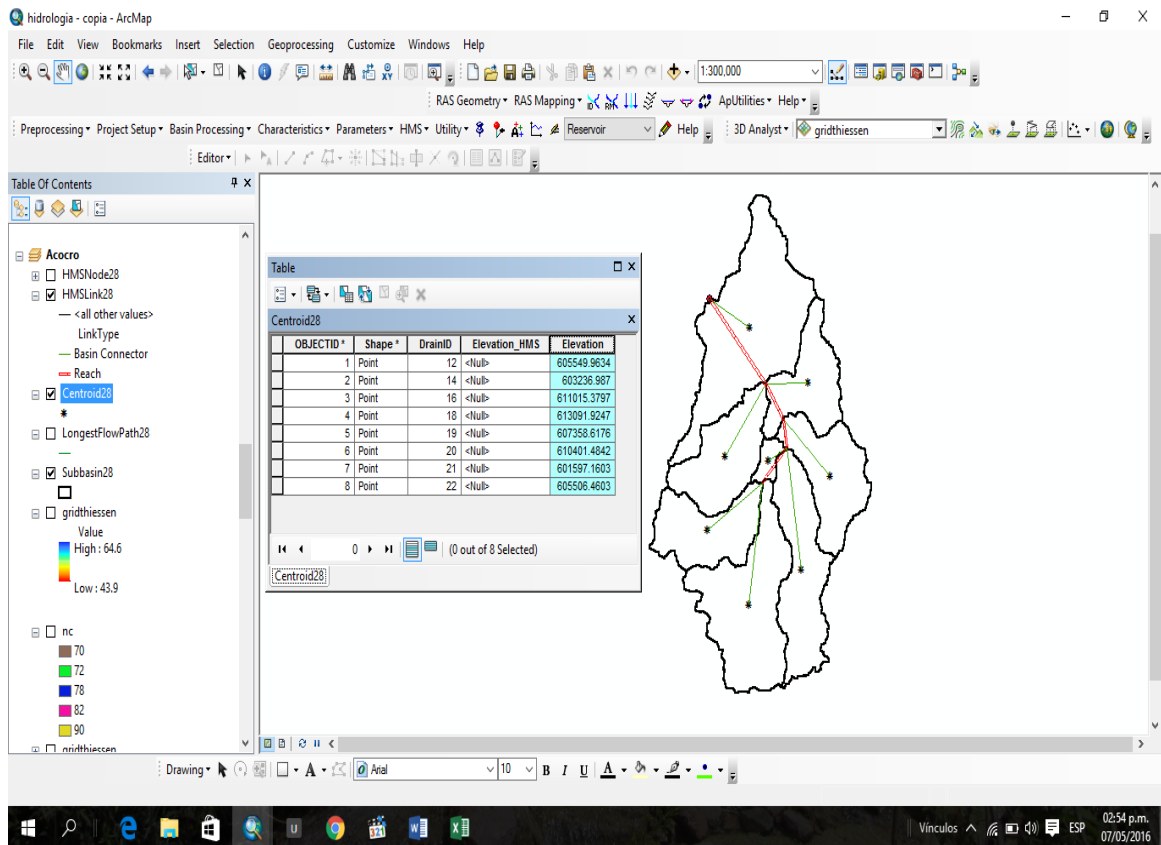


Figura N° 2.10: Determinando el centroide de gravedad de la Subcuencas.

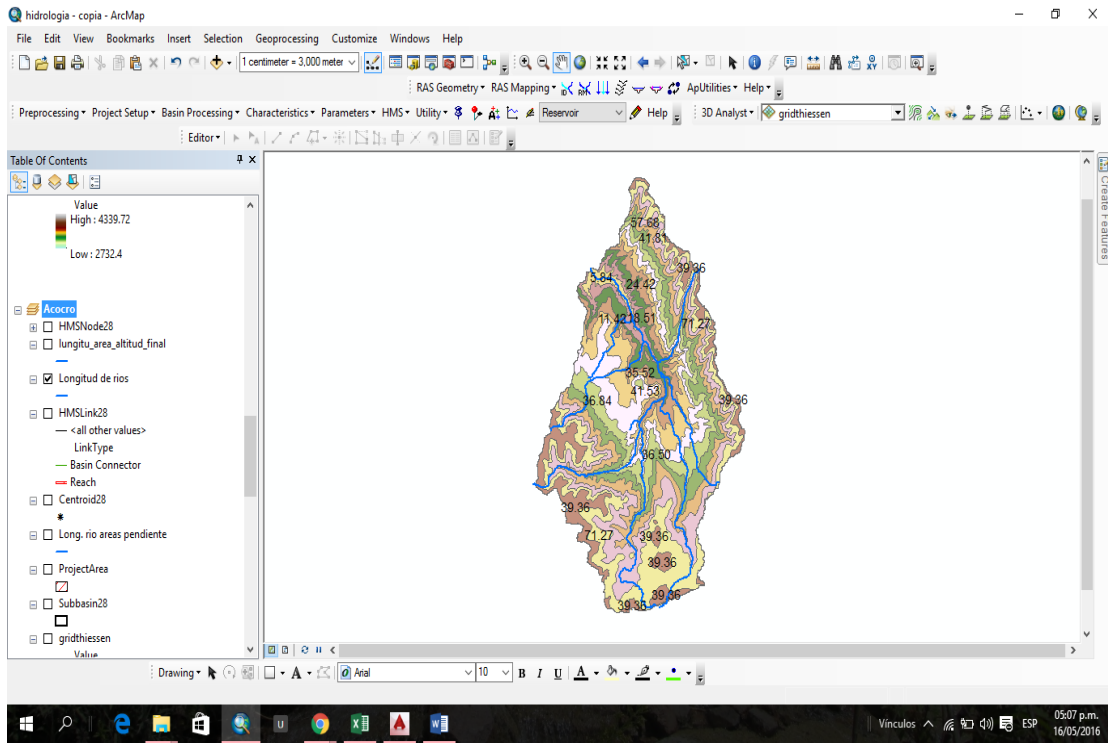


Figura N° 2.11: Muestra de áreas por altitud presentado en toda la cuenca yucaes

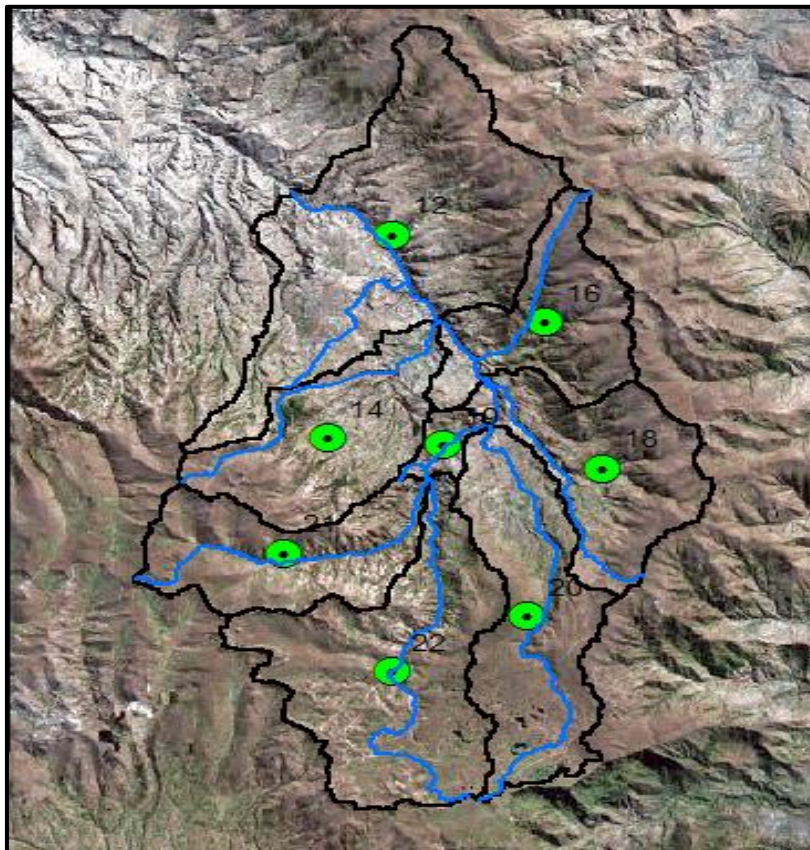


Figura N° 2.12: Presentación de capas de delimitación, centroide y ríos longitud de rio

#### 2.4.5. Mapa de tipos de Ríos

Es importante la identificación de las categorías de Ríos que se presenta en dicha área de estudio lo que permitirá trabajar con los parámetros hidrológicos de la cuenca. Por lo que se prioriza la muestra de las diferentes categorías de Ríos, así como su inclusión dentro del contexto de la cuenca en estudio, muestra la mapa de redes de Ríos en la lámina (P-02).

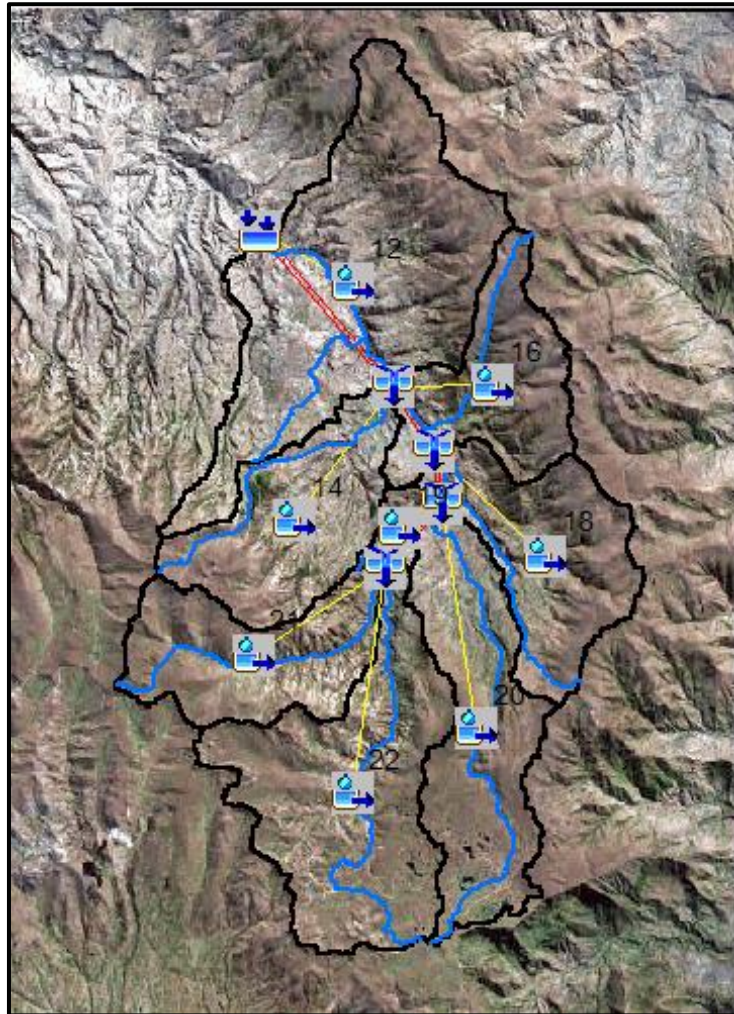


Figura N° 2.13: La realización de segmentación en los cursos de los ríos, para luego determinar la longitud desde el centroide hasta la salida de la subcuenca.

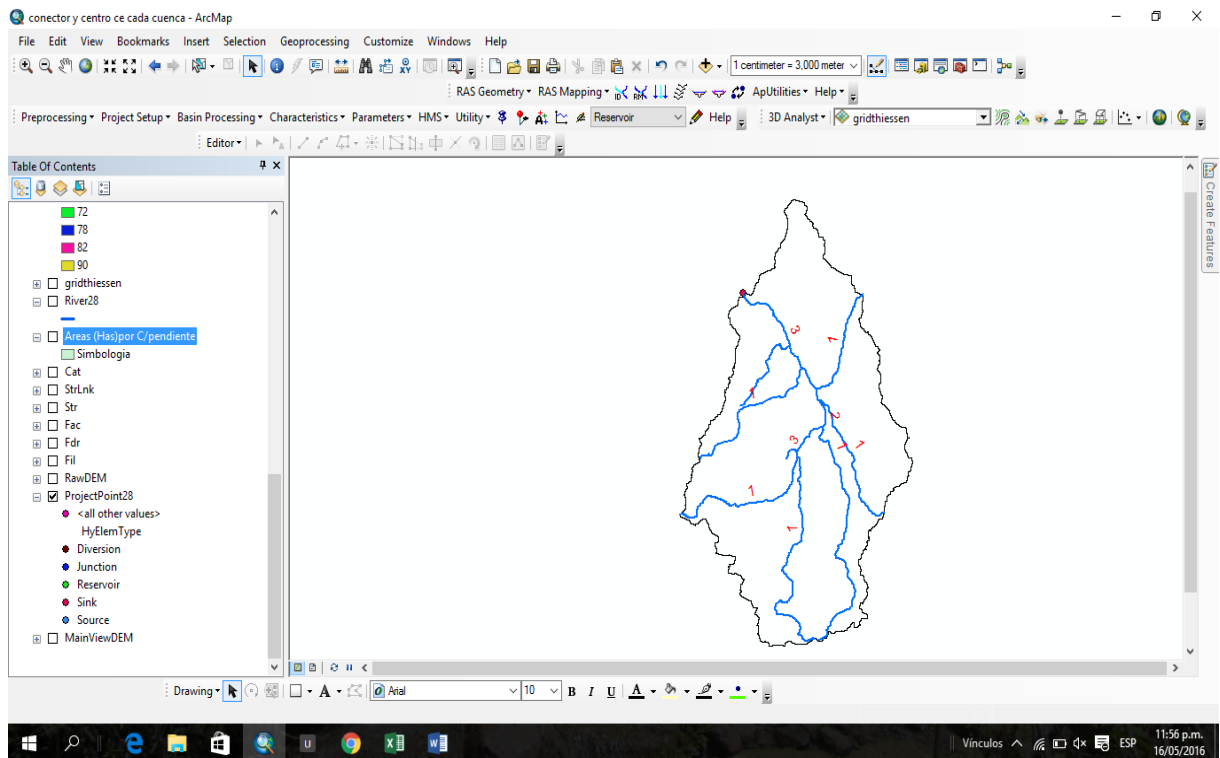


Figura N° 2.14: Resultados de la obtención de tipos de Ríos en cada subcuencas en estudio.

Mapas básicos que nos permitieron establecer los datos necesarios para el estudio de nuestra cuenca.

#### 2.4.6 Mapa de elevación del terreno

Para que podamos seguir elaborando mapas de pendientes y su importancia de la misma, entre otros, nos hace imprescindibles elaborar un modelo digital elevado (DEM) a partir de las curvas comprendidas dentro del área de trabajo.

Para elaborar la mapa de elevación del terreno en la cuenca Yucaes, entramos a la opción 3D Alasís>Create/Modify TIN From Features, luego seleccionamos la capa de curvas de la cuenca y click en ok.

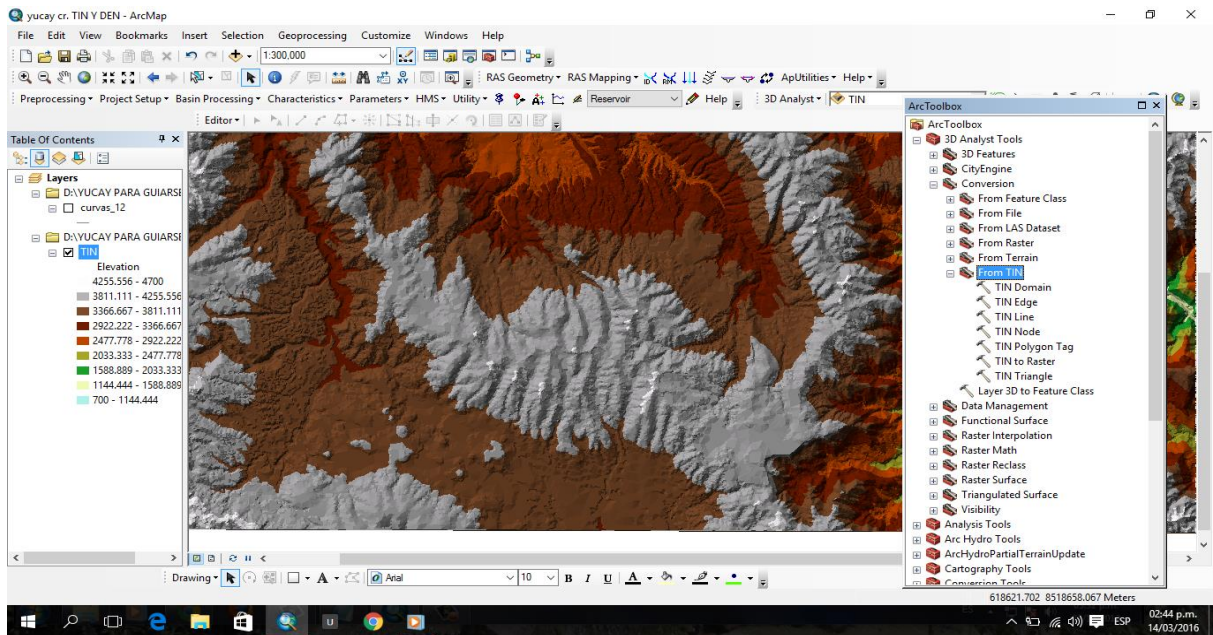


Figura N° 2.15: Creación de modelo de elevación digital (DEM) de la cuenca Yucay.

Finalmente cuando la extensión 3D analyst termino de elaborar el modelo tridimensional, se procede a categorizar los colores por rangos de altura. Para este caso utilizamos cada 185 metros, tal como se muestra en la figura N° 2.16.

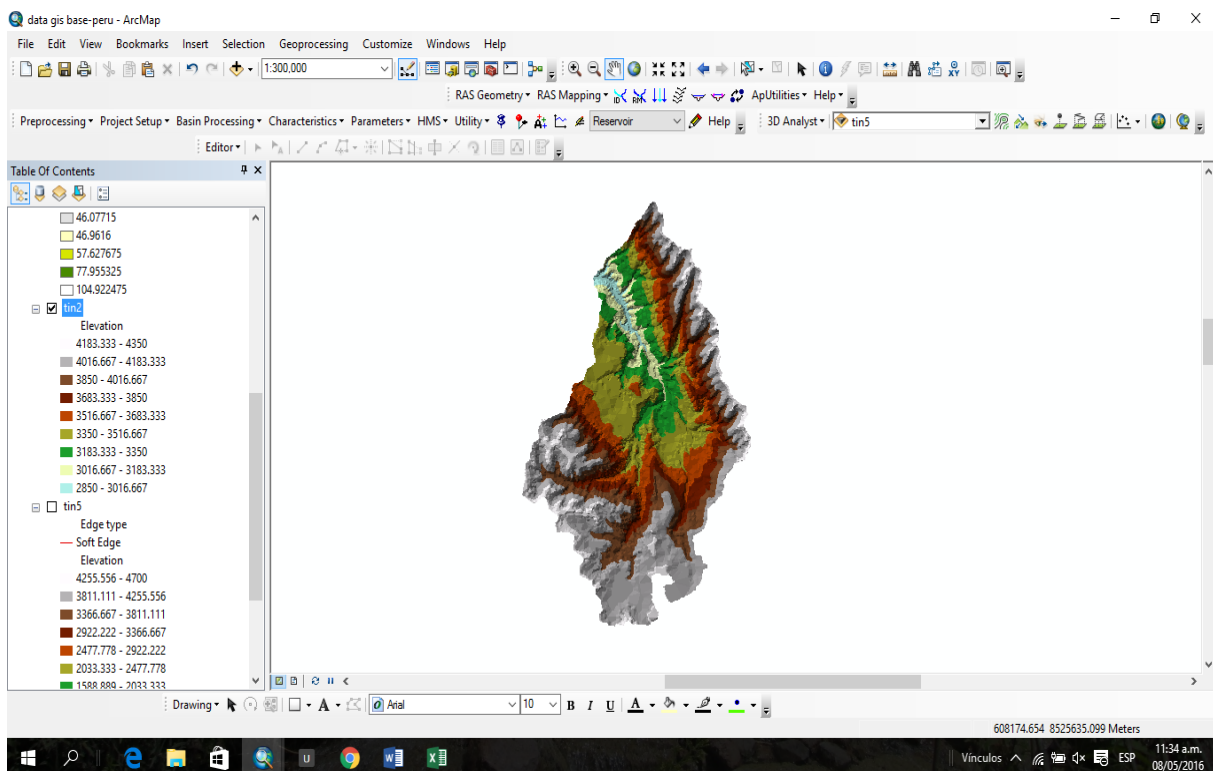


Figura N° 2.16: Categorización de colores según rangos de altura de la cuenca Yucaes.

## 2.4.7 Mapa de pendientes

La pendiente se establece tomando la diferencia de altura por la distancia, constituye un dato muy importante y vital para el análisis de toda la cuenca, ya que los procesos de degradación de suelos, por escurrimiento, etc. Son directamente proporcionales al grado de pendiente que poseen estos espacios.

Para elaborar el mapa de pendientes en la cuenca Yucaes, entramos a la opción 3D Analyst> Create/Modify TIN tenemos que convertir a Raster, para ello entramos a la opción 3D Analyst> Convert> TIN to Raster, luego elegimos el TIN creado para la cuenca y en la opción Attribute seleccionamos Slope (in degrees), finalmente le damos ok.

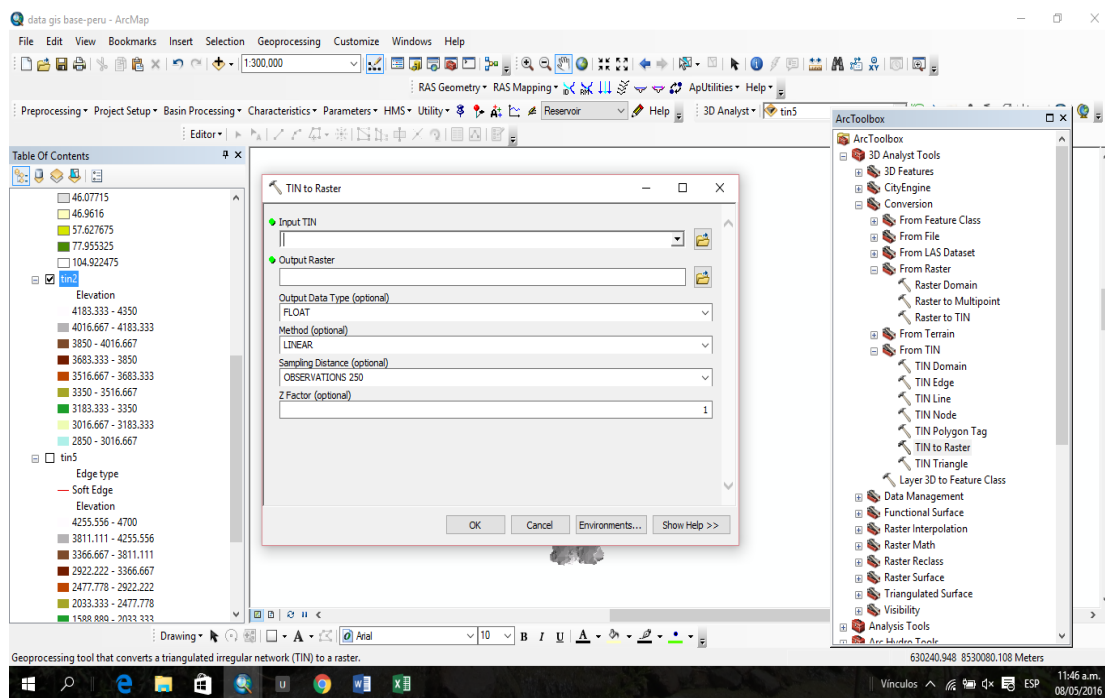


Figura N° 2.17: Se Convierte del TIN a Raster de la cuenca Yucaes.

Una vez convertido a Raster categorizamos con la opción Reclassify. Los rangos de pendiente cada 4 grados como se muestra en la figura N° 2.18.

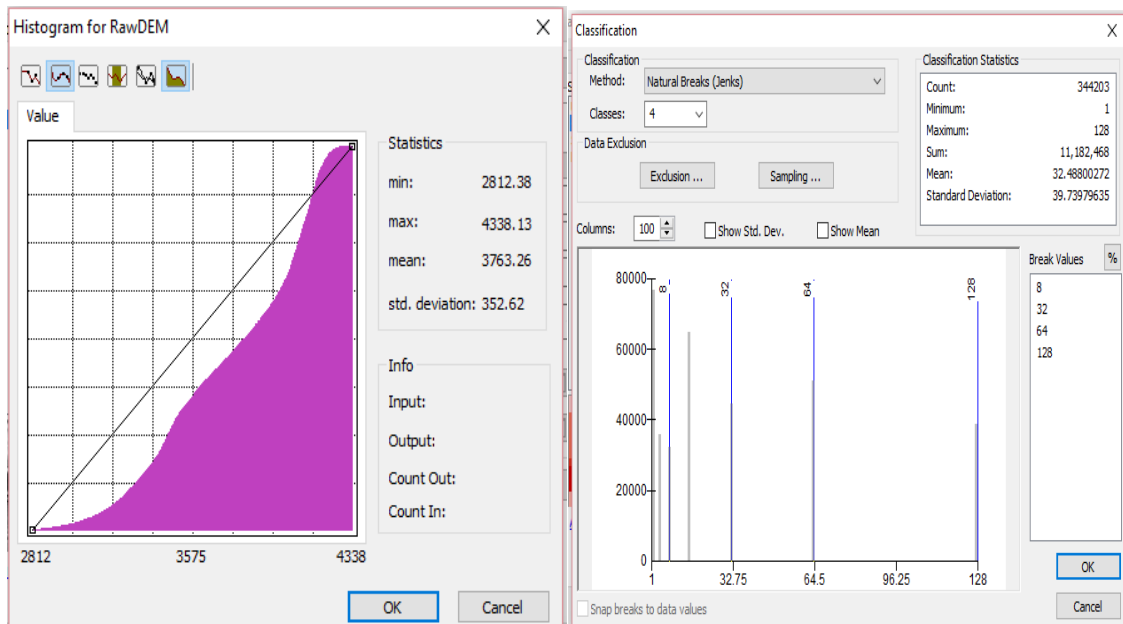


Figura N° 2.18: Clasificación de colores según rangos de pendientes en unidad de grados.

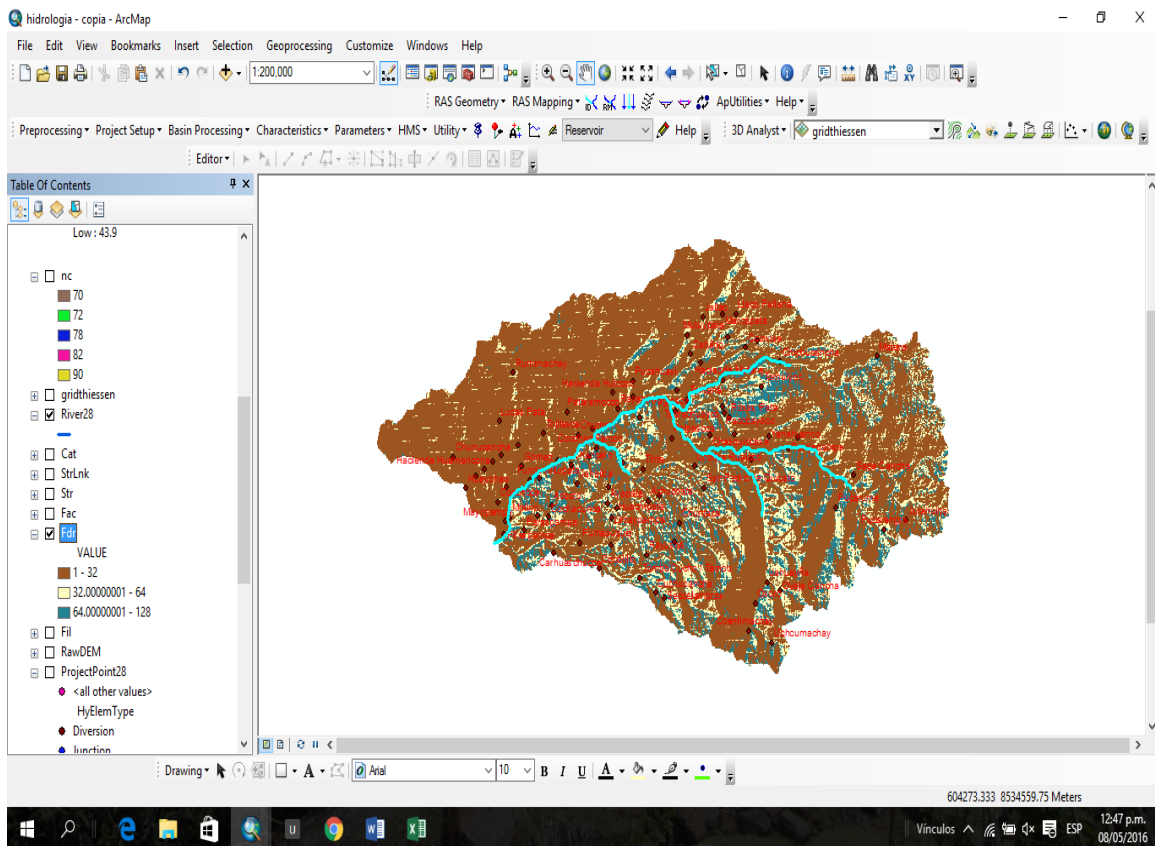


Figura N° 2.19: Vista de mapa de pendientes de la cuenca Yucaes.

## 2.4.8 Mapa de capacidad de uso mayor de suelo

Este mapa se produjo con información temática por el programa PRONAMACH-AGRO RURAL. Para la producción del siguiente mapa solo nos limitamos a categorizar los colores de las leyendas e incluir las otras alternativas y cubiertas que nos ayudaran a comprender nuestra área de interés del estudio.

Esta cobertura nos presenta las diferentes alternativas del uso de suelo, en estas áreas y espacios.

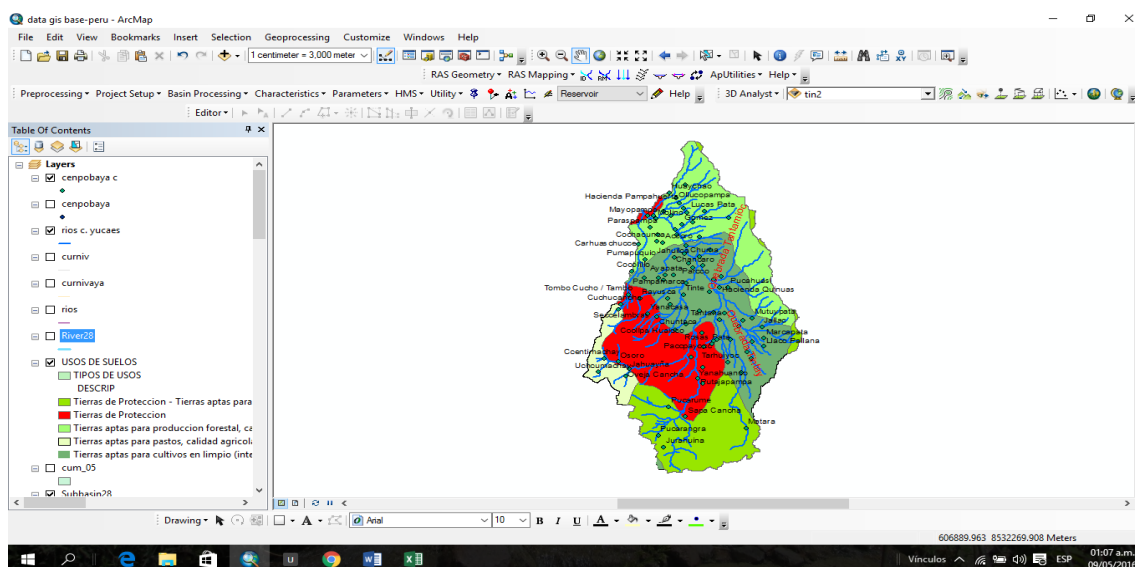


Figura N° 2.20: Capacidad de uso mayor de suelo en la cuenca Yucaes.

## 2.4.9 Mapa de cobertura vegetal

Al igual que el mapa anterior se obtuvo información de la institución de AGRO RURAL. Quienes manejan la información del programa PRONAMACH, con la ayuda esta información se determinó la presencia de áreas con vegetal dentro de su influencia de la cuenca en estudio.

De acuerdo a lo que se aprecia en nuestro mapa la mayor cantidad de presencia vegetal es en la área de Pajonal y césped de puna.



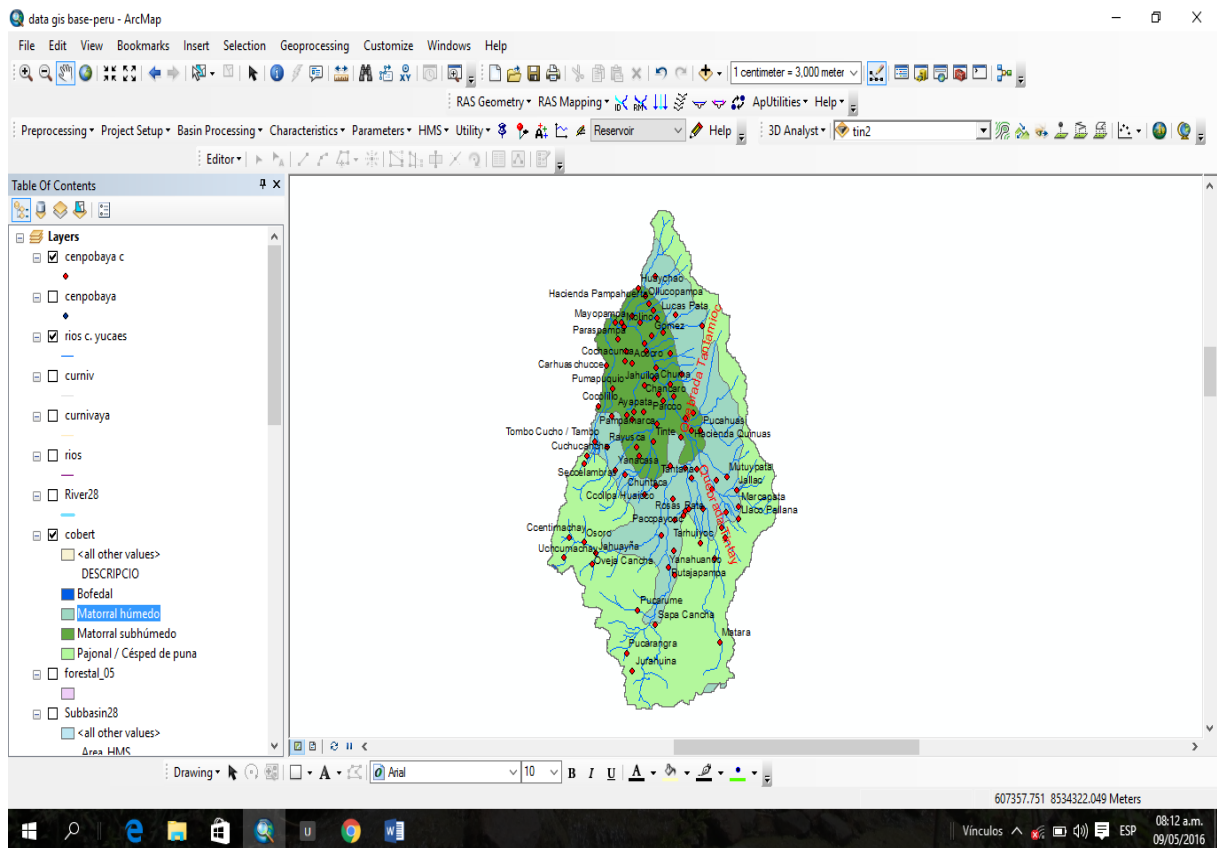


Figura N° 2.21: Cubertura vegetal de la cuenca Yucaes.

#### 2.4.10 Mapa de idealización hidrológica

El programa HEC-HMS Incluye un interfaz gráfica, que nos permite introducir la información necesaria para la simulación, manejar los componentes de Análisis hidrológico a través de módulos integrados y obtener respuestas graficas o tabuladas de fácil comprensión e impresión. Para definir la estructura de las subcuencas, el programa considera los siguientes elementos:

Subcuencas (Subbasin)

Uniones (Juntion)

Fuentes (Source)

Derivaciones (Diversion)

Tramo de tránsito (Reach)

Embalses (Reservoir)

## Sumidero (Sink)

Con estos componentes, se elaboró una cuenca compleja como lo requería el problema que estamos estudiando y nos permitirá una información de campo disponible. Todo el esquema hidráulico que podamos observar en la figura N° 2.22. Se elaboró con la ayuda del programa ArcGis, luego se importó con la opción; File-import-Basin model en el programa HEC-HMS; Si se cuenta con información digital de campo el programa antes mencionado incluye la opción de trabajar la cuenca con subdivisiones en grillas o celdas, cada una de las subcuencas almacena información pertinente respecto a la precipitación, área, pendientes y condición de humedad de suelo.

La forma de esquematizar la cuenca en HEC-HMS al considerar las subcuencas de las quebradas mencionadas, es muy útil ya que permite sectorizar los usos de la tierra y detallar la respuesta de la cuenca ante un evento de tormenta.

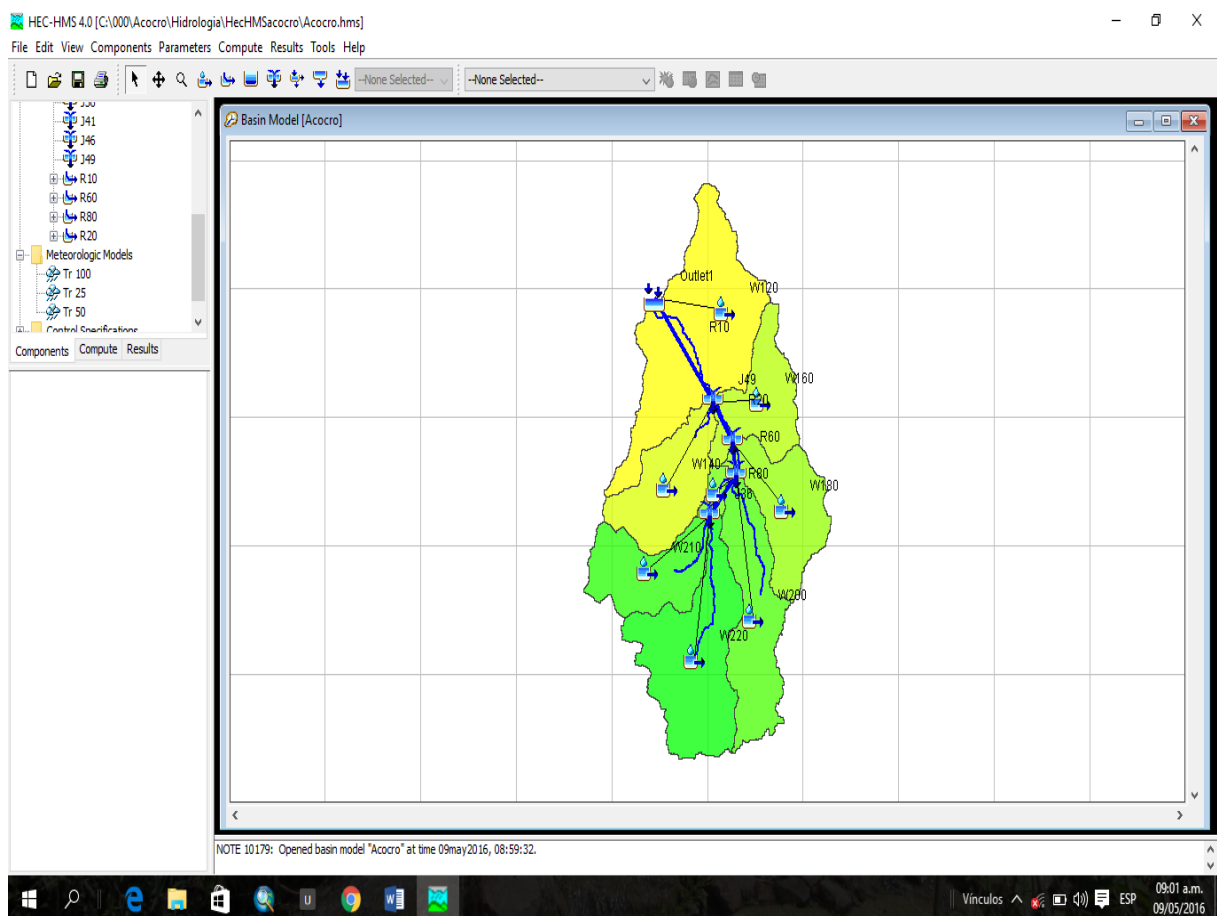


Figura N° 2.22: Vista de idealización Hidrológica de la cuenca Yucaes en estudio.

#### **2.4.11 Análisis Hidrológico de la cuenca en estudio**

Con el conocimiento del ciclo hidrológico, el agua superficial, flujo superficial o escorrentía superficial es el agua que se encuentra fluyendo sobre la superficie de la tierra. El flujo en canales es la principal forma de flujo de agua superficial. Cuando decimos canales nos estamos refiriendo también a los Ríos y quebradas.

En los ríos el caudal es siempre variable, según el régimen hidrológico de la cuenca, en una escala de tiempo estacional o bien restringido a un episodio meteorológico. Ciertos caudales infrecuentes pero no extraordinarios, son importantes para el río en sentido tal como la conforma el cauce, y además existen las avenidas extraordinarias, las cuales pueden transformar en su totalidad de acuerdo la naturaleza del río, En el estudio realizado se recomienda no olvidar los caudales menores pero duraderos.

Una creciente o avenida es un caudal de gran magnitud que desborda los ríos, quebradas y canales artificiales. Al hidrólogo le es de interés estudiar el caudal, creciente o avenida de diseño de estructuras hidráulicas de conducción (canales, obras de demasía, bocatomas, defensas ribereñas, etc.) para estructura de regulación (embalses).

La magnitud de caudal de diseño, es en función directa del periodo de retorno que se le asigne, también depende de la importancia de la obra y de la vida útil de la obra.

#### **2.4.12 Determinación de parámetros de las subcuencas**

En el estudio del río Yucaes, se presenta características fisiográficas, que fueron obtenidos a través del sistema de información Geográfica consistente en la representación de mapas cartográficos en escalas 1:175,000 de la cuenca Yucaes, permitiendo visualizar el DME de la cuenca y desplegar los mapas con variables hidrológicas empleados por el modelo. Delimitando las subcuencas, estimando los parámetros hidrológicos de las subcuencas y la red de drenaje.

La cuenca topográfica se ha delimitado por la línea divisoria de las aguas, uniendo las proyecciones de los puntos de máximas alturas, manteniendo el

criterio que el agua que cae en la cuenca estaría en la disyuntiva de escurrir en la cuenca y llegar al dren. Con la ayuda del programa ArcSIG se ha determinado las áreas y el perímetro comprendidos entre las curvas de nivel y la demarcación de la cuenca, ver figura N° 2.23 y 2.24.

Para determinar área y perímetro de la cuenca en estudio, entramos a la capa de cada subcuencas, luego la opción open Attribute table>opciones>Add Field en la primera casilla introducimos un nombre, en este caso AREA\_KM2 y PERIM\_KM. Finalmente picamos en la casilla creada y anticlick en la opción Calculate Geometry>Property, luego seleccionamos área y perímetro para realizar el cálculo respectivo.

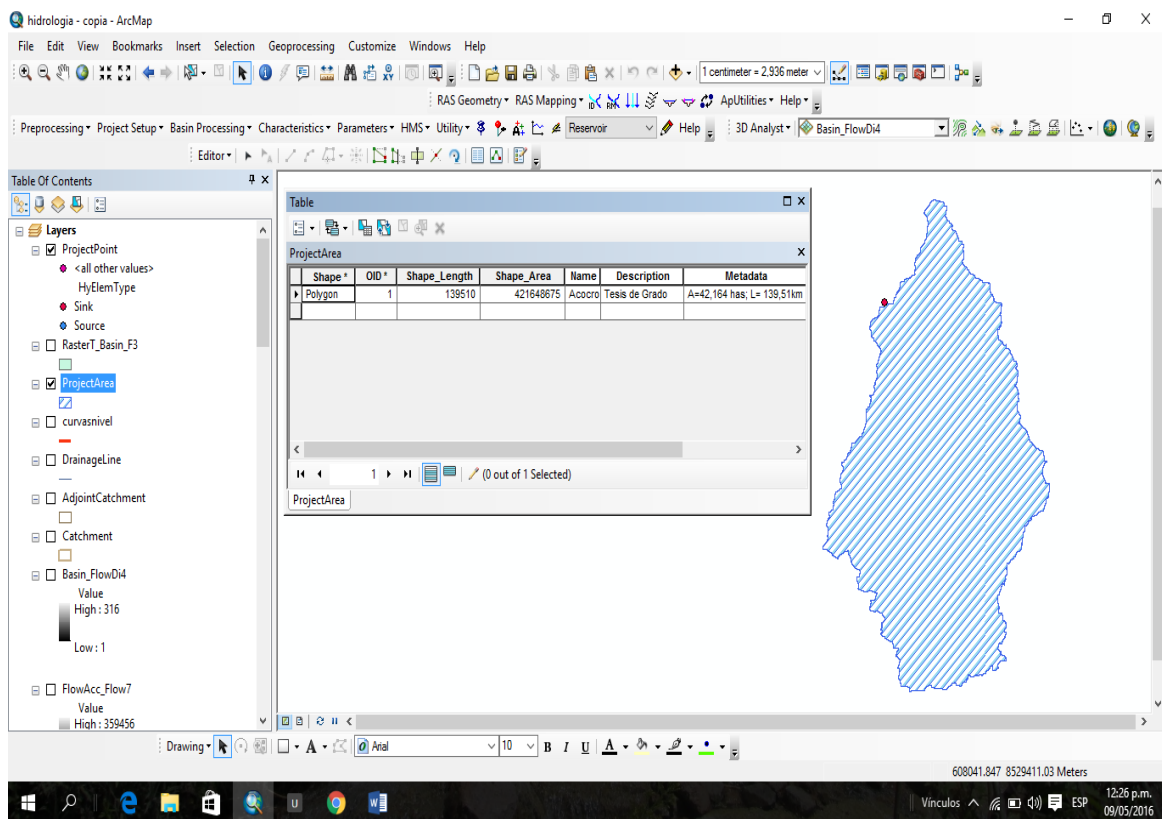


Figura N° 2.23: Determinación de área y perímetro de la cuenca.

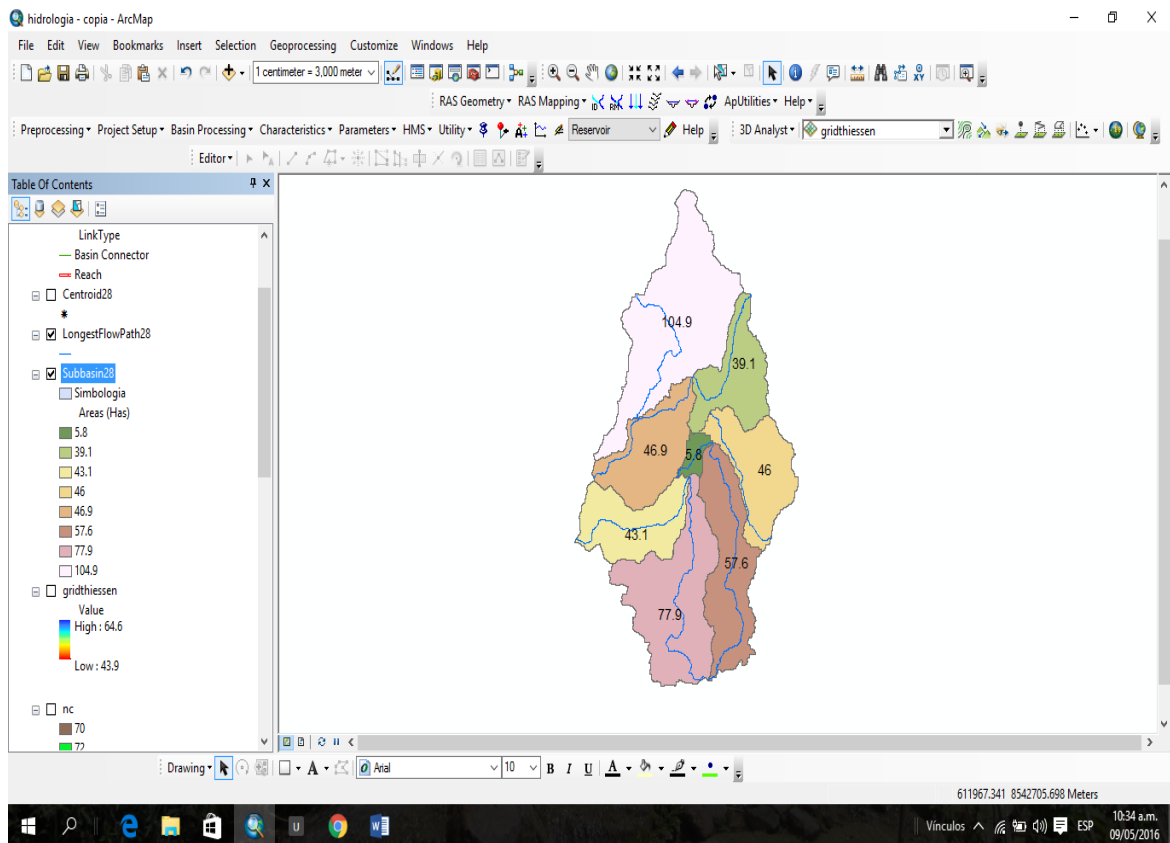


Figura N° 2.24: Determinación de áreas parciales de las subcuencas.

El cauce principal y el centroide de las subcuencas con la ayuda de las herramientas del programa ArcSIG se ha logrado ubicar con exactitud y la perpendicular hacia el cauce principal para su determinación de la longitud de cauce del centroide hacia el punto de salida Figura N°2.25.

La determinación de longitud de ríos en cada subcuenca, para ello entramos a las capas creadas de ríos de cada subcuenca, luego nos apoyamos con la opción open attribute table>opciones>Add Field, en la primera casilla le damos un nombre, en este caso LONG\_KM. Y finalmente en la casilla creada y anticlick en la opción Calculate Geometry> property, seleccionamos Length para realizar el cálculo respectivo de cada uno de ellos.

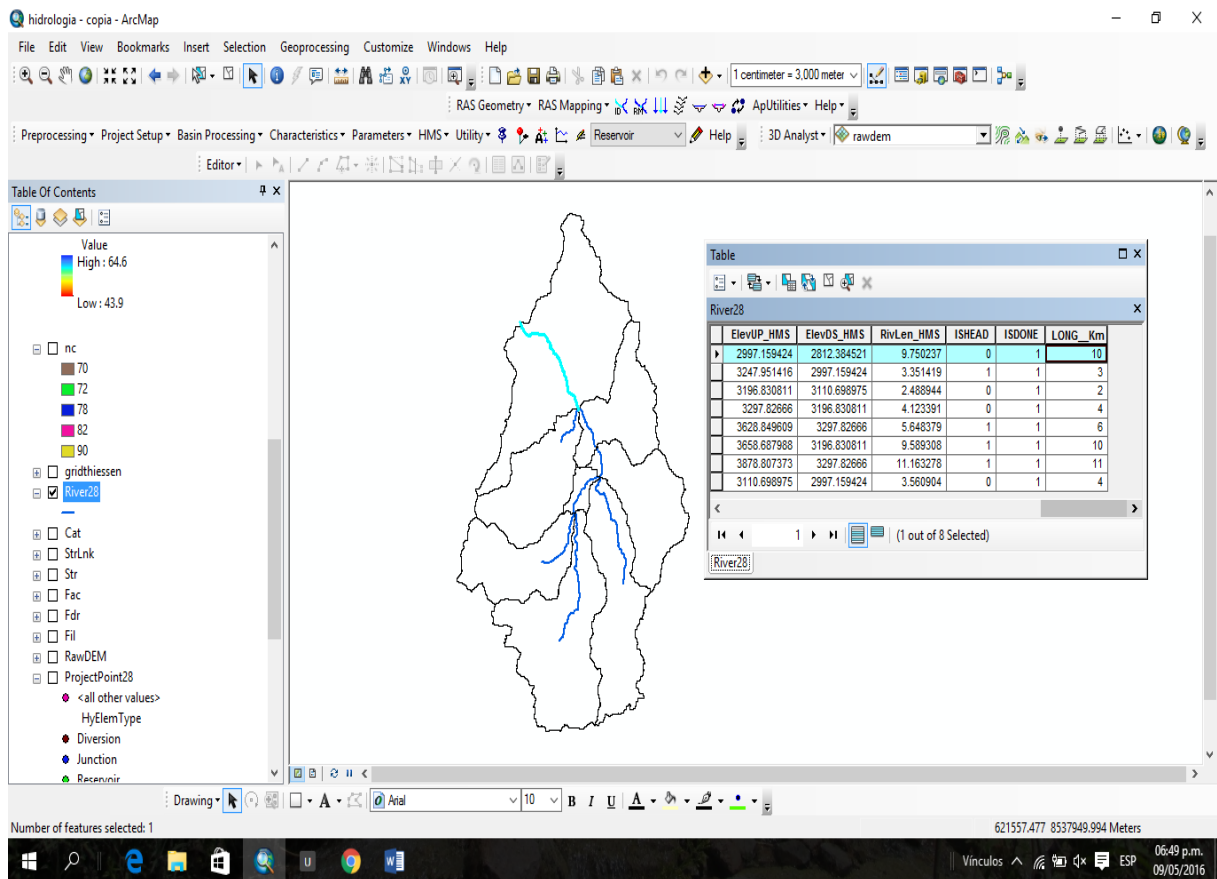


Figura N° 2.25: Determinación de la longitud del curso principal (L) de la subcuencas.

El coeficiente de compacidad ( $K_c$ ), Factor de forma ( $F_f$ ), Densidad de drenaje ( $D_d$ ), extensión media de la escorrentía superficial ( $E_s$ ), pendiente del cauce ( $S$ ), y las dimensiones del rectángulo ( $L$ ,  $l$ ) de la cuenca Yucaes fueron obtenidas con las ecuaciones (1.2), (1.3), (1.4), (1.5), (1.6), (1.7), (1.8 y 1.9), (1.10 y 1.11), respectivamente; De acuerdo a los parámetros geomorfológicos presentados de la cuenca en estudio.

#### 2.4.13 Determinación de tiempo de concentración

El tiempo requerido por una gota de agua para recorrer desde el punto de vista hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca se ha determinado con la fórmula de Kirpich o de California. Utilizando la ecuación (1.12); Que está en función a las características geomorfológicos de la cuenca.

#### **2.4.14. Calculo del Hietogramas de precipitación de diseño**

El Hietograma se ha construido mediante el método del bloque alterno, primero se obtuvo las intensidades máximas presentada en la zona de estudio mediante las ecuaciones ILLA-SENAMHI-UNI (1.15 y 1.16), Para diferentes periodos de retorno.

Para construir el hietograma de diseño, mediante el método de bloque alterno, para periodos de retorno de 25, 50, y 100 años, se han considerado un tiempo total de duración de lluvia efectiva de 24 horas, desde las 00.00 horas hasta las 24.00 horas del día 02 de enero del año 2000. El Hietograma de diseño se calculó en intervalos de tiempo de 10 minutos.

Este patrón se introdujo en la base de datos del HEC-HMS. Y junto con la información suministrada constituye la base para efectuar la simulación en el programa.

#### **2.4.15 Modelamiento hidrológico de la cuenca Yucaes- Hec HMS**

##### **a).- Modelo de la cuenca**

El área total de la cuenca es subdividida en subcuencas desde la parte superior hasta la estación de aforo puente Carrozable Mayobamba. Como se muestra en la figura 2.24.

El área del proyecto completo y la red de ríos asociados, fueron configuradas en 08 unidades vertientes o subcuencas y cuatro tramos de cauce.

En la tabla N°3.2 Se presenta una información acerca de los parámetros de cálculo de la abstracción en la cuenca de estudio a través del método de SCS, la misma que se encuentra en función del número de curva (CN), el almacenamiento potencial (S), y la abstracción inicial (Ia). Los valores de número de curva de las subcuencas fueron calculadas a partir de los planos de la cobertura vegetal (P-06), mapa de uso de suelo (P-07) y el mapa de pendientes (P-05) y el valor final resultante de la ponderación de los valores individuales distribuidos espacialmente asignados según la tabla N° 1.2 de Ven Te Chow.

Se muestra en la tabla N° 3.4. El resumen del cálculo de los parámetros de transformación de la precipitación en escorrentía a nivel de subcuencas, aplicando el método del Hietogramas de SCS. Donde L es la longitud de cauce más largo y Tlag son parámetros de forma de SCS.

Se muestra en la tabla N° 3.4. Los parámetros calculados para efectuar el tránsito de las ondas formadas en las subcuencas a través de los cauces hasta llegar a la salida o punto de aforo de la cuenca. El método seleccionado es el método de Muskingum.

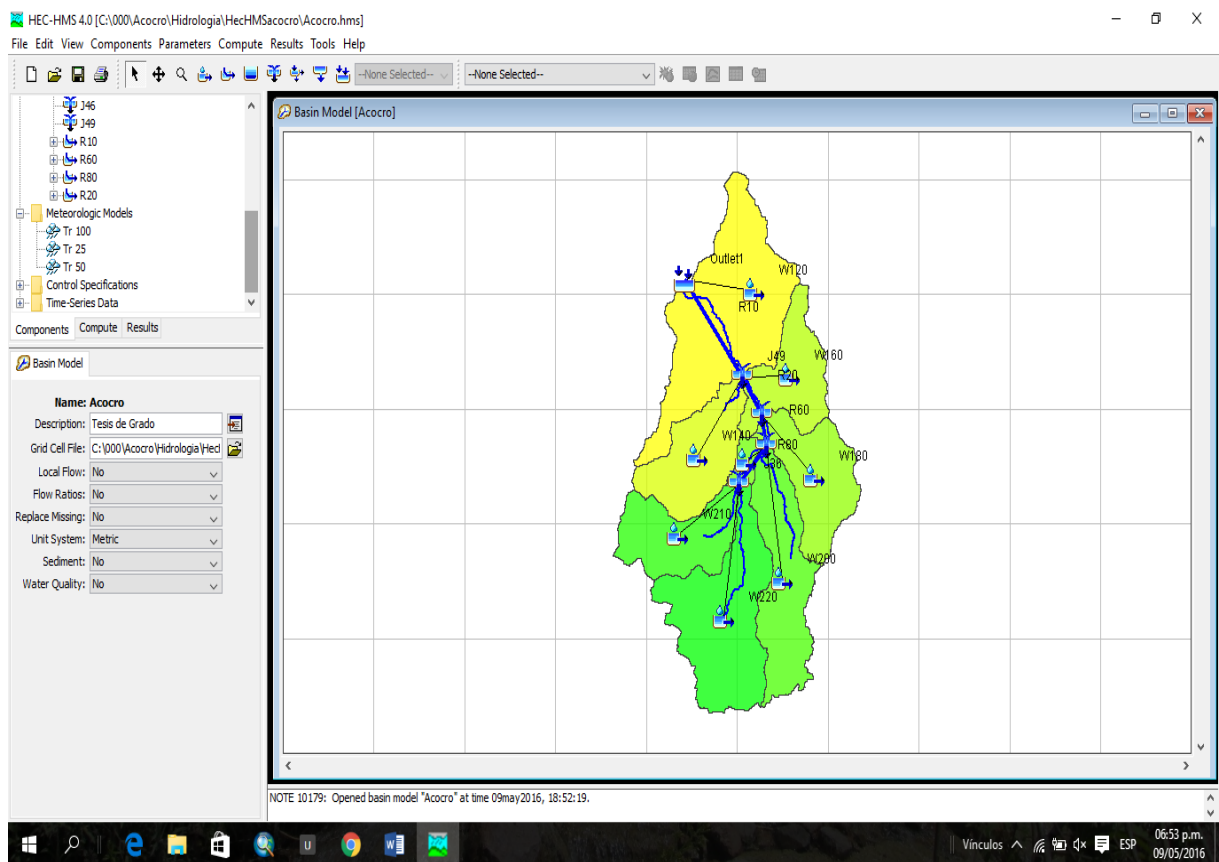


Figura N° 2.26: Modelo de cuenca e interconexión de subcuencas-Yucaes.

### b).- Modelo meteorológico

El modelo meteorológico se construyó a partir de las curvas IDF de ILLA-SENAMHI-UNI; Mediante el método de bloque alterno, para periodos de retorno de 25, 50, 100 años. Para ello se consideró un tiempo total de duración de lluvia efectiva de 24 horas, desde las 00.00 horas hasta 24.00 horas del día 01 de



enero del año 2000. El Hietogramas de diseño fue calculado en intervalos de tiempo de 10 minutos.

### c).- Modelo de control

Para obtener los Hietogramas de máximas avenidas se ha considerado extender el tiempo de salida de lluvia en 12 horas, es decir desde las 06.00 horas del día 01 de enero del 2000. Hasta las 24horas del día 02 de enero del 2000. Esto se realiza para obtener en forma completa el Hidrograma de salida de la subcuenca, como se muestra en la figura N° 2.27; Esta extensión del tiempo no altera de ninguna manera los valores del Hidrograma.

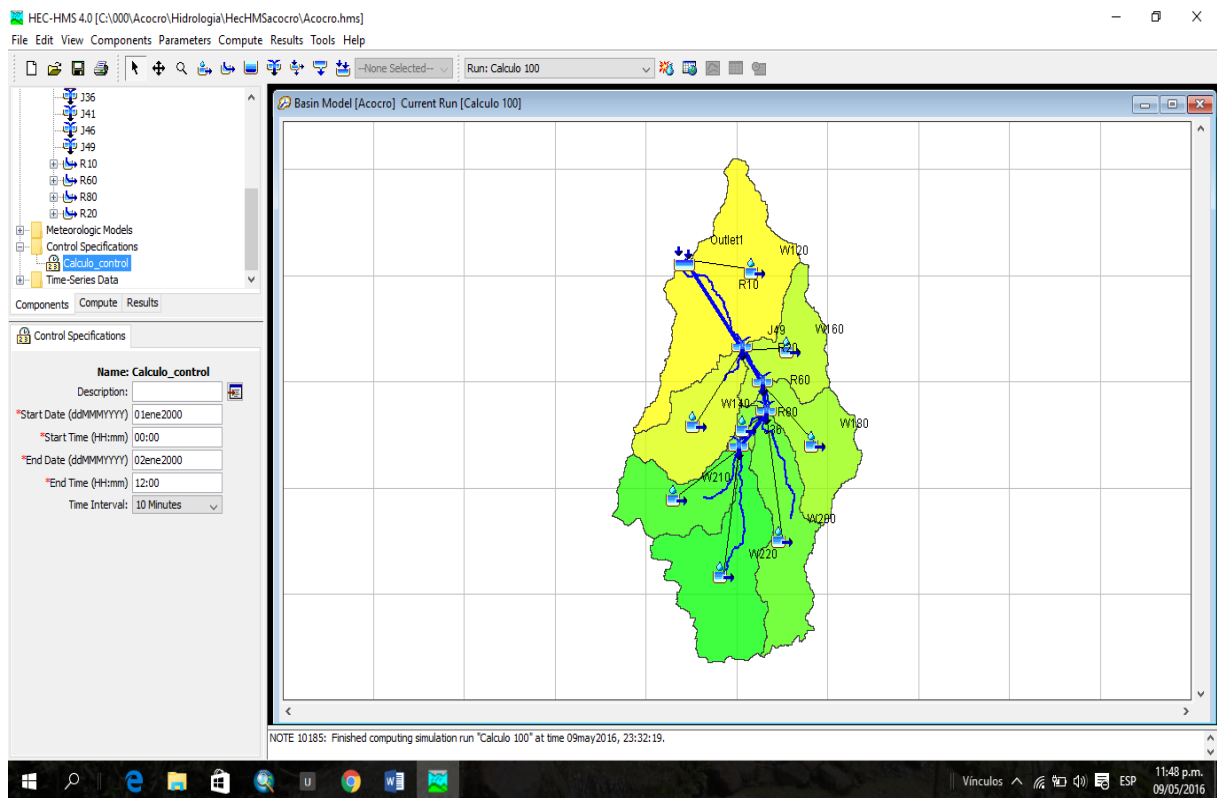


Figura N° 2.27: Cuadro de dialogo del control de especificaciones.

### d).- Hidrogramas de Resultados

Los hidrogramas de avenidas fueron calculados para periodos de retornos de 25, 50 y 100 años.

Y se presentan en la figura N° 3.4, 3.5 y 3.6. Así mismo se presentan los caudales máximos del hidrograma en la tabla N° 3.6.

El hidrograma total es acompañado por los hidrogramas parciales o de las subcuencas. En la cuenca Yucaes, El hidrograma total se obtiene en la estación de aforo Puente (Carrozable de Mayobamba).

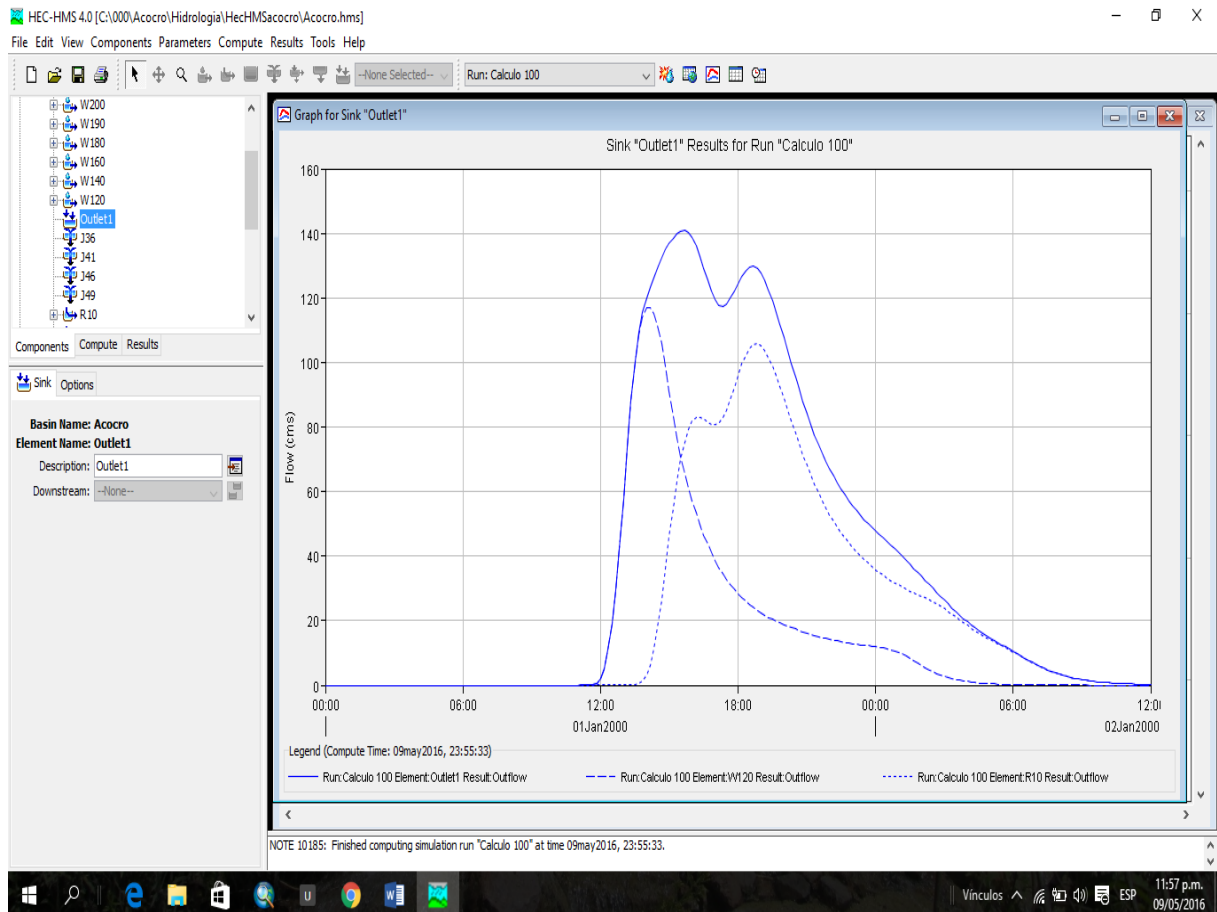


Figura N° 2.28: Hidrograma resultante de la cuenca Yucaes para un periodo de retorno de 100 años.

#### 2.4.16 Estimación de caudal máximo por método directo

Para calcular el caudal máximo por el método sección y pendiente se realizó de la siguiente forma.

- Selección de un tramo del río representativo, suficientemente profundo, que contenga al nivel de las aguas máximas.

- Levantamiento de secciones transversales en cada extremo del tramo elegido, y se determinó lo siguiente:

A1, A2= Áreas hidráulicas.

P1, P2= Perímetros mojados.

R1, R2=Radios hidráulicos.

$$R_i = \frac{A_i}{P_i}$$

$$A = \frac{A_1}{2}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

- Determinar la pendiente S de la superficie libre de agua con las huellas de las avenidas máximas en análisis.
- Se eligió el coeficiente de Rugosidad (n) de Manning de acuerdo las condiciones físicas del cauce con la ayuda de la tabla (Tabla 6.2, Villon 2002), que en nuestro caso es 0.035, para un canal natural, con un lecho pedregoso y bordos de tierra.
- Finalmente se calculó con la fórmula de Manning. (Ecuación 1.28).

#### **2.4.17 Modelamiento hidráulico del rio Yucaes con IBER**

Para realizar la simulación con el programa se procede de la siguiente manera.

##### **a).- Georreferenciación del ortofoto**

Georreferenciar la imagen captada de fondo con el plano de planta del levantamiento topográfico de las zonas y áreas de estudio, con la herramienta Georeferencing de ArcGIS.

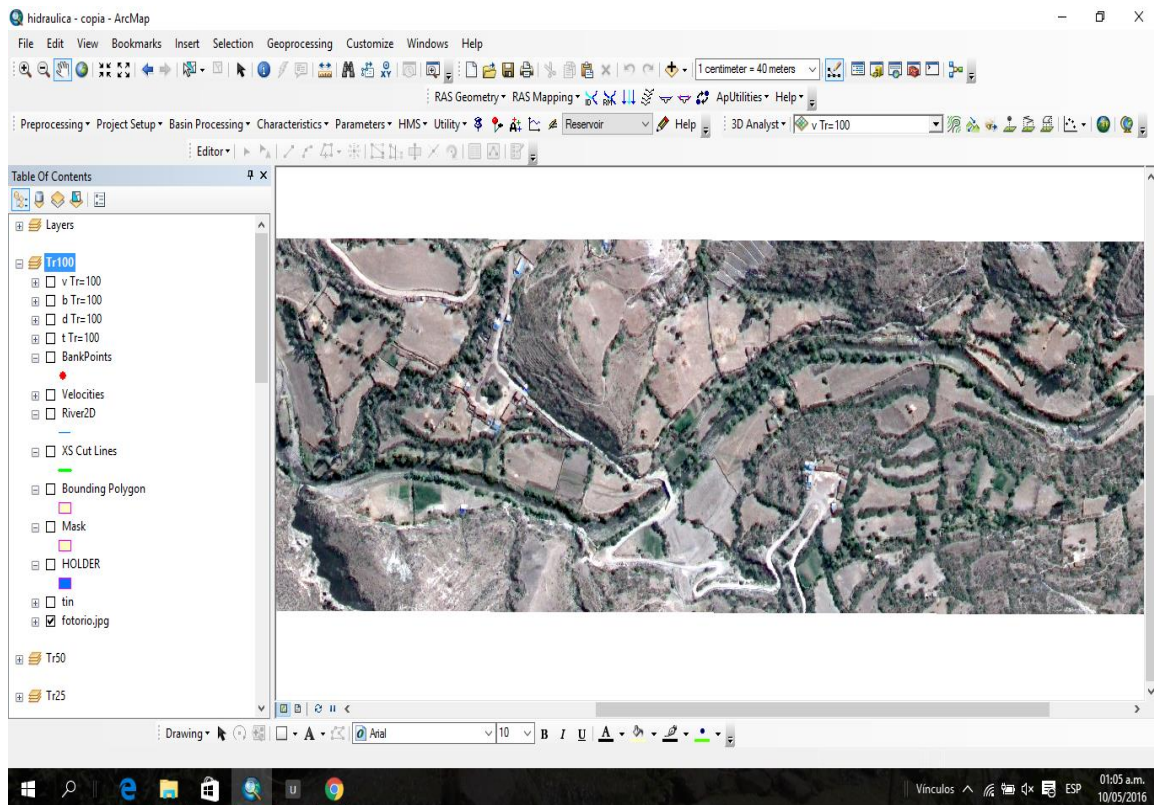


Figura N° 2.29: Vista de georreferenciación de la ortofoto de las zonas de estudio.

## b).- Crear MDT de la zona de estudio

Con el apoyo de herramienta del programa Iber 3D Analyst> Create>Modify TIN from Features, luego seleccionamos la capa de Shapeyucay y click en ok.

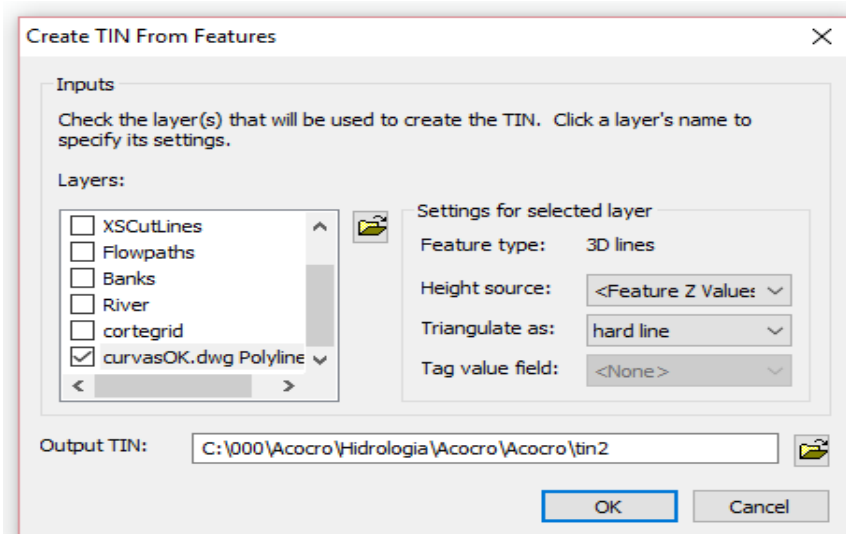


Figura N° 2.30: Cuadro de dialogo de la creación de TIN.

### c).- Convertir TIN a Raster

Con la ayuda de la herramienta que ofrece este software 3D Analyst>Convert> TIN to Raster, luego seleccionamos MDT creado, cambiamos en la opción Cell size uno y click en OK.

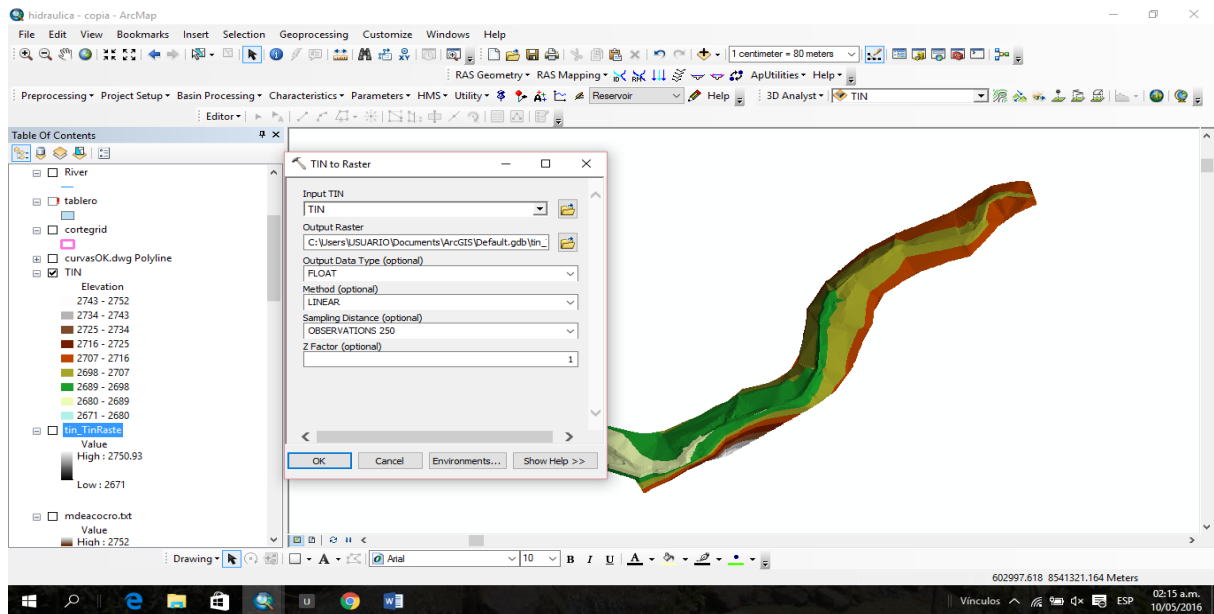


Figura N° 2.31: Cuadro de dialogo de conversión de TIN o RASTER de la zona de estudio.

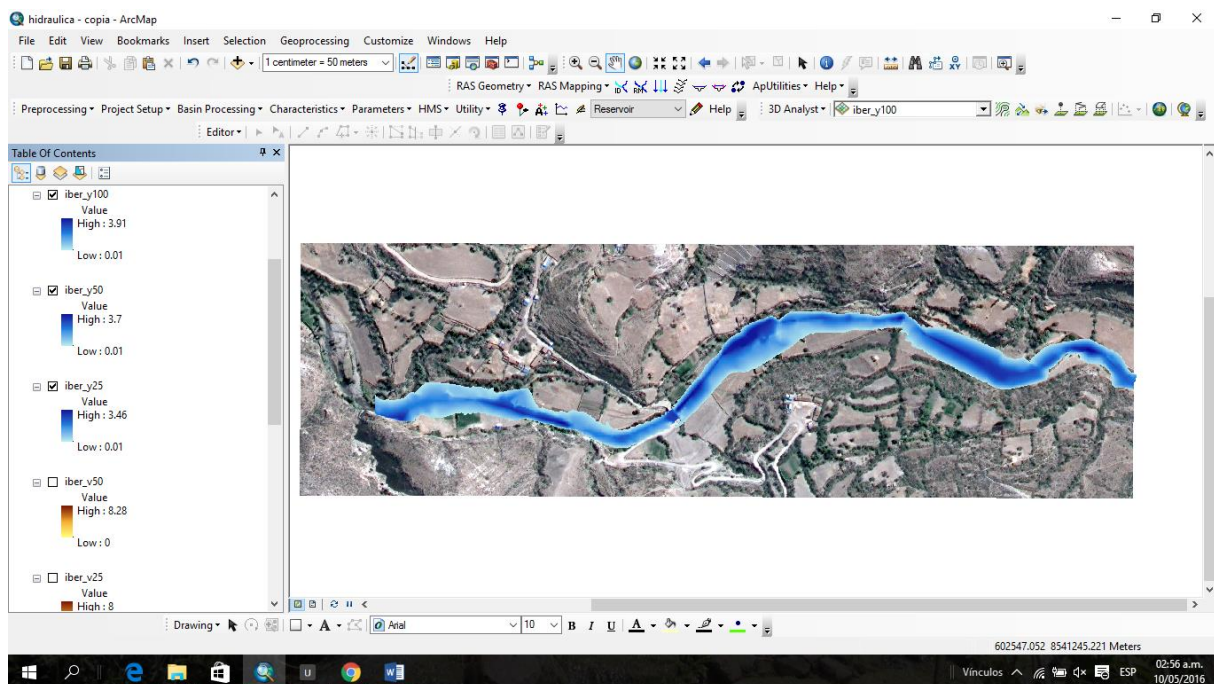


Figura N° 2.32: Vista de la zona de estudio en formato Raster.

#### d).- Conversión de Raster a ASCII

La exportación de un Raster a ASCII se hace con la opción Arc Toolbox>Conversion Tool>From Raster>Raster to ASCII y click en OK.

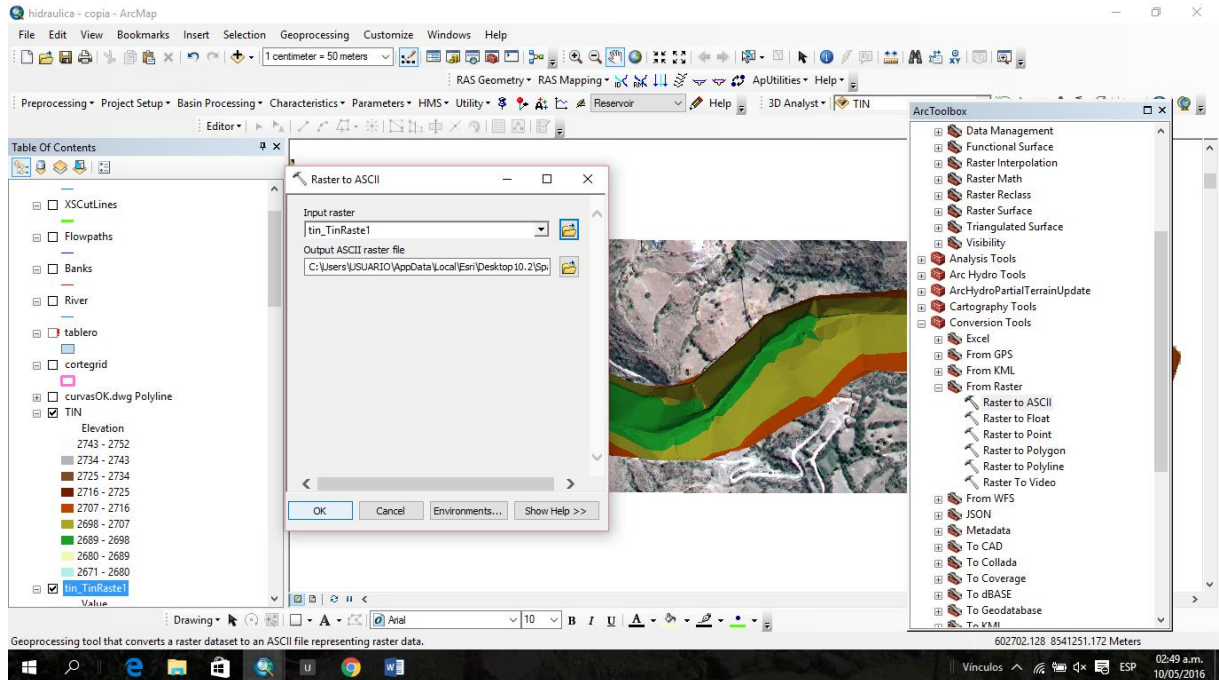


Figura N° 2.33: Cuadro de dialogo de conversión de Raster a ASCII.

#### e).- Pre-proceso

Guardamos el proyecto con nombre de nuestra cuenca en estudio Acocro.

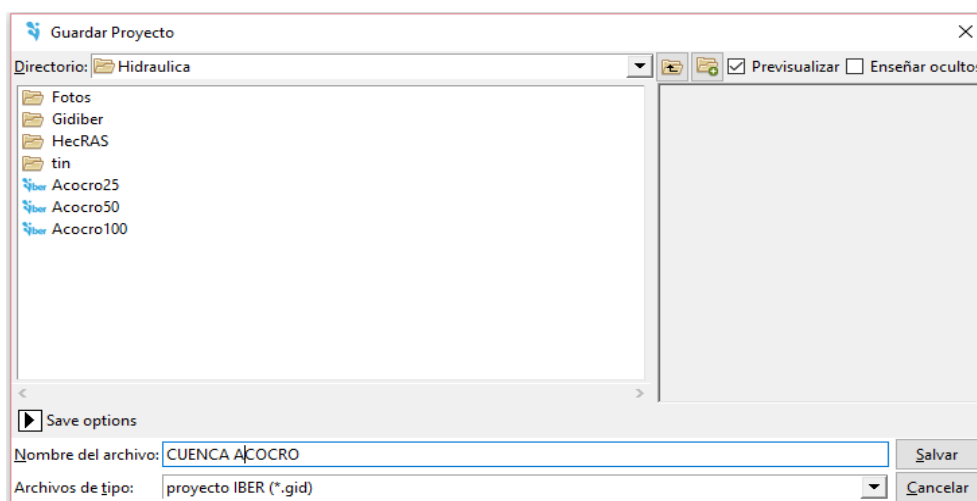
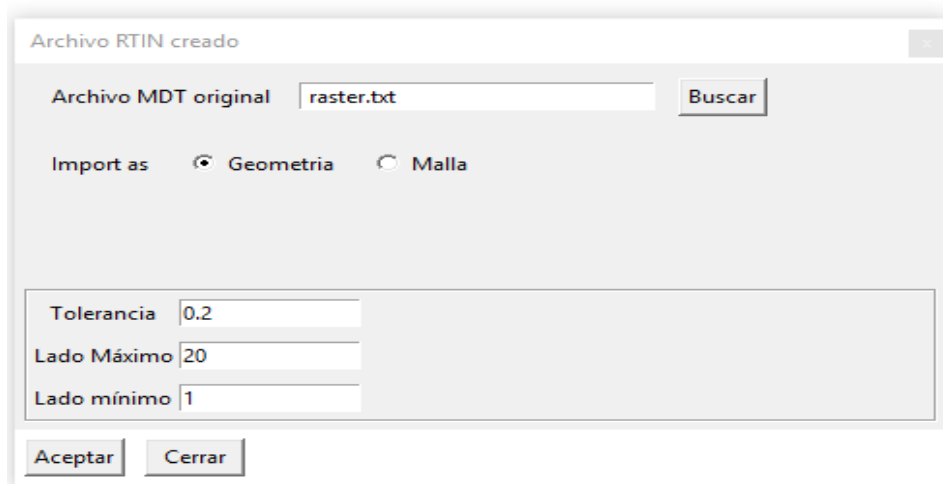


Figura N° 2.34: Cuadro de dialogo para guardar el proyecto elaborado.

#### f).- Crear una RTIN a partir del archivo ASCII del MDT

En la opción de Submenú se creó **Crear RTIN** y luego se selecciona el archivo ASCII del MDT, y se crea un archivo “rtin.dxf” dentro de la carpeta del proyecto IBER. El nombre del archivo creado no olvide, se debe indicar la longitud mínima y máxima de lado de los triangulo que se formaran, con una tolerancia (máxima distancia en vertical entre el MDT y la geometría creada), Debe de ser del orden de la precisión altimétrica del MDT, como podemos observar (Figura 2.35).



Archivo RTIN creado

Archivo MDT original

Import as  Geometria  Malla

Tolerancia

Lado Máximo

Lado mínimo

Figura N° 2.35: Cuadro de parámetros de creación del archivo RTIN.

Una vez creado el RTIN se importa automáticamente. Después colapsamos la geometría planteada con la finalidad de eliminar la duplicidad de líneas en los lados continuos entre superficies, como se puede ver en la figuran (N° 2.36).

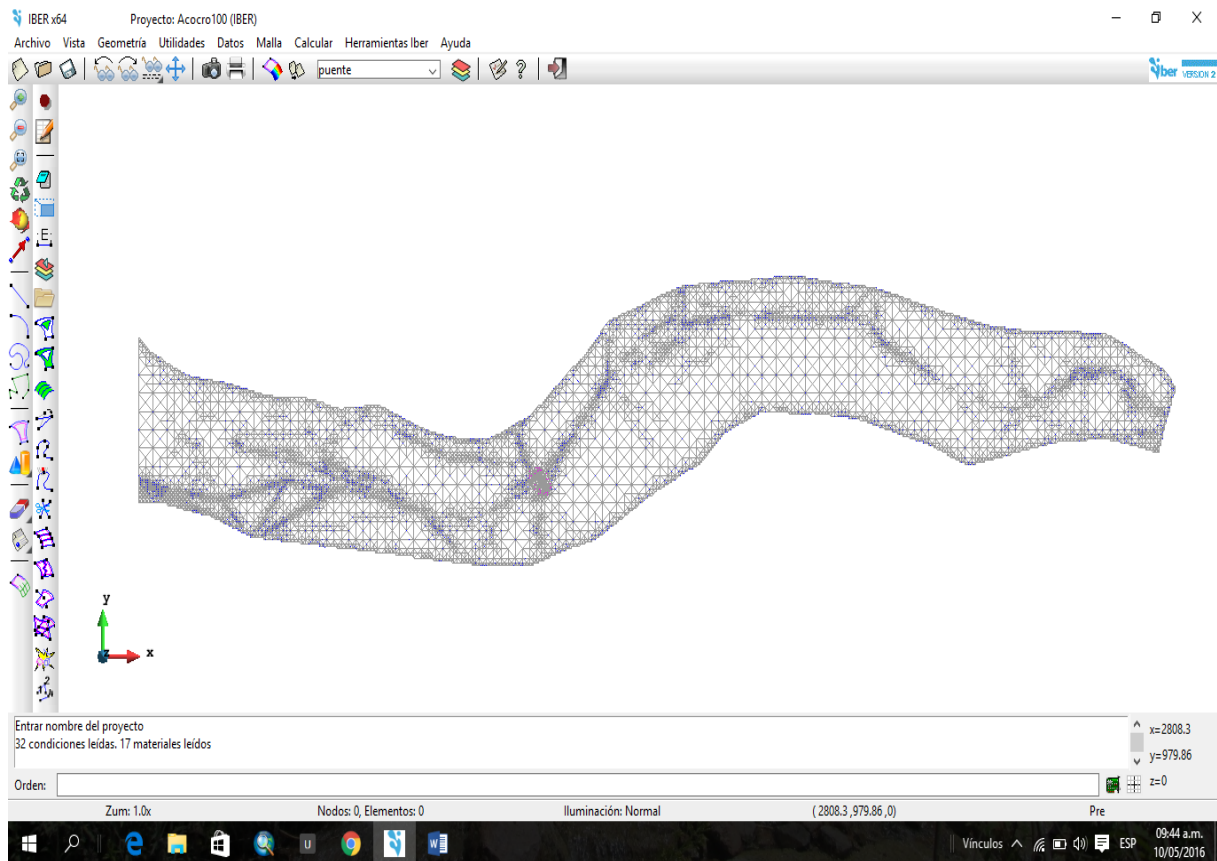


Figura N° 2.36: Cuadro de dialogo para colapsar la geometría del terreno.

### g).- Condiciones hidrodinámicas.

Condiciones de contorno de entrada.

Para la condición de entrada se asigna los valores del hidrograma de entrada generados con HEC-HMS para los periodos de retorno de 25, 50 y 100 años desde un archivo de hoja de cálculo excel. Para ello seleccionamos en la opción **Datos hidrodinámicos < condiciones de contorno**. Luego en la opción de régimen **crítico/subcrítico**.

Finalmente con la **opción Asignar** seleccionamos la zona de entrada de río, y posteriormente en la opción terminar, Una vez realizados estos pasos antes mencionados comprobamos con el gráfico de hietograma, como podemos observar en la figura N° 2.37.



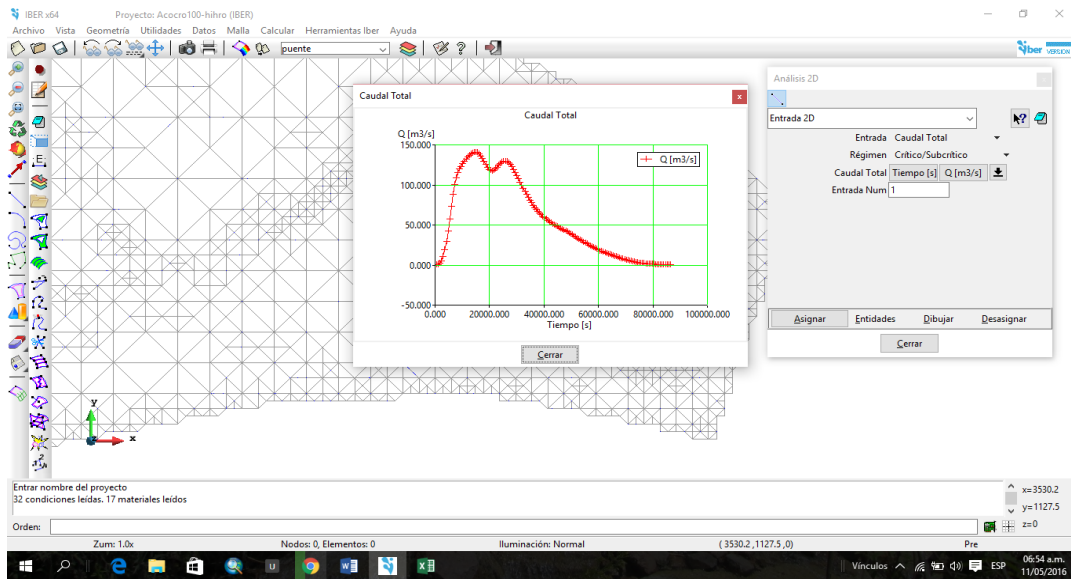


Figura N° 2.37: Cuadro de dialogo de parámetros de entrada.

- **Condiciones de contorno de salida.**

En este caso se debe especificar parámetros adicionales si el régimen es subcrítico, para nuestro caso es posible utilizar una condición tipo vertedero, también una condición de nivel (cota o calado), para una curva de gasto. En caso de régimen supercrítico o crítico y no es necesario asignar parámetros adicionales. Para nuestro caso seleccionamos la condición de flujo Subcrítico y el tipo de nivel dado, luego con la opción Asignar seleccionamos la zona de salida del rio y finalmente click en la opción terminar.

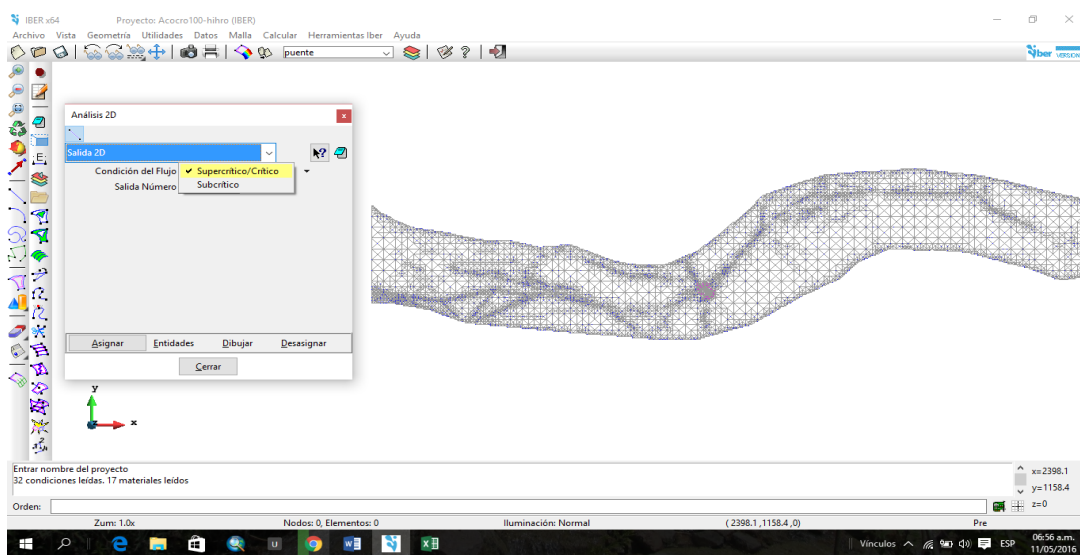


Figura N° 2.38: Cuadro de dialogo de parámetros de salida.

- **Condición inicial**

Asignamos a toda la malla creada. Tenemos como alternativas para escoger entre asignar un calado, o una cota de agua. Para nuestro estudio optamos considerar todo seco, para lo cual el calado es cero.

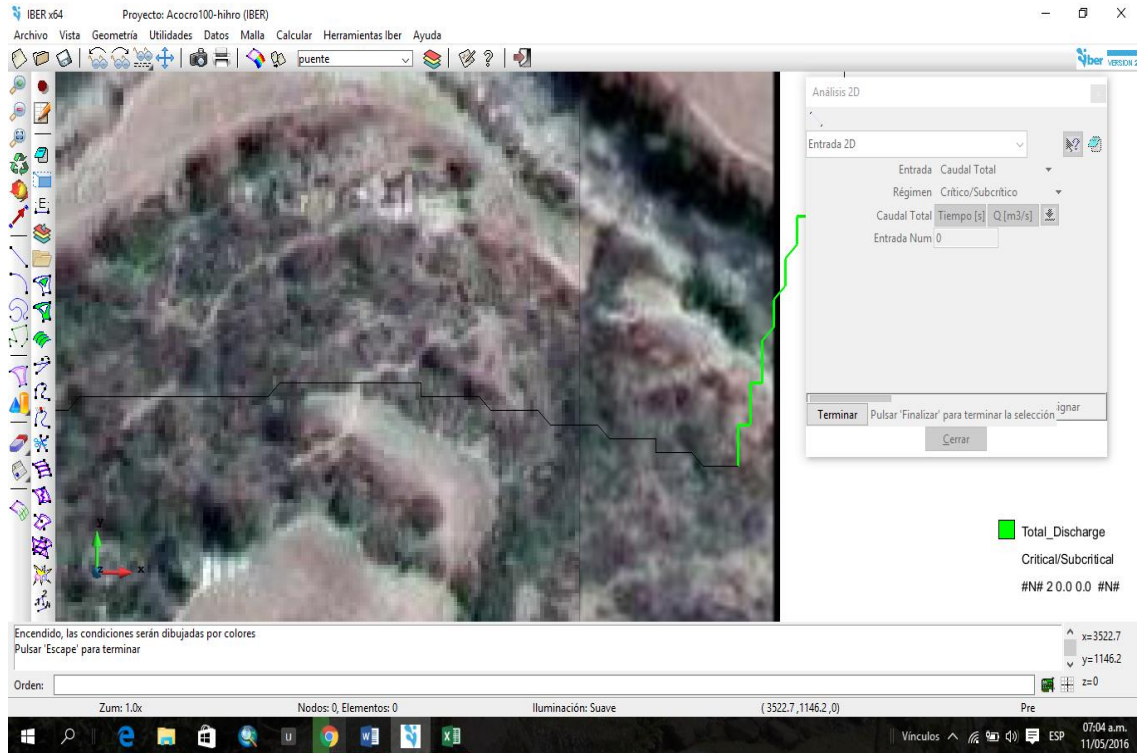


Figura N° 2.39: Cuadro de dialogo de condiciones de inicio.

- **Asignación de rugosidad según usos del suelo**

En el cuadro de opciones Menú la opción Rugosidad>Usos del suelo se abre la posibilidad de escoger un uso del suelo y asignarlos a los superficies que conforman la geometría (En caso de mallas como elemento). En estos casos seleccionamos en el uso de suelo Rio y cambiamos el coeficiente de rugosidad de acuerdo el coeficiente de Manning 0.035 y luego con la opción Asigna>Superficie seleccionamos toda la geometría, al final se termina con la opción Terminar.

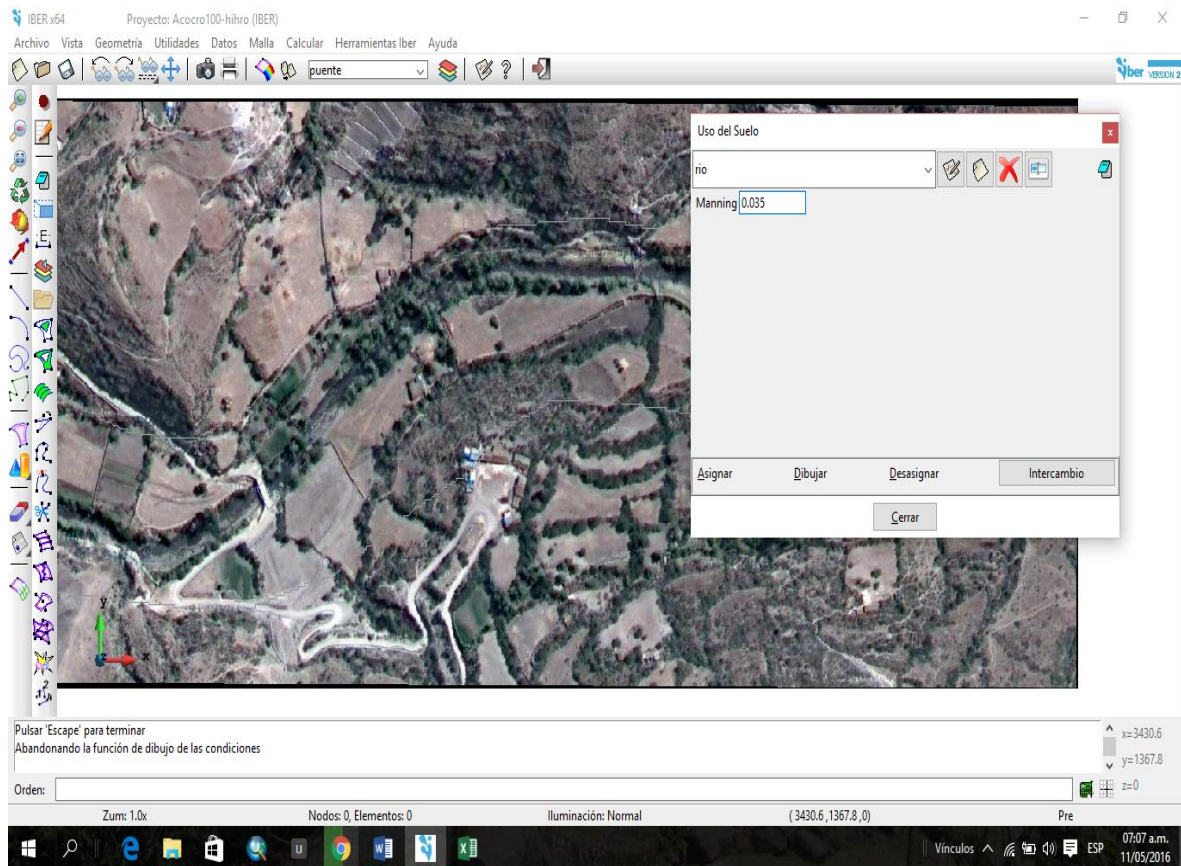


Figura N° 2.40: Cuadro de dialogo de uso del suelo.

### a).- Mallado

El mallado de cálculo es un elemento fundamental para conseguir buenos resultados. El programa IBER dispone de multitud de maneras de obtener una buena malla de cálculo y en función de las características del problema un tipo de malla será mejor que otro, para el caso del puente en número de divisiones es mayor, es importante considerar dependiente de la estructura que podamos tener.

Con la opción **Malla>Estructura>Superficie> Asignar** número de divisiones creamos la malla, con el criterio de formar un elemento en cada superficie. Podemos observar a través de la figura N° 2.41 el puente tiene otra configuración en el tamaño de malla.

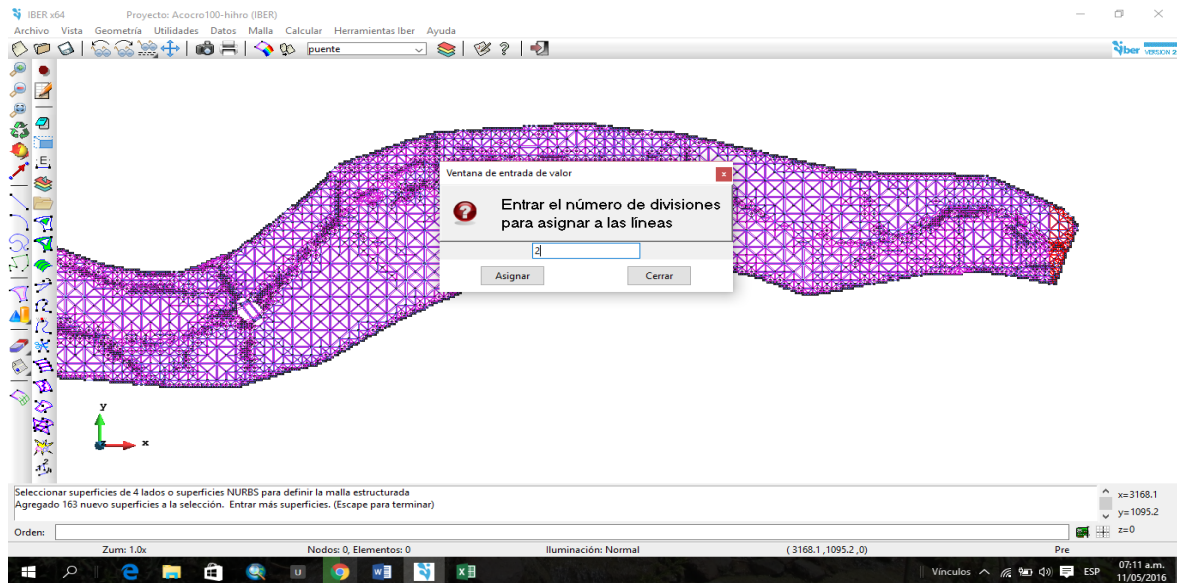


Figura N° 2.41: Ventana de entrada de valor de numero de divisiones para asignar las líneas.

Continuando con el procedimiento, es importante la simulación hidráulica en la generación de mallas, a partir de ellas se realiza los cálculos numéricos. Por lo tanto la calidad de los resultados y el tiempo de cálculo dependen de la malla con la que se está trabajando.

Con la **opción Malla> Generar malla y luego Click en aceptar.**

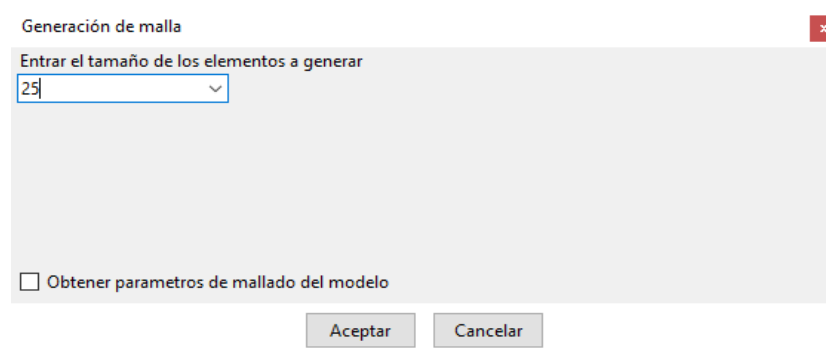


Figura N° 2.42: ventana de generación de mallas.

Esta malla se caracteriza por que se ha generado más cantidad de elementos en el cauce de río, donde existe mayor variación topográfica, mientras en las llanuras de inundación al ser llanas requiere menos elementos para describir la topografía, tal como podemos observar en la figura N° 2.43.

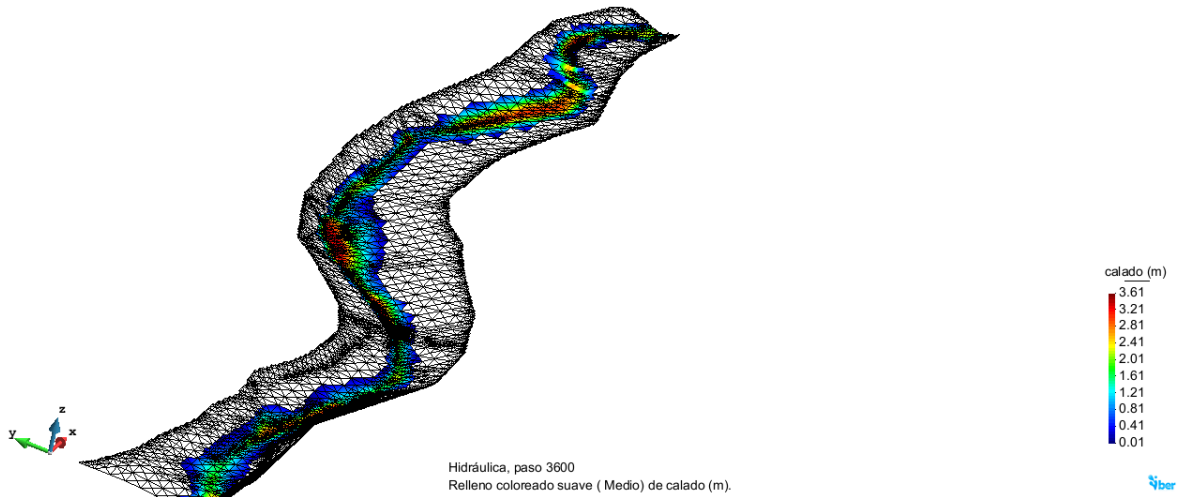


Figura N° 2.43: Vista de las mallas generadas de la superficie en estudio.

## b).- Calculo

- **Ejecución de cálculo en el programa**

Para realizar un cálculo, debemos en primer lugar fijar los parámetros de cálculo o de datos del problema, mediante las distintas pestañas del menú Datos>Datos del problema. Estos parámetros deben quedar de las siguientes maneras ver figura N°2.44.

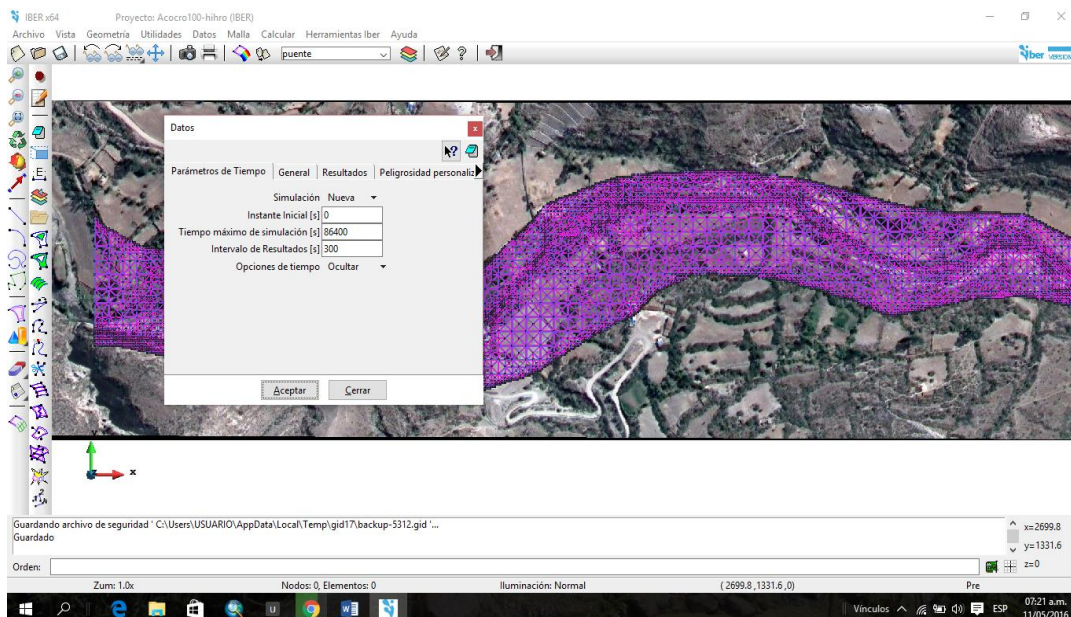


Figura N° 2.44: Ventana de parámetros de cálculos.

El cálculo se realiza con la opción menú calcular, a través de dicho menú es posible calcular directamente (**Calcular**) o si no acceder a la ventana de cálculo (**Calcular> Ventana de cálculo**), esta segunda opción permite tener un mejor control de proceso de cálculo o acceder en su defecto al archivo que muestra el estado del proceso (Botón ver salida), mientras el cálculo se está ejecutando.

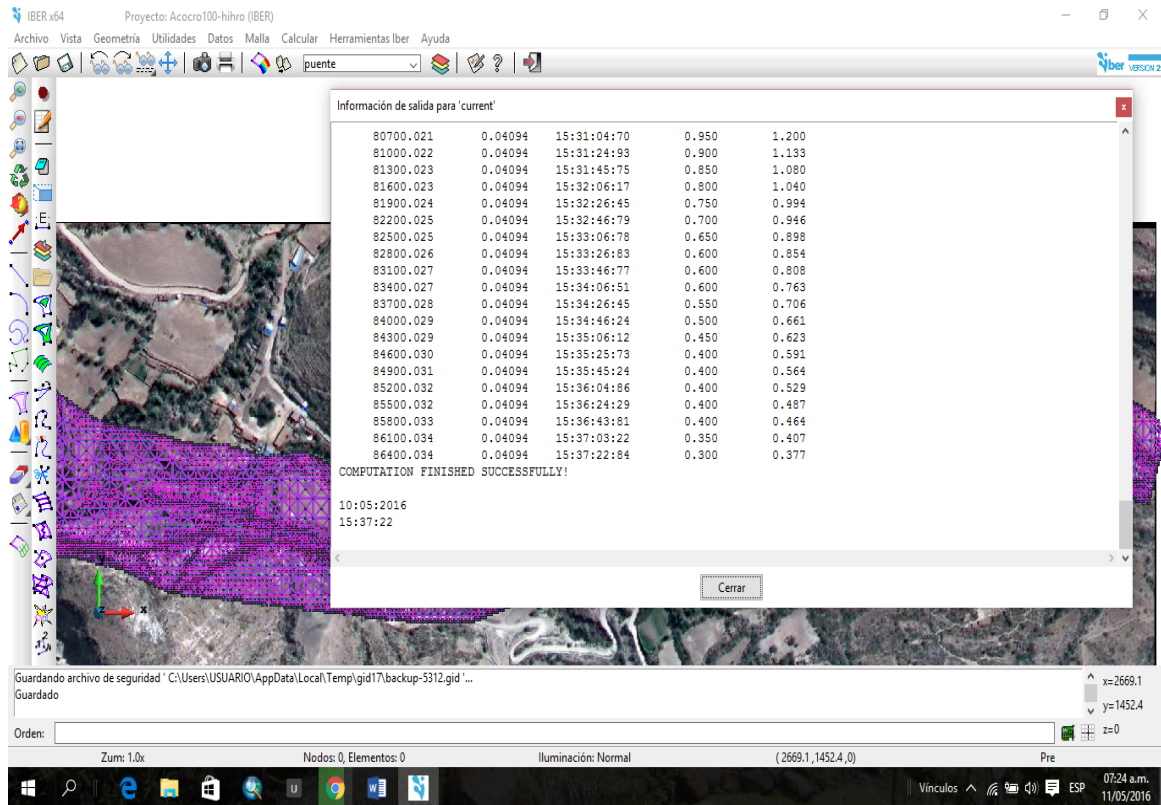


Figura N° 2.45: ventana de proceso de cálculo.

### c.- Post-proceso

Una vez finalizado el cálculo podemos acceder al Post- proceso para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de Pre-proceso y Post-proceso se realiza mediante el menú Archivo> Post-proceso y Archivo > Pre-proceso o mediante los botones correspondientes de la barra de herramientas.

- **Visualización de resultados**

El programa IBER 2.3.2. Dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores entre otros, las leyendas, mostrar etiquetas de valores, etc. Una opción para visualizar resultados es

mediante el menú Ventana>Ver resultados. La ventana que se abre permite acceder a los distintos grupos de resultados para su análisis que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como también áreas coloreadas, áreas suavizadas y coloreadas en forma de vectores que representan a las velocidades del flujo del agua del río en estudio.

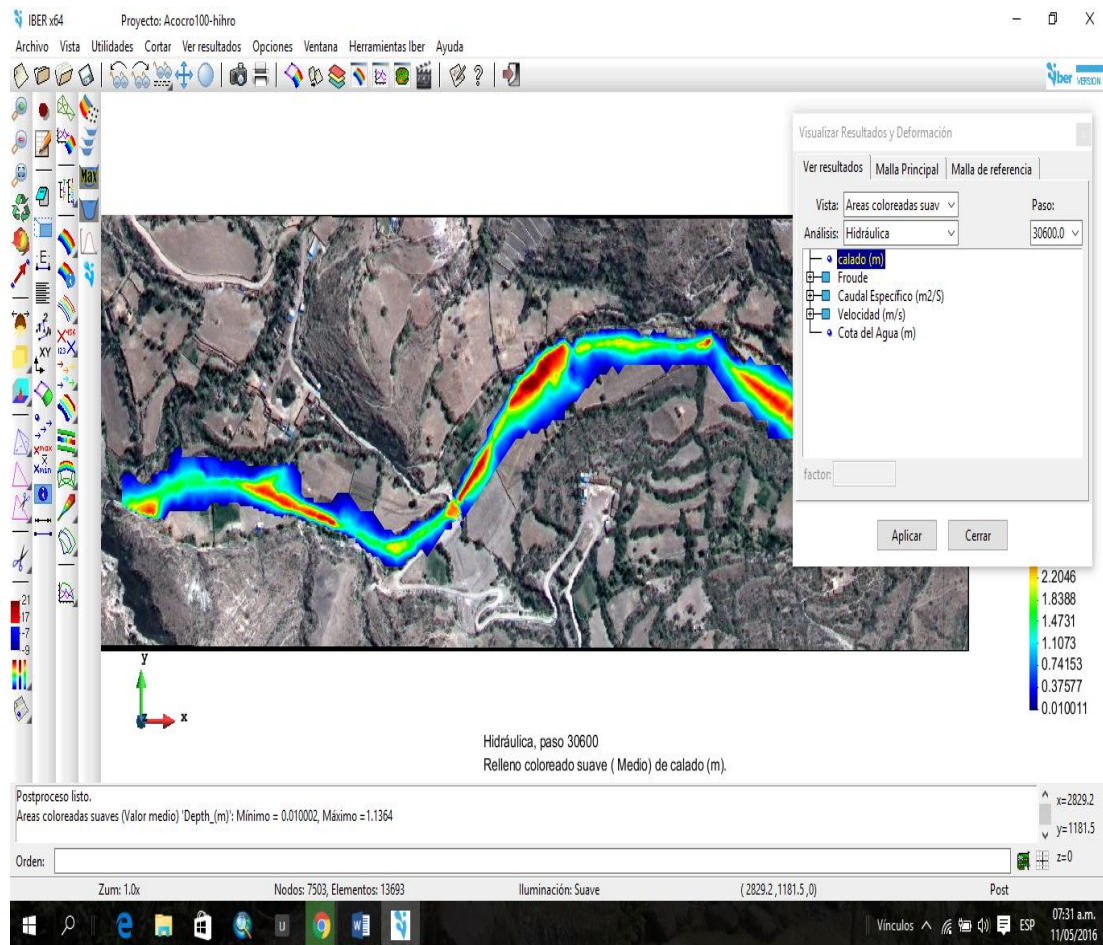


Figura N° 2.46: Visualización de los resultados de calado, para un caudal pico.

### **III. RESULTADO Y DISCUSIONES**

#### **3.1 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA EN ESTUDIO**

##### **3.1.1 Cuenca del rio Yucaes**

Está ubicado en la región de Ayacucho y drena una área de 421. Km<sup>2</sup> de extensión. Tiene una altitud media de 3,525 m.s.n.m. Una pendiente media en el orden de 3.16 Por ciento y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro. El factor de forma determinado es 0.96. El índice mostrado nos indica que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas del río, así mismo el coeficiente de compacidad determinado es 2.0 y que corresponde a cuencas de forma redonda a oval redonda (Ver tabla de parámetros N° 3.1.); Descripción más relevantes de los parámetros geomorfológicos de la cuenca.



**Tabla N° 3.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio**

| PARAMETROS                              |                     | CUENCA YUCAES |
|---|---------------------|---------------|
| Área (Km <sup>2</sup> )                 |                     | 421           |
| Perímetro (Km)                          |                     | 142           |
| Altura media (m.s.n.m)                  |                     | 3,525         |
| Pendiente media (%)                     |                     | 3.16          |
| Coeficiente de compacidad (Kc)          |                     | 2.00          |
| Factor de forma (Ff)                    |                     | 0.96          |
| Tc. de concentración                    |                     | 1.82          |
| Rectángulo equivalente                  | Longitud Mayor (Km) | 64.04         |
|   | Longitud menor (Km) | 5.95          |
| Longitud del Cauce principal (Km)       |                     | 130.66        |
| Pendiente media del cauce Principal (%) |                     | 0.1679        |

Fuente: Elaboración propia (2016).

## 3.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 3.2.1. Análisis de curvas IDF

El diseño hidrológico para proyectos de defensa ribereña requiere la determinación de los eventos de precipitación que se deben utilizar. Una tormenta de diseño que involucra una relación entre la intensidad de lluvia, duración y las frecuencias o periodos de retorno. El análisis de una serie de informaciones obtenido de lluvia en forma de Hietogramas es el establecimiento

de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Una curva IDF representa una relación de intensidades medias esperadas para cada duración de precipitación, con un periodo de retorno. Para nuestro estudio se tiene en cuenta el periodo de retorno de 25, 50, 100 años, así mismo es necesario la obtención de las curvas IDF para diferentes periodos de retorno y obtener valores fiables, como se puede ver en la figura N° 3.1, 3.2 y 3.3.

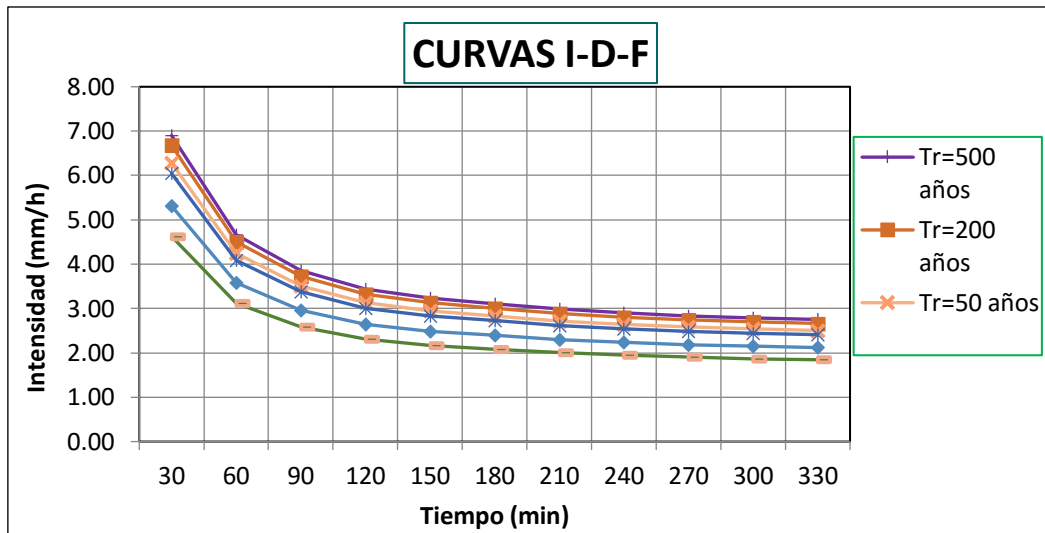


Figura N° 3.1: Curvas IDF para una duración de tormenta máxima.

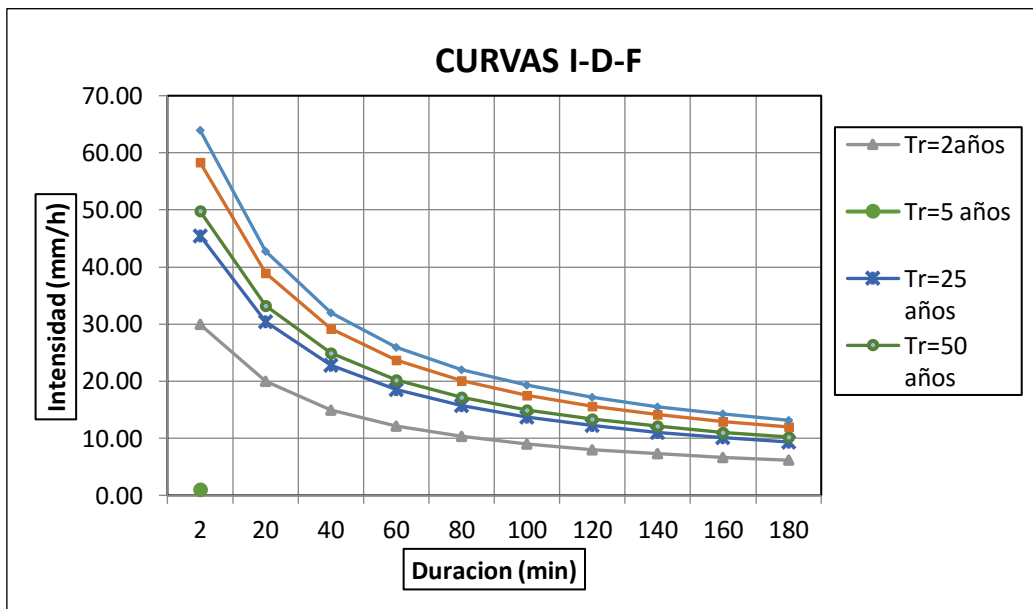


Figura N° 3.2: Curvas IDF para una duración de tormenta menores a 3 horas.

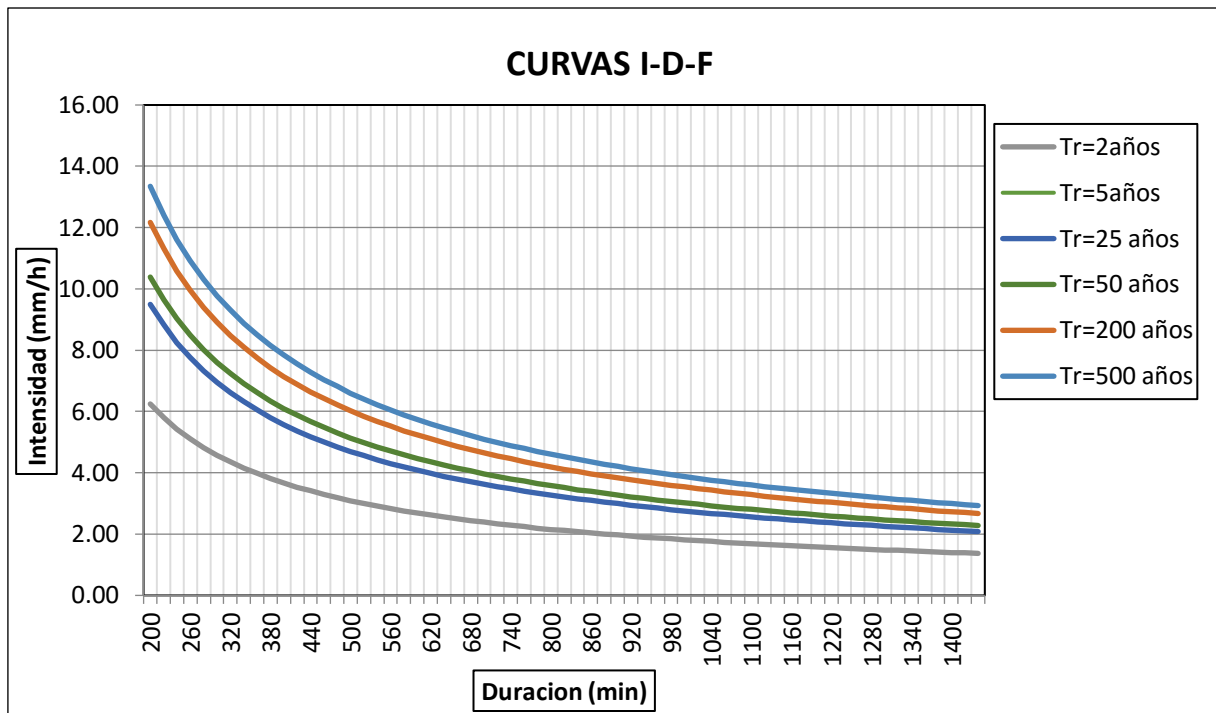


Figura N° 3.3: Curvas IDF para una duración de tormenta mayores a 3 horas.

La falta de estaciones hidrométricas y pluviográficas en el área de estudio ha limitado la aplicación de métodos conocidos para el cálculo de máximas avenidas. Así mismo la elección de método de ILLA-SENAMHI-UNI, Se eligió esta alternativa o método para obtener intensidades máximas para mayores de tres horas de acuerdo a los parámetros de la zona de estudio.

### 3.2.2. Análisis de Hietogramas de diseño

Uno de los métodos hidrológicos más modernos como el HEC-HMS requiere no solo del valor de la lluvia o intensidad de diseño, sino también de una distribución temporal, estudia la distribución en el tiempo de las tormentas observadas.

Por lo tanto en este estudio hemos obtenido a partir de las curvas IDF, dentro de ellos del bloque alterno. El Hietograma de diseño se ha desarrollado para una duración de tormenta de 24 horas y para periodos de retorno de 25, 50, 100 años, como se puede ver en la figura N° 3.4, 3.5 y 3.6.

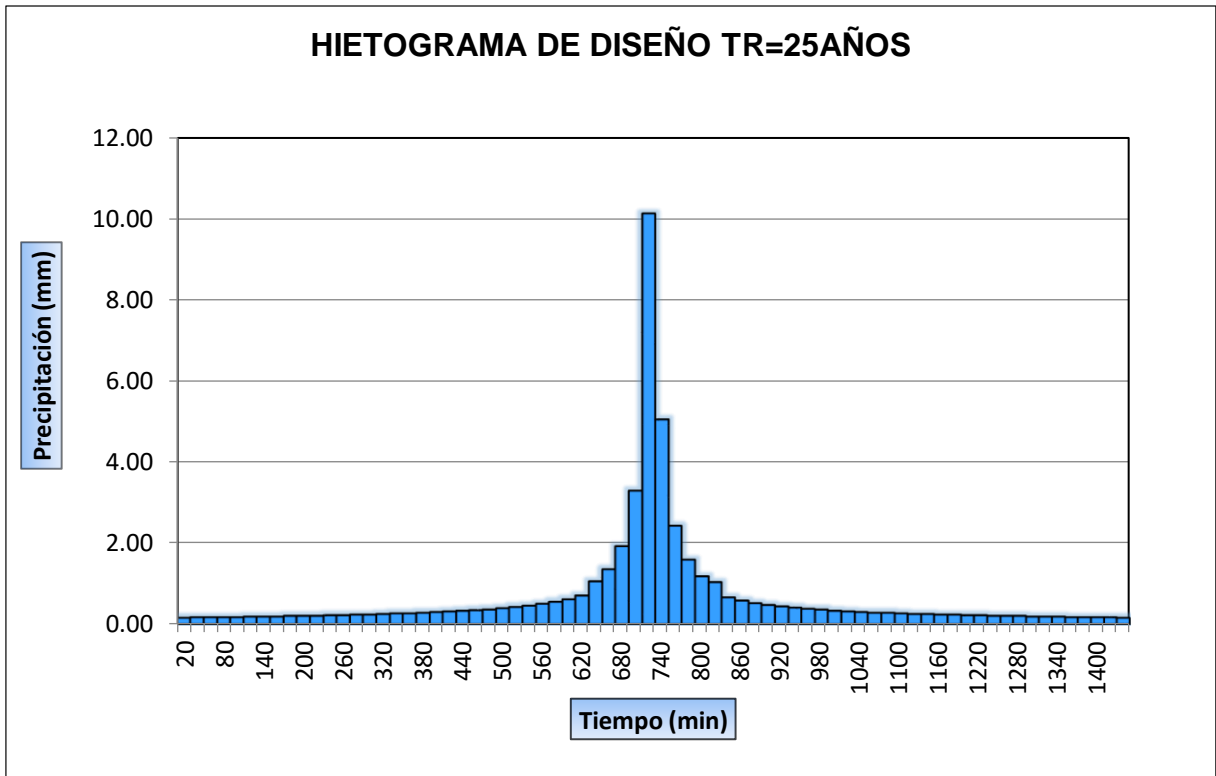


Figura N° 3.4: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años.

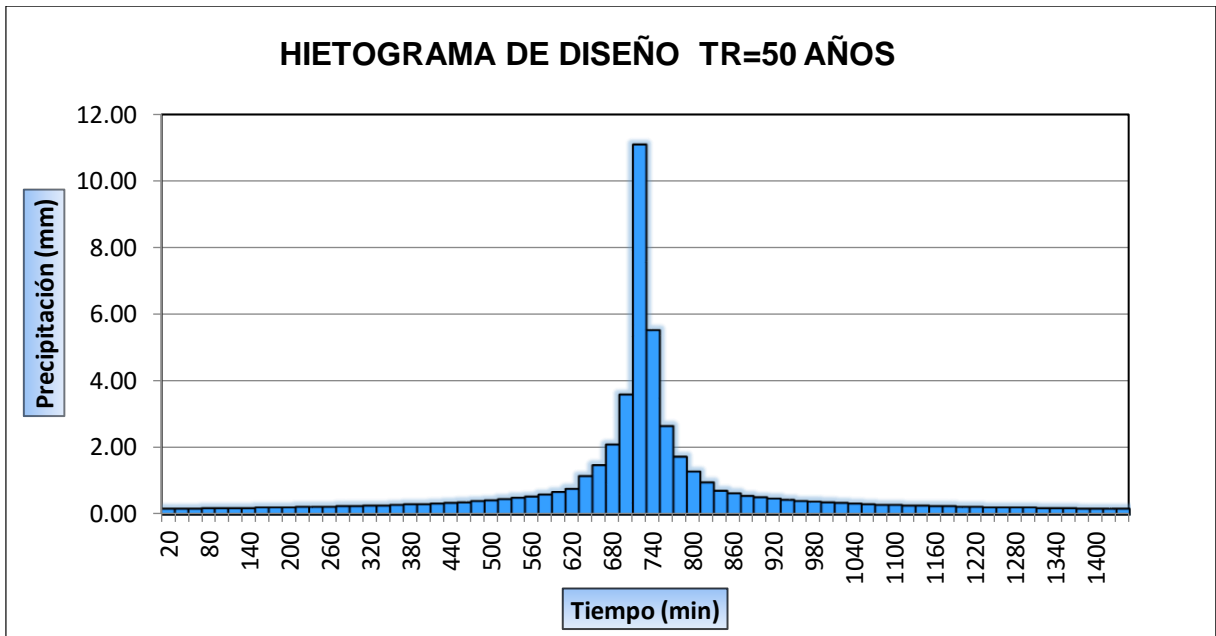


Figura N° 3.5: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años.

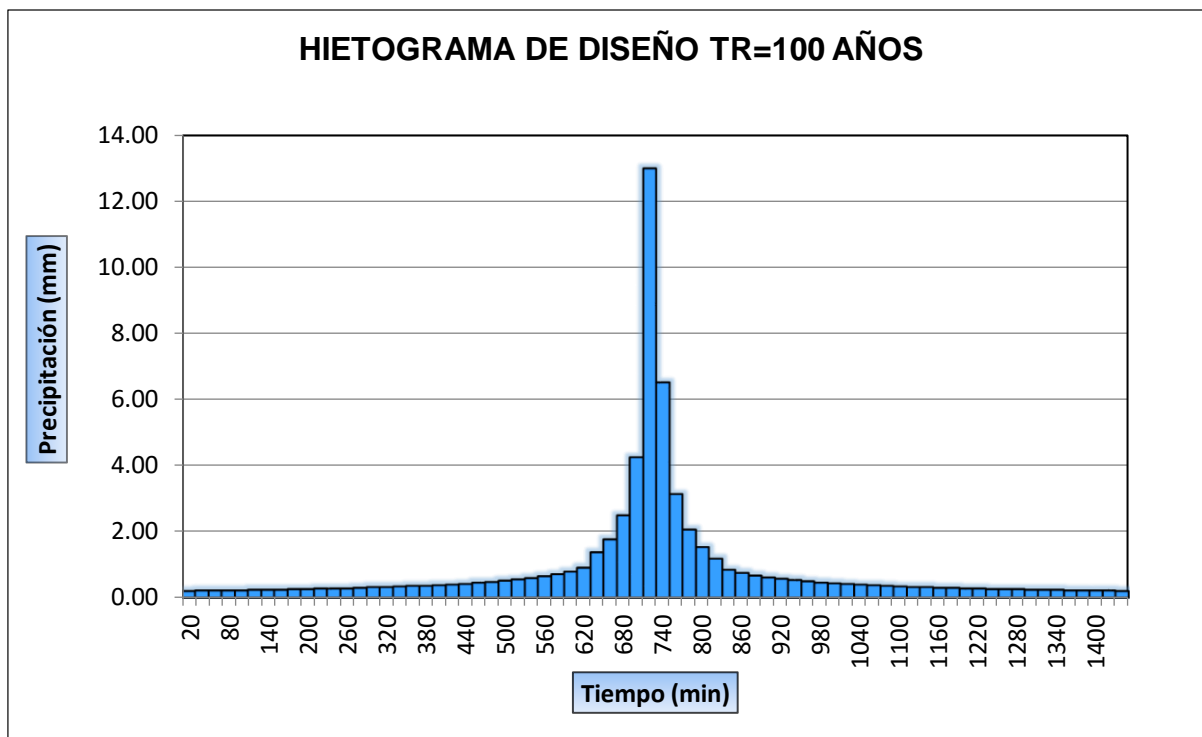


Figura N° 3.6: Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años.

### 3.2.3. Parámetros de entrada a HEC-HMS para la simulación hidrológica

Para realizar la simulación en HEC-HMS. Se tuvo en cuenta los siguientes parámetros de abstracciones por el método SCS, estos datos de entrada se alimentaron al programa, ver tabla N° 3.2.

Tabla N° 3.2. Parámetros de las subcuencas

| SUB CUENCAS             | W220  | W210   | W200  | W190  | W180  | W160   | W140   | W120   |
|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Pendiente prom. Rio (m) | 0.04  | 0.0631 | 0.04  | 0.06  | 0.07  | 0.0960 | 0.0858 | 0.0480 |
| Longitud -rio (Km)      | 22.34 | 15.46  | 23.82 | 5.17  | 13.22 | 12.80  | 14.92  | 16.13  |
| Área (km <sup>2</sup> ) | 77.96 | 43.11  | 57.63 | 5.84  | 46.08 | 39.15  | 46.96  | 104.92 |
| Perímetro (Km)          | 65.73 | 44.31  | 61.95 | 15.96 | 45.85 | 46.27  | 42.98  | 76.51  |

Fuente: elaboración propia (2016)

**Tabla N° 3.3. Parámetros de pérdida en las subcuencas**

| Subcuenca<br>N° | Curva<br>número<br>CN | Retención<br>potencial<br>Máxima<br>(pulg) | Retención<br>potencial<br>Máxima S (mm) | Abstracción<br>inicial (mm) |
|-----------------|-----------------------|--|---|-----------------------------|
| W220            | 79                    | 2.66                                       | 67.52                                   | 13.50                       |
| W210            | 80                    | 2.50                                       | 63.50                                   | 12.70                       |
| W200            | 79                    | 2.66                                       | 67.52                                   | 13.50                       |
| W190            | 78                    | 2.82                                       | 71.64                                   | 14.33                       |
| W180            | 79                    | 2.66                                       | 67.52                                   | 13.50                       |
| W160            | 79                    | 2.66                                       | 67.52                                   | 13.50                       |
| W140            | 79                    | 2.66                                       | 67.52                                   | 13.50                       |
| W120            | 80                    | 2.50                                       | 63.50                                   | 12.70                       |

Fuente: elaboración propia (2016).

Los parámetros de curva número (CN) se calibraron, con la información de campo de algunos eventos recabados como datos de precipitación y caudales resultantes.

**Tabla N° 3.4. Parámetros para el análisis por el método de Hietogramas SCS**

| SUBCUENCA<br>N° | Parámetros de<br>Subcuencas               |                                       | Parámetros Hidrograma<br>SCS      |                                    |
|-----------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                 | Longitud<br>más largo<br>del río<br>L(Km) | Tiempo de<br>concentración<br>Tc (hr) | Tiempo de<br>retardo Tlag<br>(hr) | Tiempo de<br>retardo Tlag<br>(mim) |
| W220            | 22.34                                     | 5.81                                  | 2.5                               | 147                                |
| W210            | 22.34                                     | 4.06                                  | 1.6                               | 95                                 |
| W200            | 22.34                                     | 6.05                                  | 2.5                               | 152                                |
| W190            | 22.34                                     | 1.77                                  | 0.7                               | 41                                 |
| W180            | 22.34                                     | 3.46                                  | 1.3                               | 77                                 |
| W160            | 22.34                                     | 3.25                                  | 1.2                               | 70                                 |
| W140            | 22.34                                     | 3.73                                  | 1.4                               | 82                                 |
| W120            | 22.34                                     | 4.42                                  | 1.8                               | 109                                |

Fuente: elaboración propia (2016).

De las tablas N° 3.3, 3.4. Se resume el cálculo de los parámetros de transformación de la precipitación en escorrentía a nivel de las subcuencas montañosas empinadas, aplicando el método del Hidrograma de SCS.

Para ello primero se ha calculado los tiempos de concentración (Tc) de cada subcuencas con la fórmula de Kirpich o de California, para canales bien definidos en cuencas y pendientes empinadas de (3 a 10%); Después se determinó los tiempos de retardo (Tlag), obteniendo un resultado para el análisis como se muestra en el cuadro antes mencionado.

**Tabla N° 3.5. Calculo de parámetros de Muskingum**

| Rio | (L)<br>Longitud de río en met. | (j)<br>Pendiente (m/m) | (Tv)<br>Tiempo de viaje | Muskingum (K) | Parámetro de muskingum (X) | N° tramos (n) |
|-----|--------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| R10 | 9750                           | 0.02698                | 3.364                   | 2.02          | 0.35                       | 13            |
| R20 | 3561                           | 0.03188                | 1.516                   | 0.91          | 0.35                       | 6             |
| R60 | 2489                           | 0.03460                | 1.137                   | 0.68          | 0.35                       | 5             |
| R80 | 4123                           | 0.02449                | 1.782                   | 1.07          | 0.35                       | 7             |

Fuente: Elaboración propia (2016).

De la tabla N° 3.5. Podemos observar los parámetros calculados para efectuar el tránsito de las ondas tomadas en las subcuencas a través de los cauces hasta llegar a la salida de la cuenca, realizando su recorrido por el cauce, el método seleccionado para su evaluación es el **método Muskingum**.

En flujo base se ha considerado cero en todas las subcuencas, ya que se trata de quebradas pequeñas, como también no se cuenta con datos de registro de estaciones hidrométricas. En caso de cuencas mayores el flujo debe estimarse en base a mediciones realizadas a lo largo de varios años y establecer valores de flujo base mensual.

### 3.2.4 Análisis de Resultados

Se presentan inicialmente los resultados generados mediante el modelo SCS. Los hidrogramas de avenidas se calcularon para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años y se presenta en la figura N° 3.7, 3.8, y 3.9.

El Hidrograma total es acompañado por los hidrogramas parciales de las subcuencas. El hidrograma total (hidrograma transitada) se obtiene en el puente Carrozable Mayobamba (Progresiva 5+800), punto de aforo de río.

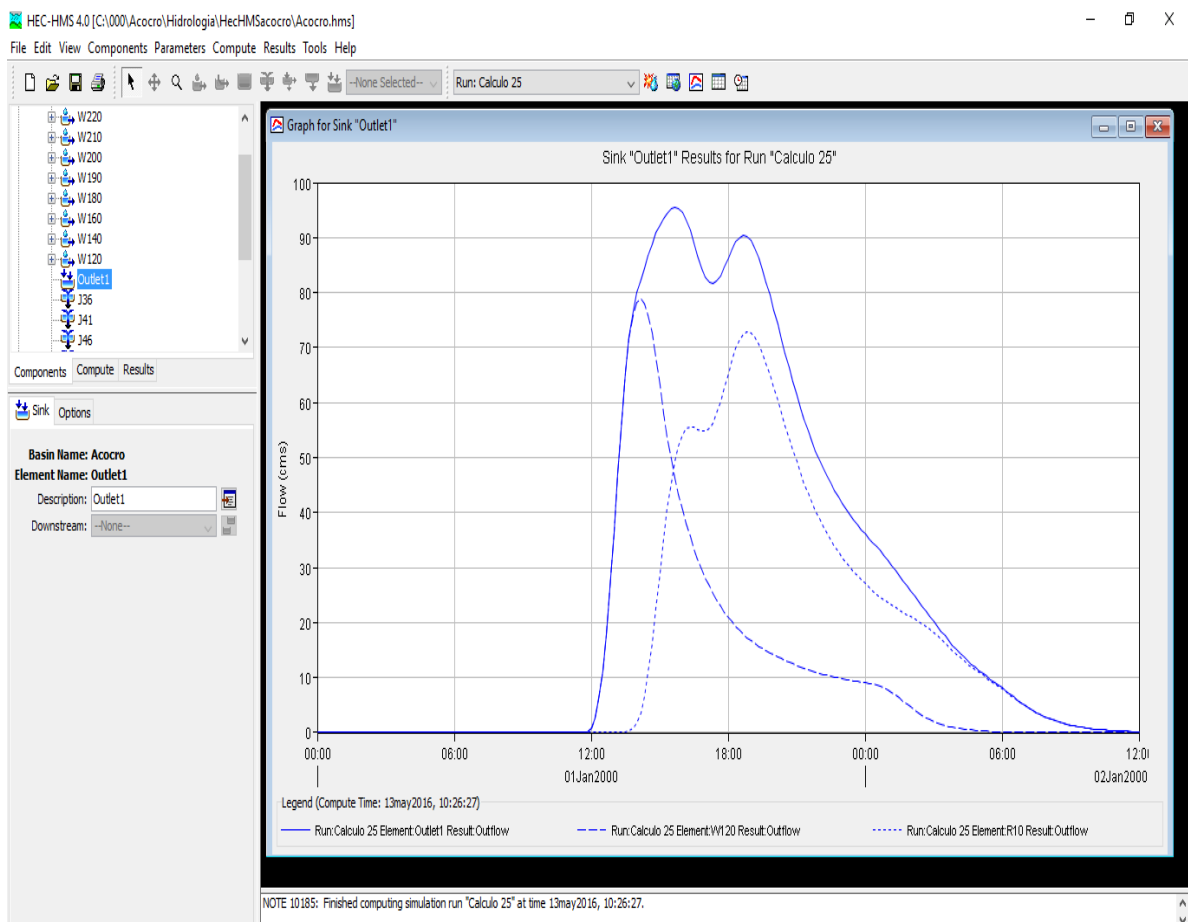


Figura N° 3.7: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 25 años.



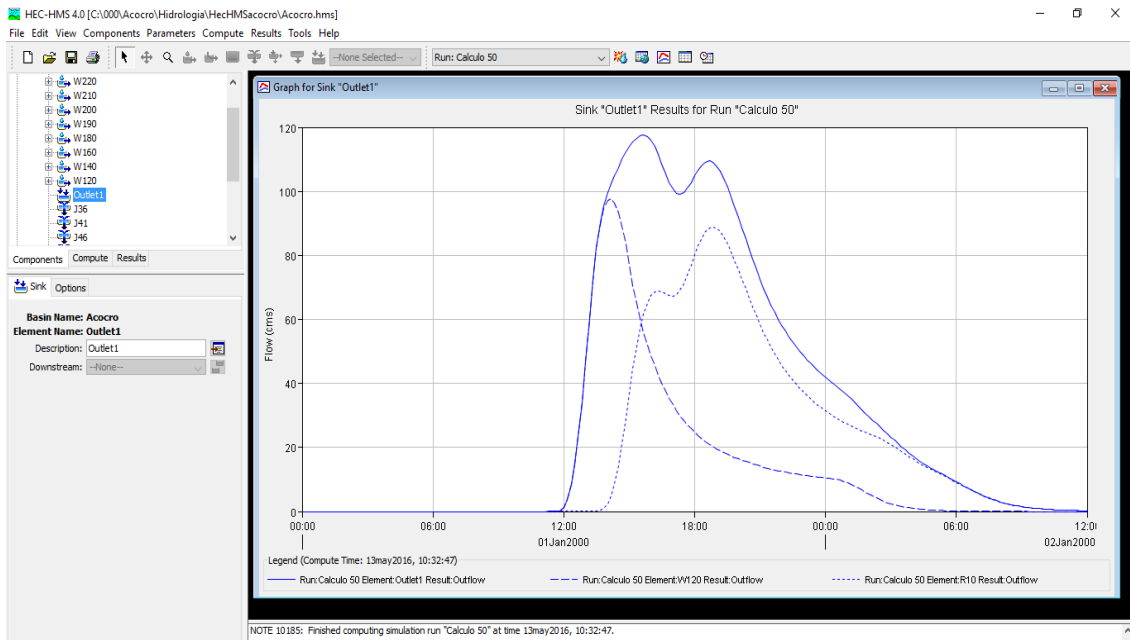


Figura N° 3.8: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 50 años.

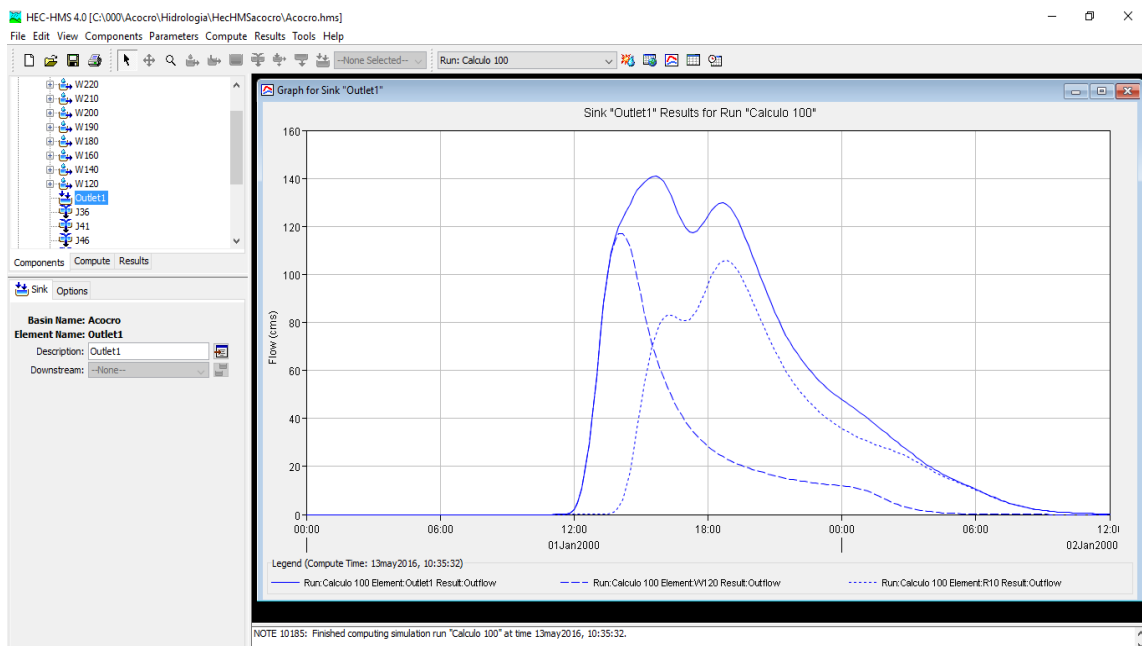


Figura N° 3.9: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 100 años.

### 3.2.5 Caudal máximo de la cuenca Yucaes

Los caudales máximos resultantes a la salida de la cuenca son producto de los hidrogramas generados por las subcuencas W220, W210, W200, W190, W180,

W160, W140 y W120. El hidrograma de salida nos muestra un caudal máximo; Por ejemplo para un periodo de retorno de 50 años es de 117.6 m<sup>3</sup>/s. El HEC-HMS. Considera las pérdidas la simulación.

Porque existe en el tránsito de las avenidas, de modo que el caudal máximo a la salida de la cuenca no es una simple sumatoria de los hidrogramas de las subcuencas, existe una diferencia de 356.4m<sup>3</sup>/s puesto que el caudal máximo resultante de una simple sumatoria es de 474.5m<sup>3</sup>/s.

**Tabla N° 3.6. Caudales máximos Resultante a la salida de la cuenca con el método de transformación de lluvias SCS**

| Periodo de retorno | Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)<br>Simple sumatoria | Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)<br>Estimado con HMS |
|--------------------|---|---|
| 25                 | 205   | 95.5  |
| 50                 | 474.5   | 117.6   |
| 100                | 306.2   | 140.9   |

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 3.2.6. Caudal de aforo por método directo

El caudal aforado y calculado como caudal máximo por método de sección y pendiente es de 21.84m<sup>3</sup>/s para la cuenca yucaes este resultado se obtuvo de acuerdo a los parámetros de la tabla N° 3.7.

El caudal calculado con la ayuda del programa HEC-HMS. Se obtuvo un resultado de 95.5 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 25 años. El periodo de retorno para el diseño de obras de defensa ribereña se ha considerado de acuerdo a las recomendaciones estudiadas por el congreso nacional de agua (CNA) y (Maza, 1997).

**Tabla N° 3.7. Caudal máximo por método sección pendiente**

| SECCION N° 1                      |                      | SECCIÓN N° 2                      |                      | RADIO HIDRÁULICO |        | Área hidráulica promedio (m <sup>2</sup> ) | Radio Hidráulico promedio (m) | Coeficiente de Rugosidad | Pendiente (m/m) | Caudal máximo (m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------|--------|--|-------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Área hidráulica (m <sup>2</sup> ) | Perímetro mojado (m) | Área hidráulica (m <sup>2</sup> ) | Perímetro mojado (m) | R1 (m)           | R2 (m) |  |                               |                          |                 |                                 |
| 8.31                              | 23.4                 | 7.5                               | 25.4                 | 0.4              | 0.3    | 7.91                                       | 0.33                          | 0.035                    | 0.042           | 21.8                            |

Fuente: Elaboración propia (2016).

Los parámetros Hidrológicos como área Hidráulica, perímetro mojado y pendiente se obtuvo de un levantamiento topográfico del tramo elegido, como se observa en el plano topográfico en el Anexo (Lamina PP-01).

### 3.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO

El análisis hidráulico está definido como una de las funciones de los resultados de la simulación con (programa) IBER 2.3.2 Con la que se ha determinado las características hidráulicas del río que se describen a continuación.

#### 3.3.1 Análisis de los resultados de simulación con Hec-Ras y Iber

En los resultados de la simulación realizadas podemos observar en las figuras N° 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, 3.25. Para periodos de retorno de 25, 50, 100. Años respectivamente.

Para un caudal máximo de 95.5m<sup>3</sup>/s, periodo de retorno de 25 años, tramo estudiado y simulado (progresivas 5+380 a 6+000). Comienza producirse problemas de inundación en el margen izquierdo en el sentido del flujo del río, específicamente adyacentes a los terrenos cultivables en el pueblo Cruz pata. El tirante alcanzado por este caudal varía de 0.30 m. hasta 0.60m. Así mismo se

puede observar para el mismo caudal máximo aguas abajo del puente de Mayobamba (margen derecho del río), también se presentan zonas

De inundación, son pocas las áreas inundadas, como podemos observar en la figura N° 3.9 para su mejor apreciación.

Para un caudal máximo de 50 años de retorno  $117.6\text{m}^3/\text{s}$  en progresiva 5+800 a 6+380; Empieza a producirse problemas de inundaciones en la margen izquierda en el sentido de flujo del río de mayor incidencia por la presencia de un puente Carrozable de 18m de luz, árboles y arbustos en ambas márgenes que son obstáculos del normal flujo del río y transporte de material aluvial entre otros, específicamente en la zona cultivable de Cruz pata. El tirante alcanzado por este caudal varía de 0.60m hasta 0.90m. Como también se puede observar a través de la simulación hidráulica para el mismo caudal máximo a 10m. Aguas abajo del puente de (Margen derecho) también presenta zonas inundables en el sector del pueblo Mayobamba, como se puede ver en la figura N°3.10.

Para un caudal máximo de 100 años de retorno  $140.9\text{m}^3/\text{s}$ ; en progresiva 5+800 a 6+380; Empieza a producirse problemas de inundaciones en la margen izquierda en el sentido de flujo del río de mayor incidencia por la presencia de un puente Carrozable de 18m de luz, árboles y arbustos en ambas márgenes que son obstáculos del normal flujo del río y transporte de material aluvial entre otros, específicamente en la zona cultivable de Cruz pata. El tirante alcanzado por este caudal varía de 0.80m hasta 1.00m. Como también se puede observar a través de la simulación hidráulica para el mismo caudal máximo a 10m. Aguas abajo del puente de (Margen derecho) también presenta zonas inundables en el sector del pueblo Mayobamba, en el punto más crítico el nivel de agua desde el margen del río entra afectando aproximadamente de 10-20m en caso del sector del pueblo Cruz pata, mientras en el sector de Mayobamba es de 5-10m; Como podemos observar en la figura N°3.11.

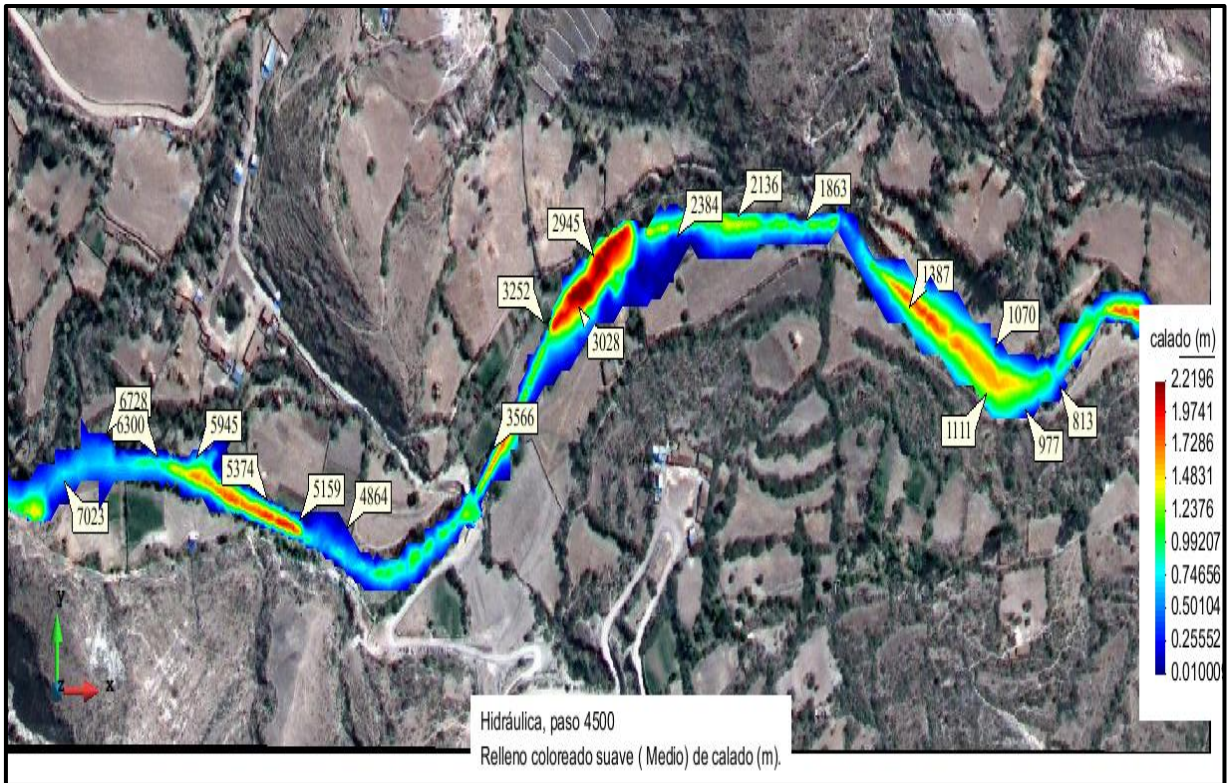


Figura N° 3.10: Niveles que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 25 años.

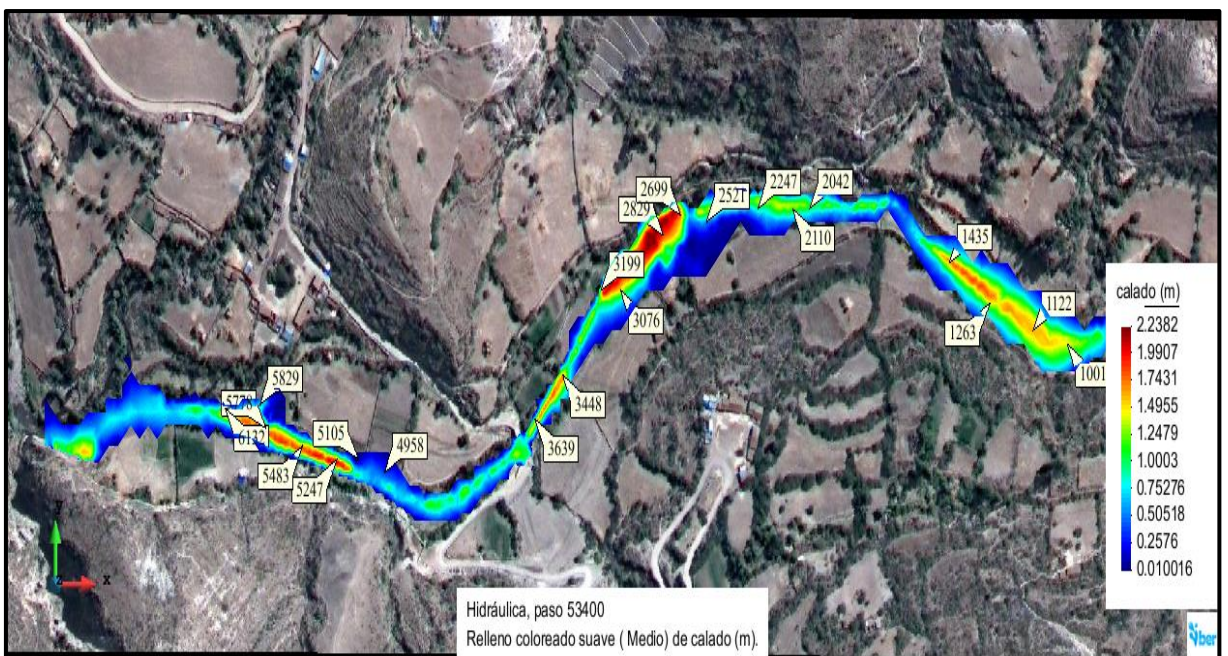


Figura N° 3.11: Niveles que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años.

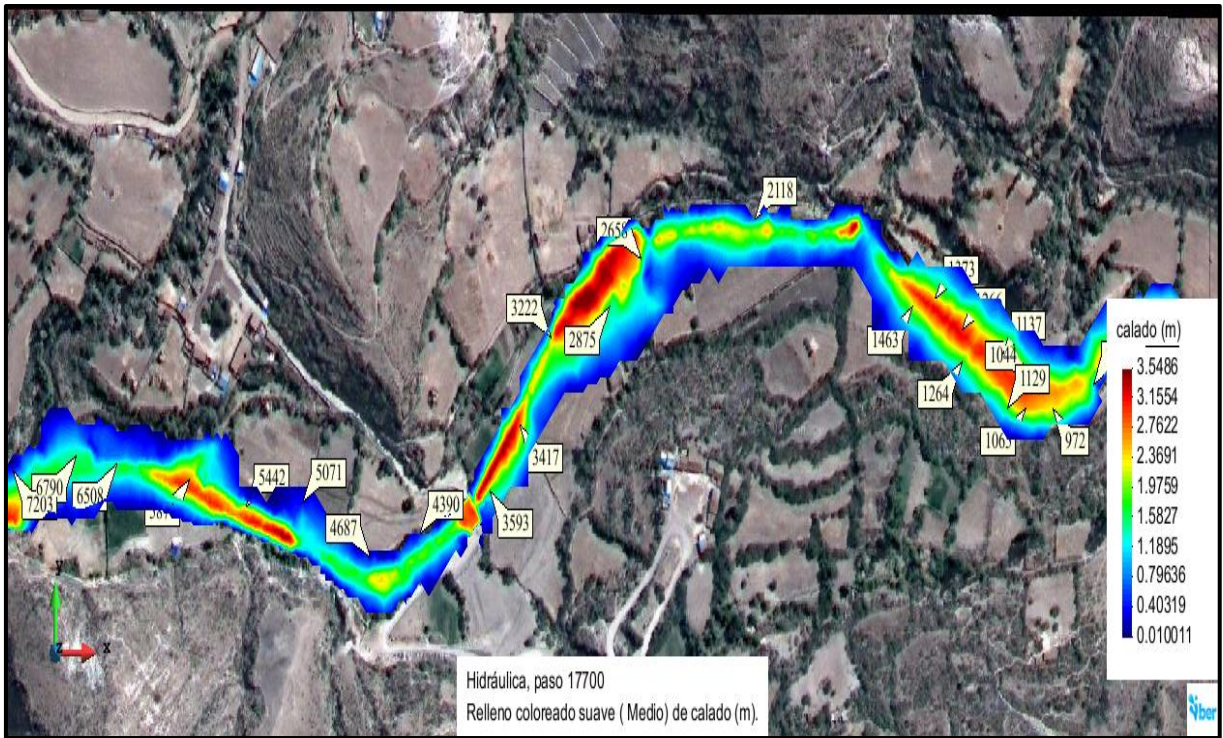


Figura N° 3.12: Niveles que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años.

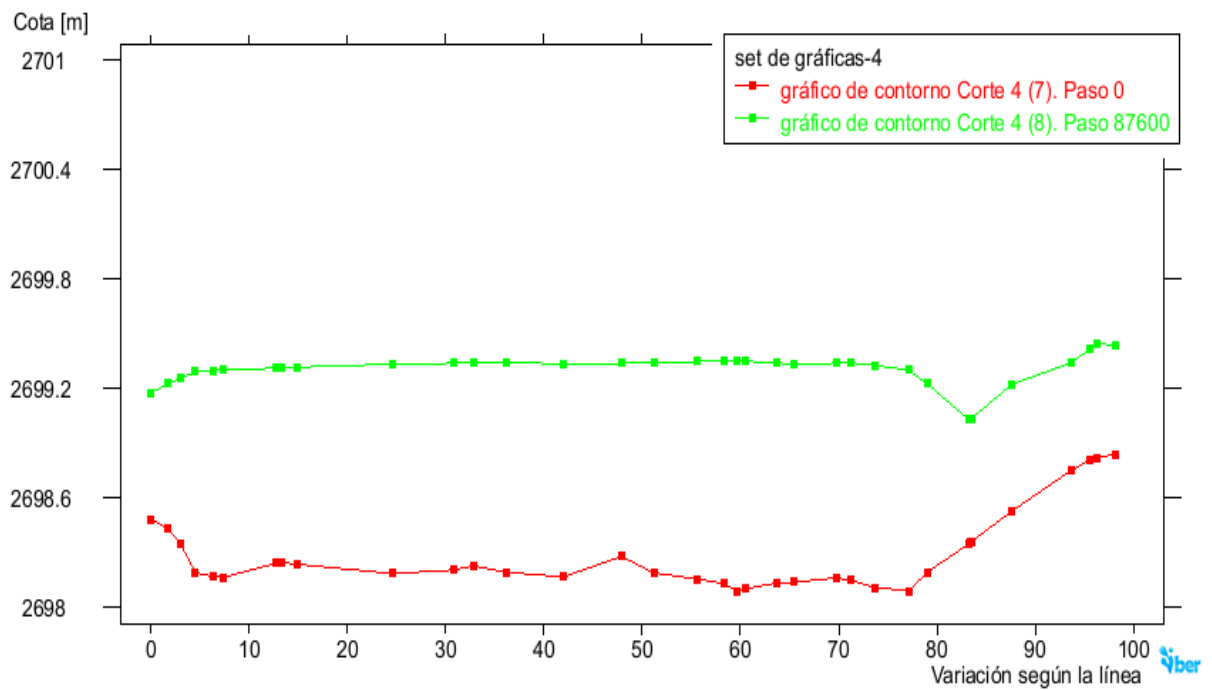


Figura N° 3.13: Vista en perfil de Nivel que alcanza el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años.

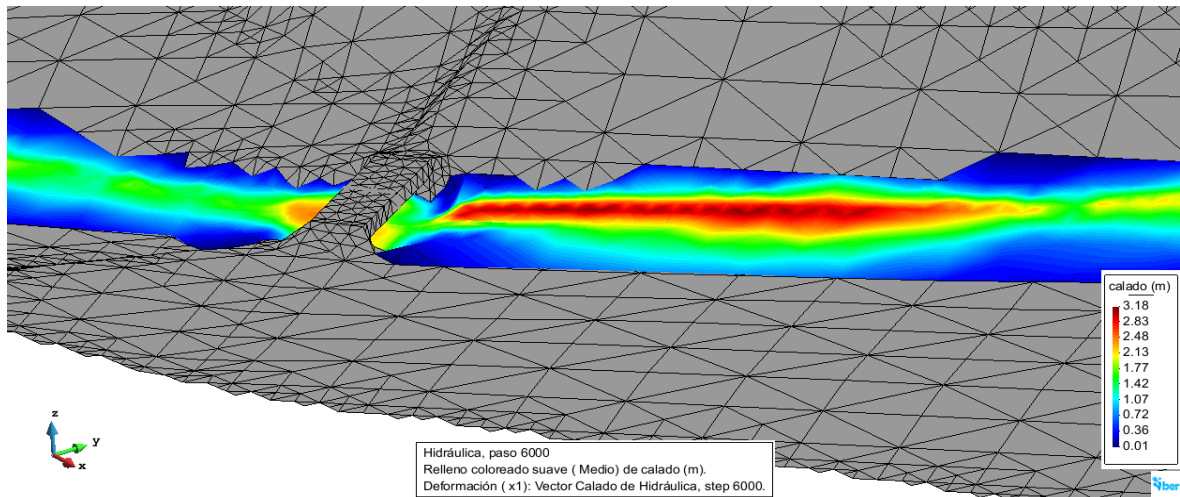


Figura N° 3.14: Simulación hidráulica 2D con el programa Iber, para un caudal máximo y periodo de retorno de 25 años.

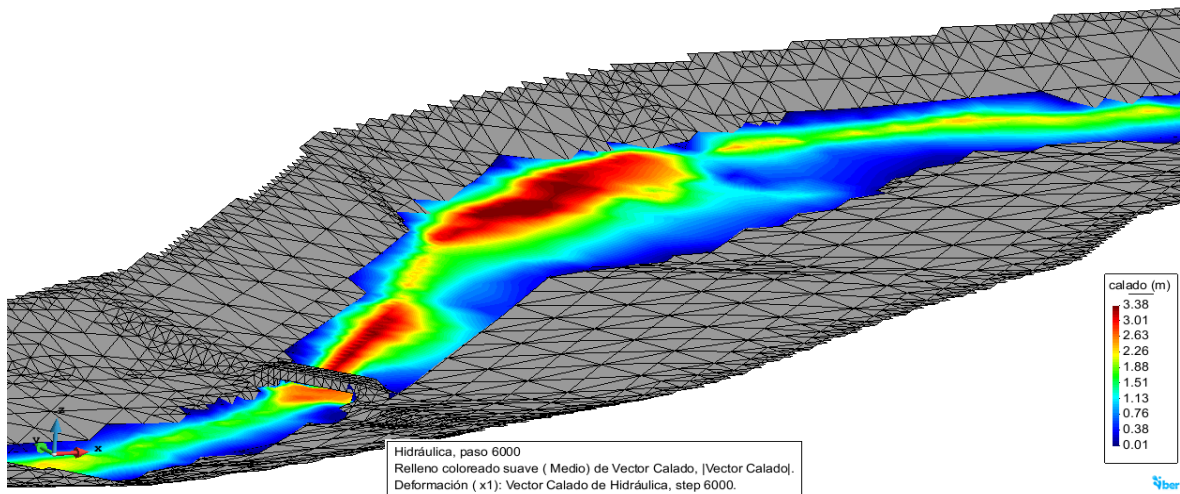


Figura N° 3.15: Modelamiento 2D con el programa Iber, para un caudal máximo y periodo de retorno de 50 años.

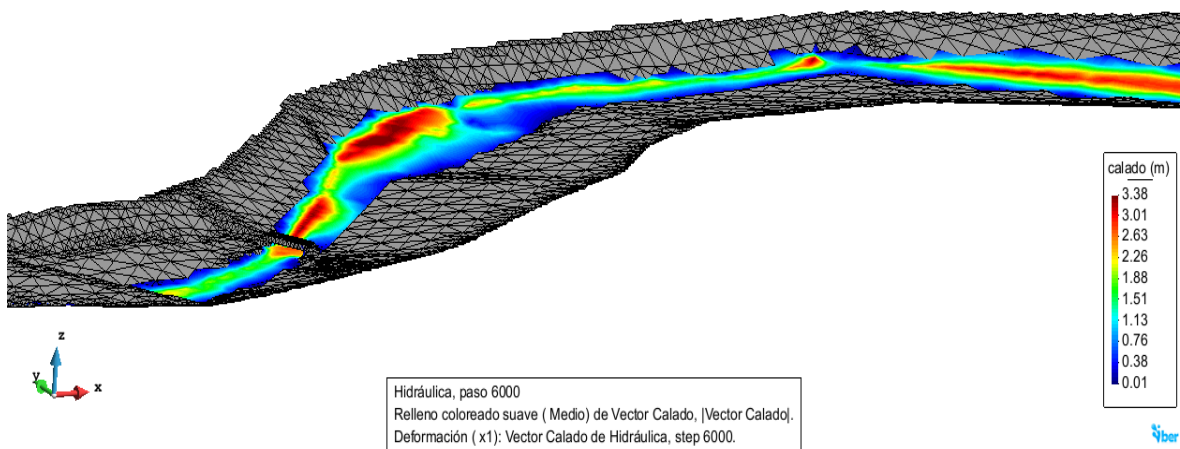


Figura N° 3.16: Modelamiento 2D, comportamiento sinuoso del rio con el programa iber, para un caudal máximo y periodo de retorno de 50 años.

### 3.3.2 Simulación hidráulica del río Yucaes con HEC-RAS

Utilizando los datos geométricos previamente procesados con el programa Arcgis se importaron los archivos obtenidos anteriormente para el modelamiento hidráulica realizado mediante el programa HEC-RAS, el mismo que permitió los resultados de las características Hidráulicas de los 02 tramos que se considera. En la sección anexos se adjunta los resultados tabulares de cada uno de ellos ver figuras.

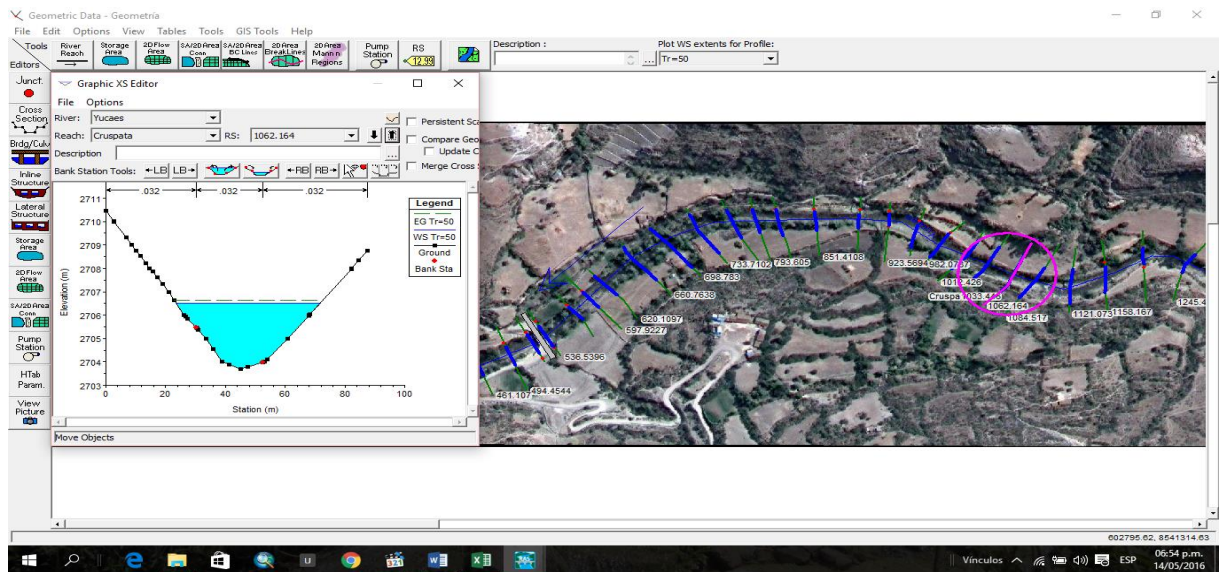


Figura N° 3.17: Sección de superficie libre de agua, simulación Hidráulica Yucaes.

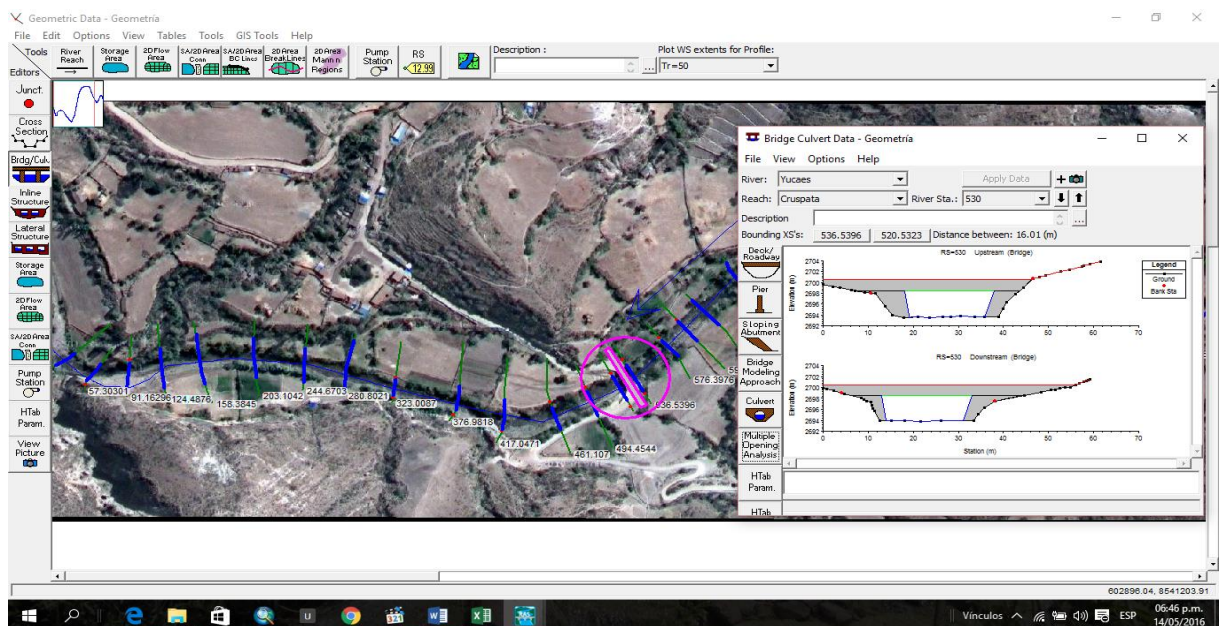


Figura N° 3.18: Ubicación del puente Carrozable en Mayobamba (L=18m de Luz) – Yucaes.



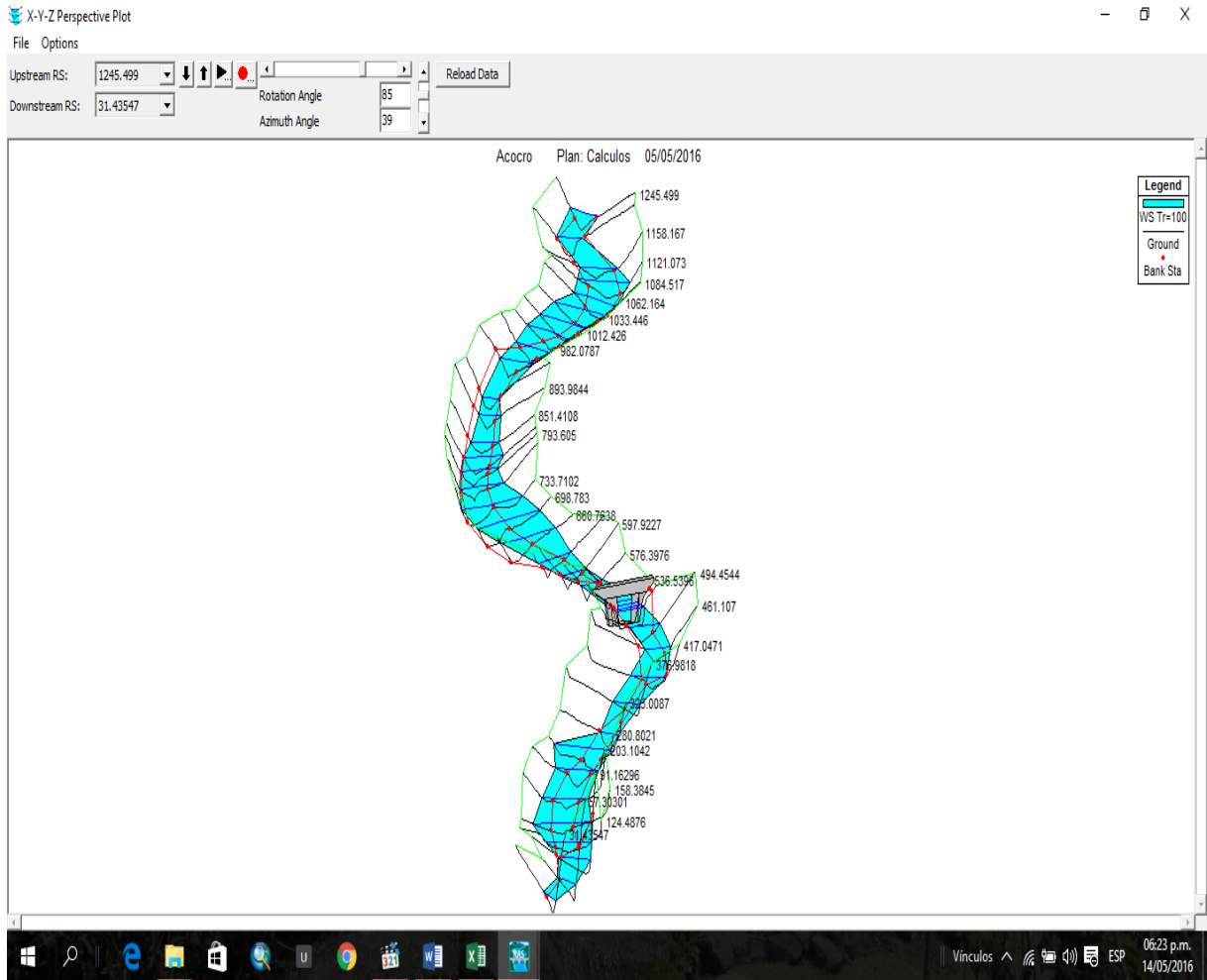


Figura N° 3.19: Superficie libre de agua, simulación Hidráulica Yucaes .

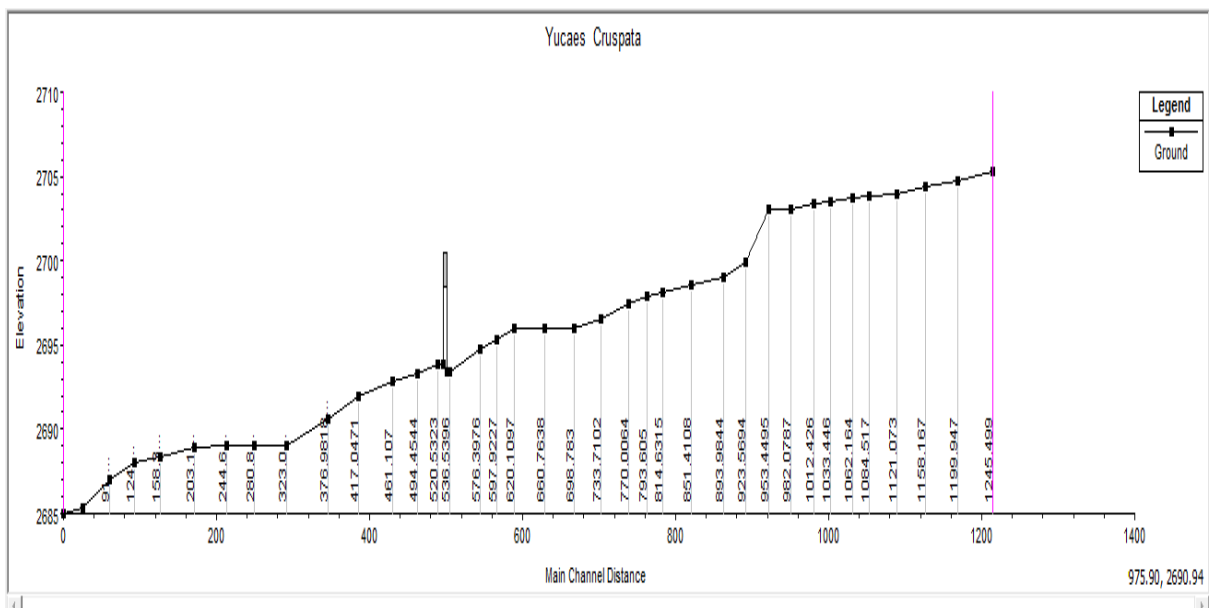


Figura N° 3.20: Perfil de terreno de rio en estudio simulación Hidráulica Yucaes .

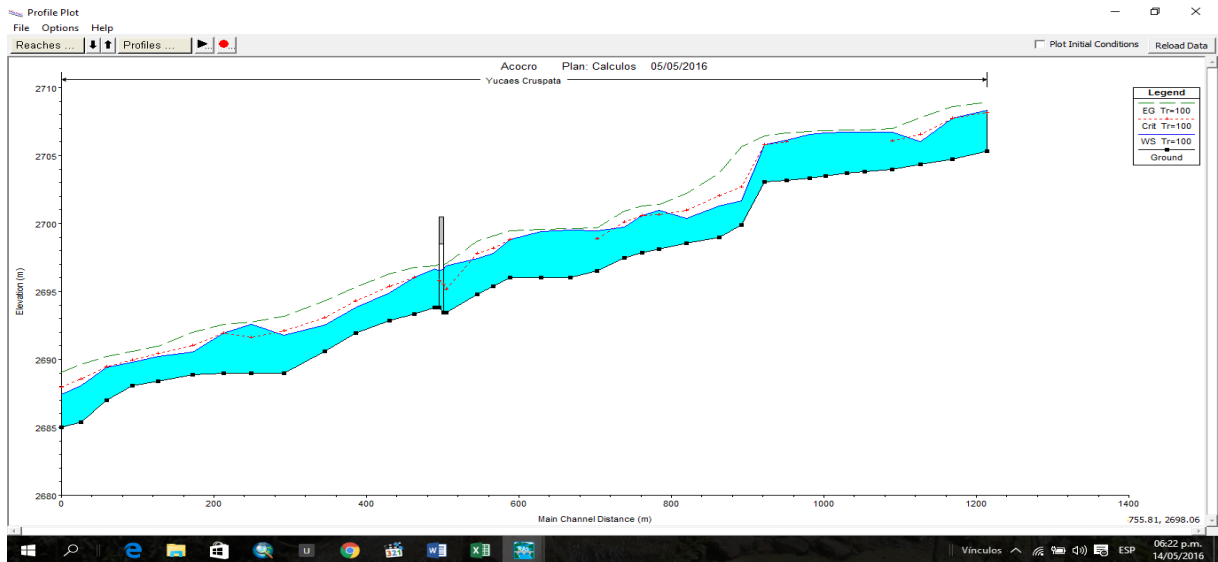


Figura N° 3.21: Perfil de comportamiento hidráulico de agua para un periodo de retorno de 100 años, simulación Hidráulica Yucaes.

De acuerdo la simulación hidráulica las flechas de color verde para los tiempos de retorno de caudales máximos de 25, 50, 100 años, corresponden a la energía correspondiente al calado crítico (EG); Mientras tanto las flechitas de color rojo representan un flujo crítico (Crit), y las flechitas de color azul representan cotas de lámina para un calado crítico crítico (WS) Como podemos observar en la figura N° 3.22.

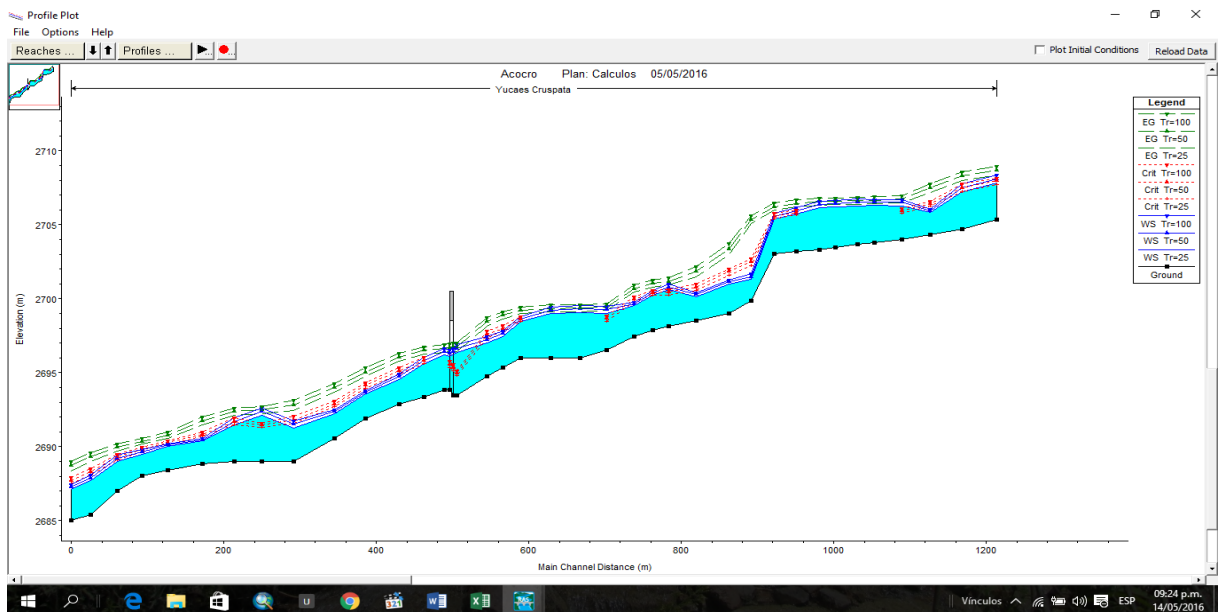


Figura N° 3.22: Perfil de Resalto hidráulico de agua para diferentes periodos de retorno, simulación Hidráulica Yucaes.

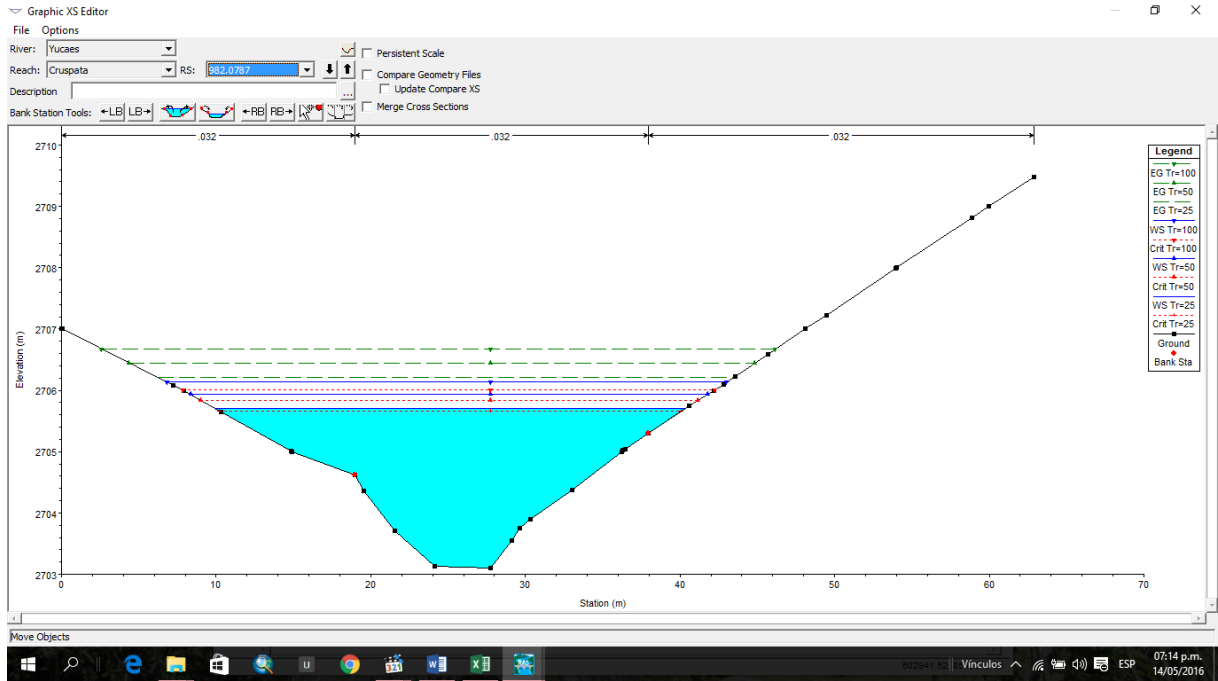


Figura N° 3.23: Sección de comportamiento de nivel hidráulico de agua para diferentes periodos de retorno, simulación Hidráulica Yucaes.

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Yucaes Profile: Tr=25

Reach: Cruspata RS: 1245.499 Plan: Calculos

| Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1245.499 Profile: Tr=25 |          |                      |         |         |          |
|--|----------|----------------------|---------|---------|----------|
|  |          | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
| E.G. Elev (m)  | 2708.38  | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| Vel Head (m)   | 0.57     | Reach Len. (m)       | 56.01   | 45.55   | 36.39    |
| W.S. Elev (m)  | 2707.81  | Flow Area (m2)       |         | 27.65   | 1.44     |
| Crit W.S. (m)  | 2707.74  | Area (m2)            |         | 27.65   | 1.44     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007552 | Flow (m3/s)          |         | 93.29   | 2.21     |
| Q Total (m3/s)   | 95.50    | Top Width (m)        |         | 19.52   | 3.29     |
| Top Width (m)  | 22.82    | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.37    | 1.53     |
| Vel Total (m/s)  | 3.28     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.42    | 0.44     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.48     | Conv. (m3/s)         |         | 1073.6  | 25.4     |
| Conv. Total (m3/s)   | 1099.0   | Length Wtd. (m)      |         | 19.96   | 3.41     |
| Length Wtd. (m)  | 45.44    | Shear (N/m2)         |         | 102.58  | 31.33    |
| Min Ch El (m)  | 2705.33  | Stream Power (N/m s) |         | 346.15  | 47.95    |
| Alpha  | 1.04     | Cum Volume (1000 m3) | 3.71    | 34.68   | 4.45     |
| Frctn Loss (m)   | 0.39     | Cum SA (1000 m2)     | 7.16    | 23.69   | 5.50     |
| C & E Loss (m)   | 0.02     |                      |         |         |          |

Errors, Warnings and Notes

**Warning:** The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.

**Warning:** The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m). between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.

Weighted length based on flow distribution, in left bank, channel, and right bank.

Figura N° 3.24: Resultados hidráulicos del rio Yucaes para 25 años de retorno.

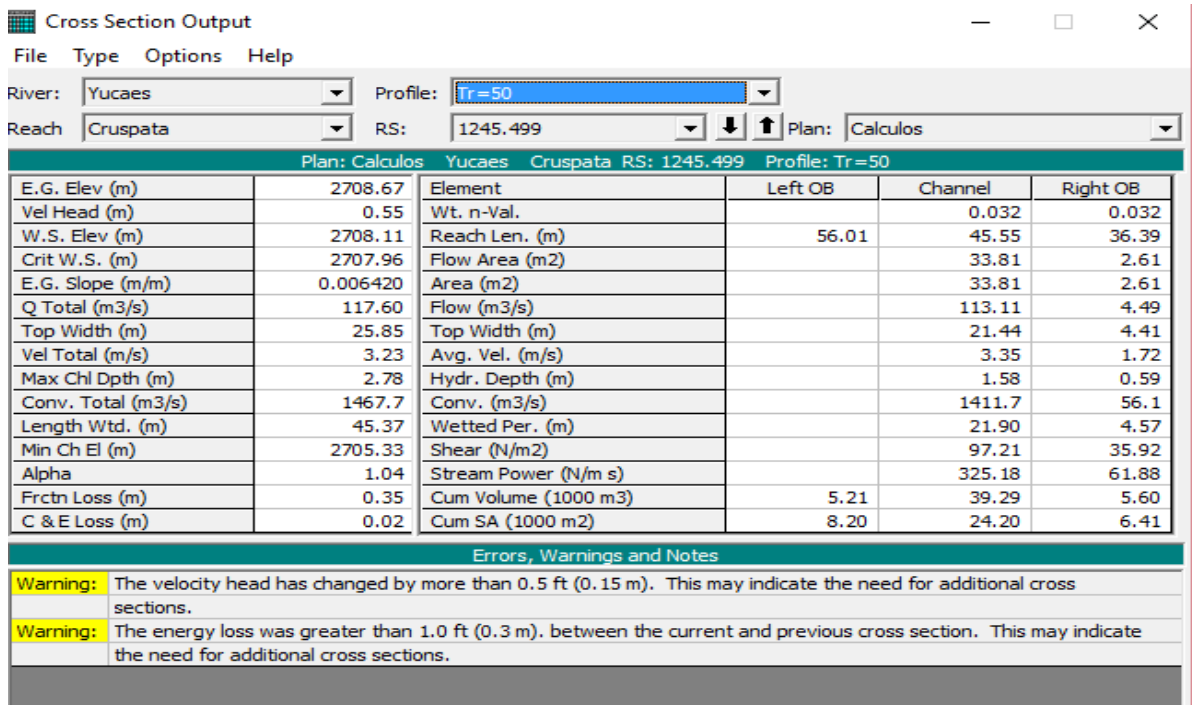


Figura N° 3.25: Resultados hidráulicos del río Yucaes para 50 años de retorno.

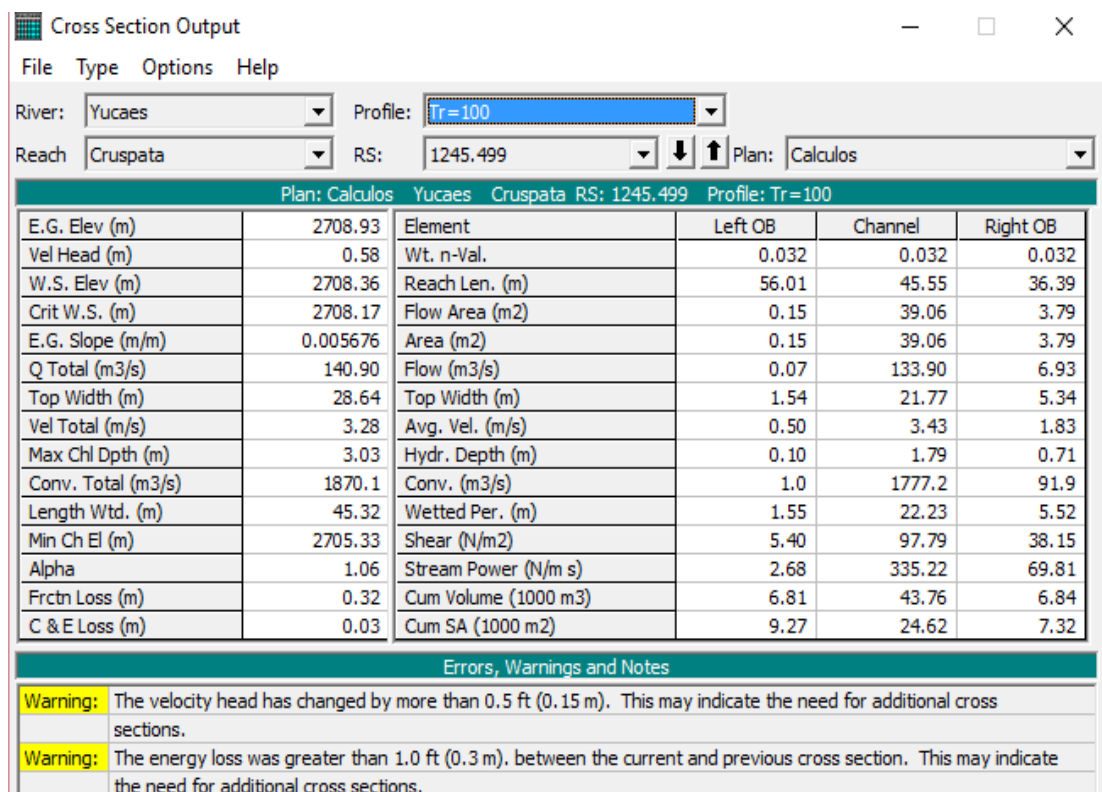


Figura N° 3.26: Resultados hidráulicos del río Yucaes para 100 años de retorno.

### 3.3.3 Determinación de los coeficientes de rugosidad de acuerdo a las características geométricas del río

El coeficiente de Rugosidad es calculado utilizando el método de Cowan, obteniendo valores en las márgenes izquierda, derecha y lecho de río respectivamente, Para el cálculo del coeficiente de Manning y su determinación respectiva ha sido importante la evaluación en campo; Estos valores se comparan con las Tablas de Ven Te Chaw; El coeficiente de rugosidad para corrientes naturales, sinuosos, con pequeños embalses y bajos con piedras y malezas, se obtiene como resultado al realizar el análisis el valor de 0.035; Este valor resultante es tomado en cuenta en la simulación hidráulica (Ver tabla N° 3.8.)

**Tabla N° 3.8. Cálculo coeficiente de manning por método de cowan**

| <b>COEFECIENTE DE MANNNG (n)</b>  | <b>Valores obtenidos</b> |
|---|--------------------------|
| Valor de "n" adoptado según Cowan (margen Derecho) :  | 0.049                    |
| Valor de "n" adoptado según Cowan (margen Izquierdo) :  | 0.053                    |
| Valor de "n" adoptado según Cowan (fondo) :   | 0.053                    |
| Valores del coeficiente de rugosidad n recomendados para el diseño; Ven Te Chow (Tabla 5-6.Pag.108) | 0.035                    |

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 3.3.4 Determinación de la socavación generalizada del Rio Yucaes

La socavación general se calcula a partir de la formulación matemática de Lischtván Lebediev, En los recorridos del río desde puente Carrozable en el pueblo Mayobamba hasta el puente peatonal artesanal del pueblo Cruz pata (progresiva 5+380.a 6+380 en dirección del flujo del río). Siendo necesario, contar con los datos obtenidos en la etapa de simulación hidráulica, como área hidráulica, espejo de la superficie libre de agua y tirante, estos valores han sido obtenidos para el caudal de máximas avenidas para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años. La erosión generalizada para nuestro estudio es de 1.5m, con un

ancho de sección de equilibrio de 21 m. Para su validación también por otros parámetros como el ancho

Estable (B) del río, se calculó a través de otros métodos como el de Blench-Altunin y el método de Lacey (ver Tabla N° 3.9. y Anexo)

**Tabla N° 3.9. Resultado de cálculo de Socavación general**

| CAUDAL<br>(m <sup>3</sup> /s) | PERIODO DE<br>RETORNO<br>(años) | Beta | Ho<br>(m) | Hs<br>(m) | ZOCAVACION<br>GENERAL(m)<br>Zg |
|-------------------------------|---------------------------------|------|-----------|-----------|--------------------------------|
| 95.50                         | 25                              | 0.92 | 1.200     | 2.770     | 1.570                          |
| 117.60                        | 50                              | 0.95 | 1.200     | 2.702     | 1.601                          |
| 140.90                        | 100                             | 0.98 | 1.200     | 2.635     | 1.628                          |

Fuente: Elaboración propia (2016).

Análisis debido al fenómeno de la **socavación** es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho y de las bancas de un cauce, convirtiéndose en una de las causas más comunes de falla en puentes o en obras de defensa ribereñas. Se entiende por socavación general de  $Z_g=1.601\text{m}$ , con un pendiente de río  $S=0.0418\text{ m/m}$  el descenso del fondo de un río que se produce al presentarse una creciente y es debida al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido que en ese momento adquiere la corriente, en virtud de su mayor velocidad. De acuerdo a la tabla N°3.9. Es importante tener en cuenta para el diseño de colchón la socavación general para el diseño de defensa ribereña.

## IV. CONCLUSIONES

Del estudio realizado, simulación hidráulica del río Yucaes, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó las avenidas extraordinarias para diferentes periodos de retorno, en la simulación hidráulica. Con la aplicación del programa ArcGis y modelo HEC-HMS para la diagramación, simulación de la cuenca en estudio nos permitió obtener la caracterización hidrológica de la cuenca Yucaes; permitiéndonos operar más detalladamente las áreas de menores extensiones y no generalizar la información. Se obtuvo caudales máximos para periodos de retornos de 25, 50 y 100 años; Los caudales superiores a los estimados son: 95.5, 117.6, 140.9 m<sup>3</sup>/s.
2. Se determinó por el comportamiento Sinuoso, hidrológico e hidráulico del río Yucaes, aplicando el programa IBER 2.3.2 y HEC-RAS. La construcción de obras de defensa ribereña a lo largo de los márgenes del río Yucaes, es necesario debido a áreas inundadas por la presentación de caudales superiores a 95.5m<sup>3</sup>/s; En los márgenes del Río (de las progresivas 5+200 a 6+300), se debe tomar otras medidas correctivas inmediatas debido a la presencia de arbustos, árboles y material aluviales, que corresponden al pueblo Cruz pata y aguas abajo a 10m de la ubicación del puente Carrozable de Mayobamba, por el efecto de Venturi.

3. El coeficiente de rugosidad es calculado utilizando el método de Cowan, obteniendo valores 0.053, 0.049 y 0.053 en las márgenes izquierda, derecha y lecho de río respectivamente, estos valores se compararon con las Tablas de Ven Te Chaw. El coeficiente de rugosidad para corrientes naturales, sinuosos, con pequeños embalses y bajos con piedras y malezas es de 0.035; De acuerdo el resultado obtenido es tomado en cuenta en la simulación hidráulica.
4. La socavación general se determinó a partir de la formulación matemática de Lischtvan Lebediev, siendo necesario, contar con los datos obtenidos en la etapa de simulación hidráulica, como área hidráulica, espejo de la superficie libre de agua y tirante, estos valores han sido obtenidos para el caudal de máximas avenidas para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años. La erosión generalizada para nuestro estudio es de 1.5m, con un ancho de sección de equilibrio de 21 m.



## V. RECOMENDACIONES

- Para la Simulación hidráulica se debe realizar un levantamiento topográfico muy detallado, el cauce del río, áreas de influencia y de ello dependerá la certeza de buenos resultados.
- Por la premura del tiempo generalmente no se realizan los aforos en épocas de avenidas, no se cuenta con un registro de tormentas de 20 años como mínimo para realizar un estudio y análisis muy detallado, solo podemos aproximar con los resultados obtenidos de la simulación hidráulica a través de los programas de ingeniería.
- Realizar las visitas constantes a campo y recabar más información del comportamiento hidrológico e hidráulico de la cuenca, así mismo conocer el historial del Río será de ayuda para nuestro estudio más minucioso.
- Se recomienda a las autoridades locales y distritales de acuerdo a la simulación hidrológica e hidráulica realizada, la construcción de defensa ribereña tipo gavión en ambas márgenes del río Yucaes; Se debe tomar también las medidas correctivas inmediatas de descolmatación para el adecuado encauce del río, frente a eventos de máximas avenida en época de lluvias.

## BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Aragón, J. R. (2011). Sobre el dominio público hidráulico, (1966), p.1–8.
- ❖ Alarcón, A. D. (2013). Realizó el modelamiento hidrológico e hidráulico del río Cachi. Tesis Para optar Ingeniero Agrícola; Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH. Ayacucho.
- ❖ Avalos, D. (2013). Realizo el modelamiento hidrológico e hidráulico del Rio Yucaes. Tesis Para optar Ingeniero Agrícola; Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH. Ayacucho.
- ❖ Bladé, E. Cea, L. Corestein, G., Escolano, E. Puertas, J., Vázquez-Cendón, E. Coll, A. (2012). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo y Diseno En Ingenieria, 30(1). <http://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>.
- ❖ Chereque, W. (1995). Mecánica de Fluidos II. Studium S.A. Lima.
- ❖ Chow, V. (1982). Hidráulica de canales abiertos. Editorial Diana. México
- ❖ Constitución política del Perú (2002).Lima.
- ❖ Decreto Supremo N° 12-94-AG.
- ❖ Herbias F. (2003). Legislación de Tierras, Aguas, y Comunidades Campesinas. Versión Actualizada. Cuarta Edición – Lima.
- ❖ Ley de Organizaciones de Usuarios del Agua Nro 30157. República de Perú, 2014.
- ❖ MTC. (2011). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Ministerio de Transporte Y Comunicaciones, 209.
- ❖ Monsalve, M. (1995). Hidrologia en la ingenieria. 2da Edicion, Colombia.
- ❖ Martínez M, E. (2005). Hidrología Práctica. Colegio de ingenieros de Caminos, Canales Y Puertos – España.
- ❖ Montes, N. (2006). Mediante la aplicación del programa HEC - RAS 3.1.1. Determino áreas y zonas críticas, vulnerables a las crecidas, inundaciones en los márgenes del rio Chacco. Tesis Para optar Ingeniero Agrícola; Facultad de Ciencias Agrarias –UNSCH. Ayacucho.
- ❖ Ramos L, C. (2003). Curso: Modelamiento hidráulico con Hec-Ras. Facultad de Ingeniería Agrícola – UNALM. Lima.
- ❖ Resolucion Ministerial N° 0483-2015-MINAGRI - Norma Legal Diario Oficial El Peruano. (n.d.).

- ❖ Villón M. (2000). Hidráulica de Canales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de ingeniería Agrícola. Lima, Perú.
- ❖ Villón M. (2002). Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de ingeniería Agrícola. Cartago, Costa Rica.
- ❖ Villón M. (2010). Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de ingeniería Agrícola. Cartago, Costa Rica.

# **ANEXOS**

Anexo N° 1: Panel fotográfico

Anexo N° 2: Calculo de intensidades máximas por método de IILA-SENAMHI-UNI

Anexo N° 3: Calculo de hietograma de precipitación de diseño

Anexo N° 4: Calculo de coeficiente de rugosidad de manning

Anexo N°5: Calculo de socavación general del rio Yucay (Método de Lischtvan Lebediev)

Anexo N° 6: Calculo de sección de equilibrio del rio Yucay (Método de Lacey)

Anexo N° 7: Calculo de sección de equilibrio del rio Yucay (Método de Blench – Altunin)

Anexo N° 8: Calculo de parámetros de Muskingum

Anexo N° 9: Aforo de caudal del rio Yucaes.

Anexo N° 10: Resultados obtenidos con los programas y herramientas de ingeniería.

Anexo N° 11: Resultados de estudio de suelo, granulometría y transporte de sedimentos

Anexo N° 12: Mapas y planos de la zona de estudio

## **ANEXO N° 1: PANEL FOTOGRÁFICO**



Figura N° 01 del anexo (panel fotográfico)

### **MEDICIÓN DEL ANCHO DE RIO POR EL MÉTODO SECCIONAMIENTO**



Figura N° 02 del anexo (panel fotográfico)

## AFORAMIENTO DEL CAUDAL DE RIO POR EL MÉTODO FLOTADOR



Figura N° 03 del anexo (panel fotográfico)

## LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



Figura N° 04 del anexo (panel fotográfico)



**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO A DETALLE DEL PUENTE**

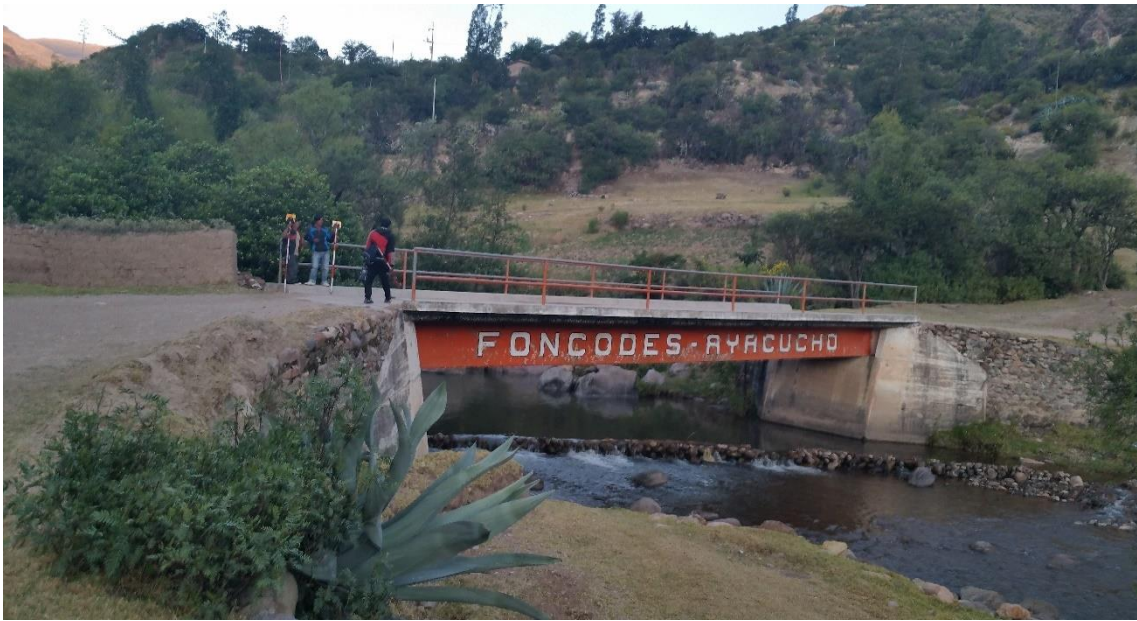


Figura N° 05 del anexo (panel fotográfico)

**VISTA PANORÁMICA DEL RIO Y MÁRGENES QUE LA CONFORMAN**

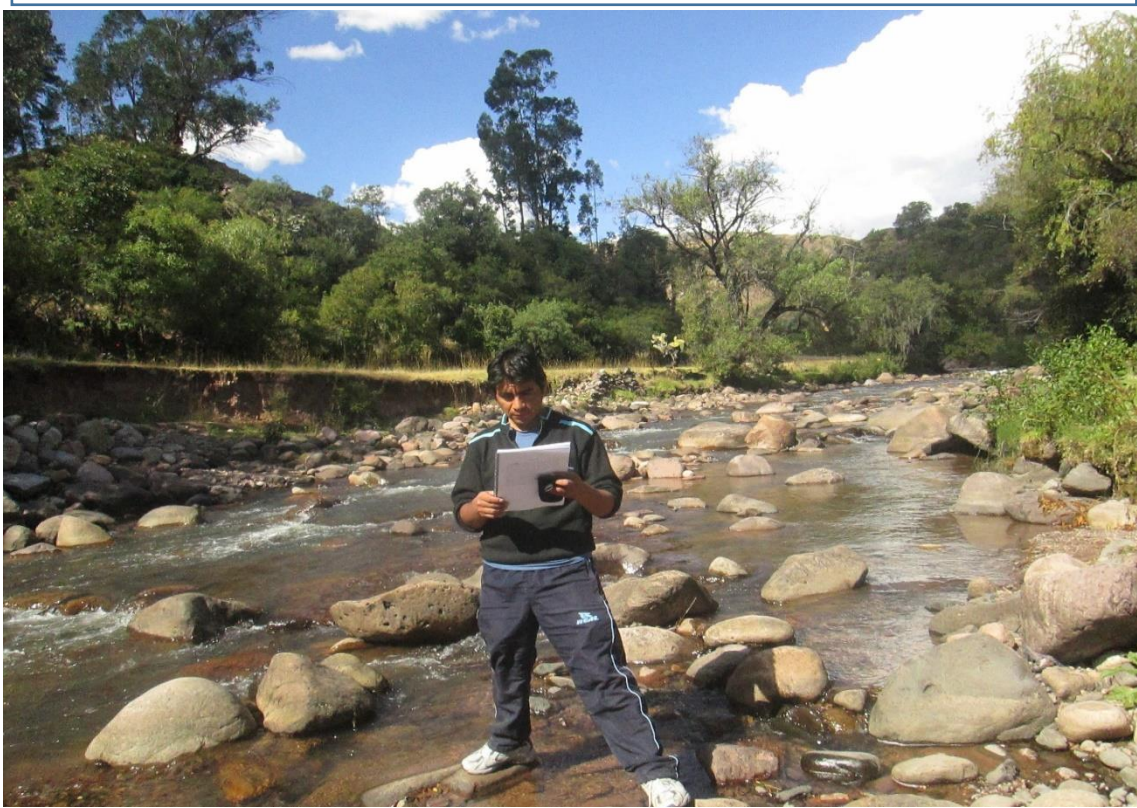


Figura N° 06 del anexo (panel fotográfico)

**MEDICIÓN DEL ANCHO ESTABLE EN LOS MÁRGENES DEL RIO**



Figura N° 07 del anexo (panel fotográfico)

**INDICIOS DE MATERIALES DE TRANSPORTE Y VEGETACIÓN EN EL CAUCE DEL RIO, EN EL TRAMO VULNERABLE A INUNDACIONES**



Figura N° 08 del anexo (panel fotográfico)

**PRESENCIA DE UNA VIVIENDA EN EL MARGEN DERECHO DEL RIO**



Figura N° 09 del anexo (panel fotográfico)

**COORDINACIÓN DE TRABAJO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACION  
CON LAS AUTORIDADES DEL PUEBLO MAYOBAMBA**



Figura N° 10 del anexo (panel fotográfico)

**ANEXO N° 2: CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS POR  
MÉTODO DE IILA-SENAMHI-UNI**

## CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA DE LA CUENCA YUCAES

### 1.- AREADO DE LA CUENCA YUCAES

Del procedimiento realizado sobre la carta digitalizada, adjunto resulta las siguientes Áreas :

Área Total

= 381.3456634 km<sup>2</sup>

Perímetro = 140 km.

Long. = 19.92 Km. de río más largo

Áreas Parciales, se muestra en el cuadro siguiente:

**Cuadro N°01 Areado de cuenca Yucaes**

| ALTITUD<br>m.s.n.m. | AREAS PARCIALES    |            | AREAS ACUMULADAS |             | POR ENCIMA  |             |
|---------------------|--------------------|------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
|                     | Km2                | (%)        | (KM2)            | (%)         | KM2         | (%)         |
| Punto más bajo      |                    |            |                  |             |             |             |
| 2800                | 0                  | 0          | 0                | 0           | 381.3456634 | 100         |
| 2920                | 5.839604123        | 1.5313152  | 5.83960412       | 1.531315204 | 375.5060593 | 98.4686848  |
| 2920.83             | 11.42103759        | 2.9949305  | 17.2606417       | 4.526245707 | 364.0850217 | 95.47375429 |
| 3041.67             | 18.51205216        | 4.85440217 | 35.7726939       | 9.380647876 | 345.5729695 | 90.61935212 |
| 3162.5              | 24.42132737        | 6.40398717 | 60.1940212       | 15.78463505 | 321.1516422 | 84.21536495 |
| 3283.33             | 35.51722448        | 9.31365632 | 95.7112457       | 25.09829137 | 285.6344177 | 74.90170863 |
| 3404.17             | 41.5346845         | 10.8916105 | 137.24593        | 35.98990192 | 244.0997332 | 64.01009808 |
| 3525                | 36.83705988        | 9.65975581 | 174.08299        | 45.64965773 | 207.2626733 | 54.35034227 |
| 3645.83             | 36.50159288        | 9.57178654 | 210.584583       | 55.22144427 | 170.7610804 | 44.77855573 |
| 3766.67             | 41.81344122        | 10.9647087 | 252.398024       | 66.18615299 | 128.9476392 | 33.81384701 |
| 3887.5              | 57.67801298        | 15.124864  | 310.076037       | 81.311017   | 71.26962622 | 18.688983   |
| 4250                | 71.26962622        | 18.688983  | 381.345663       | 100         | 0           | 0           |
| Punto más alto      |                    |            |                  |             |             |             |
| <b>TOTAL</b>        | <b>381.3456634</b> | <b>100</b> |                  |             |             |             |

### 2.- FACTOR DE RELIEVE

#### 2.1.- Cálculo de la Curva Hipsométrica

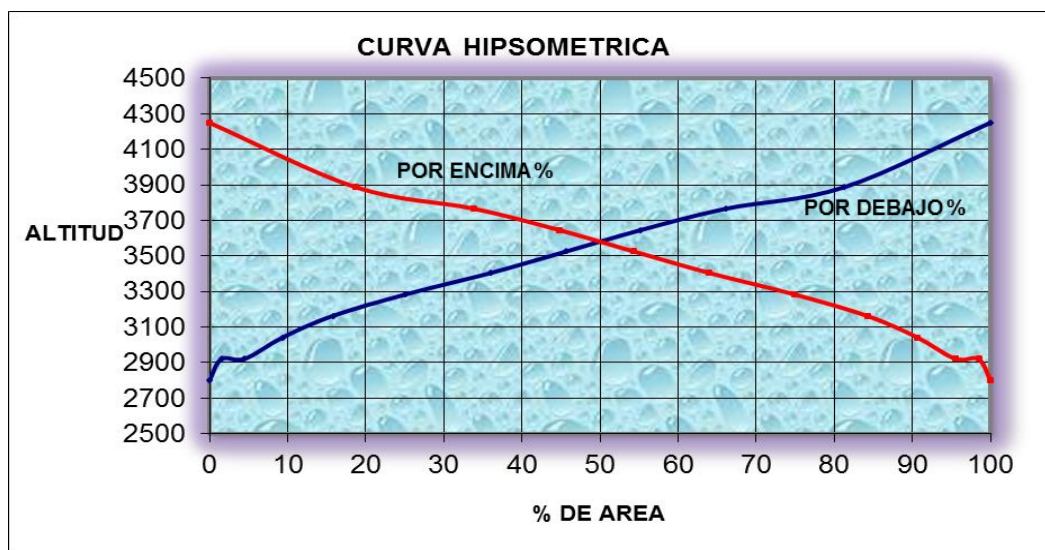


Figura N°01 del Anexo 2

2.2.- Altitud Mediana = 3600 msnm (Intersección de las curvas hipsométrica)

**2.3.- Altitud media Ponderada:**

$$H = \frac{\sum a_i c_i}{A}$$

$$c_i = \frac{(c_i - c_{i-1})}{2}$$

| ai          | ci       | ai*ci       |
|-------------|----------|-------------|
| 5.839604123 | 2860     | 16701.26779 |
| 11.42103759 | 2920.415 | 33354.16951 |
| 18.51205216 | 2981.25  | 55189.0555  |
| 24.42132737 | 3102.085 | 75757.03332 |
| 35.51722448 | 3222.915 | 114468.9955 |
| 41.5346845  | 3343.75  | 138881.6013 |
| 36.83705988 | 3464.585 | 127625.1251 |
| 36.50159288 | 3585.415 | 130873.3586 |
| 41.81344122 | 3706.25  | 154971.0665 |
| 57.67801298 | 3827.085 | 220738.6583 |
| 310.0760372 |          | 1068560.332 |

H = 3446.12354 msnm

**2.4.- Altitud Media Simple:**

$$H_{ms} = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Hms = 3525 msnm

CM =

2,800

Cm =

4,250

**2.5.- Polígono de Frecuencia de Área Parciales**

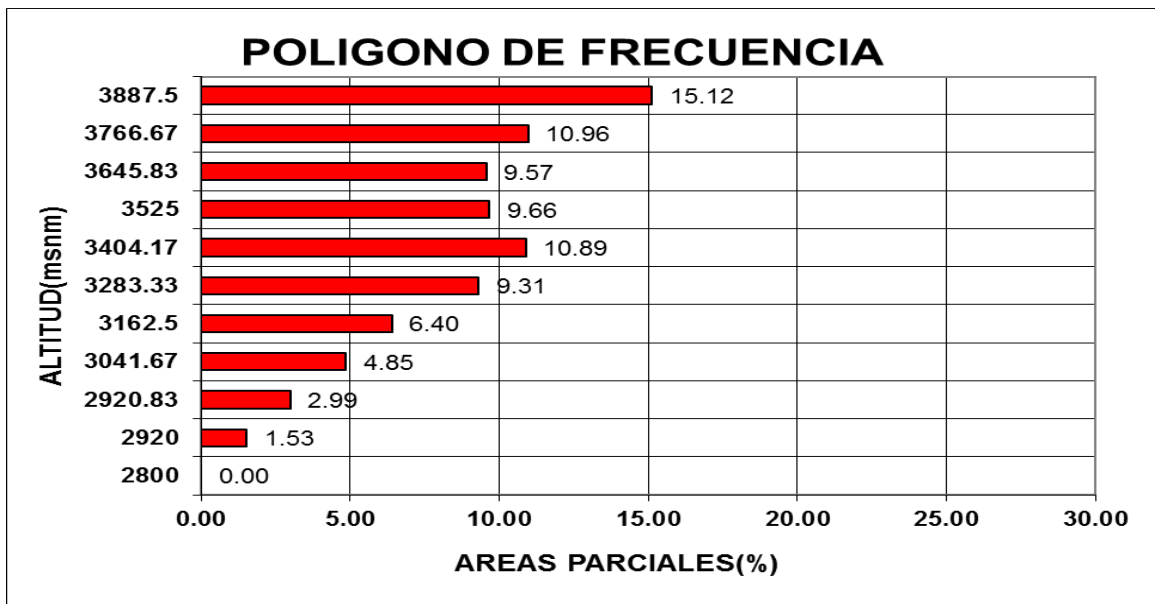


Figura N°02 del Anexo 2 polígono de frecuencia

### 3.- PARÁMETROS DE FORMA:

#### 3.1.- El Índice de Gravelious(K)

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K = 2.00736645$$

INTERPRETACION: De acuerdo al resultado del parámetro de forma 2.00 por lo tanto podemos decir que los Tiempos de concentración son mayores, la cuenca se encuentra propenso acrecientes.

Perímetro de la Cuenca: 140 Km

#### 3.2.- Rectángulo Equivalente:

$$\text{Lado Mayor} = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K} \right)^2} \right) = 64.04572837$$

$$\text{Lado Menor} = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K} \right)^2} \right) = 5.954271629$$

área comprobado 381.3456634

Cuadro N° 02 del anexo02  
dimensiones y área de rectángulo

|         | A (Km2)    | Li (Km)     |
|---------|------------|-------------|
| 2800    | 0          | 0           |
| 2920    | 5.83960412 | 0.980741976 |
| 2920.83 | 11.4210376 | 1.918125055 |
| 3041.67 | 18.5120522 | 3.109037228 |
| 3162.5  | 24.4213274 | 4.10148023  |
| 3283.33 | 35.5172245 | 5.964999028 |
| 3404.17 | 41.5346845 | 6.975611307 |
| 3525    | 36.8370599 | 6.186660968 |
| 3645.83 | 36.5015929 | 6.130320407 |
| 3766.67 | 41.8134412 | 7.022427565 |
| 3887.5  | 57.678013  | 9.686829317 |
| 4250    | 71.2696262 | 11.96949529 |

#### 3.3.- Factor Forma:

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

$$\frac{381.3456634}{(\text{long. más largo})^2} \quad F_f = 0.961037079$$

$$F_f = 0.961037079$$

INTERPRETACION: El factor de forma tiende 0.9610 este valor nos indica, mayor tendencia a concentrar la intensidad de lluvia por ser una cuenca de mayor superficie redonda

#### 4.- PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO

Cuadro N°03 del anexo 02 perfil longitudinal del rio

| Progresiva | Long. Tramo(m) | Cota    | Desnivel | S           | 1/(S)^0.5   |
|------------|----------------|---------|----------|-------------|-------------|
| Km 0+000   | 0              | 2800    |          |             |             |
| Km 5+200   | 5883.503656    | 2920    | 120      | 0.02039601  | 7.002085199 |
| Km 5+300   | 14435.72323    | 2920.83 | 0.83     | 5.74963E-05 | 131.8803914 |
| Km 5+400   | 19342.27283    | 3041.67 | 120.84   | 0.006247456 | 12.65168569 |
| Km 5+500   | 22951.8556     | 3162.5  | 120.83   | 0.005264498 | 13.78229412 |
| Km 5+600   | 26470.60483    | 3283.33 | 120.83   | 0.004564686 | 14.8011188  |
| Km 5+700   | 28648.855      | 3404.17 | 120.84   | 0.00421797  | 15.39743135 |
| Km 5+800   | 30715.46128    | 3525    | 120.83   | 0.003933849 | 15.94377413 |
| Km 5+900   | 33445.40349    | 3645.83 | 120.83   | 0.003612754 | 16.63722278 |
| Km 6+000   | 36245.72092    | 3766.67 | 120.84   | 0.003333911 | 17.319008   |
| Km 6+100   | 38543.99162    | 3887.5  | 120.83   | 0.00313486  | 17.86039076 |
| Km 6+200   | 41632.58273    | 4250    | 362.5    | 0.008707123 | 10.71673943 |
|            | 0              |         |          |             |             |
| Total      |                |         |          |             | 273.9921416 |

##### 4.1.- Pendiente del Río

$$S = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

S = 0.001611793  
(Según Taylor y Schwarz)

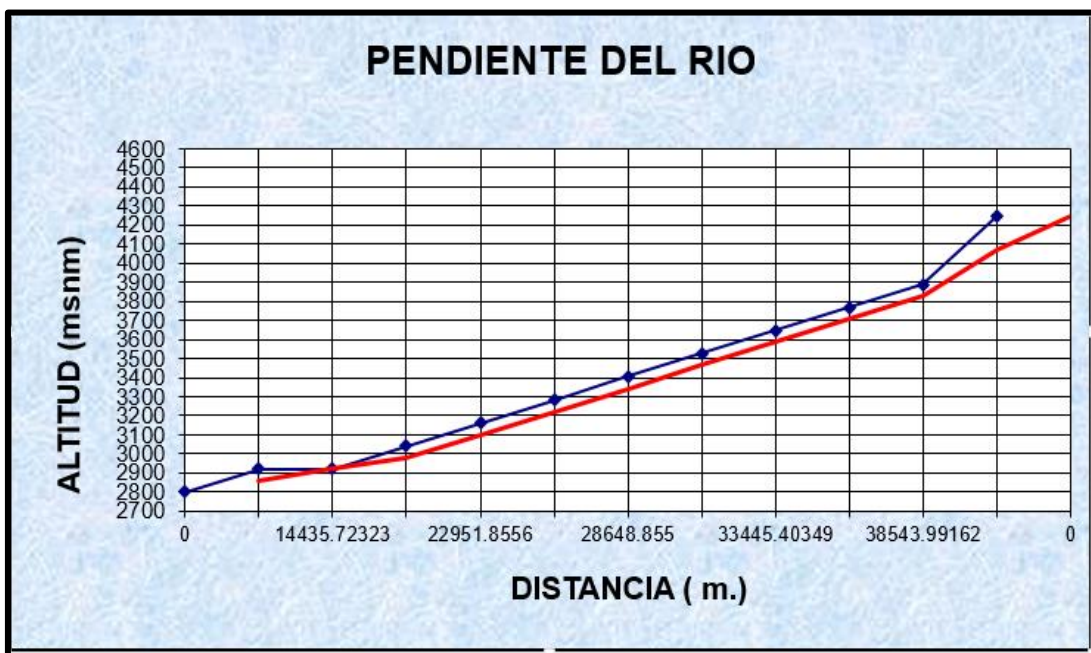


Figura N°03 del Anexo 2 perfil y pendiente de rio Yucaes



## 5.- PARAMETROS RELACIONADOS CON LA RED HIDROGRÁFICA

### 5.1.- Densidad de Drenaje:

$$D_d = \frac{L_i}{A}$$

L = Long.Total Ríos (Km) =  
A = Área Cuenca

130.66  
381.3456634

Dd = 0.342628782

**INTERPRETACION:** este valor (Dd = 0.047348) indica que la cuenca esta medianamente drenada

$$Fr = \frac{N^{\circ} \text{cauces}}{A}$$

### 5.2.- Frecuencia de los Ríos:

$$E_s = \frac{A}{4 L_i}$$

Nº Cauces = 13  
Fr = 0.034089807

### 5.3.- Extensión media del Esguerrimiento Superficial (Es):

Es = 0.729652655

### 5.4.- Tiempo de Concentración (Tc)"hr" ,

Segú Kirpich:

L=Km longitud en del cauce más largo hasta la sección considerada en el estudio  
H=m/m diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca en metros."

$$T_c = \left( \frac{0.87 L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Tc = 1.820821665

### 5.5.- Grado de ramificación u orden de los ríos.

|                       |   |   |
|-----------------------|---|---|
| Ríos de Primer Orden  | : | 7 |
| Ríos de segundo Orden | : | 4 |
| Ríos de tercer Orden  | : | 2 |

## 6.- OTROS PARAMETROS :

### 6.1 -Índice de Pendiente (Ip)

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_t}$$

$$\frac{1}{\sqrt{L}}$$

$$I_p = \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})} \frac{1}{\sqrt{L}}$$

$$I_p =$$

0.124955367

Cuadro N°04 del anexo 2 Índice pendiente cuenca Yucaes

| Ai          | Bi = Ai/At  | ai - ai-1 | Bi* (ai -Ai-1) | Raíz (4)    | 5 * 1/(L)^0.5 |
|-------------|-------------|-----------|----------------|-------------|---------------|
| 1           | 2           | 3         | 4              | 5           | 6             |
| 0           | 0           | 0         | 0              | 0           | 0             |
| 5.83960412  | 0.293152817 | 2800      | 820.827889     | 28.65009405 | 3.579983025   |
| 11.4210376  | 0.573345261 | 120       | 68.8014313     | 8.29466282  | 1.036462639   |
| 18.5120522  | 0.929319887 | 0.83      | 0.77133551     | 0.878257085 | 0.109742937   |
| 24.4213274  | 1.22597025  | 120.84    | 148.146245     | 12.17153421 | 1.520898527   |
| 35.5172245  | 1.782993197 | 120.83    | 215.439068     | 14.67784276 | 1.834075233   |
| 41.5346845  | 2.085074523 | 120.83    | 251.939555     | 15.8726039  | 1.983367051   |
| 36.8370599  | 1.849249994 | 120.84    | 223.463369     | 14.94869122 | 1.867919203   |
| 36.5015929  | 1.832409281 | 120.83    | 221.410013     | 14.8798526  | 1.859317447   |
| 41.8134412  | 2.099068334 | 120.83    | 253.630427     | 15.92577869 | 1.990011526   |
| 57.678013   | 2.895482579 | 120.84    | 349.890115     | 18.7053499  | 2.337333867   |
| 71.2696262  | 3.577792481 | 120.83    | 432.304665     | 20.79193751 | 2.598064189   |
| Pendiente = |             |           |                |             | 20.71717564   |

### 6.2.- Pendiente de la Cuenca

$$H = 1450$$

$$\Delta S = \frac{H}{L} * 100$$

$$S = \frac{H}{L}$$

$$L = 41632.58273$$

$$3.482849021 \%$$

$$S = 0.03482849$$

## Cuadro N°05 del anexo 02



PROYECTO ESPECIAL "RIO CACHI"  
DIRECCION DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
UNIDAD DE HIDROLOGIA

SISTEMA SISMET

## CUADRO N° 01

## PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

ESTACION : ALLPACHACA      DISTRITO : CHIARA      579163 ALTITUD : 13°23'29,82'S  
CODIGO : 008      PROVINCIA : HUAMANGA      8519439 LATITUD : 74°16'07,86"O  
DEPARTAMENTO : AYACUCHO      LONGITUD : 3541 msnm

| AÑO          | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | TOTAL  | PPMAX |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
| 1992         | 45.7 | 22.2 | 19.6 | 17.0 | 0.0  | 3.9  | 11.7 | 1.3  | 0.0  | 18.3 | 3.9  | 45.7 | 189.30 | 45.70 |
| 1993         | 27.4 | 28.7 | 57.4 | 17.0 | 18.3 | 3.9  | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 18.3 | 13.1 | 31.3 | 246.60 | 57.40 |
| 1994         | 14.4 | 35.9 | 18.3 | 18.3 | 14.4 | 1.3  | 0.0  | 3.9  | 9.1  | 5.2  | 13.1 | 14.2 | 148.10 | 35.90 |
| 1995         | 20.2 | 34.5 | 34.1 | 17.6 | 5.5  | 2.2  | 8.5  | 1.3  | 10.3 | 29.2 | 21.4 | 15.8 | 200.60 | 34.50 |
| 1996         | 38.1 | 27.7 | 31.5 | 12.0 | 4.7  | 1.8  | 2.3  | 8.0  | 8.5  | 20.4 | 10.4 | 21.0 | 186.40 | 38.10 |
| 1997         | 26.1 | 17.0 | 28.3 | 7.8  | 4.2  | 0.0  | 2.5  | 11.0 | 14.2 | 6.0  | 20.2 | 22.8 | 160.10 | 28.30 |
| 1998         | 35.2 | 12.5 | 20.9 | 10.4 | 1.3  | 4.4  | 0.0  | 9.7  | 7.2  | 8.9  | 9.4  | 20.6 | 140.50 | 35.20 |
| 1999         | 21.1 | 18.8 | 14.6 | 11.5 | 7.4  | 3.7  | 3.9  | 6.6  | 20.4 | 7.5  | 13.9 | 11.1 | 140.50 | 21.10 |
| 2000         | 26.8 | 41.9 | 17.3 | 8.0  | 21.5 | 8.3  | 7.4  | 22.5 | 6.8  | 15.4 | 11.5 | 18.5 | 205.90 | 41.90 |
| 2001         | 26.5 | 20.5 | 28.5 | 8.8  | 11.7 | 3.0  | 4.9  | 10.6 | 8.1  | 8.1  | 18.2 | 19.3 | 168.20 | 28.50 |
| 2002         | 20.0 | 20.3 | 28.5 | 9.0  | 3.2  | 2.2  | 10.3 | 4.7  | 10.7 | 12.5 | 19.3 | 27.2 | 167.93 | 28.50 |
| 2003         | 25.4 | 12.9 | 19.0 | 12.8 | 14.3 | 0.0  | 2.0  | 6.8  | 11.4 | 4.6  | 8.5  | 24.3 | 142.00 | 25.40 |
| 2004         | 28.2 | 23.0 | 22.0 | 19.0 | 5.0  | 19.0 | 16.0 | 6.0  | 36.0 | 1.8  | 14.1 | 23.2 | 213.30 | 36.00 |
| 2005         | 15.6 | 21.2 | 25.8 | 7.9  | 2.5  | 0.0  | 7.0  | 15.2 | 23.7 | 10.5 | 10.5 | 27.6 | 167.50 | 27.60 |
| 2006         | 25.4 | 24.2 | 28.2 | 12.6 | 0.0  | 2.9  | 0.0  | 7.0  | 4.1  | 22.5 | 18.2 | 16.1 | 161.20 | 28.20 |
| 2007         | 17.3 | 30.0 | 43.5 | 8.0  | 12.8 | 0.0  | 3.7  | 0.0  | 5.3  | 8.8  | 10.5 | 28.5 | 168.40 | 43.50 |
| 2008         | 16.6 | 26.0 | 28.9 | 4.8  | 13.4 | 5.4  | 1.4  | 1.5  | 22.5 | 21.2 | 17.0 | 17.5 | 176.20 | 28.90 |
| 2009         | 19.1 | 28.0 | 12.8 | 17.3 | 6.0  | 0.0  | 6.0  | 3.0  | 1.5  | 16.3 | 15.0 | 14.8 | 139.80 | 28.00 |
| 2010         | 37.4 | 28.5 | 20.0 | 8.5  | 7.0  | 0.4  | 5.9  | 6.0  | 11.8 | 13.2 | 4.0  | 25.6 | 168.30 | 37.40 |
| 2011         | 23.0 | 41.3 | 13.0 | 20.6 | 4.2  | 0.0  | 10.2 | 2.2  | 7.6  | 6.0  | 13.8 | 11.4 | 153.30 | 41.30 |
| 2012         | 26.6 | 33.2 | 27.3 | 28.0 | 2.0  | 11.0 | 3.0  | 0.0  | 3.4  | 32.3 | 11.5 | 45.2 | 223.50 | 45.20 |
| 2013         | 19.2 | 21.2 | 15.0 | 7.0  | 27.2 | 10.2 | 7.0  | 14.0 | 3.0  | 15.1 | 10.5 | 23.6 | 173.00 | 27.20 |
| 2014         | 19.0 | 28.0 | 14.0 | 15.0 | 19.0 | 16.0 | 6.0  | 5.2  | 14.2 | 6.2  | 13.8 | 23.5 | 179.90 | 28.00 |
| <b>MEDIA</b> | 25.0 | 26.0 | 24.7 | 13.0 | 8.9  | 4.3  | 5.7  | 6.8  | 10.9 | 13.4 | 13.1 | 23.0 | 174.81 | 25.98 |

Cuadro N°06 del anexo 02



PROYECTO ESPECIAL "RIO CACHI"  
DIRECCION DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
UNIDAD DE HIDROLOGIA

SISTEMA SISMET

**CUADRO N° 02**

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)**

ESTACIÓN : CUCHOQUESERA  
CODIGO : 007

DISTRITO : CHUSCHI 571177 LATITUD : 13°25'50" S  
PROVINCIA : CANGALLO 8515155 LONGITUD : 74°20'33" W  
DEPARTAMENTO : AYACUCHO ALTITUD : 3740 msnm

| AÑO          | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | TOTAL  | PPMAX |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
| 1992         | 10.8 | 25.7 | 27.0 | 10.8 | 0.0  | 8.1  | 10.8 | 17.6 | 4.1  | 23.0 | 17.6 | 18.9 | 174.40 | 27.00 |
| 1993         | 24.3 | 31.1 | 21.6 | 16.2 | 12.2 | 2.0  | 8.8  | 7.4  | 6.8  | 16.2 | 16.2 | 23.0 | 185.80 | 31.10 |
| 1994         | 16.2 | 20.3 | 12.2 | 27.0 | 5.4  | 2.0  | 0.0  | 0.0  | 2.7  | 2.7  | 16.2 | 10.8 | 115.50 | 27.00 |
| 1995         | 23.9 | 33.8 | 39.8 | 9.6  | 2.0  | 3.5  | 2.7  | 2.7  | 14.9 | 3.4  | 11.5 | 27.0 | 174.80 | 39.80 |
| 1996         | 35.2 | 23.0 | 17.6 | 18.9 | 9.5  | 4.1  | 1.4  | 10.1 | 2.0  | 11.5 | 16.2 | 19.6 | 169.10 | 35.20 |
| 1997         | 28.4 | 27.7 | 19.6 | 12.2 | 5.4  | 0.0  | 0.7  | 16.9 | 21.0 | 16.9 | 14.9 | 21.6 | 185.30 | 28.40 |
| 1998         | 27.0 | 25.7 | 15.5 | 20.3 | 1.4  | 4.7  | 0.0  | 4.1  | 8.8  | 8.1  | 16.2 | 17.6 | 149.40 | 27.00 |
| 1999         | 16.9 | 42.6 | 17.6 | 18.3 | 2.7  | 3.4  | 3.4  | 2.7  | 15.5 | 16.2 | 13.5 | 22.0 | 174.80 | 42.60 |
| 2000         | 23.7 | 27.7 | 23.7 | 10.1 | 19.6 | 17.6 | 4.7  | 3.4  | 13.5 | 17.6 | 11.5 | 43.9 | 217.00 | 43.94 |
| 2001         | 27.0 | 37.9 | 30.4 | 11.5 | 30.4 | 1.4  | 2.7  | 5.4  | 6.8  | 5.4  | 18.9 | 25.9 | 203.69 | 37.86 |
| 2002         | 20.3 | 18.9 | 21.6 | 8.1  | 6.5  | 3.4  | 22.3 | 9.0  | 21.9 | 23.0 | 8.7  | 39.3 | 203.02 | 39.34 |
| 2003         | 23.3 | 15.8 | 18.6 | 8.6  | 4.8  | 0.0  | 1.3  | 10.6 | 11.4 | 7.4  | 11.1 | 14.8 | 127.70 | 23.30 |
| 2004         | 7.8  | 30.3 | 18.8 | 5.4  | 2.1  | 4.6  | 10.2 | 3.2  | 19.7 | 10.0 | 12.4 | 14.7 | 139.20 | 30.30 |
| 2005         | 19.1 | 20.6 | 16.9 | 9.8  | 0.0  | 0.0  | 6.7  | 10.0 | 19.9 | 19.3 | 12.9 | 30.6 | 165.82 | 30.60 |
| 2006         | 27.1 | 36.0 | 23.1 | 12.3 | 4.2  | 3.6  | 4.0  | 22.7 | 6.5  | 16.4 | 15.3 | 23.4 | 194.60 | 36.00 |
| 2007         | 25.2 | 22.1 | 24.3 | 16.8 | 3.3  | 0.0  | 3.5  | 5.1  | 5.7  | 13.8 | 15.5 | 18.9 | 154.20 | 25.20 |
| 2008         | 24.0 | 26.2 | 20.8 | 9.4  | 6.5  | 4.9  | 2.5  | 0.6  | 14.0 | 10.1 | 9.6  | 14.6 | 143.21 | 26.20 |
| 2009         | 18.7 | 21.4 | 11.6 | 12.1 | 11.8 | 2.0  | 21.8 | 6.1  | 9.7  | 21.0 | 13.6 | 17.5 | 167.30 | 21.80 |
| 2010         | 27.4 | 28.4 | 14.1 | 14.7 | 2.7  | 0.4  | 3.2  | 3.5  | 10.4 | 8.2  | 3.5  | 11.5 | 128.00 | 28.40 |
| 2011         | 25.0 | 34.0 | 12.4 | 20.3 | 2.0  | 1.5  | 6.8  | 4.2  | 7.6  | 17.3 | 14.6 | 24.2 | 169.90 | 34.00 |
| 2012         | 17.2 | 40.3 | 29.2 | 15.7 | 3.5  | 3.3  | 0.9  | 0.2  | 6.2  | 11.8 | 13.9 | 22.0 | 164.20 | 40.30 |
| 2013         | 55.6 | 16.2 | 13.4 | 8.0  | 23.0 | 10.7 | 4.5  | 9.1  | 4.1  | 14.1 | 16.2 | 23.5 | 198.40 | 55.60 |
| 2014         | 38.0 | 41.4 | 43.0 | 30.6 | 13.8 | 5.8  | 6.0  | 6.3  | 19.8 | 19.2 | 15.0 | 21.2 | 260.10 | 43.00 |
| <b>MEDIA</b> | 24.4 | 28.1 | 21.4 | 14.2 | 7.5  | 3.8  | 5.6  | 7.0  | 11.0 | 13.6 | 13.7 | 22.0 | 172.41 | 28.13 |

Cuadro N°07 del anexo 02



PROYECTO ESPECIAL "RIO CACHI"  
DIRECCION DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
UNIDAD DE HIDROLOGIA

SISTEMA SISMET

**CUADRO N° 03**

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)**

ESTACION : TAMBILLO      DISTRITO : TAMBILLO      596832 ALTITUD : 13°13'06,72"S  
CODIGO : 002      PROVINCIA : HUAMANGA      8538525 LATITUD : 74°06'22,68"O  
REGION : AYACUCHO      LONGITUD : 3328msnm

| AÑO          | ENE   | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | TOTAL  | PPMAX |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
| 1992         | 21.2  | 35.3 | 24.4 | 17.5 | 3.1  | 11.1 | 10.0 | 15.5 | 12.7 | 12.8 | 14.0 | 14.0 | 191.63 | 35.30 |
| 1993         | 30.0  | 37.9 | 15.3 | 16.5 | 5.6  | 7.0  | 5.9  | 9.1  | 21.0 | 10.8 | 19.6 | 25.9 | 204.56 | 37.90 |
| 1994         | 21.4  | 27.4 | 52.2 | 25.2 | 2.1  | 4.5  | 10.0 | 6.0  | 5.3  | 7.8  | 16.1 | 18.2 | 196.20 | 52.20 |
| 1995         | 16.2  | 16.5 | 17.4 | 24.5 | 5.3  | 1.0  | 7.8  | 4.5  | 7.3  | 16.1 | 16.0 | 22.4 | 155.00 | 24.50 |
| 1996         | 21.7  | 15.4 | 28.3 | 14.1 | 7.0  | 1.4  | 0.3  | 8.1  | 12.2 | 17.9 | 8.5  | 14.4 | 149.30 | 28.30 |
| 1997         | 21.3  | 41.7 | 19.9 | 14.8 | 2.8  | 0.0  | 3.1  | 12.2 | 15.1 | 23.5 | 27.7 | 27.0 | 209.10 | 41.70 |
| 1998         | 31.2  | 24.9 | 21.4 | 18.5 | 2.1  | 8.4  | 0.0  | 0.6  | 16.8 | 13.4 | 7.6  | 15.1 | 160.00 | 31.20 |
| 1999         | 28.6  | 20.9 | 16.5 | 5.3  | 0.3  | 1.6  | 1.8  | 0.0  | 12.1 | 8.5  | 14.4 | 26.9 | 136.90 | 28.60 |
| 2000         | 15.1  | 41.5 | 16.4 | 5.2  | 20.8 | 9.8  | 16.6 | 1.3  | 3.4  | 16.0 | 7.3  | 14.8 | 168.09 | 41.47 |
| 2001         | 22.1  | 13.3 | 28.0 | 11.3 | 16.0 | 5.3  | 11.3 | 7.2  | 5.2  | 11.1 | 48.5 | 9.1  | 188.24 | 48.49 |
| 2002         | 17.2  | 28.1 | 41.1 | 12.5 | 6.6  | 1.8  | 13.3 | 5.5  | 13.9 | 8.5  | 12.0 | 23.8 | 184.12 | 41.08 |
| 2003         | 21.5  | 38.4 | 17.0 | 19.5 | 5.4  | 0.0  | 0.0  | 14.3 | 4.0  | 1.9  | 4.6  | 25.5 | 152.10 | 38.40 |
| 2004         | 12.2  | 27.9 | 14.5 | 6.3  | 5.6  | 2.4  | 15.8 | 5.5  | 14.2 | 15.3 | 22.4 | 25.2 | 167.30 | 27.90 |
| 2005         | 29.2  | 18.0 | 47.0 | 8.3  | 0.2  | 0.0  | 3.5  | 1.5  | 8.2  | 12.5 | 14.2 | 26.4 | 169.00 | 47.00 |
| 2006         | 21.5  | 13.5 | 20.2 | 18.2 | 1.5  | 1.5  | 0.0  | 6.7  | 3.8  | 20.5 | 8.0  | 10.2 | 125.60 | 21.50 |
| 2007         | 17.16 | 17.7 | 20.4 | 27.0 | 2.5  | 0.0  | 14.7 | 1.0  | 8.2  | 19.5 | 10.1 | 24.4 | 162.76 | 27.04 |
| 2008         | 14.69 | 17.7 | 17.6 | 3.5  | 4.6  | 2.0  | 0.0  | 0.9  | 8.1  | 6.8  | 9.6  | 18.3 | 103.75 | 18.33 |
| 2009         | 25.4  | 21.1 | 15.6 | 19.1 | 12.9 | 0.0  | 4.2  | 0.2  | 6.6  | 8.2  | 17.2 | 17.6 | 148.10 | 25.40 |
| 2010         | 25.5  | 13.0 | 19.9 | 7.1  | 5.2  | 0.0  | 0.0  | 7.5  | 6.3  | 14.2 | 7.8  | 21.1 | 127.60 | 25.50 |
| 2011         | 28.1  | 41.6 | 25.7 | 18.7 | 11.2 | 4.0  | 6.6  | 2.2  | 14.3 | 8.3  | 25.8 | 28.6 | 215.10 | 41.60 |
| 2012         | 28.4  | 26.4 | 25.1 | 17.9 | 1.7  | 10.1 | 0.6  | 2.9  | 13.2 | 13.9 | 27.1 | 25.2 | 192.50 | 28.40 |
| 2013         | 23.9  | 13.6 | 30.7 | 16.0 | 8.7  | 2.1  | 8.0  | 10.1 | 3.4  | 24.8 | 27.7 | 23.9 | 192.90 | 30.70 |
| 2014         | 29.8  | 21.5 | 34.1 | 11.2 | 5.5  | 0.0  | 6.5  | 0.8  | 21.5 | 20.0 | 18.7 | 25.2 | 194.80 | 34.10 |
| <b>MEDIA</b> | 22.8  | 24.9 | 24.7 | 14.7 | 5.9  | 3.2  | 6.1  | 5.4  | 10.3 | 13.6 | 16.7 | 21.0 | 169.33 | 24.92 |

Cuadro N°08 del anexo 02



PROYECTO ESPECIAL "RIO CACHI"  
DIRECCION DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
UNIDAD DE HIDROLOGIA

SISTEMA SISMET

**CUADRO N° 04**

**PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)**

ESTACION : CHONTACA      DISTRITO : ACOCRO      605502 ALTITUD : 3°17'44,28"S  
CODIGO : 010      PROVINCIA : HUAMANGA      8529965 LATITUD : 74°01'33,54"O  
REGION : AYACUCHO      LONGITUD : 3497msnm

| AÑO          | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | TOTAL  | PPMAX |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
| 1992         | 21.6 | 25.7 | 14.2 | 7.4  | 0.7  | 4.7  | 0.7  | 14.2 | 1.4  | 8.1  | 0.0  | 8.1  | 106.80 | 25.70 |
| 1993         | 20.3 | 10.8 | 17.6 | 24.3 | 6.1  | 4.1  | 16.2 | 12.2 | 13.5 | 8.8  | 17.6 | 18.9 | 170.40 | 24.30 |
| 1994         | 31.1 | 19.6 | 20.3 | 9.5  | 3.4  | 4.7  | 0.0  | 3.4  | 10.8 | 22.3 | 14.2 | 20.4 | 159.70 | 31.10 |
| 1995         | 26.8 | 25.0 | 30.7 | 10.0 | 4.3  | 2.2  | 3.1  | 2.3  | 3.0  | 22.7 | 19.9 | 18.9 | 168.90 | 30.70 |
| 1996         | 10.8 | 29.2 | 34.9 | 23.4 | 6.2  | 0.5  | 0.0  | 10.8 | 8.9  | 11.5 | 25.4 | 16.1 | 177.70 | 34.90 |
| 1997         | 26.8 | 26.9 | 17.6 | 11.0 | 4.2  | 0.0  | 1.6  | 12.8 | 11.1 | 17.8 | 17.8 | 18.9 | 166.50 | 26.90 |
| 1998         | 20.6 | 25.8 | 23.4 | 14.1 | 5.7  | 17.0 | 0.0  | 0.0  | 8.9  | 20.0 | 7.3  | 17.8 | 160.60 | 25.80 |
| 1999         | 15.4 | 17.6 | 18.5 | 11.9 | 5.1  | 0.7  | 1.4  | 0.0  | 13.2 | 10.0 | 20.6 | 20.0 | 134.40 | 20.60 |
| 2000         | 27.3 | 25.4 | 17.6 | 13.7 | 4.1  | 6.8  | 8.4  | 4.3  | 7.7  | 24.1 | 8.4  | 19.2 | 166.84 | 27.31 |
| 2001         | 27.0 | 13.4 | 21.8 | 12.2 | 20.3 | 12.4 | 8.7  | 9.7  | 10.5 | 14.1 | 16.2 | 11.5 | 177.79 | 27.04 |
| 2002         | 16.8 | 23.9 | 20.8 | 11.1 | 9.1  | 2.4  | 20.7 | 5.1  | 10.1 | 14.1 | 36.8 | 17.8 | 188.72 | 36.77 |
| 2003         | 12.6 | 31.6 | 20.1 | 7.3  | 5.1  | 0.1  | 0.0  | 14.8 | 4.6  | 11.8 | 26.8 | 18.4 | 153.15 | 31.60 |
| 2004         | 11.4 | 18.1 | 4.8  | 3.1  | 1.2  | 2.8  | 8.7  | 5.7  | 14.5 | 4.0  | 9.5  | 18.0 | 101.80 | 18.10 |
| 2005         | 24.2 | 18.0 | 13.3 | 4.5  | 0.0  | 0.0  | 4.7  | 1.1  | 7.1  | 11.4 | 7.6  | 19.6 | 111.50 | 24.20 |
| 2006         | 16.5 | 19.4 | 21.1 | 13.6 | 1.8  | 4.0  | 0.0  | 3.5  | 7.0  | 20.6 | 14.1 | 16.3 | 137.90 | 21.10 |
| 2007         | 8.2  | 17.5 | 30.5 | 14.8 | 2.0  | 1.2  | 10.0 | 2.2  | 2.5  | 16.5 | 11.2 | 19.7 | 136.30 | 30.50 |
| 2008         | 25.4 | 25.1 | 19.0 | 24.7 | 8.0  | 3.9  | 0.0  | 4.0  | 5.7  | 8.6  | 15.6 | 8.8  | 148.80 | 25.40 |
| 2009         | 12.1 | 21.9 | 27.5 | 16.4 | 9.2  | 0.0  | 5.6  | 3.5  | 3.2  | 7.0  | 13.3 | 15.6 | 135.30 | 27.50 |
| 2010         | 27   | 17.4 | 20.0 | 8.7  | 5.3  | 0.0  | 2.1  | 10.0 | 2.5  | 8.1  | 9.0  | 34.7 | 144.80 | 34.70 |
| 2011         | 19   | 31.3 | 32.0 | 14.2 | 9.6  | 5.8  | 4.0  | 2.1  | 8.0  | 8.0  | 23.8 | 26.6 | 184.40 | 32.00 |
| 2012         | 23.0 | 21.3 | 16.7 | 15.0 | 3.2  | 7.0  | 3.0  | 6.4  | 5.0  | 13.0 | 13.0 | 21.0 | 147.60 | 23.00 |
| 2013         | 17.5 | 28.5 | 14.0 | 4.5  | 10.4 | 2.5  | 7.5  | 20.6 | 2.1  | 20.3 | 17.1 | 26.3 | 171.30 | 28.50 |
| 2014         | 29.6 | 28.2 | 21.6 | 15.7 | 12.0 | 0.1  | 4.0  | 1.6  | 10.4 | 20.2 | 18.5 | 22.9 | 184.80 | 29.60 |
| <b>MEDIA</b> | 20.5 | 22.7 | 20.8 | 12.7 | 6.0  | 3.6  | 4.8  | 6.5  | 7.5  | 14.0 | 15.8 | 18.9 | 153.74 | 22.68 |

## ANALISIS GRAFICO DE PRECIPITACION MAXIMA DE 24 HORAS

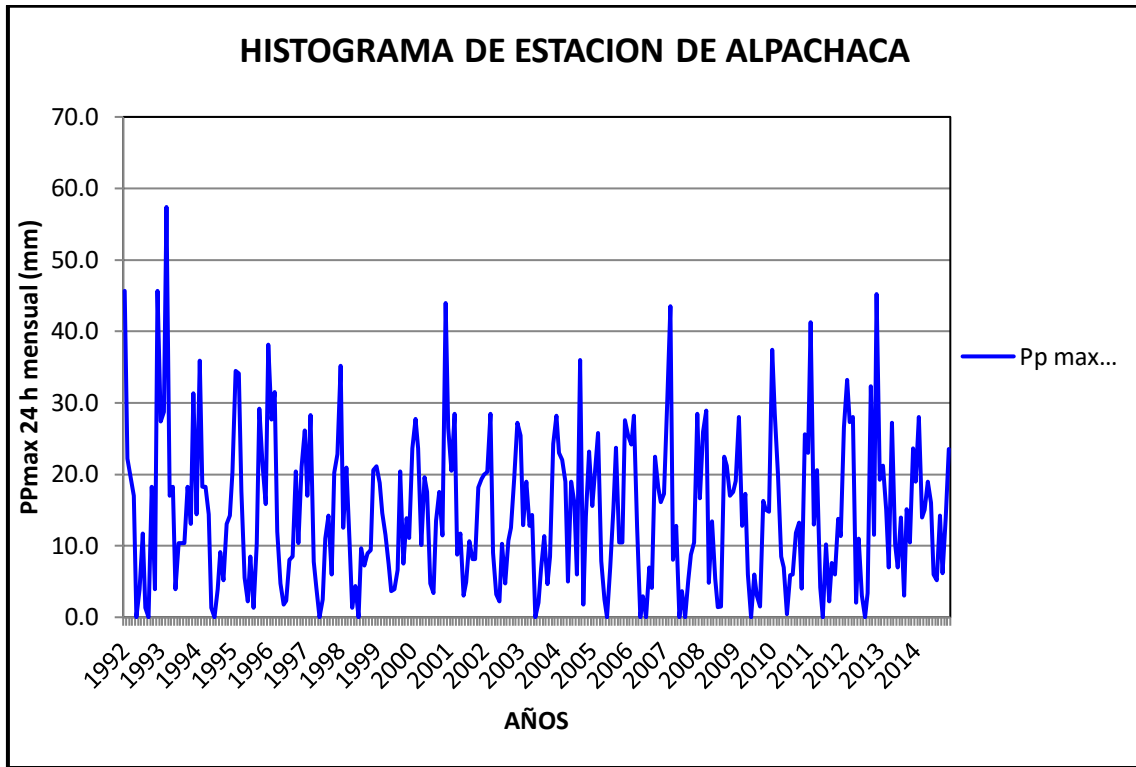


Figura N°04 del anexo 02

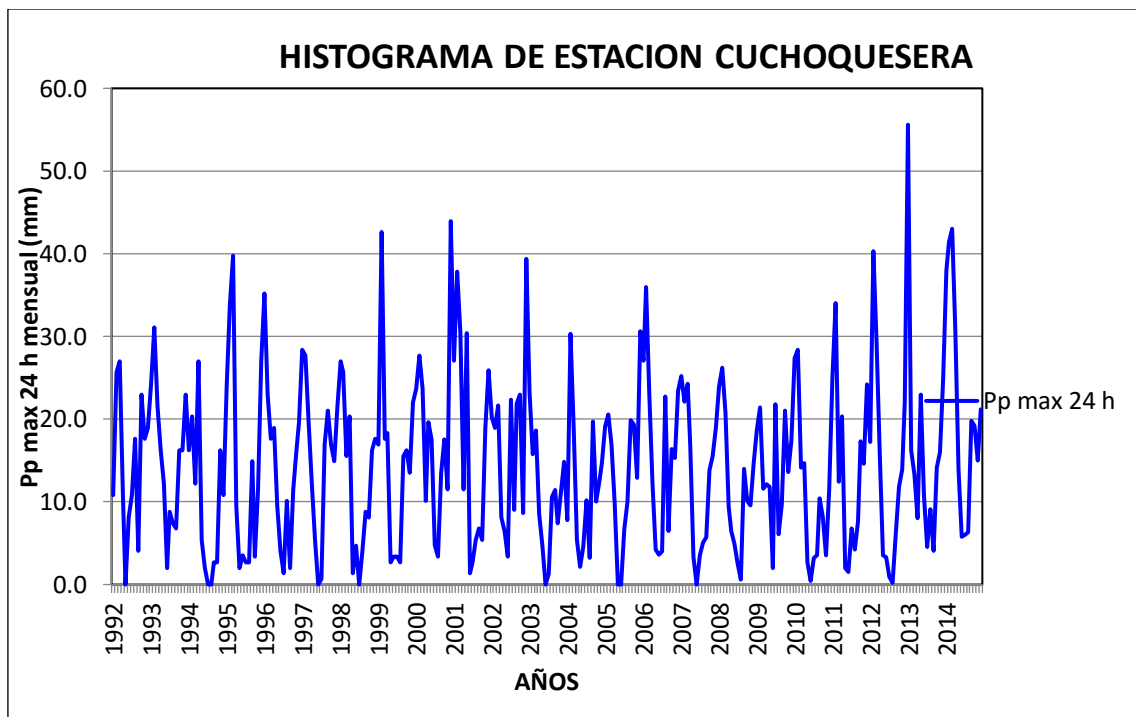


Figura N°05 del anexo 02

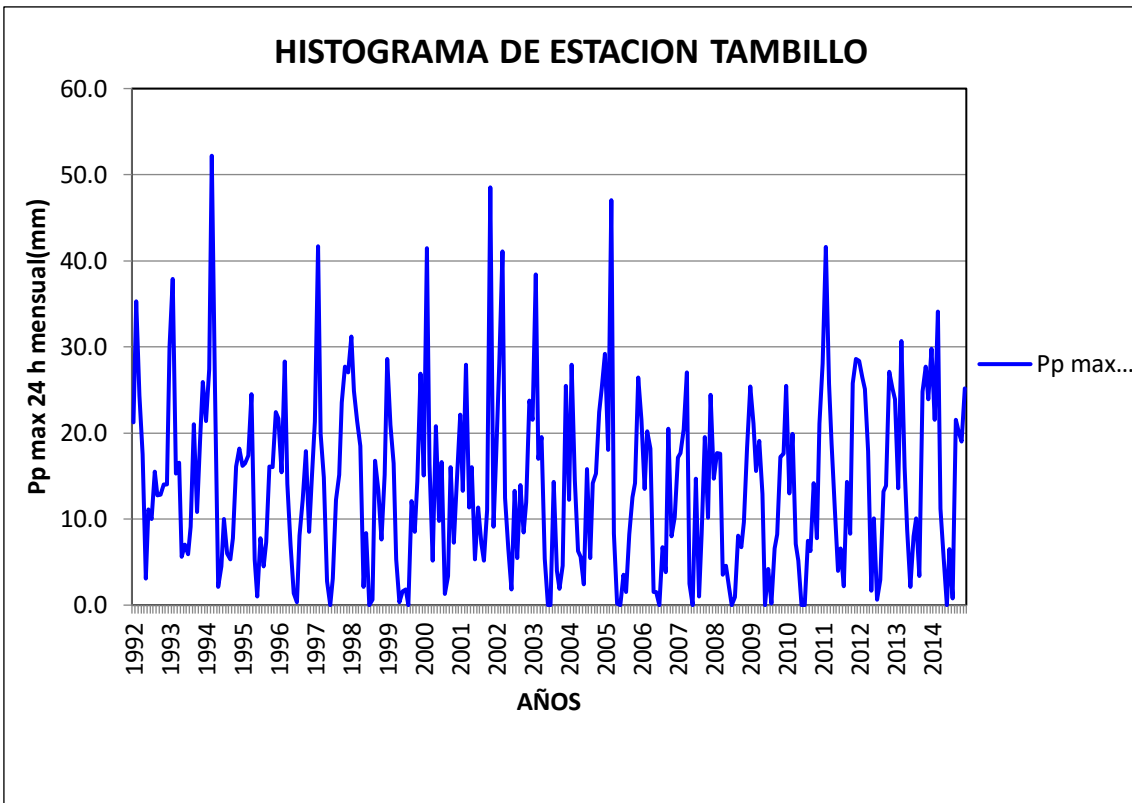


Figura N°06 del anexo 02

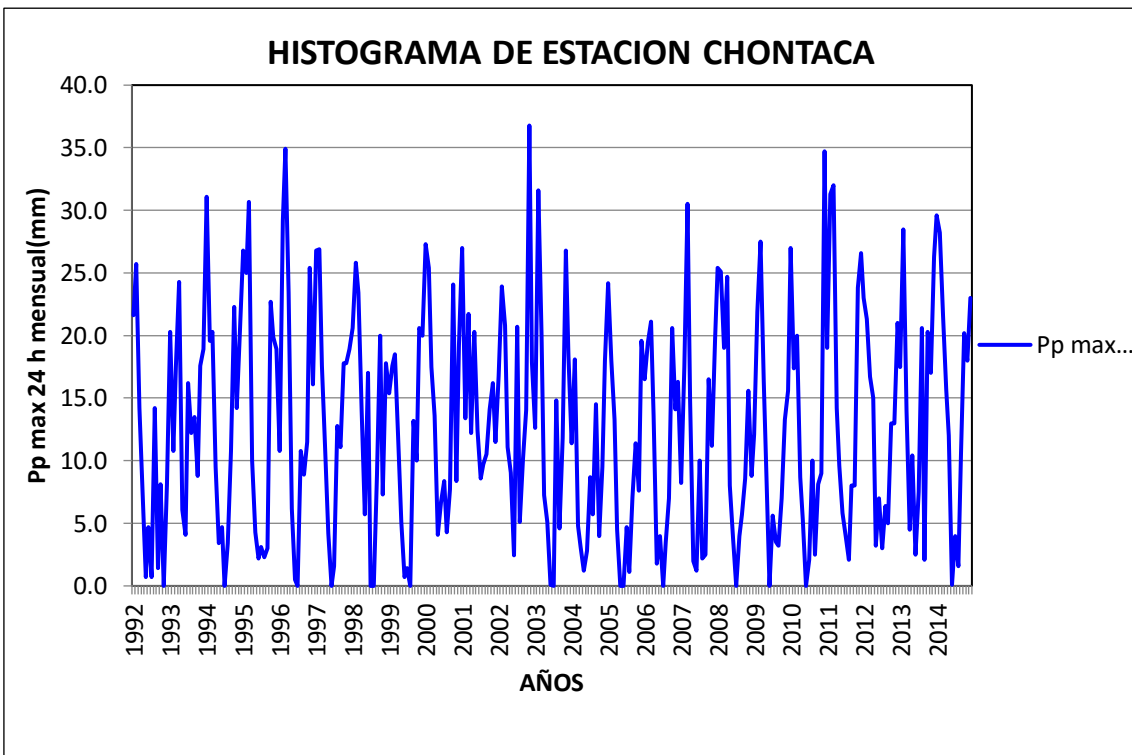


Figura N°07 del anexo 02



**EXTRAPOLACION DE DATOS DE PRECIPITACION MAX. EN 24 HORAS  
SEGÚN LA ECUACION DE LA DISTRIBUCION DE LOG PIRSON III DE 2  
PARAMETROS**

| Tr<br>(años) | Pp max 24<br>h (mm) |
|--------------|---------------------|
| 2            | 27.7                |
| 5            | 31.8                |
| 10           | 33.9                |
| 25           | 36.2                |
| 50           | 37.6                |
| 100          | 38.8                |
| 200          | 40.0                |
| 500          | 41.3                |

| Tr  | Gumbel | LPIII |
|-----|--------|-------|
| 2   | 27.0   | 27.7  |
| 5   | 31.5   | 31.8  |
| 10  | 34.5   | 33.9  |
| 25  | 38.3   | 36.2  |
| 50  | 41.1   | 37.6  |
| 100 | 43.9   | 38.8  |
| 200 | 46.7   | 40.0  |
| 500 | 50.3   | 41.3  |

**CUADRO N°09 DEL ANEXO 2 PRECIPITACION TOTAL -CHONTACA (mm) (Pd)**

| Tr<br>(años) | Pmax<br>24<br>horas | Duración (min) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|---------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              |                     | 30             | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   | 330   |
| 500          | 41.29               | 15.69          | 18.65 | 20.65 | 22.18 | 23.46 | 24.55 | 25.52 | 26.38 | 27.17 | 27.90 | 28.57 |
| 200          | 39.95               | 15.18          | 18.05 | 19.98 | 21.46 | 22.70 | 23.75 | 24.69 | 25.53 | 26.29 | 26.99 | 27.64 |
| 100          | 38.83               | 14.75          | 17.54 | 19.42 | 20.86 | 22.06 | 23.09 | 24.00 | 24.81 | 25.55 | 26.23 | 26.87 |
| 50           | 37.57               | 14.27          | 16.97 | 18.79 | 20.19 | 21.34 | 22.34 | 23.22 | 24.01 | 24.72 | 25.38 | 25.99 |
| 25           | 36.15               | 13.73          | 16.33 | 18.08 | 19.42 | 20.54 | 21.49 | 22.34 | 23.10 | 23.79 | 24.42 | 25.01 |
| 10           | 33.91               | 12.88          | 15.32 | 16.96 | 18.22 | 19.26 | 20.16 | 20.96 | 21.67 | 22.31 | 22.91 | 23.46 |
| 5            | 31.77               | 12.07          | 14.35 | 15.89 | 17.07 | 18.05 | 18.89 | 19.63 | 20.30 | 20.91 | 21.46 | 21.98 |
| 2            | 27.67               | 10.51          | 12.50 | 13.84 | 14.87 | 15.72 | 16.45 | 17.10 | 17.68 | 18.21 | 18.69 | 19.14 |

**CUADRO N°10 DEL ANEXO 2 PRECIPITACION TOTAL -CHONTACA AFECTADO  
POR FACTOR DE CORRECCION**

| Tr<br>(años) | Ppmax<br>24<br>horas | Duración (min) |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
|--------------|----------------------|----------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              |                      | 30             | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210   | 240   | 270   | 300   | 330   |
| 500          | 41.29                | 3.45           | 4.66 | 5.78 | 6.88 | 8.09 | 9.33 | 10.46 | 11.61 | 12.77 | 13.95 | 15.14 |
| 200          | 39.95                | 3.34           | 4.51 | 5.59 | 6.65 | 7.83 | 9.03 | 10.12 | 11.23 | 12.36 | 13.50 | 14.65 |
| 100          | 38.83                | 3.25           | 4.39 | 5.44 | 6.47 | 7.61 | 8.77 | 9.84  | 10.92 | 12.01 | 13.12 | 14.24 |
| 50           | 37.57                | 3.14           | 4.24 | 5.26 | 6.26 | 7.36 | 8.49 | 9.52  | 10.56 | 11.62 | 12.69 | 13.78 |
| 25           | 36.15                | 3.02           | 4.08 | 5.06 | 6.02 | 7.09 | 8.17 | 9.16  | 10.16 | 11.18 | 12.21 | 13.26 |
| 10           | 33.91                | 2.83           | 3.83 | 4.75 | 5.65 | 6.65 | 7.66 | 8.59  | 9.53  | 10.49 | 11.45 | 12.43 |
| 5            | 31.77                | 2.66           | 3.59 | 4.45 | 5.29 | 6.23 | 7.18 | 8.05  | 8.93  | 9.83  | 10.73 | 11.65 |

**CUADRO N°11 DEL ANEXO 2 INTENSIDADES MAXIMAS -  
CHONTACA(mm/h)**

| Tr<br>(años)   | Ppmax<br>24<br>horas | Duración (min) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|----------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                |                      | 30             | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  |
| Tr=500<br>años | 41.29                | 6.90           | 4.66 | 3.85 | 3.44 | 3.24 | 3.11 | 2.99 | 2.90 | 2.84 | 2.79 | 2.75 |
| Tr=200<br>años | 39.95                | 6.68           | 4.51 | 3.73 | 3.33 | 3.13 | 3.01 | 2.89 | 2.81 | 2.75 | 2.70 | 2.66 |
| Tr=100<br>años | 38.83                | 6.49           | 4.39 | 3.62 | 3.23 | 3.04 | 2.92 | 2.81 | 2.73 | 2.67 | 2.62 | 2.59 |
| Tr=50<br>años  | 37.57                | 6.28           | 4.24 | 3.51 | 3.13 | 2.95 | 2.83 | 2.72 | 2.64 | 2.58 | 2.54 | 2.50 |
| Tr=25<br>años  | 36.15                | 6.04           | 4.08 | 3.37 | 3.01 | 2.83 | 2.72 | 2.62 | 2.54 | 2.48 | 2.44 | 2.41 |
| Tr=10<br>años  | 33.91                | 5.67           | 3.83 | 3.16 | 2.82 | 2.66 | 2.55 | 2.45 | 2.38 | 2.33 | 2.29 | 2.26 |
| Tr=5<br>años   | 31.77                | 5.31           | 3.59 | 2.97 | 2.65 | 2.49 | 2.39 | 2.30 | 2.23 | 2.18 | 2.15 | 2.12 |
| Tr=2años       | 27.67                | 4.63           | 3.13 | 2.58 | 2.30 | 2.17 | 2.08 | 2.00 | 1.94 | 1.90 | 1.87 | 1.84 |

Calculo de la lluvia máxima .Modelo de Dick y  
Pesckhe

$$P_d = P_{24h} \left[ \frac{d}{1440} \right]^{0.25}$$

$$I = \frac{P_d}{d}$$

Donde:

- Pd= Precipitación total (mm)  
duración
- d= (mm)  
Precipitación máxima en 24
- P24h= horas (mm)  
Intensidad máxima
- I= (mm/h)

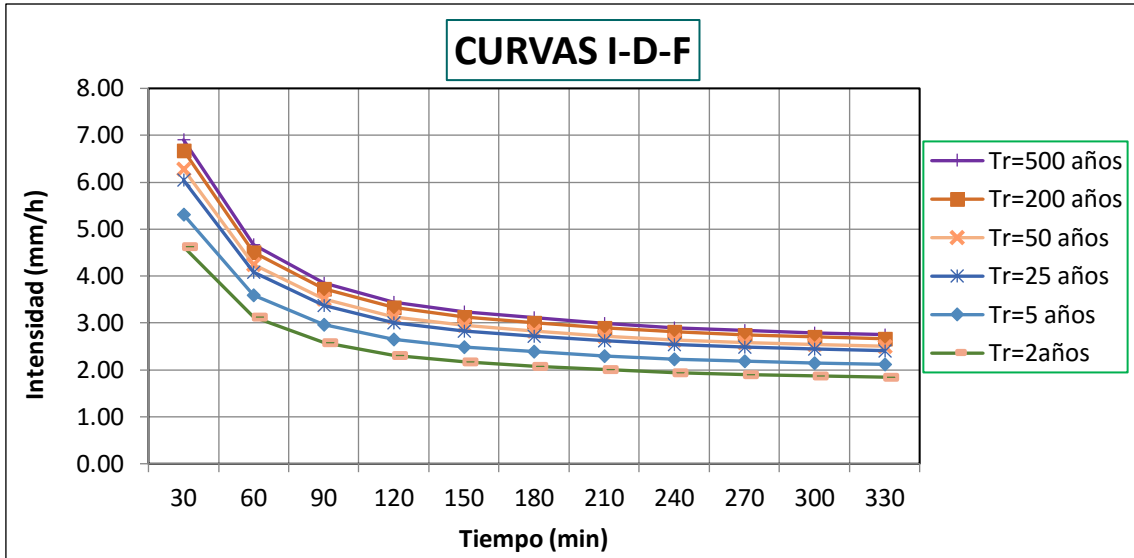


Figura N°08 del anexo 2 Curvas I-D-F

**ANEXO N° 2: INTENSIDADES MAXIMAS DE DISEÑO POR LA FORMULAS IILA-SENAMHI-UNI**

$$I_{(t,T)} = a(1 + K \log T_r)(t + b)^{n-1} (mm/h)$$

< 3Hrs

- 123,
- Red hidrológica :  
 a : 13.5 Parámetro de intensidad (mm)  
 K : 0.553 Parámetro de frecuencia  
 n : 0.232 Parámetro de duración  
 b : 0.4 Parámetro (hora)  
 t : Duración (horas)  
 Tr : Tiempo de retorno (años)  
 I : Intensidad de lluvia(mm/h)

Cuadro N°12 del anexo

| Duración (min) | Duración (hr) | Periodo de retorno (años) |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|---------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                |               | 2                         | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   |
| 2              | 0.033         | 29.93                     | 35.58 | 39.85 | 45.50 | 49.77 | 54.04 | 58.31 | 63.96 |
| 20             | 0.333         | 19.98                     | 23.75 | 26.60 | 30.37 | 33.23 | 36.08 | 38.93 | 42.70 |
| 40             | 0.667         | 14.99                     | 17.81 | 19.95 | 22.78 | 24.92 | 27.06 | 29.19 | 32.02 |
| 60             | 1.000         | 12.16                     | 14.46 | 16.19 | 18.49 | 20.22 | 21.96 | 23.69 | 25.99 |
| 80             | 1.333         | 10.32                     | 12.27 | 13.74 | 15.69 | 17.16 | 18.64 | 20.11 | 22.06 |
| 100            | 1.667         | 9.02                      | 10.72 | 12.01 | 13.71 | 14.99 | 16.28 | 17.57 | 19.27 |
| 120            | 2.000         | 8.04                      | 9.56  | 10.70 | 12.22 | 13.37 | 14.51 | 15.66 | 17.18 |
| 140            | 2.333         | 7.27                      | 8.65  | 9.69  | 11.06 | 12.10 | 13.13 | 14.17 | 15.55 |
| 160            | 2.667         | 6.66                      | 7.92  | 8.87  | 10.12 | 11.07 | 12.02 | 12.97 | 14.23 |
| 180            | 3.000         | 6.15                      | 7.31  | 8.19  | 9.35  | 10.23 | 11.11 | 11.99 | 13.15 |

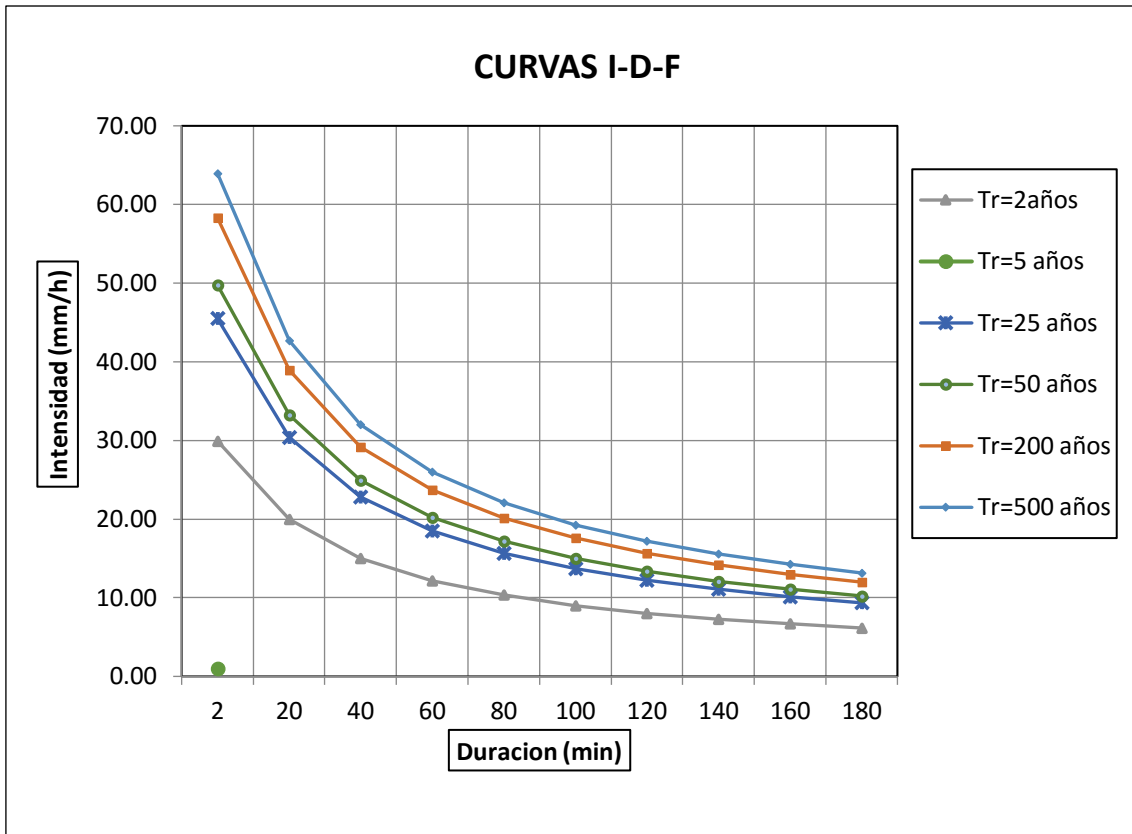


Figura N°09 del anexo 2 Curvas I-D-F

### ANEXO N° 2: INTENSIDADES MAXIMAS DE DISEÑO POR LA FORMULAS IILA-SENAMHI-UNI

$$I_{(t,T)} = a(1 + K \log T_r)(t)^{n-1} (\text{mm/h})$$

> 3Hrs

|                 |   |                  |                            |
|-----------------|---|------------------|----------------------------|
|                 | : | 123 <sub>9</sub> |                            |
| Red hidrológica | : |                  | Parámetro de intensidad    |
| a               | : | 13.5             | (mm)                       |
| K               | : | 0.553            | Parámetro de frecuencia    |
| n               | : | 0.232            | Parámetro de duración      |
| t               | : |                  | Duración (horas)           |
| Tr              | : |                  | Tiempo de retorno (años)   |
| I               | : |                  | Intensidad de lluvia(mm/h) |

Cuadro N°13 del anexo 2

| Duración<br>(min) | Duración<br>(hr) | Periodo de retorno (años) |      |      |      |       |       |       |       |
|-------------------|------------------|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                   |                  | 2                         | 5    | 10   | 25   | 50    | 100   | 200   | 500   |
| 200               | 3.33             | 6.25                      | 7.42 | 8.32 | 9.49 | 10.39 | 11.28 | 12.17 | 13.35 |
| 220               | 3.67             | 5.81                      | 6.90 | 7.73 | 8.82 | 9.65  | 10.48 | 11.31 | 12.41 |
| 240               | 4.00             | 5.43                      | 6.45 | 7.23 | 8.25 | 9.03  | 9.80  | 10.58 | 11.60 |
| 260               | 4.33             | 5.11                      | 6.07 | 6.80 | 7.76 | 8.49  | 9.22  | 9.95  | 10.91 |
| 280               | 4.67             | 4.82                      | 5.73 | 6.42 | 7.33 | 8.02  | 8.71  | 9.40  | 10.31 |
| 300               | 5.00             | 4.58                      | 5.44 | 6.09 | 6.95 | 7.61  | 8.26  | 8.91  | 9.78  |
| 320               | 5.33             | 4.35                      | 5.18 | 5.80 | 6.62 | 7.24  | 7.86  | 8.48  | 9.30  |
| 340               | 5.67             | 4.16                      | 4.94 | 5.53 | 6.32 | 6.91  | 7.50  | 8.10  | 8.88  |
| 360               | 6.00             | 3.98                      | 4.73 | 5.30 | 6.05 | 6.61  | 7.18  | 7.75  | 8.50  |
| 380               | 6.33             | 3.82                      | 4.54 | 5.08 | 5.80 | 6.34  | 6.89  | 7.43  | 8.15  |
| 400               | 6.67             | 3.67                      | 4.36 | 4.88 | 5.58 | 6.10  | 6.62  | 7.15  | 7.84  |
| 420               | 7.00             | 3.53                      | 4.20 | 4.70 | 5.37 | 5.87  | 6.38  | 6.88  | 7.55  |
| 440               | 7.33             | 3.41                      | 4.05 | 4.54 | 5.18 | 5.67  | 6.16  | 6.64  | 7.28  |
| 460               | 7.67             | 3.29                      | 3.92 | 4.39 | 5.01 | 5.48  | 5.95  | 6.42  | 7.04  |
| 480               | 8.00             | 3.19                      | 3.79 | 4.25 | 4.85 | 5.30  | 5.76  | 6.21  | 6.81  |
| 500               | 8.33             | 3.09                      | 3.67 | 4.11 | 4.70 | 5.14  | 5.58  | 6.02  | 6.60  |
| 520               | 8.67             | 3.00                      | 3.56 | 3.99 | 4.56 | 4.99  | 5.41  | 5.84  | 6.41  |
| 540               | 9.00             | 2.91                      | 3.46 | 3.88 | 4.43 | 4.84  | 5.26  | 5.68  | 6.22  |
| 560               | 9.33             | 2.83                      | 3.37 | 3.77 | 4.31 | 4.71  | 5.11  | 5.52  | 6.05  |
| 580               | 9.67             | 2.76                      | 3.28 | 3.67 | 4.19 | 4.58  | 4.98  | 5.37  | 5.89  |
| 600               | 10.00            | 2.69                      | 3.19 | 3.58 | 4.08 | 4.47  | 4.85  | 5.23  | 5.74  |
| 620               | 10.33            | 2.62                      | 3.11 | 3.49 | 3.98 | 4.36  | 4.73  | 5.10  | 5.60  |
| 640               | 10.67            | 2.56                      | 3.04 | 3.40 | 3.89 | 4.25  | 4.62  | 4.98  | 5.46  |
| 660               | 11.00            | 2.50                      | 2.97 | 3.32 | 3.80 | 4.15  | 4.51  | 4.86  | 5.34  |
| 680               | 11.33            | 2.44                      | 2.90 | 3.25 | 3.71 | 4.06  | 4.41  | 4.75  | 5.21  |
| 700               | 11.67            | 2.39                      | 2.84 | 3.18 | 3.63 | 3.97  | 4.31  | 4.65  | 5.10  |
| 720               | 12.00            | 2.34                      | 2.78 | 3.11 | 3.55 | 3.88  | 4.22  | 4.55  | 4.99  |
| 740               | 12.33            | 2.29                      | 2.72 | 3.04 | 3.48 | 3.80  | 4.13  | 4.46  | 4.89  |
| 760               | 12.67            | 2.24                      | 2.66 | 2.98 | 3.41 | 3.73  | 4.05  | 4.37  | 4.79  |
| 780               | 13.00            | 2.20                      | 2.61 | 2.92 | 3.34 | 3.65  | 3.97  | 4.28  | 4.69  |
| 800               | 13.33            | 2.15                      | 2.56 | 2.87 | 3.27 | 3.58  | 3.89  | 4.20  | 4.60  |
| 820               | 13.67            | 2.11                      | 2.51 | 2.81 | 3.21 | 3.51  | 3.82  | 4.12  | 4.52  |
| 840               | 14.00            | 2.07                      | 2.47 | 2.76 | 3.15 | 3.45  | 3.75  | 4.04  | 4.43  |
| 860               | 14.33            | 2.04                      | 2.42 | 2.71 | 3.10 | 3.39  | 3.68  | 3.97  | 4.35  |
| 880               | 14.67            | 2.00                      | 2.38 | 2.67 | 3.04 | 3.33  | 3.61  | 3.90  | 4.28  |
| 900               | 15.00            | 1.97                      | 2.34 | 2.62 | 2.99 | 3.27  | 3.55  | 3.83  | 4.20  |
| 920               | 15.33            | 1.93                      | 2.30 | 2.58 | 2.94 | 3.22  | 3.49  | 3.77  | 4.13  |
| 940               | 15.67            | 1.90                      | 2.26 | 2.53 | 2.89 | 3.16  | 3.44  | 3.71  | 4.07  |
| 960               | 16.00            | 1.87                      | 2.23 | 2.49 | 2.85 | 3.11  | 3.38  | 3.65  | 4.00  |
| 980               | 16.33            | 1.84                      | 2.19 | 2.45 | 2.80 | 3.06  | 3.33  | 3.59  | 3.94  |
| 1000              | 16.67            | 1.81                      | 2.16 | 2.42 | 2.76 | 3.02  | 3.28  | 3.54  | 3.88  |
| 1020              | 17.00            | 1.79                      | 2.12 | 2.38 | 2.72 | 2.97  | 3.23  | 3.48  | 3.82  |
| 1040              | 17.33            | 1.76                      | 2.09 | 2.34 | 2.68 | 2.93  | 3.18  | 3.43  | 3.76  |
| 1060              | 17.67            | 1.74                      | 2.06 | 2.31 | 2.64 | 2.89  | 3.13  | 3.38  | 3.71  |

Continuación del cuadro N° 13

|      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1080 | 18.00 | 1.71 | 2.03 | 2.28 | 2.60 | 2.84 | 3.09 | 3.33 | 3.66 |
| 1100 | 18.33 | 1.69 | 2.00 | 2.25 | 2.56 | 2.80 | 3.05 | 3.29 | 3.60 |
| 1120 | 18.67 | 1.66 | 1.98 | 2.21 | 2.53 | 2.77 | 3.00 | 3.24 | 3.55 |
| 1140 | 19.00 | 1.64 | 1.95 | 2.18 | 2.49 | 2.73 | 2.96 | 3.20 | 3.51 |
| 1160 | 19.33 | 1.62 | 1.92 | 2.16 | 2.46 | 2.69 | 2.92 | 3.15 | 3.46 |
| 1180 | 19.67 | 1.60 | 1.90 | 2.13 | 2.43 | 2.66 | 2.89 | 3.11 | 3.41 |
| 1200 | 20.00 | 1.58 | 1.88 | 2.10 | 2.40 | 2.62 | 2.85 | 3.07 | 3.37 |
| 1220 | 20.33 | 1.56 | 1.85 | 2.07 | 2.37 | 2.59 | 2.81 | 3.03 | 3.33 |
| 1240 | 20.67 | 1.54 | 1.83 | 2.05 | 2.34 | 2.56 | 2.78 | 3.00 | 3.29 |
| 1260 | 21.00 | 1.52 | 1.81 | 2.02 | 2.31 | 2.53 | 2.74 | 2.96 | 3.25 |
| 1280 | 21.33 | 1.50 | 1.78 | 2.00 | 2.28 | 2.50 | 2.71 | 2.92 | 3.21 |
| 1300 | 21.67 | 1.48 | 1.76 | 1.98 | 2.26 | 2.47 | 2.68 | 2.89 | 3.17 |
| 1320 | 22.00 | 1.47 | 1.74 | 1.95 | 2.23 | 2.44 | 2.65 | 2.86 | 3.13 |
| 1340 | 22.33 | 1.45 | 1.72 | 1.93 | 2.20 | 2.41 | 2.62 | 2.82 | 3.10 |
| 1360 | 22.67 | 1.43 | 1.70 | 1.91 | 2.18 | 2.38 | 2.59 | 2.79 | 3.06 |
| 1380 | 23.00 | 1.42 | 1.68 | 1.89 | 2.15 | 2.36 | 2.56 | 2.76 | 3.03 |
| 1400 | 23.33 | 1.40 | 1.67 | 1.87 | 2.13 | 2.33 | 2.53 | 2.73 | 2.99 |
| 1420 | 23.67 | 1.39 | 1.65 | 1.85 | 2.11 | 2.31 | 2.50 | 2.70 | 2.96 |
| 1440 | 24.00 | 1.37 | 1.63 | 1.83 | 2.08 | 2.28 | 2.48 | 2.67 | 2.93 |

Es continuación del cuadro anterior.

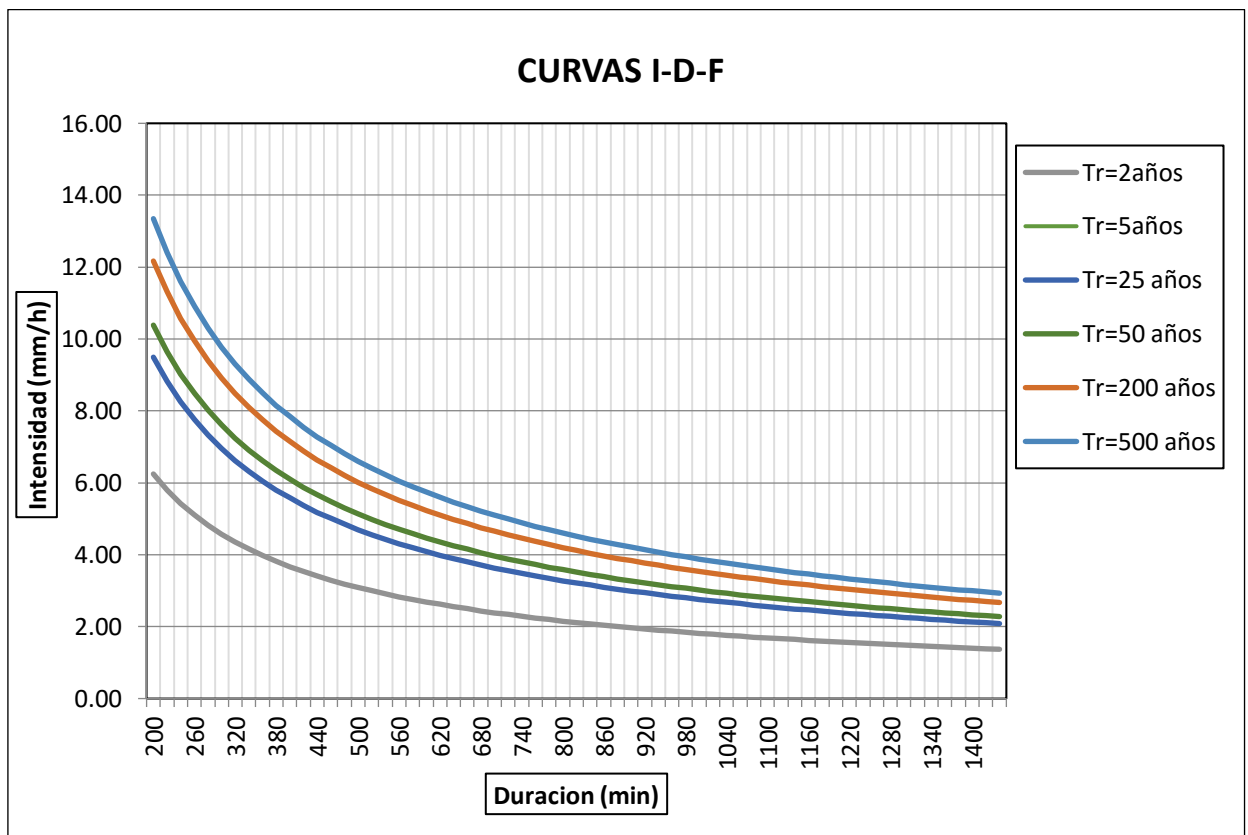


Figura N°10 del anexo 2 Curvas I-D-F

## INTENSIDADES MAXIMAS DE DISEÑO POR LA FORMULAS IILA-SENAMHI-UNI

$$I_{(t,T)} = a(1 + K \log T_r)(t + b)^{n-1} (mm/h)$$

< 3Hrs

|                 |      |                                   |
|-----------------|------|-----------------------------------|
|                 | 123, |                                   |
| Red hidrológica | :    |                                   |
| a               | :    | 13.5 Parámetro de intensidad (mm) |
| K               | :    | 0.553 Parámetro de frecuencia     |
| n               | :    | 0.232 Parámetro de duración       |
| b               | :    | 0.4 Parámetro (hora)              |
| t               | :    | Duración (horas)                  |
| Tr              | :    | Tiempo de retorno (años)          |
| I               | :    | Intensidad de lluvia(mm/h)        |

Cuadro N°14 del anexo 2

| Duración (min) | Duración (hr) | Periodo de retorno (años) |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|---------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                |               | 2                         | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   |
| 2              | 0.033         | 29.93                     | 35.58 | 39.85 | 45.50 | 49.77 | 54.04 | 58.31 | 63.96 |
| 5              | 0.083         | 27.52                     | 32.72 | 36.64 | 41.84 | 45.76 | 49.69 | 53.62 | 58.81 |
| 10             | 0.167         | 24.36                     | 28.95 | 32.43 | 37.03 | 40.50 | 43.98 | 47.45 | 52.05 |
| 15             | 0.250         | 21.92                     | 26.06 | 29.19 | 33.32 | 36.45 | 39.58 | 42.71 | 46.84 |
| 20             | 0.333         | 19.98                     | 23.75 | 26.60 | 30.37 | 33.23 | 36.08 | 38.93 | 42.70 |
| 25             | 0.417         | 18.40                     | 21.87 | 24.49 | 27.96 | 30.59 | 33.22 | 35.84 | 39.31 |
| 30             | 0.500         | 17.07                     | 20.30 | 22.73 | 25.95 | 28.39 | 30.83 | 33.26 | 36.49 |
| 35             | 0.583         | 15.95                     | 18.96 | 21.24 | 24.25 | 26.52 | 28.80 | 31.08 | 34.09 |
| 40             | 0.667         | 14.99                     | 17.81 | 19.95 | 22.78 | 24.92 | 27.06 | 29.19 | 32.02 |
| 45             | 0.750         | 14.14                     | 16.81 | 18.83 | 21.50 | 23.52 | 25.54 | 27.56 | 30.22 |
| 50             | 0.833         | 13.40                     | 15.93 | 17.85 | 20.38 | 22.29 | 24.20 | 26.11 | 28.64 |
| 55             | 0.917         | 12.75                     | 15.15 | 16.97 | 19.38 | 21.20 | 23.02 | 24.84 | 27.24 |
| 60             | 1.000         | 12.16                     | 14.46 | 16.19 | 18.49 | 20.22 | 21.96 | 23.69 | 25.99 |
| 45             | 0.750         | 14.14                     | 16.81 | 18.83 | 21.50 | 23.52 | 25.54 | 27.56 | 30.22 |

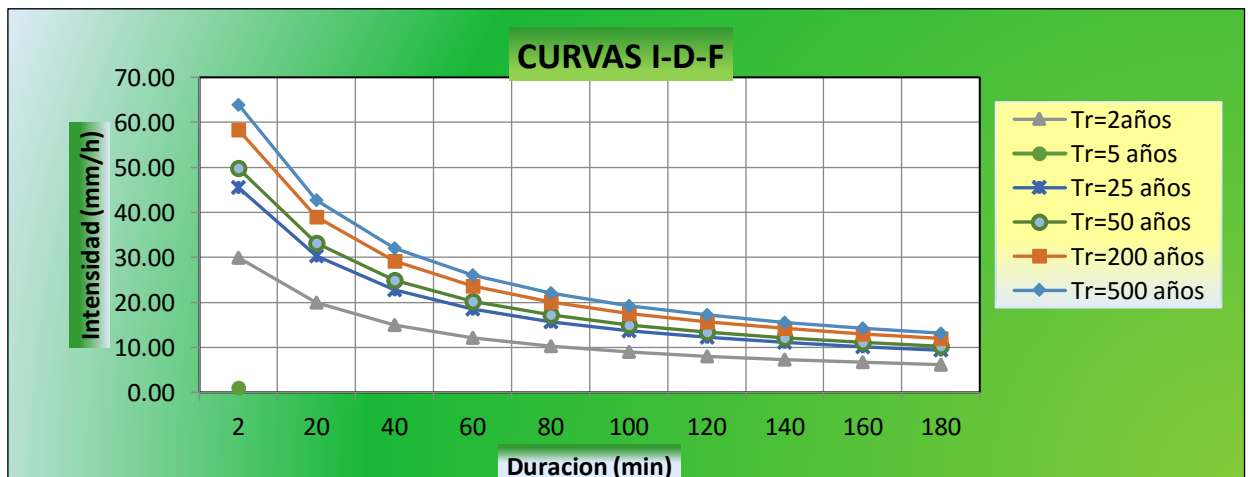


Figura N°11 del anexo del anexo 2

**ANEXO N° 3: CALCULO DE HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN  
DE DISEÑO**



## HIETOGRAMA DE PRESIPITACION DE DISEÑO

Hietograma de precipitación de diseño desarrollado en incrementos de 20 min, Para una tormenta, y 25 años de retorno en la estación de Chontaca utilizando el método de bloque alterno.

Cuadro N°01 del anexo 3

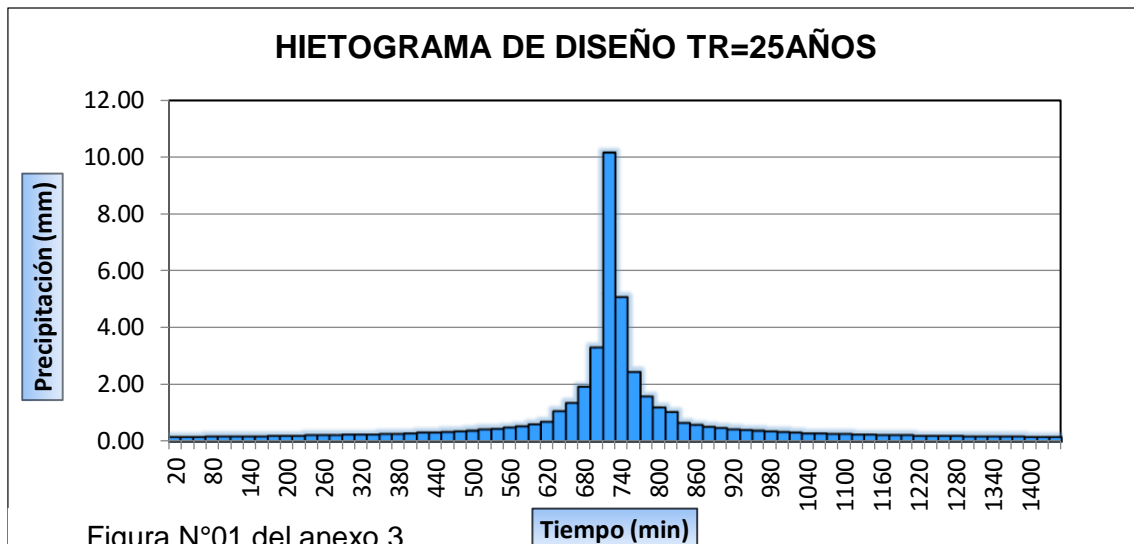
| Duración (min) | Intensidad (mm/h) | Profundidad acumulada (mm) | Profundidad incremental (mm) | Tiempo (min) | Precipitación (mm) |
|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|--------------|--------------------|
| 20             | 30.37             | 10.12                      | 10.12                        | 0-20         | 0.16               |
| 40             | 22.78             | 15.19                      | 5.06                         | 20-40        | 0.17               |
| 60             | 18.49             | 18.49                      | 3.30                         | 40-60        | 0.17               |
| 80             | 15.69             | 20.92                      | 2.43                         | 60-80        | 0.18               |
| 100            | 13.71             | 22.84                      | 1.93                         | 80-100       | 0.18               |
| 120            | 12.22             | 24.44                      | 1.59                         | 100-120      | 0.18               |
| 140            | 11.06             | 25.80                      | 1.36                         | 120-140      | 0.19               |
| 160            | 10.12             | 26.99                      | 1.19                         | 140-160      | 0.19               |
| 180            | 9.35              | 28.05                      | 1.06                         | 160-180      | 0.20               |
| 200            | 9.49              | 31.65                      | 1.05                         | 180-200      | 0.21               |
| 220            | 8.82              | 32.36                      | 0.71                         | 200-220      | 0.21               |
| 240            | 8.25              | 33.02                      | 0.66                         | 220-240      | 0.22               |
| 260            | 7.76              | 33.64                      | 0.62                         | 240-260      | 0.23               |
| 280            | 7.33              | 34.22                      | 0.58                         | 260-280      | 0.23               |
| 300            | 6.95              | 34.77                      | 0.55                         | 280-300      | 0.24               |
| 320            | 6.62              | 35.30                      | 0.52                         | 300-320      | 0.25               |
| 340            | 6.32              | 35.80                      | 0.50                         | 320-340      | 0.26               |
| 360            | 6.05              | 36.27                      | 0.48                         | 340-360      | 0.27               |
| 380            | 5.80              | 36.73                      | 0.46                         | 360-380      | 0.28               |
| 400            | 5.58              | 37.17                      | 0.44                         | 380-400      | 0.30               |
| 420            | 5.37              | 37.59                      | 0.42                         | 400-420      | 0.31               |
| 440            | 5.18              | 38.00                      | 0.41                         | 420-440      | 0.33               |
| 460            | 5.01              | 38.40                      | 0.39                         | 440-460      | 0.35               |
| 480            | 4.85              | 38.78                      | 0.38                         | 460-480      | 0.37               |
| 500            | 4.70              | 39.15                      | 0.37                         | 480-500      | 0.39               |
| 520            | 4.56              | 39.50                      | 0.36                         | 500-520      | 0.42               |
| 540            | 4.43              | 39.85                      | 0.35                         | 520-540      | 0.46               |
| 560            | 4.31              | 40.19                      | 0.34                         | 540-560      | 0.50               |
| 580            | 4.19              | 40.52                      | 0.33                         | 560-580      | 0.55               |
| 600            | 4.08              | 40.84                      | 0.32                         | 580-600      | 0.62               |
| 620            | 3.98              | 41.15                      | 0.31                         | 600-620      | 0.71               |
| 640            | 3.89              | 41.45                      | 0.30                         | 620-640      | 1.06               |
| 660            | 3.80              | 41.75                      | 0.30                         | 640-660      | 1.36               |
| 680            | 3.71              | 42.04                      | 0.29                         | 660-680      | 1.93               |
| 700            | 3.63              | 42.32                      | 0.28                         | 680-700      | 3.30               |
| 720            | 3.55              | 42.60                      | 0.28                         | 700-720      | 10.12              |
| 740            | 3.48              | 42.87                      | 0.27                         | 720-740      | 5.06               |

Continuación del Cuadro N°01

|      |      |       |      |           |      |
|------|------|-------|------|-----------|------|
| 760  | 3.41 | 43.14 | 0.27 | 740-760   | 2.43 |
| 780  | 3.34 | 43.40 | 0.26 | 760-780   | 1.59 |
| 800  | 3.27 | 43.66 | 0.26 | 780-800   | 1.19 |
| 820  | 3.21 | 43.91 | 0.25 | 800-820   | 1.05 |
| 840  | 3.15 | 44.15 | 0.25 | 820-840   | 0.66 |
| 860  | 3.10 | 44.39 | 0.24 | 840-860   | 0.58 |
| 880  | 3.04 | 44.63 | 0.24 | 860-880   | 0.52 |
| 900  | 2.99 | 44.87 | 0.23 | 880-900   | 0.48 |
| 920  | 2.94 | 45.09 | 0.23 | 900-920   | 0.44 |
| 940  | 2.89 | 45.32 | 0.23 | 920-940   | 0.41 |
| 960  | 2.85 | 45.54 | 0.22 | 940-960   | 0.38 |
| 980  | 2.80 | 45.76 | 0.22 | 960-980   | 0.36 |
| 1000 | 2.76 | 45.98 | 0.21 | 980-1000  | 0.34 |
| 1020 | 2.72 | 46.19 | 0.21 | 1000-1020 | 0.32 |
| 1040 | 2.68 | 46.40 | 0.21 | 1020-1040 | 0.30 |
| 1060 | 2.64 | 46.60 | 0.21 | 1040-1060 | 0.29 |
| 1080 | 2.60 | 46.80 | 0.20 | 1060-1080 | 0.28 |
| 1100 | 2.56 | 47.00 | 0.20 | 1080-1100 | 0.27 |
| 1120 | 2.53 | 47.20 | 0.20 | 1100-1120 | 0.26 |
| 1140 | 2.49 | 47.39 | 0.19 | 1120-1140 | 0.25 |
| 1160 | 2.46 | 47.59 | 0.19 | 1140-1160 | 0.24 |
| 1180 | 2.43 | 47.78 | 0.19 | 1160-1180 | 0.23 |
| 1200 | 2.40 | 47.96 | 0.19 | 1180-1200 | 0.22 |
| 1220 | 2.37 | 48.15 | 0.18 | 1200-1220 | 0.21 |
| 1240 | 2.34 | 48.33 | 0.18 | 1220-1240 | 0.21 |
| 1260 | 2.31 | 48.51 | 0.18 | 1240-1260 | 0.20 |
| 1280 | 2.28 | 48.69 | 0.18 | 1260-1280 | 0.20 |
| 1300 | 2.26 | 48.86 | 0.18 | 1280-1300 | 0.19 |
| 1320 | 2.23 | 49.03 | 0.17 | 1300-1320 | 0.19 |
| 1340 | 2.20 | 49.21 | 0.17 | 1320-1340 | 0.18 |
| 1360 | 2.18 | 49.38 | 0.17 | 1340-1360 | 0.18 |
| 1380 | 2.15 | 49.54 | 0.17 | 1360-1380 | 0.17 |
| 1400 | 2.13 | 49.71 | 0.17 | 1380-1400 | 0.17 |
| 1420 | 2.11 | 49.87 | 0.16 | 1400-1420 | 0.17 |
| 1440 | 2.08 | 50.03 | 0.16 | 1420-1440 | 0.16 |

Fuente: Elaboración propia

Continuación del cuadro anterior.



ANEXO N° 3: HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO DESARROLLADO EN INCREMENTOS DE 20min; PARA UNA TORMENTA DE 50 AÑOS Y 24 HORAS EN CHONTACA, UTILIZANDO EL METODO DE BLOQUE ALTERNO.

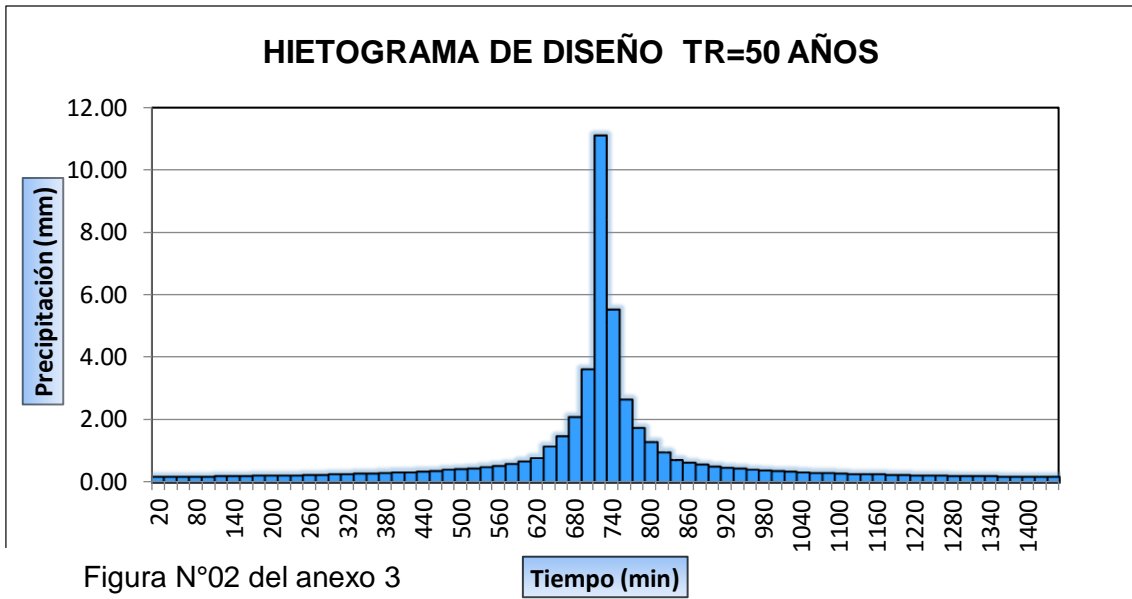
Cuadro N°02 del anexo 03

| Duración (min) | Intensidad (mm/h) | Profundidad acumulada (mm) | Profundidad incremental (mm) | Tiempo (min) | Precipitación (mm) |
|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|--------------|--------------------|
| 20             | 33.23             | 11.08                      | 11.08                        | 0-20         | 0.18               |
| 40             | 24.92             | 16.61                      | 5.54                         | 20-40        | 0.18               |
| 60             | 20.22             | 20.22                      | 3.61                         | 40-60        | 0.19               |
| 80             | 17.16             | 22.88                      | 2.66                         | 60-80        | 0.19               |
| 100            | 14.99             | 24.99                      | 2.11                         | 80-100       | 0.20               |
| 120            | 13.37             | 26.73                      | 1.74                         | 100-120      | 0.20               |
| 140            | 12.10             | 28.22                      | 1.49                         | 120-140      | 0.21               |
| 160            | 11.07             | 29.53                      | 1.30                         | 140-160      | 0.21               |
| 180            | 10.23             | 30.69                      | 1.16                         | 160-180      | 0.22               |
| 200            | 10.39             | 34.62                      | 0.97                         | 180-200      | 0.22               |
| 220            | 9.65              | 35.39                      | 0.77                         | 200-220      | 0.23               |
| 240            | 9.03              | 36.12                      | 0.72                         | 220-240      | 0.24               |
| 260            | 8.49              | 36.79                      | 0.68                         | 240-260      | 0.25               |
| 280            | 8.02              | 37.43                      | 0.64                         | 260-280      | 0.26               |
| 300            | 7.61              | 38.04                      | 0.60                         | 280-300      | 0.26               |
| 320            | 7.24              | 38.61                      | 0.57                         | 300-320      | 0.27               |
| 340            | 6.91              | 39.16                      | 0.55                         | 320-340      | 0.29               |
| 360            | 6.61              | 39.68                      | 0.52                         | 340-360      | 0.30               |
| 380            | 6.34              | 40.18                      | 0.50                         | 360-380      | 0.31               |
| 400            | 6.10              | 40.66                      | 0.48                         | 380-400      | 0.32               |
| 420            | 5.87              | 41.12                      | 0.46                         | 400-420      | 0.34               |
| 440            | 5.67              | 41.57                      | 0.45                         | 420-440      | 0.36               |
| 460            | 5.48              | 42.00                      | 0.43                         | 440-460      | 0.38               |
| 480            | 5.30              | 42.42                      | 0.42                         | 460-480      | 0.40               |
| 500            | 5.14              | 42.82                      | 0.40                         | 480-500      | 0.43               |

Continuación del Cuadro N°02

|      |      |       |      |           |       |
|------|------|-------|------|-----------|-------|
| 520  | 4.99 | 43.21 | 0.39 | 500-520   | 0.46  |
| 540  | 4.84 | 43.59 | 0.38 | 520-540   | 0.50  |
| 560  | 4.71 | 43.96 | 0.37 | 540-560   | 0.55  |
| 580  | 4.58 | 44.32 | 0.36 | 560-580   | 0.60  |
| 600  | 4.47 | 44.67 | 0.35 | 580-600   | 0.68  |
| 620  | 4.36 | 45.01 | 0.34 | 600-620   | 0.77  |
| 640  | 4.25 | 45.35 | 0.33 | 620-640   | 1.16  |
| 660  | 4.15 | 45.67 | 0.32 | 640-660   | 1.49  |
| 680  | 4.06 | 45.99 | 0.32 | 660-680   | 2.11  |
| 700  | 3.97 | 46.30 | 0.31 | 680-700   | 3.61  |
| 720  | 3.88 | 46.60 | 0.30 | 700-720   | 11.08 |
| 740  | 3.80 | 46.90 | 0.30 | 720-740   | 5.54  |
| 760  | 3.73 | 47.19 | 0.29 | 740-760   | 2.66  |
| 780  | 3.65 | 47.48 | 0.29 | 760-780   | 1.74  |
| 800  | 3.58 | 47.75 | 0.28 | 780-800   | 1.30  |
| 820  | 3.51 | 48.03 | 0.27 | 800-820   | 0.97  |
| 840  | 3.45 | 48.30 | 0.27 | 820-840   | 0.72  |
| 860  | 3.39 | 48.56 | 0.26 | 840-860   | 0.64  |
| 880  | 3.33 | 48.82 | 0.26 | 860-880   | 0.57  |
| 900  | 3.27 | 49.08 | 0.26 | 880-900   | 0.52  |
| 920  | 3.22 | 49.33 | 0.25 | 900-920   | 0.48  |
| 940  | 3.16 | 49.58 | 0.25 | 920-940   | 0.45  |
| 960  | 3.11 | 49.82 | 0.24 | 940-960   | 0.42  |
| 980  | 3.06 | 50.06 | 0.24 | 960-980   | 0.39  |
| 1000 | 3.02 | 50.29 | 0.24 | 980-1000  | 0.37  |
| 1020 | 2.97 | 50.52 | 0.23 | 1000-1020 | 0.35  |
| 1040 | 2.93 | 50.75 | 0.23 | 1020-1040 | 0.33  |
| 1060 | 2.89 | 50.98 | 0.22 | 1040-1060 | 0.32  |
| 1080 | 2.84 | 51.20 | 0.22 | 1060-1080 | 0.30  |
| 1100 | 2.80 | 51.42 | 0.22 | 1080-1100 | 0.29  |
| 1120 | 2.77 | 51.63 | 0.22 | 1100-1120 | 0.28  |
| 1140 | 2.73 | 51.84 | 0.21 | 1120-1140 | 0.27  |
| 1160 | 2.69 | 52.05 | 0.21 | 1140-1160 | 0.26  |
| 1180 | 2.66 | 52.26 | 0.21 | 1160-1180 | 0.25  |
| 1200 | 2.62 | 52.46 | 0.20 | 1180-1200 | 0.24  |
| 1220 | 2.59 | 52.67 | 0.20 | 1200-1220 | 0.24  |
| 1240 | 2.56 | 52.87 | 0.20 | 1220-1240 | 0.23  |
| 1260 | 2.53 | 53.06 | 0.20 | 1240-1260 | 0.22  |
| 1280 | 2.50 | 53.26 | 0.19 | 1260-1280 | 0.22  |
| 1300 | 2.47 | 53.45 | 0.19 | 1280-1300 | 0.21  |
| 1320 | 2.44 | 53.64 | 0.19 | 1300-1320 | 0.20  |
| 1340 | 2.41 | 53.83 | 0.19 | 1320-1340 | 0.20  |
| 1360 | 2.38 | 54.01 | 0.19 | 1340-1360 | 0.19  |
| 1380 | 2.36 | 54.19 | 0.18 | 1360-1380 | 0.19  |
| 1400 | 2.33 | 54.38 | 0.18 | 1380-1400 | 0.19  |
| 1420 | 2.31 | 54.55 | 0.18 | 1400-1420 | 0.18  |
| 1440 | 2.28 | 54.73 | 0.18 | 1420-1440 | 0.18  |

Fuente: Elaboración propia



**ANEXO N° 3: HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO DESARROLLADO EN INCREMENTOS DE 20min  
 PARA UNA TORMENTA DE 200 AÑOS Y 24 HORAS EN CHONTACA, UTILIZANDO EL METODO DE BLOQUE ALTERNO.**

Cuadro N°03 del anexo 3

| Duración (min) | Intensidad (mm/h) | Profundidad acumulada (mm) | Profundidad incremental (mm) | Tiempo (min) | Precipitación (mm) |
|----------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|--------------|--------------------|
| 20             | 38.93             | 12.98                      | 12.98                        | 0-20         | 0.21               |
| 40             | 29.19             | 19.46                      | 6.49                         | 20-40        | 0.21               |
| 60             | 23.69             | 23.69                      | 4.23                         | 40-60        | 0.22               |
| 80             | 20.11             | 26.81                      | 3.12                         | 60-80        | 0.22               |
| 100            | 17.57             | 29.28                      | 2.47                         | 80-100       | 0.23               |
| 120            | 15.66             | 31.32                      | 2.04                         | 100-120      | 0.24               |
| 140            | 14.17             | 33.07                      | 1.75                         | 120-140      | 0.24               |
| 160            | 12.97             | 34.60                      | 1.53                         | 140-160      | 0.25               |
| 180            | 11.99             | 35.96                      | 1.36                         | 160-180      | 0.26               |
| 200            | 12.17             | 40.56                      | 1.16                         | 180-200      | 0.26               |
| 220            | 11.31             | 41.47                      | 0.91                         | 200-220      | 0.27               |
| 240            | 10.58             | 42.32                      | 0.85                         | 220-240      | 0.28               |
| 260            | 9.95              | 43.11                      | 0.79                         | 240-260      | 0.29               |
| 280            | 9.40              | 43.86                      | 0.75                         | 260-280      | 0.30               |
| 300            | 8.91              | 44.56                      | 0.71                         | 280-300      | 0.31               |
| 320            | 8.48              | 45.24                      | 0.67                         | 300-320      | 0.32               |
| 340            | 8.10              | 45.88                      | 0.64                         | 320-340      | 0.33               |
| 360            | 7.75              | 46.49                      | 0.61                         | 340-360      | 0.35               |
| 380            | 7.43              | 47.08                      | 0.59                         | 360-380      | 0.36               |
| 400            | 7.15              | 47.64                      | 0.56                         | 380-400      | 0.38               |
| 420            | 6.88              | 48.18                      | 0.54                         | 400-420      | 0.40               |
| 440            | 6.64              | 48.71                      | 0.52                         | 420-440      | 0.42               |
| 460            | 6.42              | 49.21                      | 0.50                         | 440-460      | 0.45               |
| 480            | 6.21              | 49.70                      | 0.49                         | 460-480      | 0.47               |

Continuación del Cuadro N°03

|      |      |       |      |           |       |
|------|------|-------|------|-----------|-------|
| 500  | 6.02 | 50.17 | 0.47 | 480-500   | 0.50  |
| 520  | 5.84 | 50.63 | 0.46 | 500-520   | 0.54  |
| 540  | 5.68 | 51.08 | 0.45 | 520-540   | 0.59  |
| 560  | 5.52 | 51.51 | 0.43 | 540-560   | 0.64  |
| 580  | 5.37 | 51.93 | 0.42 | 560-580   | 0.71  |
| 600  | 5.23 | 52.34 | 0.41 | 580-600   | 0.79  |
| 620  | 5.10 | 52.74 | 0.40 | 600-620   | 0.91  |
| 640  | 4.98 | 53.13 | 0.39 | 620-640   | 1.36  |
| 660  | 4.86 | 53.51 | 0.38 | 640-660   | 1.75  |
| 680  | 4.75 | 53.88 | 0.37 | 660-680   | 2.47  |
| 700  | 4.65 | 54.25 | 0.36 | 680-700   | 4.23  |
| 720  | 4.55 | 54.60 | 0.36 | 700-720   | 12.98 |
| 740  | 4.46 | 54.95 | 0.35 | 720-740   | 6.49  |
| 760  | 4.37 | 55.29 | 0.34 | 740-760   | 3.12  |
| 780  | 4.28 | 55.62 | 0.33 | 760-780   | 2.04  |
| 800  | 4.20 | 55.95 | 0.33 | 780-800   | 1.53  |
| 820  | 4.12 | 56.27 | 0.32 | 800-820   | 1.16  |
| 840  | 4.04 | 56.59 | 0.32 | 820-840   | 0.85  |
| 860  | 3.97 | 56.90 | 0.31 | 840-860   | 0.75  |
| 880  | 3.90 | 57.20 | 0.30 | 860-880   | 0.67  |
| 900  | 3.83 | 57.50 | 0.30 | 880-900   | 0.61  |
| 920  | 3.77 | 57.80 | 0.29 | 900-920   | 0.56  |
| 940  | 3.71 | 58.09 | 0.29 | 920-940   | 0.52  |
| 960  | 3.65 | 58.37 | 0.28 | 940-960   | 0.49  |
| 980  | 3.59 | 58.65 | 0.28 | 960-980   | 0.46  |
| 1000 | 3.54 | 58.93 | 0.28 | 980-1000  | 0.43  |
| 1020 | 3.48 | 59.20 | 0.27 | 1000-1020 | 0.41  |
| 1040 | 3.43 | 59.46 | 0.27 | 1020-1040 | 0.39  |
| 1060 | 3.38 | 59.73 | 0.26 | 1040-1060 | 0.37  |
| 1080 | 3.33 | 59.99 | 0.26 | 1060-1080 | 0.36  |
| 1100 | 3.29 | 60.24 | 0.26 | 1080-1100 | 0.34  |
| 1120 | 3.24 | 60.49 | 0.25 | 1100-1120 | 0.33  |
| 1140 | 3.20 | 60.74 | 0.25 | 1120-1140 | 0.32  |
| 1160 | 3.15 | 60.99 | 0.25 | 1140-1160 | 0.30  |
| 1180 | 3.11 | 61.23 | 0.24 | 1160-1180 | 0.29  |
| 1200 | 3.07 | 61.47 | 0.24 | 1180-1200 | 0.28  |
| 1220 | 3.03 | 61.71 | 0.24 | 1200-1220 | 0.28  |
| 1240 | 3.00 | 61.94 | 0.23 | 1220-1240 | 0.27  |
| 1260 | 2.96 | 62.17 | 0.23 | 1240-1260 | 0.26  |
| 1280 | 2.92 | 62.40 | 0.23 | 1260-1280 | 0.25  |
| 1300 | 2.89 | 62.62 | 0.22 | 1280-1300 | 0.25  |
| 1320 | 2.86 | 62.85 | 0.22 | 1300-1320 | 0.24  |
| 1340 | 2.82 | 63.07 | 0.22 | 1320-1340 | 0.23  |
| 1360 | 2.79 | 63.28 | 0.22 | 1340-1360 | 0.23  |
| 1380 | 2.76 | 63.50 | 0.21 | 1360-1380 | 0.22  |
| 1400 | 2.73 | 63.71 | 0.21 | 1380-1400 | 0.22  |
| 1420 | 2.70 | 63.92 | 0.21 | 1400-1420 | 0.21  |
| 1440 | 2.67 | 64.13 | 0.21 | 1420-1440 | 0.21  |

Fuente: Elaboración propia

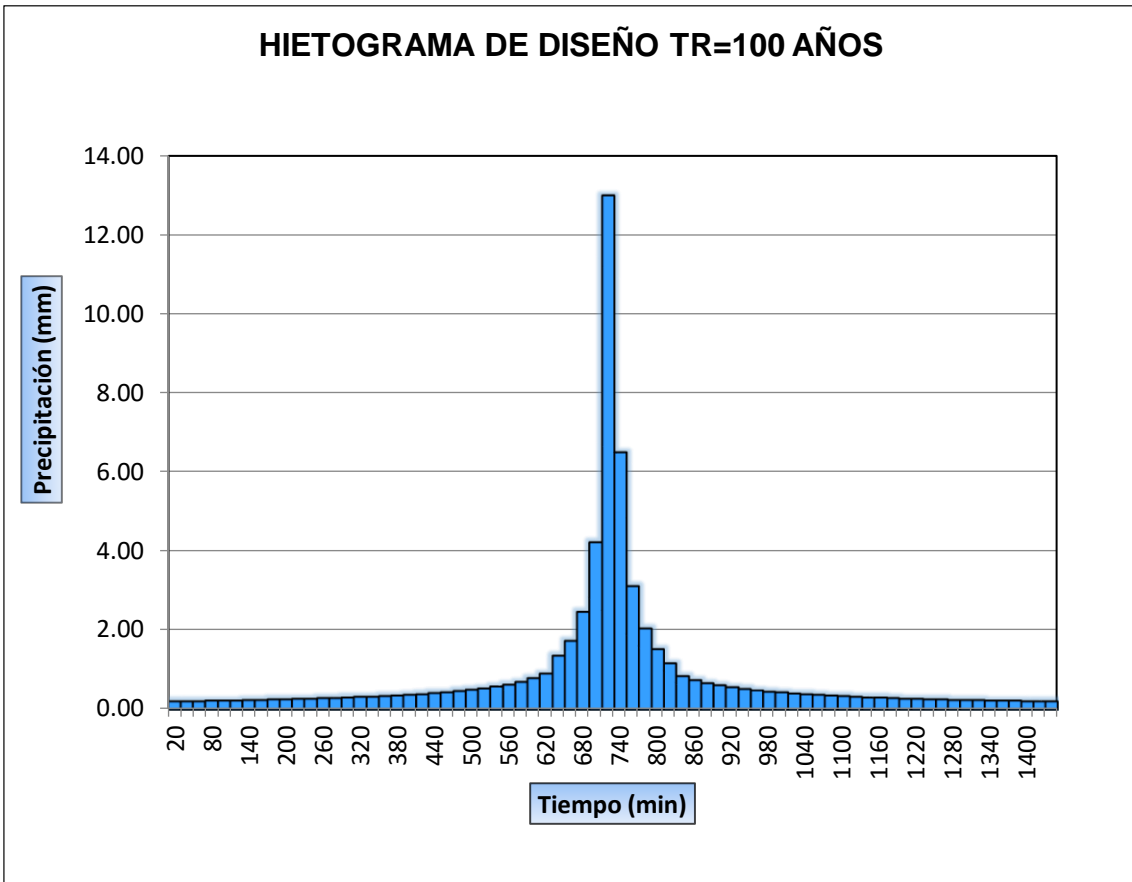


Figura N°03 del anexo 3

**ANEXO N° 4: CALCULO DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE  
MANNING**



**TABLA N° 01 DEL ANEXO 4 : PROPIEDADES DE LA ROCA DE RELLENO**

| TIPO          | GRAVEDAD ESPECIFICA | POROSIDAD (m3/m3) |
|---------------|---------------------|-------------------|
| Basalto       | 3.0                 | ...               |
| Concreto      | 2.4                 | ...               |
| Granito       | 2.7                 | ...               |
| Piedra caliza | 2.5                 | ...               |
| Arenisca      | 2.2                 | ...               |
| Todo tipo     | ...                 | 0.3-0.4           |

Fuente: Manual de usuario y referencia técnica PirkaSoft

**TABLA N° 02 DEL ANEXO 4: PROPIEDADES DE LOS SUELOS-  
PARAMETROS DE DISEÑO APROXIMADOS.**

| Clasificación | Descripción   | Clasificación SUCS     | Ángulo de fricción interna (°) | Peso unitario (húmedo)(KN/m3) | Capacidad de carga admisible (Mpa) |
|---------------|---|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Bueno         | Arena, Grava, Piedra                                  | GW, GP, GM, GC, SW, SP | 32-36                          | 15.5-21.0                     | 0.4-4.0                            |
| Moderado      | Arena limosa, Arena arcillosa                         | SM, SC                 | 28-32                          | 17.0-20.5                     | 0.2-0.5                            |
| Difícil       | Limo, Arcilla de baja plasticidad                     | ML, CL, OL             | 25-30                          | 17.0-20.0                     | 0.1-0.2                            |
| Malo          | Arcilla y Limos de alta plasticidad, Suelos orgánicos | CH, MH, OH, PT         | 0-25                           | 8.0-17.5                      | 0.0-0.1                            |

Fuente: Manual de usuario y referencia técnica PirkaSoft

**ANEXO N° 4: CÁLCULO DE COEFICIENTE DE MANNING POR MÉTODO DE COWAN.**

| Condición del canal                   |                           | Margen izquierda |       |
|---------------------------------------|---------------------------|------------------|-------|
| Material involucrado                  | Grava fina                | n0               | 0.024 |
| Grado de irregularidad                | Menor                     | n1               | 0.005 |
| Variaciones de la sección transversal | Ocasionalmente alternante | n2               | 0.005 |
| Efecto relativo de las obstrucciones  | Menor                     | n3               | 0.01  |
| Vegetación                            | Media                     | n4               | 0.005 |
| Grado de los efecto por meandros      | Menor                     | m5               | 1.00  |

Valor de "n" adoptado según Cowan (margen Derecho) :

**0.049**

| Condición del canal                   |                           | Margen derecha |       |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------|-------|
| Material involucrado                  | Grava gruesa              | n0             | 0.028 |
| Grado de irregularidad                | Menor                     | n1             | 0.005 |
| Variaciones de la sección transversal | Ocasionalmente alternante | n2             | 0.005 |
| Efecto relativo de las obstrucciones  | Menor                     | n3             | 0.01  |
| Vegetación                            | Media                     | n4             | 0.005 |
| Grado de los efecto por meandros      | Menor                     | m5             | 1.00  |

Valor de "n" adoptado según Cowan (margen Izquierdo) :

**0.053**

| Condición del canal                   |                           | Fondo del cauce |       |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------|-------|
| Material involucrado                  | Grava gruesa              | n0              | 0.028 |
| Grado de irregularidad                | Menor                     | n1              | 0.005 |
| Variaciones de la sección transversal | Ocasionalmente alternante | n2              | 0.005 |
| Efecto relativo de las obstrucciones  | Menor                     | n3              | 0.01  |
| Vegetación                            | Media                     | n4              | 0.005 |
| Grado de los efecto por meandros      | Menor                     | m5              | 1.00  |

Valor de "n" adoptado según Cowan (fondo) :

**0.053**

#### ANEXO N° 4: Valores del coeficiente de rugosidad n recomendados para el diseño.

| Tipo de canal y descripción  | Mínimo | Normal       | Máximo |
|--|--------|--------------|--------|
| <b>Corrientes naturales</b>  |        |              |        |
| 1.-Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos          | 0.025  | 0.030        | 0.033  |
| 2.-Igual al anterior, pero con más piedras y malezas                         | 0.03   | <b>0.035</b> | 0.04   |
| 3.-Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena                     | 0.033  | 0.040        | 0.045  |
| 4.-Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras                  | 0.035  | 0.045        | 0.05   |
| 5.-Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes | 0.04   | 0.048        | 0.055  |
| 6.-Igual al 4, pero con más piedras  | 0.045  | 0.050        | 0.066  |

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Ven Te Chow). Tabla 5-6. Pag.108.

**ANEXO N° 5: CALCULO DE SOCAVACIÓN GENERAL DEL RIO  
YUCAY (METODO DE LISCHTVAN LEBEDIEV)**

### CUADRO N° 01 DEL ANEXO 5 CALUCULO DE LA ZOCAVACION GENERAL DEL RÍO YUCAES (METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV)

|                       |        |                     |       |
|-----------------------|--------|---------------------|-------|
| Coef. Rugosidad (n)   | 0.035  | Diámetro medio (mm) | 85.00 |
| Pendiente del río (S) | 0.0418 | Coeficiente (a)     | 5.841 |
| Coef. contracción (u) | 1.00   | x                   | 0.27  |
|                       |        | 1/(1+x)             | 0.79  |

| CAUDAL<br>(m <sup>3</sup> /s) | PERIODO DE RETORNO (años) | Beta        | Ho<br>(m)    | Hs<br>(m)    | SOCAVACIÓN GENERAL<br>(m)<br>Zg |
|-------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------------------------|
| 95.50                         | 25                        | 0.92        | 1.200        | 2.770        | 1.570                           |
| <b>117.60</b>                 | <b>50</b>                 | <b>0.95</b> | <b>1.200</b> | <b>2.702</b> | <b>1.601</b>                    |
| 140.90                        | 100                       | 0.98        | 1.200        | 2.635        | 1.628                           |

$$H_s = \left( \frac{\alpha * H_o^{5/3}}{0.68 * D_m^{0.28} * \beta} \right)^{\frac{1}{(1+x)}}$$

$$\alpha = \frac{Q}{(d_m^{\frac{5}{3}} * B_e * \mu)}$$

- ds : Tirante después de producirse socavación(m)
- α : Coeficiente
- Ho : Tirante sin socavación(m)
  
- Dm : Diámetro medio (mm)
  
- β : Coeficiente que depende del TR
- x : Exponente que depende de( Dm y γs)
- Q : Caudal del río (m<sup>3</sup>/s)
- dm : Tirante medio (A/Be)
  
- Be : Ancho efectivo de la sección sin obstáculos
- ϑ : Coeficiente de contracción

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION ( ts)**

$$a = Q/(t^{5/3} B \mu)$$

| Tabla Nº 05                       |                                   |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Coeficiente de Contraccion, $\mu$ |                                   |      |      |      |      |      |      |
| Velocidad (m/s)                   | Longitud libre entre los estribos |      |      |      |      |      |      |
|                                   | 0                                 | 0    | 0    | 0    | 21   | 0    | 0    |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0                                 | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.58                              | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.93 | 0.00 | 0.00 |

| Velocidad (m/s) | Longitud libre entre los estribos |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 0                                 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0               | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5.58            | 0.00                              | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.93 |

Seleccionado  $V_m = 5.58$   $B = 21.00$   $\mu = 0.93$

| TABLA Nº 06  |      |           |                     |      |           | TABLA Nº 07  |                     |
|--|------|-----------|---------------------|------|-----------|--|---------------------|
| Valores de X para suelos cohesivos y no cohesivos          |      |           |                     |      |           | Valores del Coeficiente $\beta$                        |                     |
| Suelos Cohesivos   |      |           | Suelos No Cohesivos |      |           | Periodo de Retorno (Años)                              | Coeficiente $\beta$ |
| Peso específico Tn/m <sup>3</sup>                          | x    | 1/(x + 1) | D (mm)              | x    | 1/(x + 1) |  |                     |
| 0.80   | 0.52 | 0.66      | 0.05                | 0.43 | 0.70      | 2.00   | 0.82                |
| 0.83   | 0.51 | 0.66      | 0.15                | 0.42 | 0.70      | 5.00   | 0.86                |
| 0.86   | 0.50 | 0.67      | 0.50                | 0.41 | 0.71      | 10.00  | 0.90                |
| 0.88   | 0.49 | 0.67      | 1.00                | 0.40 | 0.71      | 20.00  | 0.94                |
| 0.90   | 0.48 | 0.68      | 1.50                | 0.39 | 0.72      | 50.00  | 0.97                |
| 0.93   | 0.47 | 0.68      | 2.50                | 0.38 | 0.72      | 100.00   | 1.00                |
| 0.96   | 0.46 | 0.68      | 4.00                | 0.37 | 0.73      | 500.00   | 1.05                |
| 0.98   | 0.45 | 0.69      | 6.00                | 0.36 | 0.74      | $\beta =$  | 0.95                |
| 1.00   | 0.44 | 0.69      | 8.00                | 0.35 | 0.74      | TABLA Nº 08  |                     |
| 1.04   | 0.43 | 0.70      | 10.00               | 0.34 | 0.75      | Valores del Coeficiente $\beta$                        |                     |
| 1.08   | 0.42 | 0.70      | 15.00               | 0.33 | 0.75      | Probabilidad anual de retorno del caudal de diseño (%) | Coeficiente $\beta$ |
| 1.12   | 0.41 | 0.71      | 20.00               | 0.32 | 0.76      |  |                     |
| 1.16   | 0.40 | 0.71      | 25.00               | 0.31 | 0.76      |  |                     |
| 1.20   | 0.39 | 0.72      | 40.00               | 0.30 | 0.77      |  |                     |
| 1.24   | 0.38 | 0.72      | 60.00               | 0.29 | 0.78      |  |                     |
| 1.28   | 0.37 | 0.73      | 90.00               | 0.28 | 0.78      |  |                     |
| 1.34   | 0.36 | 0.74      | 140.00              | 0.27 | 0.79      | 0.00   | 0.77                |
| 1.40   | 0.35 | 0.74      | 190.00              | 0.26 | 0.79      | 50.00  | 0.82                |
| 1.46   | 0.34 | 0.75      | 250.00              | 0.25 | 0.80      | 20.00  | 0.86                |
| 1.52   | 0.33 | 0.75      | 310.00              | 0.24 | 0.81      | 5.00   | 0.94                |
| 1.58   | 0.32 | 0.76      | 370.00              | 0.23 | 0.81      | 2.00   | 0.97                |
| 1.64   | 0.31 | 0.76      | 450.00              | 0.22 | 0.82      | 1.00   | 1.00                |
| 1.71   | 0.30 | 0.77      | 570.00              | 0.21 | 0.83      | 0.30   | 1.03                |
| 1.80   | 0.29 | 0.78      | 750.00              | 0.20 | 0.83      | 0.20   | 1.05                |
| 1.89   | 0.28 | 0.78      | 1,000.00            | 0.19 | 0.84      | 0.10   | 1.07                |
| 2.00   | 0.27 | 0.79      |                     |      |           | $\beta =$  | 0.82                |
| <b>SELECCIONE &gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;&gt;</b> |      | D(mm) =   | 85.00               | x =  | 0.27      | 1/(x + 1) =  | 0.79                |

## PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs)

Metodo de L.L. List Van Lebediev

$$a = Q / (t^{5/3} B \mu)$$

|              |   |
|--------------|---|
| Qd = 117.60  | Caudal de diseno (m3/s)                   |
| t = 0.95     | Tirante de diseño (m)                     |
| B = 21.00    | Ancho de cauce estable (m)                |
| $\mu = 0.93$ | Coefficiente de contraccion (Tabla Nº 05) |
| a = 6.60     | m   |

$$ts = (a t^{5/3})^{1/(x+1)} / (0.68 D_m^{0.28} \beta)^{1/(x+1)}$$

|                  |   |
|------------------|---|
| a = 6.60         | Coefficiente adimensional   |
| t = 0.95         | Tirante de diseño (m)   |
| x = 0.27         | Valor de x en funcion del diametro medio (Dm) - Tabla Nº 06             |
| $1/(x+1) = 0.79$ | Tabla Nº 06   |
| $D_m = 85.00$    | Diametro medio de particulas ( analisis granulometrico) (mm) - TABLA 06 |
| $\beta = 0.95$   | Coefficiente en funcion del periodo de retorno Tabla 3                  |

|           |   |                       |
|-----------|---|-----------------------|
| ts = 2.18 | m | Tirante de socavacion |
|-----------|---|-----------------------|

|             |  |
|-------------|--|
| Hs = ts - t | Profundidad de socavacion                    |
| ts = 2.18   | Tirante de socavacion (m)                    |
| t = 0.95    | Tirante hidraulico con avenida de diseño (m) |

|            |    |                           |
|------------|----|---------------------------|
| Hs1 = 1.23 | m. | Profundidad de socavacion |
|------------|----|---------------------------|

**ANEXO N° 6: CALCULO DE SECCIÓN DE EQUILIBRIO DEL RIO  
YUCAY (MÉTODO DE LACEY)**



**CUADRO N°01 DEL ANEXO 6 CALCULO DE LA SECCIÓN DE EQUILIBRIO  
DEL RIO YUCAES (METODO DE LACEY)**

LUGAR: **RIO YUCAES-ACOCRO**

| CAUDAL DEL RIO<br>(m <sup>3</sup> /s) | PERIODO DE RETORNO | ANCHO DE LA SECCION DE<br>EQUILIBRIO<br>(m) |
|---------------------------------------|--------------------|---|
| 95.50                                 | 25                 | 18  |
| <b>117.60</b>                         | <b>50</b>          | <b>20</b>                                   |
| 140.90                                | 100                | 21  |

$$B = 1.8 \times \sqrt{Q_{m\acute{a}x}}$$

B: Ancho estable (m)  
Q<sub>máx</sub>: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

**ANEXO N° 7: CALCULO DE SECCIÓN DE EQUILIBRIO DEL RIO  
YUCAY (METODO DE BLENCH – ALTUNIN)**

**CALCULOS BASICOS EN INGENIERIA FLUVIAL APLICADA A DEFENSAS RIBERÑAS EN RIOS**

**CAUDAL Y PENDIENTE**

**VALORES CALCULADOS**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Q(m <sup>3</sup> /s) = 117.60 | (Caudal Calculado en pagina anterior)    |
| S = 0.0418                    | (Pendiente Calculada en pagina anterior) |

**INGRESAR VALORES NUEVOS**

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Q(m <sup>3</sup> /s) = 117.60 | Ajustar Caudal - Justificar      |
| S = 0.0418                    | Ajuste de Pendiente - justificar |

Sustentar: El caudal tomado, es el maximo instantaneo caudal calculado mediante los metodos emp con anterioridad.

**SECCION ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE ( B )**

Formulas para Metodo de Blench - Altunin

$$B = A(Q^{1/2}/(S^{1/5})) \quad \text{Ancho estable del rio}$$

$$A = \frac{3(3+5m)}{(n * K^{(5/3)})}$$

**TABLA Nº 01 - Valores de K**

| K       | Descripcion                      |
|---------|----------------------------------|
| 3 a 4   | Material de cauce muy resistente |
| 16 a 20 | Material facilmente erosionable  |
| 8 a 12  | Material aluvial                 |
| 10      | Valor practico                   |
| 8.00    | <<<<< <b>SELECCIONAR</b>         |

**TABLA Nº 02 - Valores de m**

| m    | Descripcion              |
|------|--------------------------|
| 0.5  | Para rios de montaña     |
| 0.7  | Para cauces arenosos     |
| 1.0  | Para cauces aluviales    |
| 0.50 | <<<<< <b>SELECCIONAR</b> |

|            |   |
|------------|---|
| n = 0.0350 | Coficiente de rugosidad de Manning                  |
| K = 8.0    | Coficiente funcion de la resistencia de las orillas |
| m = 0.5    | Exponente según tipo de cauce                       |

|            |                      |
|------------|----------------------|
| A = 1.043  | Coficiente calculado |
| Q = 117.60 | Caudal de diseño     |
| S = 0.0418 | Pendiente Manning    |

|            |                   |           |
|------------|-------------------|-----------|
| B1 = 21.35 | Ancho estable (m) | Calculado |
| B1 = 20.00 | Ancho estable (m) | Ajustado  |

## **ANEXO N° 8: CALCULO DE PARAMETROS DE MUSKINGUM**

**Cuadro N° 01 DEL ANEXO 8: Calculo de parámetros de Muskingum.**

| Cuenca | L (m) | J      | Tc Temez | Tc Krp | Tlag  | Tlag (min) |
|--------|-------|--------|----------|--------|-------|------------|
| W120   | 16126 | 0.0481 | 4.419    | 1.813  | 1.813 | 109        |
| W140   | 14918 | 0.0858 | 3.730    | 1.366  | 1.366 | 82         |
| W160   | 12799 | 0.0961 | 3.250    | 1.163  | 1.163 | 70         |
| W180   | 13218 | 0.0786 | 3.460    | 1.288  | 1.288 | 77         |
| W190   | 5174  | 0.0636 | 1.766    | 0.678  | 0.678 | 41         |
| W200   | 23823 | 0.0438 | 6.051    | 2.539  | 2.539 | 152        |
| W210   | 15464 | 0.0631 | 4.064    | 1.581  | 1.581 | 95         |
| W220   | 22336 | 0.0419 | 5.810    | 2.457  | 2.457 | 147        |

$$Tc_{(hra)} = 0.3 \cdot \left( \frac{L_{(Km)}}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

$$Tlag = 0.35 \cdot Tc$$

Donde:

L: long- de rio recorrido (m)

J: Pendiente en (m/m)

Tc: Tiempo de concentración(seg)

Tlag: coeficiente para calcular la escorrentía método Soil Conservation Service (scs).

| Rio | Longitud de rio (L) | Pendiente (J) | Tiempo de viaje (Tv) | Muskingum(K) | Parámetro de muskingum(X) | N° tramo(n) | L (Km) |
|-----|---------------------|---------------|----------------------|--------------|---------------------------|-------------|--------|
| R10 | 9750                | 0.02698       | 3.364                | 2.02         | 0.35                      | 13          | 9.75   |
| R20 | 3561                | 0.031885      | 1.516                | 0.91         | 0.35                      | 6           | 3.56   |
| R60 | 2489                | 0.034606      | 1.137                | 0.68         | 0.35                      | 5           | 2.49   |
| R80 | 4123                | 0.024493      | 1.782                | 1.07         | 0.35                      | 7           | 4.12   |

$$Tv = 0.3 \cdot \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Tv: Tiempo de viaje en (seg)

$$K = 0.6 \cdot Tv$$

K: Muskingum

| At | Q   | B  | S      | L      | Tv   | c    | K    | x    | n |
|----|-----|----|--------|--------|------|------|------|------|---|
| 10 | 150 | 20 | 0.0086 | 3420.0 | 1.89 | 0.84 | 1.13 | 0.35 | 7 |

$$X = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{Q}{B \cdot J \cdot c \cdot L} \right)$$

Donde:  
X: parámetro de muskingum  
Q: Caudal  
B: ancho estable de rio  
J: pendiente  
C: Celeridad de onda  
L: log. De rio(m)

$$nt = \frac{K}{At}$$

Donde:  
nt: Número de tramos  
At: delta de tiempo  
n: número de tramo

**ANEXO N° 9: AFORO DE CAUDAL DEL RIO YUCAES.**

**CUADRO N° 01 DEL ANEXO 9 CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO POR MÉTODO DE SECCIÓN Y PENDIENTE**

| SECCION N° 01        |                      | SECCION N° 02        |                      | RADIO HIDRÁULICO |        | Área hidráulica promedio (m2) | Radio hidráulico o promedio (m) | Coeficiente de rugosidad (n) | Pendiente (m/m) | Caudal máximo (m3) |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------|
| Área hidráulica (m2) | Perímetro mojado (m) | Área hidráulica (m2) | Perímetro mojado (m) | R1 (m)           | R2 (m) |                               |                                 |                              |                 |                    |
| 8.31                 | 23.4                 | 7.5                  | 25.4                 | 0.36             | 0.30   | 7.91                          | 0.33                            | 0.035                        | 0.0418          | <b>21.84</b>       |

AFORO METODO FLOTADOR

| FECHA       | HORA    |       | TRABAJO DE CAMPO |       |       |        |      |      |                  |       |       |                 |
|-------------|---------|-------|------------------|-------|-------|--------|------|------|------------------|-------|-------|-----------------|
|             |         |       | TIEMPO(s)        |       |       |        |      |      |                  |       |       |                 |
| día/mes/año | Inicial | Final | Margen derecha   |       |       | Centro |      |      | Margen izquierda |       |       | Tiempo promedio |
|             |         |       | f1               | f2    | f3    | f4     | f5   | f6   | f7               | f8    | f9    | tp              |
| 20/03/2015  | 09:50   | 10:15 | 10.87            | 10.94 | 11.32 | 10.20  | 9.60 | 9.86 | 13.67            | 12.82 | 13.34 | <b>11.40</b>    |



## CALCULO DE CAUDAL POR EL MÉTODO FLOTADOR

CUADRO N°02 DEL ANEXO 9

| RESUMEN DE CALCULO DE CAUDAL |                   |           |
|------------------------------|-------------------|-----------|
| DESCRIPCION                  | UNIDAD            | RESULTADO |
| área 1                       | m <sup>2</sup>    | 8.31      |
| perímetro 1                  | m                 | 23.40     |
| área 2                       | m <sup>2</sup>    | 7.50      |
| perímetro 2                  | m                 | 25.40     |
| tiempo promedio              | s                 | 11.40     |
| velocidad superficial        | m/s               | 0.88      |
| área promedio                | m <sup>2</sup>    | 7.91      |
| perímetro mojado             | m                 | 24.40     |
| radio hidráulico             | m                 | 0.32      |
| factor "k"                   | Adimensional      | 0.85      |
| factor de corrección "c"     | Adimensional      | 0.7124    |
| velocidad media              | m/s               | 0.63      |
| caudal (m <sup>3</sup> /s)   | m <sup>3</sup> /s | 21.80     |

Fuente: Elaboración equipo de trabajo (2016)

**ANEXO N° 10: RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS  
PROGRAMAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA.**

HEC-RAS Plan: Calculos River: Yucaes Reach: Cruspata

| Reach    | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Cruspata | 1245.499  | Tr=25   | 95.50             | 2705.33          | 2707.81          | 2707.74          | 2708.38          | 0.007552            | 3.37              | 29.09             | 22.82            | 0.91         |
| Cruspata | 1245.499  | Tr=50   | 117.60            | 2705.33          | 2708.11          | 2707.96          | 2708.67          | 0.006420            | 3.35              | 36.42             | 25.85            | 0.85         |
| Cruspata | 1245.499  | Tr=100  | 140.90            | 2705.33          | 2708.36          | 2708.17          | 2708.93          | 0.005676            | 3.43              | 43.00             | 28.64            | 0.82         |
| Cruspata | 1199.947  | Tr=25   | 95.50             | 2704.72          | 2707.22          | 2707.22          | 2707.98          | 0.009707            | 3.84              | 24.84             | 16.68            | 1.01         |
| Cruspata | 1199.947  | Tr=50   | 117.60            | 2704.72          | 2707.49          | 2707.49          | 2708.29          | 0.009543            | 3.96              | 29.70             | 19.04            | 1.01         |
| Cruspata | 1199.947  | Tr=100  | 140.90            | 2704.72          | 2707.75          | 2707.75          | 2708.59          | 0.009063            | 4.04              | 34.95             | 21.67            | 1.00         |
| Cruspata | 1158.167  | Tr=25   | 95.50             | 2704.35          | 2705.84          | 2706.26          | 2707.17          | 0.043482            | 5.11              | 18.79             | 28.42            | 1.95         |
| Cruspata | 1158.167  | Tr=50   | 117.60            | 2704.35          | 2705.94          | 2706.41          | 2707.48          | 0.043955            | 5.50              | 21.59             | 29.93            | 2.00         |
| Cruspata | 1158.167  | Tr=100  | 140.90            | 2704.35          | 2706.03          | 2706.56          | 2707.78          | 0.044636            | 5.87              | 24.36             | 31.32            | 2.04         |
| Cruspata | 1121.073  | Tr=25   | 95.50             | 2703.99          | 2706.29          | 2705.78          | 2706.50          | 0.002430            | 2.08              | 48.82             | 38.53            | 0.53         |
| Cruspata | 1121.073  | Tr=50   | 117.60            | 2703.99          | 2706.51          | 2705.94          | 2706.74          | 0.002302            | 2.21              | 57.53             | 41.14            | 0.53         |
| Cruspata | 1121.073  | Tr=100  | 140.90            | 2703.99          | 2706.72          | 2706.09          | 2706.97          | 0.002209            | 2.33              | 66.31             | 43.50            | 0.52         |
| Cruspata | 1084.517  | Tr=25   | 95.50             | 2703.80          | 2706.29          |                  | 2706.42          | 0.000971            | 1.63              | 64.39             | 40.31            | 0.35         |
| Cruspata | 1084.517  | Tr=50   | 117.60            | 2703.80          | 2706.51          |                  | 2706.66          | 0.001026            | 1.78              | 73.47             | 42.99            | 0.37         |
| Cruspata | 1084.517  | Tr=100  | 140.90            | 2703.80          | 2706.72          |                  | 2706.89          | 0.001071            | 1.92              | 82.63             | 45.57            | 0.38         |
| Cruspata | 1062.164  | Tr=25   | 95.50             | 2703.69          | 2706.29          |                  | 2706.39          | 0.000917            | 1.54              | 70.24             | 45.45            | 0.34         |
| Cruspata | 1062.164  | Tr=50   | 117.60            | 2703.69          | 2706.51          |                  | 2706.63          | 0.000946            | 1.67              | 80.61             | 48.19            | 0.35         |
| Cruspata | 1062.164  | Tr=100  | 140.90            | 2703.69          | 2706.72          |                  | 2706.86          | 0.000971            | 1.79              | 91.00             | 50.79            | 0.36         |
| Cruspata | 1033.446  | Tr=25   | 95.50             | 2703.48          | 2706.22          |                  | 2706.36          | 0.001263            | 1.75              | 61.61             | 42.14            | 0.40         |
| Cruspata | 1033.446  | Tr=50   | 117.60            | 2703.48          | 2706.44          |                  | 2706.60          | 0.001294            | 1.90              | 71.04             | 45.19            | 0.41         |
| Cruspata | 1033.446  | Tr=100  | 140.90            | 2703.48          | 2706.64          |                  | 2706.82          | 0.001315            | 2.03              | 80.62             | 48.15            | 0.42         |
| Cruspata | 1012.426  | Tr=25   | 95.50             | 2703.33          | 2706.16          |                  | 2706.33          | 0.001513            | 1.96              | 56.55             | 40.34            | 0.44         |
| Cruspata | 1012.426  | Tr=50   | 117.60            | 2703.33          | 2706.37          |                  | 2706.56          | 0.001557            | 2.12              | 65.38             | 43.49            | 0.45         |
| Cruspata | 1012.426  | Tr=100  | 140.90            | 2703.33          | 2706.57          |                  | 2706.79          | 0.001583            | 2.26              | 74.45             | 46.50            | 0.46         |
| Cruspata | 982.0787  | Tr=25   | 95.50             | 2703.18          | 2705.71          | 2705.66          | 2706.21          | 0.007341            | 3.28              | 32.08             | 30.44            | 0.89         |
| Cruspata | 982.0787  | Tr=50   | 117.60            | 2703.18          | 2705.94          | 2705.84          | 2706.45          | 0.006306            | 3.36              | 39.29             | 33.45            | 0.84         |
| Cruspata | 982.0787  | Tr=100  | 140.90            | 2703.18          | 2706.13          | 2706.01          | 2706.67          | 0.005811            | 3.48              | 46.18             | 36.19            | 0.82         |
| Cruspata | 953.4495  | Tr=25   | 95.50             | 2703.05          | 2705.39          | 2705.39          | 2705.98          | 0.007751            | 3.62              | 29.63             | 25.43            | 0.92         |
| Cruspata | 953.4495  | Tr=50   | 117.60            | 2703.05          | 2705.59          | 2705.59          | 2706.23          | 0.007610            | 3.79              | 35.03             | 27.63            | 0.93         |
| Cruspata | 953.4495  | Tr=100  | 140.90            | 2703.05          | 2705.78          | 2705.78          | 2706.46          | 0.007446            | 3.94              | 40.59             | 29.71            | 0.93         |
| Cruspata | 923.5694  | Tr=25   | 95.50             | 2699.89          | 2701.30          | 2702.24          | 2705.10          | 0.092168            | 8.62              | 11.07             | 12.32            | 2.91         |
| Cruspata | 923.5694  | Tr=50   | 117.60            | 2699.89          | 2701.49          | 2702.48          | 2705.37          | 0.081268            | 8.72              | 13.49             | 13.41            | 2.78         |
| Cruspata | 923.5694  | Tr=100  | 140.90            | 2699.89          | 2701.67          | 2702.71          | 2705.62          | 0.073089            | 8.80              | 16.01             | 14.48            | 2.67         |
| Cruspata | 893.9844  | Tr=25   | 95.50             | 2698.99          | 2700.97          | 2701.61          | 2702.97          | 0.035201            | 6.34              | 15.70             | 15.89            | 1.87         |
| Cruspata | 893.9844  | Tr=50   | 117.60            | 2698.99          | 2701.13          | 2701.84          | 2703.36          | 0.035164            | 6.74              | 18.38             | 17.22            | 1.90         |
| Cruspata | 893.9844  | Tr=100  | 140.90            | 2698.99          | 2701.29          | 2702.03          | 2703.72          | 0.035005            | 7.08              | 21.12             | 18.47            | 1.92         |
| Cruspata | 851.4108  | Tr=25   | 95.50             | 2698.54          | 2700.15          | 2700.57          | 2701.47          | 0.026268            | 5.13              | 19.18             | 21.35            | 1.61         |
| Cruspata | 851.4108  | Tr=50   | 117.60            | 2698.54          | 2700.27          | 2700.77          | 2701.83          | 0.027554            | 5.60              | 21.83             | 22.50            | 1.68         |
| Cruspata | 851.4108  | Tr=100  | 140.90            | 2698.54          | 2700.39          | 2700.97          | 2702.18          | 0.028492            | 6.01              | 24.53             | 23.62            | 1.73         |
| Cruspata | 814.6315  | Tr=25   | 95.50             | 2698.14          | 2700.59          | 2700.24          | 2700.93          | 0.003753            | 2.62              | 39.09             | 29.76            | 0.65         |
| Cruspata | 814.6315  | Tr=50   | 117.60            | 2698.14          | 2700.80          | 2700.44          | 2701.17          | 0.003838            | 2.81              | 45.26             | 31.83            | 0.67         |
| Cruspata | 814.6315  | Tr=100  | 140.90            | 2698.14          | 2700.99          | 2700.62          | 2701.41          | 0.003813            | 2.98              | 51.58             | 33.80            | 0.68         |
| Cruspata | 793.605   | Tr=25   | 95.50             | 2697.85          | 2700.22          | 2700.22          | 2700.79          | 0.008693            | 3.36              | 29.31             | 27.18            | 0.95         |
| Cruspata | 793.605   | Tr=50   | 117.60            | 2697.85          | 2700.41          | 2700.41          | 2701.03          | 0.008206            | 3.54              | 34.67             | 29.29            | 0.95         |
| Cruspata | 793.605   | Tr=100  | 140.90            | 2697.85          | 2700.58          | 2700.58          | 2701.27          | 0.007893            | 3.74              | 39.78             | 31.11            | 0.94         |
| Cruspata | 770.0064  | Tr=25   | 95.50             | 2697.45          | 2699.55          | 2699.82          | 2700.44          | 0.021626            | 4.29              | 23.83             | 33.83            | 1.43         |
| Cruspata | 770.0064  | Tr=50   | 117.60            | 2697.45          | 2699.65          | 2699.98          | 2700.69          | 0.022009            | 4.64              | 27.45             | 35.67            | 1.46         |
| Cruspata | 770.0064  | Tr=100  | 140.90            | 2697.45          | 2699.75          | 2700.12          | 2700.92          | 0.022255            | 4.97              | 31.15             | 37.87            | 1.49         |
| Cruspata | 733.7102  | Tr=25   | 95.50             | 2696.52          | 2699.03          | 2698.47          | 2699.20          | 0.002083            | 1.99              | 56.22             | 53.58            | 0.49         |
| Cruspata | 733.7102  | Tr=50   | 117.60            | 2696.52          | 2699.26          | 2698.69          | 2699.44          | 0.001787            | 2.02              | 69.18             | 55.34            | 0.47         |
| Cruspata | 733.7102  | Tr=100  | 140.90            | 2696.52          | 2699.48          | 2698.85          | 2699.66          | 0.001606            | 2.06              | 81.61             | 56.98            | 0.45         |
| Cruspata | 698.783   | Tr=25   | 95.50             | 2696.00          | 2699.07          |                  | 2699.14          | 0.000498            | 1.25              | 91.75             | 59.73            | 0.26         |
| Cruspata | 698.783   | Tr=50   | 117.60            | 2696.00          | 2699.30          |                  | 2699.38          | 0.000512            | 1.34              | 105.81            | 61.83            | 0.26         |
| Cruspata | 698.783   | Tr=100  | 140.90            | 2696.00          | 2699.52          |                  | 2699.60          | 0.000524            | 1.43              | 119.49            | 63.80            | 0.27         |
| Cruspata | 660.7638  | Tr=25   | 95.50             | 2696.00          | 2699.00          |                  | 2699.11          | 0.000863            | 1.56              | 69.98             | 47.59            | 0.33         |
| Cruspata | 660.7638  | Tr=50   | 117.60            | 2696.00          | 2699.22          |                  | 2699.35          | 0.000896            | 1.69              | 81.03             | 51.33            | 0.35         |
| Cruspata | 660.7638  | Tr=100  | 140.90            | 2696.00          | 2699.43          |                  | 2699.57          | 0.000925            | 1.82              | 92.09             | 54.99            | 0.36         |
| Cruspata | 620.1097  | Tr=25   | 95.50             | 2696.00          | 2698.45          | 2698.45          | 2698.98          | 0.008686            | 3.28              | 30.38             | 30.24            | 0.95         |

HEC-RAS Plan: Calculos River: Yucaes Reach: Cruspata (Continued)

| Reach    | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|----------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Cruspata | 620.1097  | Tr=50   | 117.60            | 2696.00          | 2698.62          | 2698.62          | 2699.22          | 0.008269            | 3.49              | 35.68             | 32.23            | 0.95         |
| Cruspata | 620.1097  | Tr=100  | 140.90            | 2696.00          | 2698.79          | 2698.79          | 2699.44          | 0.007699            | 3.65              | 41.52             | 34.30            | 0.93         |
| Cruspata | 597.9227  | Tr=25   | 95.50             | 2695.36          | 2697.47          | 2697.83          | 2698.62          | 0.024356            | 4.77              | 20.24             | 22.22            | 1.53         |
| Cruspata | 597.9227  | Tr=50   | 117.60            | 2695.36          | 2697.64          | 2698.01          | 2698.87          | 0.021788            | 4.94              | 24.31             | 23.99            | 1.48         |
| Cruspata | 597.9227  | Tr=100  | 140.90            | 2695.36          | 2697.81          | 2698.20          | 2699.11          | 0.019951            | 5.09              | 28.53             | 25.78            | 1.44         |
| Cruspata | 576.3976  | Tr=25   | 95.50             | 2694.76          | 2697.04          | 2697.36          | 2698.15          | 0.018436            | 4.69              | 20.64             | 19.00            | 1.36         |
| Cruspata | 576.3976  | Tr=50   | 117.60            | 2694.76          | 2697.23          | 2697.58          | 2698.45          | 0.017253            | 4.92              | 24.51             | 20.64            | 1.35         |
| Cruspata | 576.3976  | Tr=100  | 140.90            | 2694.76          | 2697.43          | 2697.80          | 2698.72          | 0.016068            | 5.09              | 28.67             | 22.27            | 1.32         |
| Cruspata | 536.5396  | Tr=25   | 95.50             | 2693.46          | 2696.35          | 2694.81          | 2696.45          | 0.000643            | 1.38              | 69.32             | 27.63            | 0.28         |
| Cruspata | 536.5396  | Tr=50   | 117.60            | 2693.46          | 2696.63          | 2694.98          | 2696.75          | 0.000708            | 1.52              | 77.14             | 28.24            | 0.29         |
| Cruspata | 536.5396  | Tr=100  | 140.90            | 2693.46          | 2696.89          | 2695.15          | 2697.03          | 0.000773            | 1.67              | 84.60             | 28.83            | 0.31         |
| Cruspata | 530       | Bridge  |                   |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| Cruspata | 520.5323  | Tr=25   | 95.50             | 2693.83          | 2696.19          |                  | 2696.36          | 0.001413            | 1.83              | 52.11             | 24.52            | 0.40         |
| Cruspata | 520.5323  | Tr=50   | 117.60            | 2693.83          | 2696.43          |                  | 2696.64          | 0.001541            | 2.02              | 58.17             | 25.07            | 0.42         |
| Cruspata | 520.5323  | Tr=100  | 140.90            | 2693.83          | 2696.65          |                  | 2696.90          | 0.001693            | 2.21              | 63.76             | 25.71            | 0.45         |
| Cruspata | 494.4544  | Tr=25   | 95.50             | 2693.35          | 2695.60          | 2695.60          | 2696.24          | 0.008619            | 3.59              | 27.64             | 22.36            | 0.97         |
| Cruspata | 494.4544  | Tr=50   | 117.60            | 2693.35          | 2695.81          | 2695.81          | 2696.51          | 0.008310            | 3.78              | 32.51             | 23.86            | 0.97         |
| Cruspata | 494.4544  | Tr=100  | 140.90            | 2693.35          | 2696.05          | 2696.05          | 2696.77          | 0.007892            | 3.86              | 38.31             | 26.19            | 0.95         |
| Cruspata | 461.107   | Tr=25   | 95.50             | 2692.86          | 2694.57          | 2694.92          | 2695.75          | 0.021490            | 4.92              | 20.21             | 19.74            | 1.48         |
| Cruspata | 461.107   | Tr=50   | 117.60            | 2692.86          | 2694.75          | 2695.15          | 2696.04          | 0.020475            | 5.16              | 23.76             | 20.74            | 1.47         |
| Cruspata | 461.107   | Tr=100  | 140.90            | 2692.86          | 2694.92          | 2695.36          | 2696.31          | 0.019532            | 5.36              | 27.42             | 21.73            | 1.45         |
| Cruspata | 417.0471  | Tr=25   | 95.50             | 2691.92          | 2693.57          | 2693.96          | 2694.74          | 0.024585            | 4.83              | 20.26             | 24.38            | 1.55         |
| Cruspata | 417.0471  | Tr=50   | 117.60            | 2691.92          | 2693.69          | 2694.15          | 2695.05          | 0.024890            | 5.20              | 23.57             | 27.24            | 1.58         |
| Cruspata | 417.0471  | Tr=100  | 140.90            | 2691.92          | 2693.81          | 2694.32          | 2695.33          | 0.025159            | 5.53              | 26.99             | 29.82            | 1.61         |
| Cruspata | 376.9818  | Tr=25   | 95.50             | 2690.59          | 2692.22          | 2692.69          | 2693.69          | 0.026586            | 5.59              | 18.78             | 20.66            | 1.62         |
| Cruspata | 376.9818  | Tr=50   | 117.60            | 2690.59          | 2692.37          | 2692.89          | 2693.99          | 0.026077            | 5.93              | 22.06             | 22.16            | 1.63         |
| Cruspata | 376.9818  | Tr=100  | 140.90            | 2690.59          | 2692.52          | 2693.09          | 2694.28          | 0.025608            | 6.23              | 25.41             | 23.59            | 1.63         |
| Cruspata | 323.0087  | Tr=25   | 95.50             | 2689.00          | 2691.27          | 2691.56          | 2692.47          | 0.017133            | 4.86              | 19.66             | 14.29            | 1.32         |
| Cruspata | 323.0087  | Tr=50   | 117.60            | 2689.00          | 2691.52          | 2691.82          | 2692.82          | 0.015875            | 5.06              | 23.25             | 14.90            | 1.29         |
| Cruspata | 323.0087  | Tr=100  | 140.90            | 2689.00          | 2691.77          | 2692.09          | 2693.15          | 0.014555            | 5.19              | 27.13             | 15.52            | 1.25         |
| Cruspata | 280.8021  | Tr=25   | 95.50             | 2689.00          | 2692.13          | 2691.33          | 2692.23          | 0.000979            | 1.60              | 71.11             | 47.39            | 0.34         |
| Cruspata | 280.8021  | Tr=50   | 117.60            | 2689.00          | 2692.38          | 2691.46          | 2692.49          | 0.000937            | 1.68              | 83.11             | 48.31            | 0.34         |
| Cruspata | 280.8021  | Tr=100  | 140.90            | 2689.00          | 2692.60          | 2691.60          | 2692.73          | 0.000933            | 1.77              | 93.96             | 49.13            | 0.34         |
| Cruspata | 244.6703  | Tr=25   | 95.50             | 2689.00          | 2691.47          | 2691.47          | 2692.10          | 0.008638            | 3.53              | 27.76             | 25.25            | 0.96         |
| Cruspata | 244.6703  | Tr=50   | 117.60            | 2689.00          | 2691.71          | 2691.71          | 2692.37          | 0.007356            | 3.63              | 34.48             | 30.58            | 0.91         |
| Cruspata | 244.6703  | Tr=100  | 140.90            | 2689.00          | 2691.94          | 2691.94          | 2692.61          | 0.006447            | 3.71              | 41.95             | 35.66            | 0.87         |
| Cruspata | 203.1042  | Tr=25   | 95.50             | 2688.87          | 2690.38          | 2690.71          | 2691.46          | 0.029545            | 4.78              | 21.95             | 34.83            | 1.66         |
| Cruspata | 203.1042  | Tr=50   | 117.60            | 2688.87          | 2690.46          | 2690.86          | 2691.75          | 0.031692            | 5.25              | 24.80             | 36.23            | 1.74         |
| Cruspata | 203.1042  | Tr=100  | 140.90            | 2688.87          | 2690.54          | 2691.01          | 2692.01          | 0.032601            | 5.64              | 27.89             | 37.69            | 1.79         |
| Cruspata | 158.3845  | Tr=25   | 95.50             | 2688.40          | 2690.02          | 2690.14          | 2690.58          | 0.010097            | 3.55              | 31.96             | 44.22            | 1.03         |
| Cruspata | 158.3845  | Tr=50   | 117.60            | 2688.40          | 2690.12          | 2690.28          | 2690.77          | 0.011009            | 3.91              | 36.31             | 46.17            | 1.09         |
| Cruspata | 158.3845  | Tr=100  | 140.90            | 2688.40          | 2690.21          | 2690.41          | 2690.97          | 0.011949            | 4.25              | 40.46             | 48.40            | 1.15         |
| Cruspata | 124.4876  | Tr=25   | 95.50             | 2688.06          | 2689.51          | 2689.66          | 2690.18          | 0.013505            | 3.82              | 27.97             | 34.60            | 1.17         |
| Cruspata | 124.4876  | Tr=50   | 117.60            | 2688.06          | 2689.66          | 2689.81          | 2690.37          | 0.012470            | 4.00              | 33.20             | 36.20            | 1.15         |
| Cruspata | 124.4876  | Tr=100  | 140.90            | 2688.06          | 2689.80          | 2689.96          | 2690.57          | 0.011718            | 4.17              | 38.49             | 37.92            | 1.14         |
| Cruspata | 91.16296  | Tr=25   | 95.50             | 2687.00          | 2689.00          | 2689.12          | 2689.72          | 0.013830            | 3.77              | 25.31             | 23.36            | 1.16         |
| Cruspata | 91.16296  | Tr=50   | 117.60            | 2687.00          | 2689.21          | 2689.30          | 2689.96          | 0.012622            | 3.84              | 30.60             | 25.59            | 1.12         |
| Cruspata | 91.16296  | Tr=100  | 140.90            | 2687.00          | 2689.42          | 2689.48          | 2690.19          | 0.011155            | 3.90              | 36.16             | 26.87            | 1.07         |
| Cruspata | 57.30301  | Tr=25   | 95.50             | 2685.38          | 2687.69          | 2688.09          | 2689.02          | 0.027557            | 5.10              | 18.72             | 17.90            | 1.59         |
| Cruspata | 57.30301  | Tr=50   | 117.60            | 2685.38          | 2687.88          | 2688.32          | 2689.32          | 0.024310            | 5.31              | 22.27             | 19.42            | 1.53         |
| Cruspata | 57.30301  | Tr=100  | 140.90            | 2685.38          | 2688.07          | 2688.54          | 2689.60          | 0.022023            | 5.50              | 25.96             | 20.85            | 1.49         |
| Cruspata | 31.43547  | Tr=25   | 95.50             | 2685.00          | 2687.10          | 2687.49          | 2688.37          | 0.022086            | 4.99              | 19.28             | 18.00            | 1.48         |
| Cruspata | 31.43547  | Tr=50   | 117.60            | 2685.00          | 2687.26          | 2687.72          | 2688.72          | 0.022026            | 5.36              | 22.31             | 19.54            | 1.50         |
| Cruspata | 31.43547  | Tr=100  | 140.90            | 2685.00          | 2687.42          | 2687.94          | 2689.03          | 0.021466            | 5.65              | 25.64             | 21.11            | 1.51         |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1245.499 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2708.38  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.57     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2707.81  | Reach Len. (m)       | 56.01   | 45.55   | 36.39    |
| Crit W.S. (m)      | 2707.74  | Flow Area (m2)       |         | 27.65   | 1.44     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007552 | Area (m2)            |         | 27.65   | 1.44     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 93.29   | 2.21     |
| Top Width (m)      | 22.82    | Top Width (m)        |         | 19.52   | 3.29     |
| Vel Total (m/s)    | 3.28     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.37    | 1.53     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.48     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.42    | 0.44     |
| Conv. Total (m3/s) | 1099.0   | Conv. (m3/s)         |         | 1073.6  | 25.4     |
| Length Wtd. (m)    | 45.44    | Wetted Per. (m)      |         | 19.96   | 3.41     |
| Min Ch El (m)      | 2705.33  | Shear (N/m2)         |         | 102.58  | 31.33    |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) |         | 346.15  | 47.95    |
| Frctn Loss (m)     | 0.39     | Cum Volume (1000 m3) | 3.71    | 34.68   | 4.45     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 7.16    | 23.69   | 5.50     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1245.499 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2708.67  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.55     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2708.11  | Reach Len. (m)       | 56.01   | 45.55   | 36.39    |
| Crit W.S. (m)      | 2707.96  | Flow Area (m2)       |         | 33.81   | 2.61     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.006420 | Area (m2)            |         | 33.81   | 2.61     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 113.11  | 4.49     |
| Top Width (m)      | 25.85    | Top Width (m)        |         | 21.44   | 4.41     |
| Vel Total (m/s)    | 3.23     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.35    | 1.72     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.78     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.58    | 0.59     |
| Conv. Total (m3/s) | 1467.7   | Conv. (m3/s)         |         | 1411.7  | 56.1     |
| Length Wtd. (m)    | 45.37    | Wetted Per. (m)      |         | 21.90   | 4.57     |
| Min Ch El (m)      | 2705.33  | Shear (N/m2)         |         | 97.21   | 35.92    |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) |         | 325.18  | 61.88    |
| Frctn Loss (m)     | 0.35     | Cum Volume (1000 m3) | 5.21    | 39.29   | 5.60     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 8.20    | 24.20   | 6.41     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1245.499 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2708.93  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.58     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2708.36  | Reach Len. (m)       | 56.01   | 45.55   | 36.39    |
| Crit W.S. (m)      | 2708.17  | Flow Area (m2)       | 0.15    | 39.06   | 3.79     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.005676 | Area (m2)            | 0.15    | 39.06   | 3.79     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 0.07    | 133.90  | 6.93     |
| Top Width (m)      | 28.64    | Top Width (m)        | 1.54    | 21.77   | 5.34     |
| Vel Total (m/s)    | 3.28     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.50    | 3.43    | 1.83     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.03     | Hydr. Depth (m)      | 0.10    | 1.79    | 0.71     |
| Conv. Total (m3/s) | 1870.1   | Conv. (m3/s)         | 1.0     | 1777.2  | 91.9     |
| Length Wtd. (m)    | 45.32    | Wetted Per. (m)      | 1.55    | 22.23   | 5.52     |
| Min Ch El (m)      | 2705.33  | Shear (N/m2)         | 5.40    | 97.79   | 38.15    |
| Alpha              | 1.06     | Stream Power (N/m s) | 2.68    | 335.22  | 69.81    |
| Frctn Loss (m)     | 0.32     | Cum Volume (1000 m3) | 6.81    | 43.76   | 6.84     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 9.27    | 24.62   | 7.32     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1199.947 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2707.98  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.75     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2707.22  | Reach Len. (m)       | 41.93   | 41.78   | 42.84    |
| Crit W.S. (m)      | 2707.22  | Flow Area (m2)       |         | 24.84   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.009707 | Area (m2)            |         | 24.84   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 16.68    | Top Width (m)        |         | 16.68   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.84     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.84    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.50     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.49    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 969.3    | Conv. (m3/s)         |         | 969.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 41.78    | Wetted Per. (m)      |         | 17.80   |          |
| Min Ch El (m)      | 2704.72  | Shear (N/m2)         |         | 132.83  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 510.67  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.75     | Cum Volume (1000 m3) | 3.71    | 33.49   | 4.43     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 7.16    | 22.87   | 5.44     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1199.947 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2708.29  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.80     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2707.49  | Reach Len. (m)       | 41.93   | 41.78   | 42.84    |
| Crit W.S. (m)      | 2707.49  | Flow Area (m2)       |         | 29.69   | 0.00     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.009543 | Area (m2)            |         | 29.69   | 0.00     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  | 0.00     |
| Top Width (m)      | 19.04    | Top Width (m)        |         | 18.91   | 0.13     |
| Vel Total (m/s)    | 3.96     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.96    | 0.23     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.77     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.57    | 0.02     |
| Conv. Total (m3/s) | 1203.9   | Conv. (m3/s)         |         | 1203.8  | 0.0      |
| Length Wtd. (m)    | 41.78    | Wetted Per. (m)      |         | 20.09   | 0.14     |
| Min Ch El (m)      | 2704.72  | Shear (N/m2)         |         | 138.28  | 1.95     |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 547.65  | 0.45     |
| Frctn Loss (m)     | 0.74     | Cum Volume (1000 m3) | 5.21    | 37.84   | 5.55     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     | 8.20    | 23.28   | 6.33     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1199.947 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2708.59  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.83     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2707.75  | Reach Len. (m)       | 41.93   | 41.78   | 42.84    |
| Crit W.S. (m)      | 2707.75  | Flow Area (m2)       |         | 34.81   | 0.14     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.009063 | Area (m2)            |         | 34.81   | 0.14     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.79  | 0.11     |
| Top Width (m)      | 21.67    | Top Width (m)        |         | 20.77   | 0.90     |
| Vel Total (m/s)    | 4.03     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.04    | 0.81     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.03     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.68    | 0.15     |
| Conv. Total (m3/s) | 1480.1   | Conv. (m3/s)         |         | 1478.9  | 1.2      |
| Length Wtd. (m)    | 41.78    | Wetted Per. (m)      |         | 21.97   | 0.95     |
| Min Ch El (m)      | 2704.72  | Shear (N/m2)         |         | 140.85  | 12.70    |
| Alpha              | 1.01     | Stream Power (N/m s) |         | 569.61  | 10.32    |
| Frctn Loss (m)     | 0.72     | Cum Volume (1000 m3) | 6.81    | 42.08   | 6.77     |
| C & E Loss (m)     | 0.09     | Cum SA (1000 m2)     | 9.22    | 23.65   | 7.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1158.167 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2707.17  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.33     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2705.84  | Reach Len. (m)       | 30.97   | 37.09   | 36.34    |
| Crit W.S. (m)      | 2706.26  | Flow Area (m2)       | 0.11    | 18.68   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.043482 | Area (m2)            | 0.11    | 18.68   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 0.12    | 95.38   |          |
| Top Width (m)      | 28.42    | Top Width (m)        | 1.69    | 26.74   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.08     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.06    | 5.11    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.49     | Hydr. Depth (m)      | 0.07    | 0.70    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 458.0    | Conv. (m3/s)         | 0.6     | 457.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 36.77    | Wetted Per. (m)      | 1.69    | 26.92   |          |
| Min Ch El (m)      | 2704.35  | Shear (N/m2)         | 27.97   | 295.85  |          |
| Alpha              | 1.01     | Stream Power (N/m s) | 29.64   | 1510.89 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.16     | Cum Volume (1000 m3) | 3.70    | 32.58   | 4.43     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     | 7.13    | 21.96   | 5.44     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1158.167 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2707.48  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.54     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2705.94  | Reach Len. (m)       | 30.97   | 37.09   | 36.34    |
| Crit W.S. (m)      | 2706.41  | Flow Area (m2)       | 0.31    | 21.27   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.043955 | Area (m2)            | 0.31    | 21.27   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 0.51    | 117.09  |          |
| Top Width (m)      | 29.93    | Top Width (m)        | 2.50    | 27.44   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.45     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.63    | 5.50    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.59     | Hydr. Depth (m)      | 0.13    | 0.78    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 560.9    | Conv. (m3/s)         | 2.4     | 558.5   |          |
| Length Wtd. (m)    | 36.71    | Wetted Per. (m)      | 2.51    | 27.63   |          |
| Min Ch El (m)      | 2704.35  | Shear (N/m2)         | 53.67   | 331.92  |          |
| Alpha              | 1.02     | Stream Power (N/m s) | 87.68   | 1826.94 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.14     | Cum Volume (1000 m3) | 5.20    | 36.78   | 5.55     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 8.14    | 22.31   | 6.33     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1158.167 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2707.78  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.75     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2706.03  | Reach Len. (m)       | 30.97   | 37.09   | 36.34    |
| Crit W.S. (m)      | 2706.56  | Flow Area (m2)       | 0.57    | 23.79   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.044636 | Area (m2)            | 0.57    | 23.79   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 1.20    | 139.70  |          |
| Top Width (m)      | 31.32    | Top Width (m)        | 3.17    | 28.16   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.78     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.10    | 5.87    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.68     | Hydr. Depth (m)      | 0.18    | 0.84    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 666.9    | Conv. (m3/s)         | 5.7     | 661.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 36.65    | Wetted Per. (m)      | 3.19    | 28.35   |          |
| Min Ch El (m)      | 2704.35  | Shear (N/m2)         | 78.49   | 367.26  |          |
| Alpha              | 1.02     | Stream Power (N/m s) | 164.79  | 2156.95 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.13     | Cum Volume (1000 m3) | 6.80    | 40.85   | 6.77     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 9.16    | 22.63   | 7.19     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1121.073 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2706.50  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.21     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.29  | Reach Len. (m)       | 28.57   | 36.56   | 49.58    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.78  | Flow Area (m2)       | 5.50    | 41.76   | 1.56     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002430 | Area (m2)            | 5.50    | 41.76   | 1.56     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 7.59    | 86.91   | 1.00     |
| Top Width (m)      | 38.53    | Top Width (m)        | 6.31    | 26.44   | 5.78     |
| Vel Total (m/s)    | 1.96     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.38    | 2.08    | 0.64     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.30     | Hydr. Depth (m)      | 0.87    | 1.58    | 0.27     |
| Conv. Total (m3/s) | 1937.2   | Conv. (m3/s)         | 153.9   | 1763.1  | 20.3     |
| Length Wtd. (m)    | 36.42    | Wetted Per. (m)      | 6.50    | 26.60   | 5.81     |
| Min Ch El (m)      | 2703.99  | Shear (N/m2)         | 20.18   | 37.42   | 6.40     |
| Alpha              | 1.07     | Stream Power (N/m s) | 27.82   | 77.88   | 4.10     |
| Frctn Loss (m)     | 0.05     | Cum Volume (1000 m3) | 3.62    | 31.46   | 4.40     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 7.00    | 20.98   | 5.33     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1121.073 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.74  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.23     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.51  | Reach Len. (m)       | 28.57   | 36.56   | 49.58    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.94  | Flow Area (m2)       | 6.96    | 47.54   | 3.03     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002302 | Area (m2)            | 6.96    | 47.54   | 3.03     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 10.18   | 104.99  | 2.43     |
| Top Width (m)      | 41.14    | Top Width (m)        | 6.99    | 26.44   | 7.71     |
| Vel Total (m/s)    | 2.04     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.46    | 2.21    | 0.80     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.52     | Hydr. Depth (m)      | 1.00    | 1.80    | 0.39     |
| Conv. Total (m3/s) | 2450.9   | Conv. (m3/s)         | 212.2   | 2188.0  | 50.7     |
| Length Wtd. (m)    | 36.50    | Wetted Per. (m)      | 7.21    | 26.60   | 7.75     |
| Min Ch El (m)      | 2703.99  | Shear (N/m2)         | 21.78   | 40.36   | 8.84     |
| Alpha              | 1.09     | Stream Power (N/m s) | 31.88   | 89.12   | 7.09     |
| Frctn Loss (m)     | 0.05     | Cum Volume (1000 m3) | 5.09    | 35.50   | 5.50     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 8.00    | 21.31   | 6.19     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1121.073 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.97  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.25     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.72  | Reach Len. (m)       | 28.57   | 36.56   | 49.58    |
| Crit W.S. (m)      | 2706.09  | Flow Area (m2)       | 8.47    | 53.02   | 4.81     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002209 | Area (m2)            | 8.47    | 53.02   | 4.81     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 13.05   | 123.35  | 4.49     |
| Top Width (m)      | 43.50    | Top Width (m)        | 7.62    | 26.44   | 9.44     |
| Vel Total (m/s)    | 2.12     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.54    | 2.33    | 0.93     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.73     | Hydr. Depth (m)      | 1.11    | 2.01    | 0.51     |
| Conv. Total (m3/s) | 2998.2   | Conv. (m3/s)         | 277.8   | 2624.7  | 95.6     |
| Length Wtd. (m)    | 36.58    | Wetted Per. (m)      | 7.88    | 26.60   | 9.49     |
| Min Ch El (m)      | 2703.99  | Shear (N/m2)         | 23.28   | 43.18   | 10.98    |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 35.87   | 100.45  | 10.26    |
| Frctn Loss (m)     | 0.05     | Cum Volume (1000 m3) | 6.66    | 39.43   | 6.68     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 8.99    | 21.62   | 7.01     |



Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1084.517 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2706.42  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.13     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.29  | Reach Len. (m)       | 26.99   | 22.35   | 19.52    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 4.86    | 54.01   | 5.52     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000971 | Area (m2)            | 4.86    | 54.01   | 5.52     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 3.74    | 87.83   | 3.94     |
| Top Width (m)      | 40.31    | Top Width (m)        | 6.77    | 24.83   | 8.71     |
| Vel Total (m/s)    | 1.48     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.77    | 1.63    | 0.71     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.49     | Hydr. Depth (m)      | 0.72    | 2.18    | 0.63     |
| Conv. Total (m3/s) | 3064.1   | Conv. (m3/s)         | 119.9   | 2817.9  | 126.3    |
| Length Wtd. (m)    | 22.08    | Wetted Per. (m)      | 6.92    | 25.04   | 8.81     |
| Min Ch El (m)      | 2703.80  | Shear (N/m2)         | 6.69    | 20.55   | 5.97     |
| Alpha              | 1.13     | Stream Power (N/m s) | 5.15    | 33.41   | 4.26     |
| Frctn Loss (m)     | 0.02     | Cum Volume (1000 m3) | 3.47    | 29.71   | 4.22     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 6.82    | 20.04   | 4.97     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1084.517 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.66  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.15     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.51  | Reach Len. (m)       | 26.99   | 22.35   | 19.52    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 6.44    | 59.43   | 7.60     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001026 | Area (m2)            | 6.44    | 59.43   | 7.60     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 5.61    | 105.85  | 6.14     |
| Top Width (m)      | 42.99    | Top Width (m)        | 7.77    | 24.83   | 10.39    |
| Vel Total (m/s)    | 1.60     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.87    | 1.78    | 0.81     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.71     | Hydr. Depth (m)      | 0.83    | 2.39    | 0.73     |
| Conv. Total (m3/s) | 3671.3   | Conv. (m3/s)         | 175.1   | 3304.6  | 191.6    |
| Length Wtd. (m)    | 22.09    | Wetted Per. (m)      | 7.94    | 25.04   | 10.50    |
| Min Ch El (m)      | 2703.80  | Shear (N/m2)         | 8.16    | 23.88   | 7.29     |
| Alpha              | 1.14     | Stream Power (N/m s) | 7.11    | 42.54   | 5.88     |
| Frctn Loss (m)     | 0.02     | Cum Volume (1000 m3) | 4.90    | 33.55   | 5.24     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 7.79    | 20.38   | 5.74     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1084.517 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.89  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.17     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.72  | Reach Len. (m)       | 26.99   | 22.35   | 19.52    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 8.15    | 64.57   | 9.92     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001071 | Area (m2)            | 8.15    | 64.57   | 9.92     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 7.85    | 124.19  | 8.86     |
| Top Width (m)      | 45.57    | Top Width (m)        | 8.71    | 24.83   | 12.02    |
| Vel Total (m/s)    | 1.71     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.96    | 1.92    | 0.89     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.92     | Hydr. Depth (m)      | 0.93    | 2.60    | 0.83     |
| Conv. Total (m3/s) | 4304.8   | Conv. (m3/s)         | 239.8   | 3794.2  | 270.8    |
| Length Wtd. (m)    | 22.09    | Wetted Per. (m)      | 8.91    | 25.04   | 12.14    |
| Min Ch El (m)      | 2703.80  | Shear (N/m2)         | 9.61    | 27.09   | 8.58     |
| Alpha              | 1.16     | Stream Power (N/m s) | 9.26    | 52.10   | 7.67     |
| Frctn Loss (m)     | 0.02     | Cum Volume (1000 m3) | 6.42    | 37.28   | 6.31     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 8.76    | 20.68   | 6.48     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1062.164 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2706.39  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.10     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.29  | Reach Len. (m)       | 27.88   | 28.72   | 30.76    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 2.46    | 46.60   | 21.18    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000917 | Area (m2)            | 2.46    | 46.60   | 21.18    |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 1.35    | 71.58   | 22.58    |
| Top Width (m)      | 45.45    | Top Width (m)        | 5.51    | 22.39   | 17.56    |
| Vel Total (m/s)    | 1.36     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.55    | 1.54    | 1.07     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.60     | Hydr. Depth (m)      | 0.45    | 2.08    | 1.21     |
| Conv. Total (m3/s) | 3154.5   | Conv. (m3/s)         | 44.4    | 2364.3  | 745.7    |
| Length Wtd. (m)    | 29.17    | Wetted Per. (m)      | 5.57    | 22.53   | 17.71    |
| Min Ch El (m)      | 2703.69  | Shear (N/m2)         | 3.96    | 18.59   | 10.75    |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 2.17    | 28.56   | 11.46    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 3.37    | 28.58   | 3.96     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 6.65    | 19.51   | 4.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1062.164 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.63  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.12     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.51  | Reach Len. (m)       | 27.88   | 28.72   | 30.76    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 3.80    | 51.56   | 25.24    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000946 | Area (m2)            | 3.80    | 51.56   | 25.24    |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 2.49    | 86.09   | 29.02    |
| Top Width (m)      | 48.19    | Top Width (m)        | 6.66    | 22.39   | 19.14    |
| Vel Total (m/s)    | 1.46     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.66    | 1.67    | 1.15     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.82     | Hydr. Depth (m)      | 0.57    | 2.30    | 1.32     |
| Conv. Total (m3/s) | 3822.6   | Conv. (m3/s)         | 81.1    | 2798.3  | 943.3    |
| Length Wtd. (m)    | 29.19    | Wetted Per. (m)      | 6.75    | 22.53   | 19.31    |
| Min Ch El (m)      | 2703.69  | Shear (N/m2)         | 5.23    | 21.24   | 12.14    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 3.43    | 35.47   | 13.95    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 4.76    | 32.31   | 4.91     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 7.59    | 19.85   | 5.45     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1062.164 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.86  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.14     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.72  | Reach Len. (m)       | 27.88   | 28.72   | 30.76    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 5.32    | 56.26   | 29.42    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000971 | Area (m2)            | 5.32    | 56.26   | 29.42    |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 3.99    | 100.84  | 36.07    |
| Top Width (m)      | 50.79    | Top Width (m)        | 7.77    | 22.39   | 20.64    |
| Vel Total (m/s)    | 1.55     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.75    | 1.79    | 1.23     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.03     | Hydr. Depth (m)      | 0.68    | 2.51    | 1.43     |
| Conv. Total (m3/s) | 4522.6   | Conv. (m3/s)         | 128.0   | 3236.7  | 1157.9   |
| Length Wtd. (m)    | 29.20    | Wetted Per. (m)      | 7.87    | 22.53   | 20.82    |
| Min Ch El (m)      | 2703.69  | Shear (N/m2)         | 6.43    | 23.77   | 13.45    |
| Alpha              | 1.13     | Stream Power (N/m s) | 4.82    | 42.61   | 16.49    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 6.24    | 35.93   | 5.93     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 8.53    | 20.15   | 6.16     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1033.446 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2706.36  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.14     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.22  | Reach Len. (m)       | 21.26   | 21.02   | 24.97    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 1.75    | 42.17   | 17.69    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001263 | Area (m2)            | 1.75    | 42.17   | 17.69    |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 0.98    | 73.75   | 20.77    |
| Top Width (m)      | 42.14    | Top Width (m)        | 4.83    | 21.18   | 16.14    |
| Vel Total (m/s)    | 1.55     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.56    | 1.75    | 1.17     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.74     | Hydr. Depth (m)      | 0.36    | 1.99    | 1.10     |
| Conv. Total (m3/s) | 2686.9   | Conv. (m3/s)         | 27.6    | 2074.9  | 584.5    |
| Length Wtd. (m)    | 21.70    | Wetted Per. (m)      | 4.88    | 21.34   | 16.28    |
| Min Ch El (m)      | 2703.48  | Shear (N/m2)         | 4.44    | 24.48   | 13.46    |
| Alpha              | 1.11     | Stream Power (N/m s) | 2.49    | 42.80   | 15.81    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 3.31    | 27.31   | 3.37     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 6.51    | 18.89   | 4.20     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1033.446 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.60  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.16     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.44  | Reach Len. (m)       | 21.26   | 21.02   | 24.97    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 2.95    | 46.74   | 21.34    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001294 | Area (m2)            | 2.95    | 46.74   | 21.34    |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 1.98    | 88.59   | 27.03    |
| Top Width (m)      | 45.19    | Top Width (m)        | 6.33    | 21.18   | 17.69    |
| Vel Total (m/s)    | 1.66     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.67    | 1.90    | 1.27     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.96     | Hydr. Depth (m)      | 0.47    | 2.21    | 1.21     |
| Conv. Total (m3/s) | 3269.7   | Conv. (m3/s)         | 55.1    | 2463.1  | 751.5    |
| Length Wtd. (m)    | 21.76    | Wetted Per. (m)      | 6.40    | 21.34   | 17.84    |
| Min Ch El (m)      | 2703.48  | Shear (N/m2)         | 5.85    | 27.78   | 15.17    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 3.93    | 52.65   | 19.22    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 4.67    | 30.89   | 4.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 7.41    | 19.22   | 4.88     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1033.446 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.82  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.18     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.64  | Reach Len. (m)       | 21.26   | 21.02   | 24.97    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 4.41    | 51.09   | 25.13    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001315 | Area (m2)            | 4.41    | 51.09   | 25.13    |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 3.38    | 103.60  | 33.91    |
| Top Width (m)      | 48.15    | Top Width (m)        | 7.81    | 21.18   | 19.16    |
| Vel Total (m/s)    | 1.75     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.77    | 2.03    | 1.35     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.16     | Hydr. Depth (m)      | 0.56    | 2.41    | 1.31     |
| Conv. Total (m3/s) | 3885.3   | Conv. (m3/s)         | 93.3    | 2856.9  | 935.1    |
| Length Wtd. (m)    | 21.81    | Wetted Per. (m)      | 7.90    | 21.34   | 19.33    |
| Min Ch El (m)      | 2703.48  | Shear (N/m2)         | 7.19    | 30.87   | 16.76    |
| Alpha              | 1.14     | Stream Power (N/m s) | 5.52    | 62.60   | 22.63    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 6.10    | 34.39   | 5.09     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 8.32    | 19.53   | 5.55     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1012.426 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2706.33  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.17     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.16  | Reach Len. (m)       | 27.93   | 30.35   | 25.80    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 5.74    | 40.00   | 10.81    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001513 | Area (m2)            | 5.74    | 40.00   | 10.81    |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 5.33    | 78.29   | 11.88    |
| Top Width (m)      | 40.34    | Top Width (m)        | 8.49    | 19.39   | 12.46    |
| Vel Total (m/s)    | 1.69     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.93    | 1.96    | 1.10     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.82     | Hydr. Depth (m)      | 0.68    | 2.06    | 0.87     |
| Conv. Total (m3/s) | 2454.9   | Conv. (m3/s)         | 137.0   | 2012.6  | 305.3    |
| Length Wtd. (m)    | 29.81    | Wetted Per. (m)      | 8.60    | 19.58   | 12.57    |
| Min Ch El (m)      | 2703.33  | Shear (N/m2)         | 9.91    | 30.32   | 12.75    |
| Alpha              | 1.17     | Stream Power (N/m s) | 9.20    | 59.35   | 14.02    |
| Frctn Loss (m)     | 0.09     | Cum Volume (1000 m3) | 3.23    | 26.45   | 3.01     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 6.36    | 18.46   | 3.84     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1012.426 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.56  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.20     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.37  | Reach Len. (m)       | 27.93   | 30.35   | 25.80    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 7.71    | 44.09   | 13.59    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001557 | Area (m2)            | 7.71    | 44.09   | 13.59    |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 7.84    | 93.39   | 16.38    |
| Top Width (m)      | 43.49    | Top Width (m)        | 10.17   | 19.39   | 13.93    |
| Vel Total (m/s)    | 1.80     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.02    | 2.12    | 1.21     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.04     | Hydr. Depth (m)      | 0.76    | 2.27    | 0.98     |
| Conv. Total (m3/s) | 2980.4   | Conv. (m3/s)         | 198.6   | 2366.8  | 415.0    |
| Length Wtd. (m)    | 29.72    | Wetted Per. (m)      | 10.29   | 19.58   | 14.06    |
| Min Ch El (m)      | 2703.33  | Shear (N/m2)         | 11.44   | 34.38   | 14.75    |
| Alpha              | 1.19     | Stream Power (N/m s) | 11.63   | 72.82   | 17.78    |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 4.55    | 29.94   | 3.76     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 7.24    | 18.80   | 4.49     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 1012.426 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.79  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.22     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.57  | Reach Len. (m)       | 27.93   | 30.35   | 25.80    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 9.92    | 47.99   | 16.53    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001583 | Area (m2)            | 9.92    | 47.99   | 16.53    |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 10.92   | 108.50  | 21.48    |
| Top Width (m)      | 46.50    | Top Width (m)        | 11.78   | 19.39   | 15.34    |
| Vel Total (m/s)    | 1.89     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.10    | 2.26    | 1.30     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.24     | Hydr. Depth (m)      | 0.84    | 2.48    | 1.08     |
| Conv. Total (m3/s) | 3540.9   | Conv. (m3/s)         | 274.3   | 2726.6  | 539.9    |
| Length Wtd. (m)    | 29.64    | Wetted Per. (m)      | 11.91   | 19.58   | 15.48    |
| Min Ch El (m)      | 2703.33  | Shear (N/m2)         | 12.93   | 38.06   | 16.58    |
| Alpha              | 1.20     | Stream Power (N/m s) | 14.23   | 86.05   | 21.55    |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 5.95    | 33.34   | 4.57     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 8.11    | 19.10   | 5.12     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 982.0787 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2706.21  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.50     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2705.71  | Reach Len. (m)       | 34.15   | 28.63   | 25.81    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.66  | Flow Area (m2)       | 6.84    | 24.75   | 0.49     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007341 | Area (m2)            | 6.84    | 24.75   | 0.49     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 13.88   | 81.17   | 0.46     |
| Top Width (m)      | 30.44    | Top Width (m)        | 10.30   | 17.74   | 2.41     |
| Vel Total (m/s)    | 2.98     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.03    | 3.28    | 0.92     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.53     | Hydr. Depth (m)      | 0.66    | 1.40    | 0.21     |
| Conv. Total (m3/s) | 1114.6   | Conv. (m3/s)         | 162.0   | 947.3   | 5.3      |
| Length Wtd. (m)    | 29.50    | Wetted Per. (m)      | 10.37   | 18.26   | 2.44     |
| Min Ch El (m)      | 2703.18  | Shear (N/m2)         | 47.49   | 97.59   | 14.55    |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 96.35   | 320.05  | 13.42    |
| Frctn Loss (m)     | 0.22     | Cum Volume (1000 m3) | 3.06    | 25.46   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 6.10    | 17.90   | 3.65     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 982.0787 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.45  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.51     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2705.94  | Reach Len. (m)       | 34.15   | 28.63   | 25.81    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.84  | Flow Area (m2)       | 9.34    | 28.75   | 1.20     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.006306 | Area (m2)            | 9.34    | 28.75   | 1.20     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 19.67   | 96.58   | 1.35     |
| Top Width (m)      | 33.45    | Top Width (m)        | 11.86   | 17.74   | 3.86     |
| Vel Total (m/s)    | 2.99     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.11    | 3.36    | 1.13     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.76     | Hydr. Depth (m)      | 0.79    | 1.62    | 0.31     |
| Conv. Total (m3/s) | 1480.9   | Conv. (m3/s)         | 247.7   | 1216.2  | 17.0     |
| Length Wtd. (m)    | 29.63    | Wetted Per. (m)      | 11.94   | 18.26   | 3.91     |
| Min Ch El (m)      | 2703.18  | Shear (N/m2)         | 48.35   | 97.39   | 18.94    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 101.84  | 327.13  | 21.35    |
| Frctn Loss (m)     | 0.20     | Cum Volume (1000 m3) | 4.32    | 28.83   | 3.57     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 6.93    | 18.23   | 4.26     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 982.0787 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.67  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.54     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2706.13  | Reach Len. (m)       | 34.15   | 28.63   | 25.81    |
| Crit W.S. (m)      | 2706.01  | Flow Area (m2)       | 11.83   | 32.26   | 2.08     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.005811 | Area (m2)            | 11.83   | 32.26   | 2.08     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 25.84   | 112.34  | 2.72     |
| Top Width (m)      | 36.19    | Top Width (m)        | 13.38   | 17.74   | 5.07     |
| Vel Total (m/s)    | 3.05     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.18    | 3.48    | 1.31     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.95     | Hydr. Depth (m)      | 0.88    | 1.82    | 0.41     |
| Conv. Total (m3/s) | 1848.3   | Conv. (m3/s)         | 339.0   | 1473.7  | 35.7     |
| Length Wtd. (m)    | 29.73    | Wetted Per. (m)      | 13.48   | 18.26   | 5.14     |
| Min Ch El (m)      | 2703.18  | Shear (N/m2)         | 50.02   | 100.70  | 23.11    |
| Alpha              | 1.14     | Stream Power (N/m s) | 109.24  | 350.63  | 30.17    |
| Frctn Loss (m)     | 0.19     | Cum Volume (1000 m3) | 5.65    | 32.13   | 4.33     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 7.76    | 18.54   | 4.86     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 953.4495 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2705.98  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.59     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2705.39  | Reach Len. (m)       | 33.55   | 29.88   | 26.89    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.39  | Flow Area (m2)       | 7.74    | 21.89   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007751 | Area (m2)            | 7.74    | 21.89   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 16.38   | 79.12   |          |
| Top Width (m)      | 25.43    | Top Width (m)        | 11.41   | 14.03   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.22     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.12    | 3.62    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.34     | Hydr. Depth (m)      | 0.68    | 1.56    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1084.8   | Conv. (m3/s)         | 186.0   | 898.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.19    | Wetted Per. (m)      | 11.49   | 14.53   |          |
| Min Ch El (m)      | 2703.05  | Shear (N/m2)         | 51.23   | 114.49  |          |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 108.36  | 413.90  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.56     | Cum Volume (1000 m3) | 2.81    | 24.80   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.32     | Cum SA (1000 m2)     | 5.73    | 17.44   | 3.62     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 953.4495 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2706.23  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.64     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2705.59  | Reach Len. (m)       | 33.55   | 29.88   | 26.89    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.59  | Flow Area (m2)       | 10.23   | 24.80   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007610 | Area (m2)            | 10.23   | 24.80   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 23.62   | 93.98   |          |
| Top Width (m)      | 27.63    | Top Width (m)        | 13.03   | 14.59   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.36     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.31    | 3.79    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.54     | Hydr. Depth (m)      | 0.78    | 1.70    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1348.1   | Conv. (m3/s)         | 270.8   | 1077.3  |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.25    | Wetted Per. (m)      | 13.13   | 15.13   |          |
| Min Ch El (m)      | 2703.05  | Shear (N/m2)         | 58.17   | 122.31  |          |
| Alpha              | 1.11     | Stream Power (N/m s) | 134.30  | 463.49  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.54     | Cum Volume (1000 m3) | 3.98    | 28.07   | 3.56     |
| C & E Loss (m)     | 0.32     | Cum SA (1000 m2)     | 6.50    | 17.77   | 4.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 953.4495 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2706.46  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.68     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2705.78  | Reach Len. (m)       | 33.55   | 29.88   | 26.89    |
| Crit W.S. (m)      | 2705.78  | Flow Area (m2)       | 12.91   | 27.68   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007446 | Area (m2)            | 12.91   | 27.68   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 31.95   | 108.96  |          |
| Top Width (m)      | 29.71    | Top Width (m)        | 14.58   | 15.13   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.47     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.47    | 3.94    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.73     | Hydr. Depth (m)      | 0.89    | 1.83    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1632.8   | Conv. (m3/s)         | 370.2   | 1262.6  |          |
| Length Wtd. (m)    | 30.30    | Wetted Per. (m)      | 14.69   | 15.70   |          |
| Min Ch El (m)      | 2703.05  | Shear (N/m2)         | 64.18   | 128.75  |          |
| Alpha              | 1.11     | Stream Power (N/m s) | 158.80  | 506.73  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.52     | Cum Volume (1000 m3) | 5.22    | 31.27   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.33     | Cum SA (1000 m2)     | 7.28    | 18.07   | 4.79     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 923.5694 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2705.10  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 3.79     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2701.30  | Reach Len. (m)       | 28.68   | 29.58   | 29.66    |
| Crit W.S. (m)      | 2702.24  | Flow Area (m2)       |         | 11.07   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.092168 | Area (m2)            |         | 11.07   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 12.32    | Top Width (m)        |         | 12.32   |          |
| Vel Total (m/s)    | 8.62     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 8.62    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.41     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.90    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 314.6    | Conv. (m3/s)         |         | 314.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.56    | Wetted Per. (m)      |         | 12.77   |          |
| Min Ch El (m)      | 2699.89  | Shear (N/m2)         |         | 783.43  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 6756.93 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.59     | Cum Volume (1000 m3) | 2.68    | 24.30   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.54     | Cum SA (1000 m2)     | 5.54    | 17.05   | 3.62     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 923.5694 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2705.37  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 3.87     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2701.49  | Reach Len. (m)       | 28.68   | 29.58   | 29.66    |
| Crit W.S. (m)      | 2702.48  | Flow Area (m2)       |         | 13.49   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.081268 | Area (m2)            |         | 13.49   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 13.41    | Top Width (m)        |         | 13.41   |          |
| Vel Total (m/s)    | 8.72     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 8.72    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.60     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.01    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 412.5    | Conv. (m3/s)         |         | 412.5   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.56    | Wetted Per. (m)      |         | 13.93   |          |
| Min Ch El (m)      | 2699.89  | Shear (N/m2)         |         | 771.49  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 6725.73 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.51     | Cum Volume (1000 m3) | 3.81    | 27.49   | 3.56     |
| C & E Loss (m)     | 0.49     | Cum SA (1000 m2)     | 6.28    | 17.35   | 4.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 923.5694 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2705.62  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 3.95     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2701.67  | Reach Len. (m)       | 28.68   | 29.58   | 29.66    |
| Crit W.S. (m)      | 2702.71  | Flow Area (m2)       |         | 16.01   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.073089 | Area (m2)            |         | 16.01   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 14.48    | Top Width (m)        |         | 14.48   |          |
| Vel Total (m/s)    | 8.80     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 8.80    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.78     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.11    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 521.2    | Conv. (m3/s)         |         | 521.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 29.55    | Wetted Per. (m)      |         | 15.07   |          |
| Min Ch El (m)      | 2699.89  | Shear (N/m2)         |         | 761.82  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 6703.30 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.45     | Cum Volume (1000 m3) | 5.01    | 30.62   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.45     | Cum SA (1000 m2)     | 7.04    | 17.63   | 4.79     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 893.9844 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2702.97  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.99     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.97  | Reach Len. (m)       | 46.19   | 42.57   | 41.01    |
| Crit W.S. (m)      | 2701.61  | Flow Area (m2)       | 1.15    | 14.55   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.035201 | Area (m2)            | 1.15    | 14.55   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 3.24    | 92.26   |          |
| Top Width (m)      | 15.89    | Top Width (m)        | 3.42    | 12.47   |          |
| Vel Total (m/s)    | 6.08     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.81    | 6.34    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.98     | Hydr. Depth (m)      | 0.34    | 1.17    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 509.0    | Conv. (m3/s)         | 17.3    | 491.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 42.67    | Wetted Per. (m)      | 3.49    | 12.93   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.99  | Shear (N/m2)         | 114.30  | 388.29  |          |
| Alpha              | 1.06     | Stream Power (N/m s) | 320.73  | 2462.31 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.29     | Cum Volume (1000 m3) | 2.66    | 23.92   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.20     | Cum SA (1000 m2)     | 5.49    | 16.68   | 3.62     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 893.9844 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2703.36  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 2.23     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2701.13  | Reach Len. (m)       | 46.19   | 42.57   | 41.01    |
| Crit W.S. (m)      | 2701.84  | Flow Area (m2)       | 1.77    | 16.61   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.035164 | Area (m2)            | 1.77    | 16.61   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 5.75    | 111.85  |          |
| Top Width (m)      | 17.22    | Top Width (m)        | 4.23    | 12.99   |          |
| Vel Total (m/s)    | 6.40     | Avg. Vel. (m/s)      | 3.24    | 6.74    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.14     | Hydr. Depth (m)      | 0.42    | 1.28    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 627.1    | Conv. (m3/s)         | 30.7    | 596.5   |          |
| Length Wtd. (m)    | 42.71    | Wetted Per. (m)      | 4.31    | 13.48   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.99  | Shear (N/m2)         | 141.95  | 424.94  |          |
| Alpha              | 1.07     | Stream Power (N/m s) | 460.33  | 2862.17 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.32     | Cum Volume (1000 m3) | 3.78    | 27.05   | 3.56     |
| C & E Loss (m)     | 0.20     | Cum SA (1000 m2)     | 6.22    | 16.96   | 4.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 893.9844 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2703.72  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 2.43     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2701.29  | Reach Len. (m)       | 46.19   | 42.57   | 41.01    |
| Crit W.S. (m)      | 2702.03  | Flow Area (m2)       | 2.48    | 18.64   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.035005 | Area (m2)            | 2.48    | 18.64   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 8.99    | 131.91  |          |
| Top Width (m)      | 18.47    | Top Width (m)        | 4.99    | 13.49   |          |
| Vel Total (m/s)    | 6.67     | Avg. Vel. (m/s)      | 3.62    | 7.08    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.30     | Hydr. Depth (m)      | 0.50    | 1.38    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 753.1    | Conv. (m3/s)         | 48.0    | 705.0   |          |
| Length Wtd. (m)    | 42.75    | Wetted Per. (m)      | 5.08    | 14.00   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.99  | Shear (N/m2)         | 167.53  | 457.14  |          |
| Alpha              | 1.07     | Stream Power (N/m s) | 607.14  | 3235.18 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.35     | Cum Volume (1000 m3) | 4.97    | 30.10   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.19     | Cum SA (1000 m2)     | 6.96    | 17.21   | 4.79     |



Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 851.4108 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2701.47  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.32     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.15  | Reach Len. (m)       | 38.15   | 36.78   | 34.70    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.57  | Flow Area (m2)       | 0.92    | 18.26   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.026268 | Area (m2)            | 0.92    | 18.26   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 1.85    | 93.65   |          |
| Top Width (m)      | 21.35    | Top Width (m)        | 3.67    | 17.67   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.98     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.00    | 5.13    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.61     | Hydr. Depth (m)      | 0.25    | 1.03    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 589.2    | Conv. (m3/s)         | 11.4    | 577.8   |          |
| Length Wtd. (m)    | 36.87    | Wetted Per. (m)      | 3.71    | 17.92   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.54  | Shear (N/m2)         | 64.07   | 262.50  |          |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) | 128.33  | 1346.32 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.18     | Cum Volume (1000 m3) | 2.61    | 23.23   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 5.33    | 16.04   | 3.62     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 851.4108 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2701.83  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.56     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.27  | Reach Len. (m)       | 38.15   | 36.78   | 34.70    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.77  | Flow Area (m2)       | 1.42    | 20.41   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.027554 | Area (m2)            | 1.42    | 20.41   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 3.36    | 114.24  |          |
| Top Width (m)      | 22.50    | Top Width (m)        | 4.56    | 17.94   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.39     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.37    | 5.60    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.73     | Hydr. Depth (m)      | 0.31    | 1.14    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 708.5    | Conv. (m3/s)         | 20.3    | 688.2   |          |
| Length Wtd. (m)    | 36.90    | Wetted Per. (m)      | 4.61    | 18.21   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.54  | Shear (N/m2)         | 83.32   | 302.82  |          |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 197.29  | 1694.80 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.19     | Cum Volume (1000 m3) | 3.71    | 26.26   | 3.56     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     | 6.02    | 16.30   | 4.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 851.4108 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2702.18  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.79     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.39  | Reach Len. (m)       | 38.15   | 36.78   | 34.70    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.97  | Flow Area (m2)       | 2.00    | 22.53   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.028492 | Area (m2)            | 2.00    | 22.53   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 5.41    | 135.49  |          |
| Top Width (m)      | 23.62    | Top Width (m)        | 5.42    | 18.20   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.74     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.70    | 6.01    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.85     | Hydr. Depth (m)      | 0.37    | 1.24    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 834.7    | Conv. (m3/s)         | 32.1    | 802.7   |          |
| Length Wtd. (m)    | 36.92    | Wetted Per. (m)      | 5.47    | 18.50   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.54  | Shear (N/m2)         | 102.32  | 340.23  |          |
| Alpha              | 1.06     | Stream Power (N/m s) | 276.24  | 2046.46 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.19     | Cum Volume (1000 m3) | 4.87    | 29.23   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     | 6.72    | 16.54   | 4.79     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 814.6315 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2700.93  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.33     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.59  | Reach Len. (m)       | 22.47   | 21.03   | 20.38    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.24  | Flow Area (m2)       | 5.37    | 33.72   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.003753 | Area (m2)            | 5.37    | 33.72   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 7.20    | 88.30   |          |
| Top Width (m)      | 29.76    | Top Width (m)        | 9.12    | 20.64   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.44     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.34    | 2.62    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.45     | Hydr. Depth (m)      | 0.59    | 1.63    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1558.8   | Conv. (m3/s)         | 117.5   | 1441.4  |          |
| Length Wtd. (m)    | 21.10    | Wetted Per. (m)      | 9.19    | 21.07   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.14  | Shear (N/m2)         | 21.53   | 58.89   |          |
| Alpha              | 1.09     | Stream Power (N/m s) | 28.83   | 154.24  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.12     | Cum Volume (1000 m3) | 2.49    | 22.27   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 5.08    | 15.33   | 3.62     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 814.6315 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2701.17  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.38     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.80  | Reach Len. (m)       | 22.47   | 21.03   | 20.38    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.44  | Flow Area (m2)       | 7.35    | 37.91   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.003838 | Area (m2)            | 7.35    | 37.91   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 11.07   | 106.53  |          |
| Top Width (m)      | 31.83    | Top Width (m)        | 10.62   | 21.21   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.60     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.51    | 2.81    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.65     | Hydr. Depth (m)      | 0.69    | 1.79    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1898.4   | Conv. (m3/s)         | 178.8   | 1719.6  |          |
| Length Wtd. (m)    | 21.12    | Wetted Per. (m)      | 10.71   | 21.68   |          |
| Min Ch El (m)      | 2698.14  | Shear (N/m2)         | 25.84   | 65.82   |          |
| Alpha              | 1.09     | Stream Power (N/m s) | 38.92   | 184.95  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.11     | Cum Volume (1000 m3) | 3.54    | 25.19   | 3.56     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 5.73    | 15.58   | 4.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 814.6315 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2701.41  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.42     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2700.99  | Reach Len. (m)       | 22.47   | 21.03   | 20.38    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.62  | Flow Area (m2)       | 9.53    | 42.03   | 0.02     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.003813 | Area (m2)            | 9.53    | 42.03   | 0.02     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 15.66   | 125.24  | 0.01     |
| Top Width (m)      | 33.80    | Top Width (m)        | 12.04   | 21.42   | 0.34     |
| Vel Total (m/s)    | 2.73     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.64    | 2.98    | 0.28     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.85     | Hydr. Depth (m)      | 0.79    | 1.96    | 0.06     |
| Conv. Total (m3/s) | 2281.7   | Conv. (m3/s)         | 253.6   | 2028.0  | 0.1      |
| Length Wtd. (m)    | 21.14    | Wetted Per. (m)      | 12.14   | 21.90   | 0.36     |
| Min Ch El (m)      | 2698.14  | Shear (N/m2)         | 29.37   | 71.76   | 2.07     |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 48.25   | 213.86  | 0.58     |
| Frctn Loss (m)     | 0.11     | Cum Volume (1000 m3) | 4.65    | 28.04   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 6.39    | 15.81   | 4.79     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 793.605 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2700.79  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.57     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2700.22  | Reach Len. (m)       | 26.22   | 23.60   | 20.33    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.22  | Flow Area (m2)       | 1.41    | 27.90   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008693 | Area (m2)            | 1.41    | 27.90   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 1.72    | 93.78   |          |
| Top Width (m)      | 27.18    | Top Width (m)        | 5.16    | 22.02   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.26     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.22    | 3.36    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.37     | Hydr. Depth (m)      | 0.27    | 1.27    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1024.3   | Conv. (m3/s)         | 18.4    | 1005.8  |          |
| Length Wtd. (m)    | 23.69    | Wetted Per. (m)      | 5.19    | 22.52   |          |
| Min Ch El (m)      | 2697.85  | Shear (N/m2)         | 23.14   | 105.63  |          |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 28.26   | 355.03  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.31     | Cum Volume (1000 m3) | 2.42    | 21.62   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 4.92    | 14.89   | 3.62     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 793.605 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2701.03  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.62     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2700.41  | Reach Len. (m)       | 26.22   | 23.60   | 20.33    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.41  | Flow Area (m2)       | 2.54    | 32.12   | 0.00     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008206 | Area (m2)            | 2.54    | 32.12   | 0.00     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 3.74    | 113.86  | 0.00     |
| Top Width (m)      | 29.29    | Top Width (m)        | 6.71    | 22.41   | 0.17     |
| Vel Total (m/s)    | 3.39     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.47    | 3.54    | 0.26     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.56     | Hydr. Depth (m)      | 0.38    | 1.43    | 0.03     |
| Conv. Total (m3/s) | 1298.2   | Conv. (m3/s)         | 41.3    | 1257.0  | 0.0      |
| Length Wtd. (m)    | 23.73    | Wetted Per. (m)      | 6.75    | 22.93   | 0.18     |
| Min Ch El (m)      | 2697.85  | Shear (N/m2)         | 30.23   | 112.74  | 2.19     |
| Alpha              | 1.06     | Stream Power (N/m s) | 44.57   | 399.58  | 0.56     |
| Frctn Loss (m)     | 0.30     | Cum Volume (1000 m3) | 3.43    | 24.45   | 3.56     |
| C & E Loss (m)     | 0.04     | Cum SA (1000 m2)     | 5.54    | 15.13   | 4.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 793.605 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2701.27  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.69     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2700.58  | Reach Len. (m)       | 26.22   | 23.60   | 20.33    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.58  | Flow Area (m2)       | 3.78    | 35.92   | 0.08     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007893 | Area (m2)            | 3.78    | 35.92   | 0.08     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 6.34    | 134.51  | 0.05     |
| Top Width (m)      | 31.11    | Top Width (m)        | 8.03    | 22.41   | 0.67     |
| Vel Total (m/s)    | 3.54     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.67    | 3.74    | 0.63     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.73     | Hydr. Depth (m)      | 0.47    | 1.60    | 0.11     |
| Conv. Total (m3/s) | 1586.0   | Conv. (m3/s)         | 71.3    | 1514.1  | 0.5      |
| Length Wtd. (m)    | 23.76    | Wetted Per. (m)      | 8.08    | 22.93   | 0.71     |
| Min Ch El (m)      | 2697.85  | Shear (N/m2)         | 36.27   | 121.25  | 8.31     |
| Alpha              | 1.08     | Stream Power (N/m s) | 60.74   | 454.07  | 5.21     |
| Frctn Loss (m)     | 0.29     | Cum Volume (1000 m3) | 4.50    | 27.22   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 6.17    | 15.35   | 4.78     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 770.0064 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2700.44  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.90     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.55  | Reach Len. (m)       | 36.24   | 36.30   | 31.13    |
| Crit W.S. (m)      | 2699.82  | Flow Area (m2)       | 2.61    | 21.11   | 0.11     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.021626 | Area (m2)            | 2.61    | 21.11   | 0.11     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 4.89    | 90.49   | 0.12     |
| Top Width (m)      | 33.83    | Top Width (m)        | 9.99    | 22.88   | 0.96     |
| Vel Total (m/s)    | 4.01     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.87    | 4.29    | 1.09     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.10     | Hydr. Depth (m)      | 0.26    | 0.92    | 0.12     |
| Conv. Total (m3/s) | 649.4    | Conv. (m3/s)         | 33.2    | 615.3   | 0.8      |
| Length Wtd. (m)    | 36.08    | Wetted Per. (m)      | 10.00   | 23.43   | 0.99     |
| Min Ch El (m)      | 2697.45  | Shear (N/m2)         | 55.26   | 191.08  | 24.39    |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 103.59  | 819.18  | 26.51    |
| Frctn Loss (m)     | 0.13     | Cum Volume (1000 m3) | 2.36    | 21.04   | 2.86     |
| C & E Loss (m)     | 0.08     | Cum SA (1000 m2)     | 4.72    | 14.36   | 3.61     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 770.0064 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2700.69  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.04     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.65  | Reach Len. (m)       | 36.24   | 36.30   | 31.13    |
| Crit W.S. (m)      | 2699.98  | Flow Area (m2)       | 3.72    | 23.49   | 0.23     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.022009 | Area (m2)            | 3.72    | 23.49   | 0.23     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 8.17    | 109.11  | 0.33     |
| Top Width (m)      | 35.67    | Top Width (m)        | 11.41   | 22.88   | 1.38     |
| Vel Total (m/s)    | 4.28     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.19    | 4.64    | 1.40     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.20     | Hydr. Depth (m)      | 0.33    | 1.03    | 0.17     |
| Conv. Total (m3/s) | 792.7    | Conv. (m3/s)         | 55.0    | 735.5   | 2.2      |
| Length Wtd. (m)    | 36.07    | Wetted Per. (m)      | 11.43   | 23.43   | 1.42     |
| Min Ch El (m)      | 2697.45  | Shear (N/m2)         | 70.27   | 216.42  | 35.76    |
| Alpha              | 1.11     | Stream Power (N/m s) | 154.19  | 1005.16 | 50.02    |
| Frctn Loss (m)     | 0.12     | Cum Volume (1000 m3) | 3.35    | 23.80   | 3.55     |
| C & E Loss (m)     | 0.10     | Cum SA (1000 m2)     | 5.30    | 14.59   | 4.19     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 770.0064 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2700.92  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.17     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.75  | Reach Len. (m)       | 36.24   | 36.30   | 31.13    |
| Crit W.S. (m)      | 2700.12  | Flow Area (m2)       | 4.96    | 25.79   | 0.39     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.022255 | Area (m2)            | 4.96    | 25.79   | 0.39     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 12.03   | 128.21  | 0.66     |
| Top Width (m)      | 37.87    | Top Width (m)        | 13.21   | 22.88   | 1.78     |
| Vel Total (m/s)    | 4.52     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.42    | 4.97    | 1.67     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.30     | Hydr. Depth (m)      | 0.38    | 1.13    | 0.22     |
| Conv. Total (m3/s) | 944.5    | Conv. (m3/s)         | 80.6    | 859.4   | 4.4      |
| Length Wtd. (m)    | 36.05    | Wetted Per. (m)      | 13.23   | 23.43   | 1.83     |
| Min Ch El (m)      | 2697.45  | Shear (N/m2)         | 81.85   | 240.28  | 46.83    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 198.44  | 1194.39 | 78.26    |
| Frctn Loss (m)     | 0.11     | Cum Volume (1000 m3) | 4.38    | 26.49   | 4.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.11     | Cum SA (1000 m2)     | 5.89    | 14.81   | 4.75     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 733.7102 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2699.20  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.18     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.03  | Reach Len. (m)       | 39.70   | 34.93   | 32.59    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.47  | Flow Area (m2)       | 11.93   | 39.11   | 5.18     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002083 | Area (m2)            | 11.93   | 39.11   | 5.18     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 10.34   | 77.97   | 7.19     |
| Top Width (m)      | 53.58    | Top Width (m)        | 25.13   | 23.41   | 5.04     |
| Vel Total (m/s)    | 1.70     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.87    | 1.99    | 1.39     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.50     | Hydr. Depth (m)      | 0.47    | 1.67    | 1.03     |
| Conv. Total (m3/s) | 2092.3   | Conv. (m3/s)         | 226.4   | 1708.3  | 157.6    |
| Length Wtd. (m)    | 35.22    | Wetted Per. (m)      | 25.21   | 23.67   | 5.40     |
| Min Ch El (m)      | 2696.52  | Shear (N/m2)         | 9.67    | 33.76   | 19.61    |
| Alpha              | 1.20     | Stream Power (N/m s) | 8.38    | 67.30   | 27.22    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 2.10    | 19.95   | 2.77     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 4.09    | 13.52   | 3.52     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 733.7102 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2699.44  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.18     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.26  | Reach Len. (m)       | 39.70   | 34.93   | 32.59    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.69  | Flow Area (m2)       | 18.07   | 44.68   | 6.43     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001787 | Area (m2)            | 18.07   | 44.68   | 6.43     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 18.46   | 90.14   | 9.00     |
| Top Width (m)      | 55.34    | Top Width (m)        | 26.45   | 23.41   | 5.48     |
| Vel Total (m/s)    | 1.70     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.02    | 2.02    | 1.40     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.74     | Hydr. Depth (m)      | 0.68    | 1.91    | 1.17     |
| Conv. Total (m3/s) | 2782.1   | Conv. (m3/s)         | 436.8   | 2132.5  | 212.9    |
| Length Wtd. (m)    | 35.41    | Wetted Per. (m)      | 26.55   | 23.67   | 5.90     |
| Min Ch El (m)      | 2696.52  | Shear (N/m2)         | 11.92   | 33.07   | 19.10    |
| Alpha              | 1.19     | Stream Power (N/m s) | 12.19   | 66.72   | 26.72    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 2.95    | 22.56   | 3.45     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 4.61    | 13.75   | 4.09     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 733.7102 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2699.66  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.18     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.48  | Reach Len. (m)       | 39.70   | 34.93   | 32.59    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.85  | Flow Area (m2)       | 24.06   | 49.86   | 7.69     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001606 | Area (m2)            | 24.06   | 49.86   | 7.69     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 27.37   | 102.61  | 10.92    |
| Top Width (m)      | 56.98    | Top Width (m)        | 27.67   | 23.41   | 5.89     |
| Vel Total (m/s)    | 1.73     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.14    | 2.06    | 1.42     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.96     | Hydr. Depth (m)      | 0.87    | 2.13    | 1.30     |
| Conv. Total (m3/s) | 3516.0   | Conv. (m3/s)         | 682.9   | 2560.6  | 272.5    |
| Length Wtd. (m)    | 35.56    | Wetted Per. (m)      | 27.79   | 23.67   | 6.37     |
| Min Ch El (m)      | 2696.52  | Shear (N/m2)         | 13.63   | 33.17   | 19.01    |
| Alpha              | 1.17     | Stream Power (N/m s) | 15.51   | 68.27   | 27.00    |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 3.86    | 25.12   | 4.17     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 5.15    | 13.97   | 4.63     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 698.783 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2699.14  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.07     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.07  | Reach Len. (m)       | 35.43   | 38.02   | 35.59    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 20.84   | 54.71   | 16.20    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000498 | Area (m2)            | 20.84   | 54.71   | 16.20    |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 12.14   | 68.11   | 15.24    |
| Top Width (m)      | 59.73    | Top Width (m)        | 27.23   | 22.66   | 9.84     |
| Vel Total (m/s)    | 1.04     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.58    | 1.25    | 0.94     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.07     | Hydr. Depth (m)      | 0.77    | 2.41    | 1.65     |
| Conv. Total (m3/s) | 4279.6   | Conv. (m3/s)         | 544.2   | 3052.4  | 683.1    |
| Length Wtd. (m)    | 37.44    | Wetted Per. (m)      | 27.29   | 22.93   | 10.34    |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 3.73    | 11.65   | 7.65     |
| Alpha              | 1.19     | Stream Power (N/m s) | 2.17    | 14.51   | 7.20     |
| Frctn Loss (m)     | 0.02     | Cum Volume (1000 m3) | 1.45    | 18.31   | 2.43     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 3.05    | 12.71   | 3.27     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 698.783 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2699.38  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.07     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.30  | Reach Len. (m)       | 35.43   | 38.02   | 35.59    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 27.30   | 59.95   | 18.55    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000512 | Area (m2)            | 27.30   | 59.95   | 18.55    |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 18.65   | 80.41   | 18.54    |
| Top Width (m)      | 61.83    | Top Width (m)        | 28.67   | 22.66   | 10.50    |
| Vel Total (m/s)    | 1.11     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.68    | 1.34    | 1.00     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.30     | Hydr. Depth (m)      | 0.95    | 2.65    | 1.77     |
| Conv. Total (m3/s) | 5199.4   | Conv. (m3/s)         | 824.5   | 3555.2  | 819.7    |
| Length Wtd. (m)    | 37.37    | Wetted Per. (m)      | 28.74   | 22.93   | 11.04    |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 4.77    | 13.12   | 8.43     |
| Alpha              | 1.18     | Stream Power (N/m s) | 3.25    | 17.59   | 8.43     |
| Frctn Loss (m)     | 0.02     | Cum Volume (1000 m3) | 2.05    | 20.73   | 3.04     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 3.52    | 12.95   | 3.83     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 698.783 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2699.60  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.08     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.52  | Reach Len. (m)       | 35.43   | 38.02   | 35.59    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 33.70   | 64.88   | 20.91    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000524 | Area (m2)            | 33.70   | 64.88   | 20.91    |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 25.98   | 92.87   | 22.04    |
| Top Width (m)      | 63.80    | Top Width (m)        | 30.02   | 22.66   | 11.11    |
| Vel Total (m/s)    | 1.18     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.77    | 1.43    | 1.05     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.52     | Hydr. Depth (m)      | 1.12    | 2.86    | 1.88     |
| Conv. Total (m3/s) | 6154.2   | Conv. (m3/s)         | 1135.0  | 4056.4  | 962.8    |
| Length Wtd. (m)    | 37.31    | Wetted Per. (m)      | 30.12   | 22.93   | 11.69    |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 5.75    | 14.55   | 9.19     |
| Alpha              | 1.18     | Stream Power (N/m s) | 4.44    | 20.82   | 9.69     |
| Frctn Loss (m)     | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) | 2.71    | 23.12   | 3.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 4.00    | 13.17   | 4.35     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 660.7638 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2699.11  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.11     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.00  | Reach Len. (m)       | 43.00   | 40.65   | 40.92    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 8.81    | 50.52   | 10.65    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000863 | Area (m2)            | 8.81    | 50.52   | 10.65    |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 5.19    | 78.76   | 11.55    |
| Top Width (m)      | 47.59    | Top Width (m)        | 17.09   | 22.68   | 7.82     |
| Vel Total (m/s)    | 1.36     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.59    | 1.56    | 1.08     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.00     | Hydr. Depth (m)      | 0.52    | 2.23    | 1.36     |
| Conv. Total (m3/s) | 3250.0   | Conv. (m3/s)         | 176.7   | 2680.3  | 393.0    |
| Length Wtd. (m)    | 40.75    | Wetted Per. (m)      | 17.12   | 22.84   | 8.29     |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 4.36    | 18.73   | 10.87    |
| Alpha              | 1.16     | Stream Power (N/m s) | 2.57    | 29.20   | 11.79    |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 0.92    | 16.31   | 1.95     |
| C & E Loss (m)     | 0.04     | Cum SA (1000 m2)     | 2.26    | 11.85   | 2.96     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 660.7638 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2699.35  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.13     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.22  | Reach Len. (m)       | 43.00   | 40.65   | 40.92    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 13.01   | 55.57   | 12.46    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000896 | Area (m2)            | 13.01   | 55.57   | 12.46    |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 9.06    | 94.02   | 14.51    |
| Top Width (m)      | 51.33    | Top Width (m)        | 20.20   | 22.68   | 8.45     |
| Vel Total (m/s)    | 1.45     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.70    | 1.69    | 1.17     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.22     | Hydr. Depth (m)      | 0.64    | 2.45    | 1.47     |
| Conv. Total (m3/s) | 3928.4   | Conv. (m3/s)         | 302.7   | 3140.8  | 484.8    |
| Length Wtd. (m)    | 40.79    | Wetted Per. (m)      | 20.24   | 22.84   | 8.96     |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 5.65    | 21.38   | 12.21    |
| Alpha              | 1.18     | Stream Power (N/m s) | 3.93    | 36.18   | 14.23    |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 1.34    | 18.54   | 2.49     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 2.65    | 12.08   | 3.49     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 660.7638 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2699.57  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.14     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2699.43  | Reach Len. (m)       | 43.00   | 40.65   | 40.92    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       | 17.51   | 60.30   | 14.28    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000925 | Area (m2)            | 17.51   | 60.30   | 14.28    |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 13.74   | 109.45  | 17.70    |
| Top Width (m)      | 54.99    | Top Width (m)        | 23.26   | 22.68   | 9.04     |
| Vel Total (m/s)    | 1.53     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.79    | 1.82    | 1.24     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.43     | Hydr. Depth (m)      | 0.75    | 2.66    | 1.58     |
| Conv. Total (m3/s) | 4633.2   | Conv. (m3/s)         | 451.9   | 3599.2  | 582.1    |
| Length Wtd. (m)    | 40.83    | Wetted Per. (m)      | 23.31   | 22.84   | 9.59     |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 6.81    | 23.94   | 13.51    |
| Alpha              | 1.20     | Stream Power (N/m s) | 5.35    | 43.46   | 16.74    |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 1.81    | 20.74   | 3.08     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 3.06    | 12.31   | 4.00     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 620.1097 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2698.98  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.54     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2698.45  | Reach Len. (m)       | 21.45   | 22.19   | 23.34    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.45  | Flow Area (m2)       | 1.37    | 28.27   | 0.74     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008686 | Area (m2)            | 1.37    | 28.27   | 0.74     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 1.77    | 92.79   | 0.94     |
| Top Width (m)      | 30.24    | Top Width (m)        | 4.59    | 23.11   | 2.54     |
| Vel Total (m/s)    | 3.14     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.29    | 3.28    | 1.26     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.45     | Hydr. Depth (m)      | 0.30    | 1.22    | 0.29     |
| Conv. Total (m3/s) | 1024.7   | Conv. (m3/s)         | 19.0    | 995.7   | 10.1     |
| Length Wtd. (m)    | 22.19    | Wetted Per. (m)      | 4.63    | 23.62   | 2.61     |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 25.18   | 101.93  | 24.32    |
| Alpha              | 1.06     | Stream Power (N/m s) | 32.55   | 334.60  | 30.70    |
| Frctn Loss (m)     | 0.30     | Cum Volume (1000 m3) | 0.71    | 14.71   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 1.80    | 10.92   | 2.75     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 620.1097 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2699.22  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.60     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2698.62  | Reach Len. (m)       | 21.45   | 22.19   | 23.34    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.62  | Flow Area (m2)       | 2.25    | 32.19   | 1.24     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008269 | Area (m2)            | 2.25    | 32.19   | 1.24     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 3.37    | 112.42  | 1.80     |
| Top Width (m)      | 32.23    | Top Width (m)        | 5.85    | 23.11   | 3.28     |
| Vel Total (m/s)    | 3.30     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.50    | 3.49    | 1.46     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.62     | Hydr. Depth (m)      | 0.39    | 1.39    | 0.38     |
| Conv. Total (m3/s) | 1293.3   | Conv. (m3/s)         | 37.1    | 1236.3  | 19.8     |
| Length Wtd. (m)    | 22.18    | Wetted Per. (m)      | 5.89    | 23.62   | 3.37     |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 31.02   | 110.49  | 29.80    |
| Alpha              | 1.08     | Stream Power (N/m s) | 46.46   | 385.91  | 43.46    |
| Frctn Loss (m)     | 0.28     | Cum Volume (1000 m3) | 1.01    | 16.75   | 2.21     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 2.09    | 11.15   | 3.25     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 620.1097 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2699.44  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.65     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2698.79  | Reach Len. (m)       | 21.45   | 22.19   | 23.34    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.79  | Flow Area (m2)       | 3.39    | 36.25   | 1.88     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007699 | Area (m2)            | 3.39    | 36.25   | 1.88     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 5.64    | 132.22  | 3.04     |
| Top Width (m)      | 34.30    | Top Width (m)        | 7.14    | 23.11   | 4.04     |
| Vel Total (m/s)    | 3.39     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.66    | 3.65    | 1.62     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.79     | Hydr. Depth (m)      | 0.48    | 1.57    | 0.46     |
| Conv. Total (m3/s) | 1605.8   | Conv. (m3/s)         | 64.2    | 1506.9  | 34.6     |
| Length Wtd. (m)    | 22.18    | Wetted Per. (m)      | 7.20    | 23.62   | 4.15     |
| Min Ch El (m)      | 2696.00  | Shear (N/m2)         | 35.59   | 115.86  | 34.18    |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 59.11   | 422.63  | 55.27    |
| Frctn Loss (m)     | 0.26     | Cum Volume (1000 m3) | 1.36    | 18.77   | 2.75     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     | 2.40    | 11.38   | 3.73     |



Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 597.9227 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2698.62  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.16     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2697.47  | Reach Len. (m)       | 21.50   | 21.53   | 23.10    |
| Crit W.S. (m)      | 2697.83  | Flow Area (m2)       | 0.30    | 19.94   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.024356 | Area (m2)            | 0.30    | 19.94   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 0.39    | 95.11   |          |
| Top Width (m)      | 22.22    | Top Width (m)        | 2.17    | 20.06   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.72     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.31    | 4.77    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.10     | Hydr. Depth (m)      | 0.14    | 0.99    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 611.9    | Conv. (m3/s)         | 2.5     | 609.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 21.53    | Wetted Per. (m)      | 2.18    | 20.61   |          |
| Min Ch El (m)      | 2695.36  | Shear (N/m2)         | 33.11   | 231.06  |          |
| Alpha              | 1.02     | Stream Power (N/m s) | 43.26   | 1102.23 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.45     | Cum Volume (1000 m3) | 0.69    | 14.18   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 1.72    | 10.44   | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 597.9227 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2698.87  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.23     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2697.64  | Reach Len. (m)       | 21.50   | 21.53   | 23.10    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.01  | Flow Area (m2)       | 0.78    | 23.53   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.021788 | Area (m2)            | 0.78    | 23.53   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 1.37    | 116.23  |          |
| Top Width (m)      | 23.99    | Top Width (m)        | 3.33    | 20.66   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.84     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.75    | 4.94    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.28     | Hydr. Depth (m)      | 0.24    | 1.14    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 796.7    | Conv. (m3/s)         | 9.3     | 787.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 21.53    | Wetted Per. (m)      | 3.36    | 21.23   |          |
| Min Ch El (m)      | 2695.36  | Shear (N/m2)         | 49.87   | 236.78  |          |
| Alpha              | 1.03     | Stream Power (N/m s) | 87.19   | 1169.59 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.42     | Cum Volume (1000 m3) | 0.98    | 16.13   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 2.00    | 10.67   | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 597.9227 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2699.11  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.30     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2697.81  | Reach Len. (m)       | 21.50   | 21.53   | 23.10    |
| Crit W.S. (m)      | 2698.20  | Flow Area (m2)       | 1.46    | 27.07   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.019951 | Area (m2)            | 1.46    | 27.07   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 3.00    | 137.90  |          |
| Top Width (m)      | 25.78    | Top Width (m)        | 4.55    | 21.23   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.94     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.05    | 5.09    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.45     | Hydr. Depth (m)      | 0.32    | 1.27    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 997.5    | Conv. (m3/s)         | 21.2    | 976.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 21.53    | Wetted Per. (m)      | 4.59    | 21.83   |          |
| Min Ch El (m)      | 2695.36  | Shear (N/m2)         | 62.14   | 242.57  |          |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) | 127.70  | 1235.71 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.38     | Cum Volume (1000 m3) | 1.30    | 18.07   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 2.28    | 10.88   | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 576.3976 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2698.15  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.11     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2697.04  | Reach Len. (m)       | 35.94   | 39.86   | 40.97    |
| Crit W.S. (m)      | 2697.36  | Flow Area (m2)       | 0.36    | 20.29   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.018436 | Area (m2)            | 0.36    | 20.29   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 0.45    | 95.05   |          |
| Top Width (m)      | 19.00    | Top Width (m)        | 2.16    | 16.84   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.63     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.26    | 4.69    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.28     | Hydr. Depth (m)      | 0.16    | 1.20    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 703.3    | Conv. (m3/s)         | 3.3     | 700.0   |          |
| Length Wtd. (m)    | 39.82    | Wetted Per. (m)      | 2.19    | 17.49   |          |
| Min Ch El (m)      | 2694.76  | Shear (N/m2)         | 29.37   | 209.77  |          |
| Alpha              | 1.02     | Stream Power (N/m s) | 37.10   | 982.82  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.06     | Cum Volume (1000 m3) | 0.68    | 13.74   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.17     | Cum SA (1000 m2)     | 1.68    | 10.04   | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 576.3976 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2698.45  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.22     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2697.23  | Reach Len. (m)       | 35.94   | 39.86   | 40.97    |
| Crit W.S. (m)      | 2697.58  | Flow Area (m2)       | 0.89    | 23.62   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.017253 | Area (m2)            | 0.89    | 23.62   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 1.50    | 116.10  |          |
| Top Width (m)      | 20.64    | Top Width (m)        | 3.29    | 17.35   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.80     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.70    | 4.92    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.47     | Hydr. Depth (m)      | 0.27    | 1.36    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 895.3    | Conv. (m3/s)         | 11.5    | 883.9   |          |
| Length Wtd. (m)    | 39.79    | Wetted Per. (m)      | 3.34    | 18.03   |          |
| Min Ch El (m)      | 2694.76  | Shear (N/m2)         | 44.97   | 221.69  |          |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) | 76.32   | 1089.58 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.07     | Cum Volume (1000 m3) | 0.96    | 15.63   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.18     | Cum SA (1000 m2)     | 1.92    | 10.26   | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 576.3976 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2698.72  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.29     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2697.43  | Reach Len. (m)       | 35.94   | 39.86   | 40.97    |
| Crit W.S. (m)      | 2697.80  | Flow Area (m2)       | 1.64    | 27.04   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.016068 | Area (m2)            | 1.64    | 27.04   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 3.31    | 137.59  |          |
| Top Width (m)      | 22.27    | Top Width (m)        | 4.42    | 17.85   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.91     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.02    | 5.09    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.67     | Hydr. Depth (m)      | 0.37    | 1.51    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1111.6   | Conv. (m3/s)         | 26.1    | 1085.5  |          |
| Length Wtd. (m)    | 39.77    | Wetted Per. (m)      | 4.48    | 18.57   |          |
| Min Ch El (m)      | 2694.76  | Shear (N/m2)         | 57.51   | 229.45  |          |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 116.36  | 1167.74 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.07     | Cum Volume (1000 m3) | 1.27    | 17.49   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.19     | Cum SA (1000 m2)     | 2.18    | 10.46   | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 536.5396 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2696.45  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.10     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.35  | Reach Len. (m)       | 4.30    | 4.30    | 4.30     |
| Crit W.S. (m)      | 2694.81  | Flow Area (m2)       |         | 69.32   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000643 | Area (m2)            |         | 69.32   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 27.63    | Top Width (m)        |         | 27.63   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.38     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.38    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.89     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.51    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 3764.8   | Conv. (m3/s)         |         | 3764.8  |          |
| Length Wtd. (m)    | 4.30     | Wetted Per. (m)      |         | 30.26   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.46  | Shear (N/m2)         |         | 14.46   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 19.92   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.00     | Cum Volume (1000 m3) | 0.67    | 11.96   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 1.64    | 9.16    | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 536.5396 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2696.75  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.12     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.63  | Reach Len. (m)       | 4.30    | 4.30    | 4.30     |
| Crit W.S. (m)      | 2694.98  | Flow Area (m2)       |         | 77.14   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000708 | Area (m2)            |         | 77.14   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 28.24    | Top Width (m)        |         | 28.24   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.52     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.52    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.17     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.73    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 4418.1   | Conv. (m3/s)         |         | 4418.1  |          |
| Length Wtd. (m)    | 4.30     | Wetted Per. (m)      |         | 31.09   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.46  | Shear (N/m2)         |         | 17.24   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 26.28   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.00     | Cum Volume (1000 m3) | 0.95    | 13.62   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 1.86    | 9.35    | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 536.5396 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2697.03  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.14     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.89  | Reach Len. (m)       | 4.30    | 4.30    | 4.30     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.15  | Flow Area (m2)       |         | 84.60   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000773 | Area (m2)            |         | 84.60   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 28.83    | Top Width (m)        |         | 28.83   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.67     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.67    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.43     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.93    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 5066.8   | Conv. (m3/s)         |         | 5066.8  |          |
| Length Wtd. (m)    | 4.30     | Wetted Per. (m)      |         | 31.88   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.46  | Shear (N/m2)         |         | 20.12   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 33.51   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.01     | Cum Volume (1000 m3) | 1.24    | 15.26   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 2.10    | 9.53    | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 530 BR U Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2696.43  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.23     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.20  | Reach Len. (m)       | 5.00    | 5.00    | 5.00     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.13  | Flow Area (m2)       |         | 45.19   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001809 | Area (m2)            |         | 45.19   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 18.47    | Top Width (m)        |         | 18.47   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.11     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.11    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.68     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.45    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2245.6   | Conv. (m3/s)         |         | 2245.6  |          |
| Length Wtd. (m)    | 5.00     | Wetted Per. (m)      |         | 22.54   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.52  | Shear (N/m2)         |         | 35.56   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 75.15   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.01     | Cum Volume (1000 m3) | 0.67    | 11.71   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 1.64    | 9.06    | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 530 BR U Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2696.73  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.29     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.44  | Reach Len. (m)       | 5.00    | 5.00    | 5.00     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.34  | Flow Area (m2)       |         | 49.62   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002068 | Area (m2)            |         | 49.62   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 18.63    | Top Width (m)        |         | 18.63   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.37     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.37    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.92     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.66    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2586.0   | Conv. (m3/s)         |         | 2586.0  |          |
| Length Wtd. (m)    | 5.00     | Wetted Per. (m)      |         | 23.04   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.52  | Shear (N/m2)         |         | 43.67   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 103.49  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.01     | Cum Volume (1000 m3) | 0.95    | 13.35   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 1.86    | 9.25    | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 530 BR U Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2697.01  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.35     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.65  | Reach Len. (m)       | 5.00    | 5.00    | 5.00     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.56  | Flow Area (m2)       |         | 53.62   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002353 | Area (m2)            |         | 53.62   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 18.77    | Top Width (m)        |         | 18.77   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.63     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.63    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.13     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.86    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2904.4   | Conv. (m3/s)         |         | 2904.4  |          |
| Length Wtd. (m)    | 5.00     | Wetted Per. (m)      |         | 23.50   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.52  | Shear (N/m2)         |         | 52.67   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 138.40  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.01     | Cum Volume (1000 m3) | 1.24    | 14.97   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 2.10    | 9.43    | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 530 BR D Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2696.41  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.30     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.11  | Reach Len. (m)       | 6.71    | 6.71    | 6.71     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.36  | Flow Area (m2)       |         | 39.34   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.002722 | Area (m2)            |         | 39.34   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 18.41    | Top Width (m)        |         | 18.41   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.43     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.43    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.28     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.14    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1830.6   | Conv. (m3/s)         |         | 1830.6  |          |
| Length Wtd. (m)    | 6.71     | Wetted Per. (m)      |         | 21.65   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.83  | Shear (N/m2)         |         | 48.49   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 117.72  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.01     | Cum Volume (1000 m3) | 0.67    | 11.50   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.04     | Cum SA (1000 m2)     | 1.64    | 8.96    | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 530 BR D Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2696.71  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.37     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.33  | Reach Len. (m)       | 6.71    | 6.71    | 6.71     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.58  | Flow Area (m2)       |         | 43.42   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.003057 | Area (m2)            |         | 43.42   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 18.55    | Top Width (m)        |         | 18.55   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.71     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.71    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.50     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.34    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2127.0   | Conv. (m3/s)         |         | 2127.0  |          |
| Length Wtd. (m)    | 6.71     | Wetted Per. (m)      |         | 22.12   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.83  | Shear (N/m2)         |         | 58.84   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 159.38  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.01     | Cum Volume (1000 m3) | 0.95    | 13.11   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.86    | 9.16    | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 530 BR D Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2696.98  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.46     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.52  | Reach Len. (m)       | 6.71    | 6.71    | 6.71     |
| Crit W.S. (m)      | 2695.78  | Flow Area (m2)       |         | 46.98   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.003456 | Area (m2)            |         | 46.98   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 18.68    | Top Width (m)        |         | 18.68   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.00     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.00    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.69     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.51    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2396.7   | Conv. (m3/s)         |         | 2396.7  |          |
| Length Wtd. (m)    | 6.71     | Wetted Per. (m)      |         | 22.52   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.83  | Shear (N/m2)         |         | 70.69   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 212.02  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.02     | Cum Volume (1000 m3) | 1.24    | 14.71   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 2.10    | 9.34    | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 520.5323 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2696.36  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.17     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.19  | Reach Len. (m)       | 23.77   | 26.08   | 28.05    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       |         | 52.11   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001413 | Area (m2)            |         | 52.11   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 24.52    | Top Width (m)        |         | 24.52   |          |
| Vel Total (m/s)    | 1.83     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 1.83    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.36     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.12    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2540.7   | Conv. (m3/s)         |         | 2540.7  |          |
| Length Wtd. (m)    | 26.04    | Wetted Per. (m)      |         | 26.74   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.83  | Shear (N/m2)         |         | 27.00   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 49.49   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.07     | Cum Volume (1000 m3) | 0.67    | 11.19   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.64    | 8.82    | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 520.5323 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2696.64  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.21     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.43  | Reach Len. (m)       | 23.77   | 26.08   | 28.05    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       |         | 58.17   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001541 | Area (m2)            |         | 58.17   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 25.07    | Top Width (m)        |         | 25.07   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.02     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.02    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.60     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.32    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 2995.6   | Conv. (m3/s)         |         | 2995.6  |          |
| Length Wtd. (m)    | 26.02    | Wetted Per. (m)      |         | 27.49   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.83  | Shear (N/m2)         |         | 31.98   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 64.65   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 0.95    | 12.77   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.86    | 9.01    | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 520.5323 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2696.90  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.25     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.65  | Reach Len. (m)       | 23.77   | 26.08   | 28.05    |
| Crit W.S. (m)      |          | Flow Area (m2)       |         | 63.76   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.001693 | Area (m2)            |         | 63.76   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 25.71    | Top Width (m)        |         | 25.71   |          |
| Vel Total (m/s)    | 2.21     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 2.21    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.82     | Hydr. Depth (m)      |         | 2.48    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 3424.3   | Conv. (m3/s)         |         | 3424.3  |          |
| Length Wtd. (m)    | 26.01    | Wetted Per. (m)      |         | 28.30   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.83  | Shear (N/m2)         |         | 37.41   |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 82.67   |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 1.24    | 14.34   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 2.10    | 9.19    | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 494.4544 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2696.24  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.64     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2695.60  | Reach Len. (m)       | 31.97   | 33.35   | 33.41    |
| Crit W.S. (m)      | 2695.60  | Flow Area (m2)       | 1.95    | 25.69   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008619 | Area (m2)            | 1.95    | 25.69   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 3.41    | 92.09   |          |
| Top Width (m)      | 22.36    | Top Width (m)        | 4.07    | 18.29   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.46     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.75    | 3.59    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.25     | Hydr. Depth (m)      | 0.48    | 1.40    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1028.7   | Conv. (m3/s)         | 36.7    | 991.9   |          |
| Length Wtd. (m)    | 33.28    | Wetted Per. (m)      | 4.16    | 18.70   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.35  | Shear (N/m2)         | 39.57   | 116.10  |          |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 69.21   | 416.25  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.43     | Cum Volume (1000 m3) | 0.65    | 10.18   | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.59    | 8.26    | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 494.4544 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2696.51  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.70     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2695.81  | Reach Len. (m)       | 31.97   | 33.35   | 33.41    |
| Crit W.S. (m)      | 2695.81  | Flow Area (m2)       | 2.90    | 29.62   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008310 | Area (m2)            | 2.90    | 29.62   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 5.72    | 111.88  |          |
| Top Width (m)      | 23.86    | Top Width (m)        | 4.90    | 18.96   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.62     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.97    | 3.78    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.46     | Hydr. Depth (m)      | 0.59    | 1.56    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1290.0   | Conv. (m3/s)         | 62.7    | 1227.3  |          |
| Length Wtd. (m)    | 33.26    | Wetted Per. (m)      | 5.02    | 19.40   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.35  | Shear (N/m2)         | 46.99   | 124.44  |          |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 92.74   | 470.10  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.41     | Cum Volume (1000 m3) | 0.91    | 11.63   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 1.81    | 8.44    | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 494.4544 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2696.77  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.73     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2696.05  | Reach Len. (m)       | 31.97   | 33.35   | 33.41    |
| Crit W.S. (m)      | 2696.05  | Flow Area (m2)       | 4.15    | 34.16   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007892 | Area (m2)            | 4.15    | 34.16   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 9.04    | 131.86  |          |
| Top Width (m)      | 26.19    | Top Width (m)        | 5.83    | 20.37   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.68     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.18    | 3.86    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.69     | Hydr. Depth (m)      | 0.71    | 1.68    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1586.0   | Conv. (m3/s)         | 101.8   | 1484.2  |          |
| Length Wtd. (m)    | 33.24    | Wetted Per. (m)      | 5.97    | 20.84   |          |
| Min Ch El (m)      | 2693.35  | Shear (N/m2)         | 53.79   | 126.88  |          |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 117.18  | 489.76  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.39     | Cum Volume (1000 m3) | 1.19    | 13.07   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     | 2.03    | 8.59    | 3.68     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 461.107 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2695.75  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.18     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2694.57  | Reach Len. (m)       | 37.56   | 44.06   | 56.35    |
| Crit W.S. (m)      | 2694.92  | Flow Area (m2)       | 2.07    | 18.14   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.021490 | Area (m2)            | 2.07    | 18.14   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 6.26    | 89.24   |          |
| Top Width (m)      | 19.74    | Top Width (m)        | 3.73    | 16.01   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.73     | Avg. Vel. (m/s)      | 3.02    | 4.92    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.71     | Hydr. Depth (m)      | 0.56    | 1.13    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 651.4    | Conv. (m3/s)         | 42.7    | 608.8   |          |
| Length Wtd. (m)    | 43.90    | Wetted Per. (m)      | 3.87    | 16.30   |          |
| Min Ch El (m)      | 2692.86  | Shear (N/m2)         | 112.91  | 234.56  |          |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) | 341.19  | 1154.08 |          |
| Frctn Loss (m)     | 1.01     | Cum Volume (1000 m3) | 0.59    | 9.45    | 1.71     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 1.47    | 7.69    | 2.72     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 461.107 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2696.04  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.30     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2694.75  | Reach Len. (m)       | 37.56   | 44.06   | 56.35    |
| Crit W.S. (m)      | 2695.15  | Flow Area (m2)       | 2.76    | 21.00   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.020475 | Area (m2)            | 2.76    | 21.00   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 9.20    | 108.40  |          |
| Top Width (m)      | 20.74    | Top Width (m)        | 4.11    | 16.63   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.95     | Avg. Vel. (m/s)      | 3.33    | 5.16    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.88     | Hydr. Depth (m)      | 0.67    | 1.26    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 821.9    | Conv. (m3/s)         | 64.3    | 757.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 43.93    | Wetted Per. (m)      | 4.29    | 16.94   |          |
| Min Ch El (m)      | 2692.86  | Shear (N/m2)         | 129.24  | 248.96  |          |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) | 430.85  | 1284.87 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.99     | Cum Volume (1000 m3) | 0.82    | 10.78   | 2.20     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 1.66    | 7.84    | 3.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 461.107 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2696.31  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.40     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2694.92  | Reach Len. (m)       | 37.56   | 44.06   | 56.35    |
| Crit W.S. (m)      | 2695.36  | Flow Area (m2)       | 3.50    | 23.92   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.019532 | Area (m2)            | 3.50    | 23.92   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 12.56   | 128.34  |          |
| Top Width (m)      | 21.73    | Top Width (m)        | 4.49    | 17.24   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.14     | Avg. Vel. (m/s)      | 3.59    | 5.36    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.06     | Hydr. Depth (m)      | 0.78    | 1.39    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1008.2   | Conv. (m3/s)         | 89.9    | 918.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 43.98    | Wetted Per. (m)      | 4.70    | 17.57   |          |
| Min Ch El (m)      | 2692.86  | Shear (N/m2)         | 142.64  | 260.76  |          |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) | 511.82  | 1398.93 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.97     | Cum Volume (1000 m3) | 1.07    | 12.10   | 2.73     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 1.87    | 7.96    | 3.68     |



Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 417.0471 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2694.74  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.18     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2693.57  | Reach Len. (m)       | 39.29   | 40.07   | 43.17    |
| Crit W.S. (m)      | 2693.96  | Flow Area (m2)       |         | 19.61   | 0.66     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.024585 | Area (m2)            |         | 19.61   | 0.66     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 94.63   | 0.87     |
| Top Width (m)      | 24.38    | Top Width (m)        |         | 19.77   | 4.61     |
| Vel Total (m/s)    | 4.71     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.83    | 1.33     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.65     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.99    | 0.14     |
| Conv. Total (m3/s) | 609.1    | Conv. (m3/s)         |         | 603.5   | 5.6      |
| Length Wtd. (m)    | 40.25    | Wetted Per. (m)      |         | 20.06   | 4.62     |
| Min Ch El (m)      | 2691.92  | Shear (N/m2)         |         | 235.68  | 34.19    |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) |         | 1137.45 | 45.56    |
| Frctn Loss (m)     | 1.03     | Cum Volume (1000 m3) | 0.55    | 8.62    | 1.69     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 1.40    | 6.90    | 2.59     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 417.0471 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2695.05  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.35     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2693.69  | Reach Len. (m)       | 39.29   | 40.07   | 43.17    |
| Crit W.S. (m)      | 2694.15  | Flow Area (m2)       |         | 22.17   | 1.41     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.024890 | Area (m2)            |         | 22.17   | 1.41     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 115.24  | 2.36     |
| Top Width (m)      | 27.24    | Top Width (m)        |         | 20.16   | 7.08     |
| Vel Total (m/s)    | 4.99     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.20    | 1.68     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.77     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.10    | 0.20     |
| Conv. Total (m3/s) | 745.4    | Conv. (m3/s)         |         | 730.5   | 14.9     |
| Length Wtd. (m)    | 40.31    | Wetted Per. (m)      |         | 20.47   | 7.10     |
| Min Ch El (m)      | 2691.92  | Shear (N/m2)         |         | 264.30  | 48.36    |
| Alpha              | 1.07     | Stream Power (N/m s) |         | 1374.01 | 81.02    |
| Frctn Loss (m)     | 1.03     | Cum Volume (1000 m3) | 0.77    | 9.83    | 2.16     |
| C & E Loss (m)     | 0.03     | Cum SA (1000 m2)     | 1.59    | 7.03    | 3.01     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 417.0471 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2695.33  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.52     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2693.81  | Reach Len. (m)       | 39.29   | 40.07   | 43.17    |
| Crit W.S. (m)      | 2694.32  | Flow Area (m2)       |         | 24.60   | 2.38     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.025159 | Area (m2)            |         | 24.60   | 2.38     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 136.13  | 4.77     |
| Top Width (m)      | 29.82    | Top Width (m)        |         | 20.53   | 9.29     |
| Vel Total (m/s)    | 5.22     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.53    | 2.00     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.89     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.20    | 0.26     |
| Conv. Total (m3/s) | 888.3    | Conv. (m3/s)         |         | 858.2   | 30.1     |
| Length Wtd. (m)    | 40.37    | Wetted Per. (m)      |         | 20.86   | 9.30     |
| Min Ch El (m)      | 2691.92  | Shear (N/m2)         |         | 291.00  | 63.23    |
| Alpha              | 1.09     | Stream Power (N/m s) |         | 1610.18 | 126.45   |
| Frctn Loss (m)     | 1.02     | Cum Volume (1000 m3) | 1.00    | 11.03   | 2.66     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     | 1.78    | 7.13    | 3.42     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 376.9818 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2693.69  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.47     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2692.22  | Reach Len. (m)       | 54.43   | 53.97   | 52.15    |
| Crit W.S. (m)      | 2692.69  | Flow Area (m2)       |         | 15.22   | 3.56     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.026586 | Area (m2)            |         | 15.22   | 3.56     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 85.09   | 10.41    |
| Top Width (m)      | 20.66    | Top Width (m)        |         | 12.52   | 8.14     |
| Vel Total (m/s)    | 5.08     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.59    | 2.93     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.63     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.22    | 0.44     |
| Conv. Total (m3/s) | 585.7    | Conv. (m3/s)         |         | 521.8   | 63.9     |
| Length Wtd. (m)    | 53.87    | Wetted Per. (m)      |         | 13.25   | 8.18     |
| Min Ch El (m)      | 2690.59  | Shear (N/m2)         |         | 299.57  | 113.44   |
| Alpha              | 1.11     | Stream Power (N/m s) |         | 1674.58 | 331.89   |
| Frctn Loss (m)     | 1.14     | Cum Volume (1000 m3) | 0.55    | 7.92    | 1.60     |
| C & E Loss (m)     | 0.08     | Cum SA (1000 m2)     | 1.40    | 6.26    | 2.31     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 376.9818 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2693.99  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.62     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2692.37  | Reach Len. (m)       | 54.43   | 53.97   | 52.15    |
| Crit W.S. (m)      | 2692.89  | Flow Area (m2)       |         | 17.15   | 4.91     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.026077 | Area (m2)            |         | 17.15   | 4.91     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 101.67  | 15.93    |
| Top Width (m)      | 22.16    | Top Width (m)        |         | 12.69   | 9.47     |
| Vel Total (m/s)    | 5.33     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.93    | 3.24     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.78     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.35    | 0.52     |
| Conv. Total (m3/s) | 728.2    | Conv. (m3/s)         |         | 629.6   | 98.6     |
| Length Wtd. (m)    | 53.85    | Wetted Per. (m)      |         | 13.48   | 9.52     |
| Min Ch El (m)      | 2690.59  | Shear (N/m2)         |         | 325.51  | 131.85   |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) |         | 1929.30 | 427.85   |
| Frctn Loss (m)     | 1.08     | Cum Volume (1000 m3) | 0.77    | 9.05    | 2.02     |
| C & E Loss (m)     | 0.10     | Cum SA (1000 m2)     | 1.59    | 6.37    | 2.65     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 376.9818 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2694.28  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.76     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2692.52  | Reach Len. (m)       | 54.43   | 53.97   | 52.15    |
| Crit W.S. (m)      | 2693.09  | Flow Area (m2)       |         | 19.02   | 6.39     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.025608 | Area (m2)            |         | 19.02   | 6.39     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 118.40  | 22.50    |
| Top Width (m)      | 23.59    | Top Width (m)        |         | 12.85   | 10.74    |
| Vel Total (m/s)    | 5.55     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 6.23    | 3.52     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.93     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.48    | 0.59     |
| Conv. Total (m3/s) | 880.5    | Conv. (m3/s)         |         | 739.9   | 140.6    |
| Length Wtd. (m)    | 53.82    | Wetted Per. (m)      |         | 13.70   | 10.80    |
| Min Ch El (m)      | 2690.59  | Shear (N/m2)         |         | 348.77  | 148.50   |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) |         | 2171.13 | 523.20   |
| Frctn Loss (m)     | 1.02     | Cum Volume (1000 m3) | 1.00    | 10.15   | 2.47     |
| C & E Loss (m)     | 0.12     | Cum SA (1000 m2)     | 1.78    | 6.46    | 2.99     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 323.0087 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2692.47  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.20     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2691.27  | Reach Len. (m)       | 41.28   | 42.21   | 41.44    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.56  | Flow Area (m2)       |         | 19.66   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.017133 | Area (m2)            |         | 19.66   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 14.29    | Top Width (m)        |         | 14.29   |          |
| Vel Total (m/s)    | 4.86     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.86    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.27     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.38    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 729.6    | Conv. (m3/s)         |         | 729.6   |          |
| Length Wtd. (m)    | 42.07    | Wetted Per. (m)      |         | 15.19   |          |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         |         | 217.42  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1056.12 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 0.55    | 6.98    | 1.50     |
| C & E Loss (m)     | 0.13     | Cum SA (1000 m2)     | 1.40    | 5.53    | 2.10     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 323.0087 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2692.82  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.30     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2691.52  | Reach Len. (m)       | 41.28   | 42.21   | 41.44    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.82  | Flow Area (m2)       |         | 23.25   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.015875 | Area (m2)            |         | 23.25   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 14.90    | Top Width (m)        |         | 14.90   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.06     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.06    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.52     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.56    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 933.4    | Conv. (m3/s)         |         | 933.4   |          |
| Length Wtd. (m)    | 42.06    | Wetted Per. (m)      |         | 15.97   |          |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         |         | 226.61  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1146.02 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 0.77    | 7.95    | 1.89     |
| C & E Loss (m)     | 0.18     | Cum SA (1000 m2)     | 1.59    | 5.63    | 2.41     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 323.0087 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2693.15  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.38     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2691.77  | Reach Len. (m)       | 41.28   | 42.21   | 41.44    |
| Crit W.S. (m)      | 2692.09  | Flow Area (m2)       |         | 27.13   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.014555 | Area (m2)            |         | 27.13   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 15.52    | Top Width (m)        |         | 15.52   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.19     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.19    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.77     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.75    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1167.9   | Conv. (m3/s)         |         | 1167.9  |          |
| Length Wtd. (m)    | 42.05    | Wetted Per. (m)      |         | 16.78   |          |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         |         | 230.77  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1198.47 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.09     | Cum Volume (1000 m3) | 1.00    | 8.91    | 2.30     |
| C & E Loss (m)     | 0.24     | Cum SA (1000 m2)     | 1.78    | 5.69    | 2.71     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 280.8021 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2692.23  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.10     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2692.13  | Reach Len. (m)       | 37.12   | 36.13   | 34.83    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.33  | Flow Area (m2)       | 5.78    | 39.05   | 26.28    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000979 | Area (m2)            | 5.78    | 39.05   | 26.28    |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 4.53    | 62.58   | 28.38    |
| Top Width (m)      | 47.39    | Top Width (m)        | 7.88    | 17.07   | 22.44    |
| Vel Total (m/s)    | 1.34     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.78    | 1.60    | 1.08     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.13     | Hydr. Depth (m)      | 0.73    | 2.29    | 1.17     |
| Conv. Total (m3/s) | 3052.2   | Conv. (m3/s)         | 144.9   | 2000.2  | 907.1    |
| Length Wtd. (m)    | 35.96    | Wetted Per. (m)      | 8.05    | 18.61   | 22.63    |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         | 6.90    | 20.15   | 11.15    |
| Alpha              | 1.14     | Stream Power (N/m s) | 5.41    | 32.29   | 12.04    |
| Frctn Loss (m)     | 0.08     | Cum Volume (1000 m3) | 0.43    | 5.74    | 0.96     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.23    | 4.87    | 1.64     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 280.8021 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2692.49  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.11     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2692.38  | Reach Len. (m)       | 37.12   | 36.13   | 34.83    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.46  | Flow Area (m2)       | 7.78    | 43.33   | 32.00    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000937 | Area (m2)            | 7.78    | 43.33   | 32.00    |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 7.09    | 72.81   | 37.70    |
| Top Width (m)      | 48.31    | Top Width (m)        | 8.06    | 17.07   | 23.18    |
| Vel Total (m/s)    | 1.41     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.91    | 1.68    | 1.18     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.38     | Hydr. Depth (m)      | 0.97    | 2.54    | 1.38     |
| Conv. Total (m3/s) | 3842.6   | Conv. (m3/s)         | 231.8   | 2379.1  | 1231.7   |
| Length Wtd. (m)    | 35.95    | Wetted Per. (m)      | 8.36    | 18.61   | 23.41    |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         | 8.55    | 21.39   | 12.56    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 7.79    | 35.94   | 14.79    |
| Frctn Loss (m)     | 0.07     | Cum Volume (1000 m3) | 0.61    | 6.55    | 1.23     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.42    | 4.95    | 1.93     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 280.8021 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2692.73  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.13     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2692.60  | Reach Len. (m)       | 37.12   | 36.13   | 34.83    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.60  | Flow Area (m2)       | 9.59    | 47.13   | 37.23    |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.000933 | Area (m2)            | 9.59    | 47.13   | 37.23    |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 9.82    | 83.59   | 47.49    |
| Top Width (m)      | 49.13    | Top Width (m)        | 8.23    | 17.07   | 23.83    |
| Vel Total (m/s)    | 1.50     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.02    | 1.77    | 1.28     |
| Max Chl Dpth (m)   | 3.60     | Hydr. Depth (m)      | 1.17    | 2.76    | 1.56     |
| Conv. Total (m3/s) | 4613.5   | Conv. (m3/s)         | 321.5   | 2736.9  | 1555.0   |
| Length Wtd. (m)    | 35.94    | Wetted Per. (m)      | 8.64    | 18.61   | 24.10    |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         | 10.16   | 23.17   | 14.13    |
| Alpha              | 1.11     | Stream Power (N/m s) | 10.40   | 41.09   | 18.02    |
| Frctn Loss (m)     | 0.07     | Cum Volume (1000 m3) | 0.81    | 7.34    | 1.53     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.61    | 5.01    | 2.21     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 244.6703 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2692.10  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.63     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2691.47  | Reach Len. (m)       | 43.54   | 41.57   | 39.21    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.47  | Flow Area (m2)       | 0.42    | 26.80   | 0.54     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.008638 | Area (m2)            | 0.42    | 26.80   | 0.54     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 0.36    | 94.66   | 0.48     |
| Top Width (m)      | 25.25    | Top Width (m)        | 2.59    | 19.46   | 3.21     |
| Vel Total (m/s)    | 3.44     | Avg. Vel. (m/s)      | 0.85    | 3.53    | 0.88     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.47     | Hydr. Depth (m)      | 0.16    | 1.38    | 0.17     |
| Conv. Total (m3/s) | 1027.5   | Conv. (m3/s)         | 3.8     | 1018.5  | 5.2      |
| Length Wtd. (m)    | 41.51    | Wetted Per. (m)      | 2.61    | 19.99   | 3.22     |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         | 13.53   | 113.59  | 14.23    |
| Alpha              | 1.05     | Stream Power (N/m s) | 11.56   | 401.18  | 12.59    |
| Frctn Loss (m)     | 0.60     | Cum Volume (1000 m3) | 0.31    | 4.55    | 0.49     |
| C & E Loss (m)     | 0.05     | Cum SA (1000 m2)     | 1.04    | 4.21    | 1.19     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 244.6703 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2692.37  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.65     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2691.71  | Reach Len. (m)       | 43.54   | 41.57   | 39.21    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.71  | Flow Area (m2)       | 1.27    | 31.49   | 1.72     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.007356 | Area (m2)            | 1.27    | 31.49   | 1.72     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 1.46    | 114.27  | 1.87     |
| Top Width (m)      | 30.58    | Top Width (m)        | 4.52    | 19.46   | 6.59     |
| Vel Total (m/s)    | 3.41     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.15    | 3.63    | 1.09     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.71     | Hydr. Depth (m)      | 0.28    | 1.62    | 0.26     |
| Conv. Total (m3/s) | 1371.2   | Conv. (m3/s)         | 17.0    | 1332.3  | 21.9     |
| Length Wtd. (m)    | 41.50    | Wetted Per. (m)      | 4.56    | 19.99   | 6.62     |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         | 20.15   | 113.64  | 18.73    |
| Alpha              | 1.10     | Stream Power (N/m s) | 23.07   | 412.38  | 20.43    |
| Frctn Loss (m)     | 0.56     | Cum Volume (1000 m3) | 0.44    | 5.20    | 0.64     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     | 1.19    | 4.29    | 1.41     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 244.6703 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2692.61  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.67     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2691.94  | Reach Len. (m)       | 43.54   | 41.57   | 39.21    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.94  | Flow Area (m2)       | 2.50    | 35.89   | 3.57     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.006447 | Area (m2)            | 2.50    | 35.89   | 3.57     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 3.36    | 133.01  | 4.53     |
| Top Width (m)      | 35.66    | Top Width (m)        | 6.31    | 19.46   | 9.90     |
| Vel Total (m/s)    | 3.36     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.35    | 3.71    | 1.27     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.94     | Hydr. Depth (m)      | 0.40    | 1.84    | 0.36     |
| Conv. Total (m3/s) | 1754.8   | Conv. (m3/s)         | 41.8    | 1656.5  | 56.4     |
| Length Wtd. (m)    | 41.49    | Wetted Per. (m)      | 6.36    | 19.99   | 9.93     |
| Min Ch El (m)      | 2689.00  | Shear (N/m2)         | 24.83   | 113.51  | 22.74    |
| Alpha              | 1.16     | Stream Power (N/m s) | 33.42   | 420.70  | 28.85    |
| Frctn Loss (m)     | 0.51     | Cum Volume (1000 m3) | 0.58    | 5.84    | 0.82     |
| C & E Loss (m)     | 0.08     | Cum SA (1000 m2)     | 1.34    | 4.35    | 1.63     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 203.1042 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2691.46  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.08     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2690.38  | Reach Len. (m)       | 46.74   | 44.72   | 45.10    |
| Crit W.S. (m)      | 2690.71  | Flow Area (m2)       | 1.25    | 18.08   | 2.62     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.029545 | Area (m2)            | 1.25    | 18.08   | 2.62     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 2.54    | 86.35   | 6.61     |
| Top Width (m)      | 34.83    | Top Width (m)        | 5.36    | 21.34   | 8.12     |
| Vel Total (m/s)    | 4.35     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.03    | 4.78    | 2.52     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.51     | Hydr. Depth (m)      | 0.23    | 0.85    | 0.32     |
| Conv. Total (m3/s) | 555.6    | Conv. (m3/s)         | 14.8    | 502.4   | 38.5     |
| Length Wtd. (m)    | 44.83    | Wetted Per. (m)      | 5.39    | 21.56   | 8.16     |
| Min Ch El (m)      | 2688.87  | Shear (N/m2)         | 67.27   | 242.97  | 93.16    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 136.49  | 1160.57 | 234.85   |
| Frctn Loss (m)     | 0.72     | Cum Volume (1000 m3) | 0.28    | 3.62    | 0.43     |
| C & E Loss (m)     | 0.16     | Cum SA (1000 m2)     | 0.87    | 3.36    | 0.97     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 203.1042 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2691.75  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.29     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2690.46  | Reach Len. (m)       | 46.74   | 44.72   | 45.10    |
| Crit W.S. (m)      | 2690.86  | Flow Area (m2)       | 1.72    | 19.79   | 3.29     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.031692 | Area (m2)            | 1.72    | 19.79   | 3.29     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 4.01    | 103.96  | 9.63     |
| Top Width (m)      | 36.23    | Top Width (m)        | 6.29    | 21.34   | 8.59     |
| Vel Total (m/s)    | 4.74     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.33    | 5.25    | 2.93     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.59     | Hydr. Depth (m)      | 0.27    | 0.93    | 0.38     |
| Conv. Total (m3/s) | 660.6    | Conv. (m3/s)         | 22.5    | 584.0   | 54.1     |
| Length Wtd. (m)    | 44.86    | Wetted Per. (m)      | 6.32    | 21.56   | 8.63     |
| Min Ch El (m)      | 2688.87  | Shear (N/m2)         | 84.46   | 285.26  | 118.50   |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 197.15  | 1498.83 | 346.65   |
| Frctn Loss (m)     | 0.78     | Cum Volume (1000 m3) | 0.38    | 4.13    | 0.54     |
| C & E Loss (m)     | 0.19     | Cum SA (1000 m2)     | 0.95    | 3.45    | 1.11     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 203.1042 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2692.01  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.47     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2690.54  | Reach Len. (m)       | 46.74   | 44.72   | 45.10    |
| Crit W.S. (m)      | 2691.01  | Flow Area (m2)       | 2.28    | 21.57   | 4.03     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.032601 | Area (m2)            | 2.28    | 21.57   | 4.03     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 5.94    | 121.77  | 13.19    |
| Top Width (m)      | 37.69    | Top Width (m)        | 7.26    | 21.34   | 9.08     |
| Vel Total (m/s)    | 5.05     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.60    | 5.64    | 3.27     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.67     | Hydr. Depth (m)      | 0.31    | 1.01    | 0.44     |
| Conv. Total (m3/s) | 780.4    | Conv. (m3/s)         | 32.9    | 674.4   | 73.0     |
| Length Wtd. (m)    | 44.89    | Wetted Per. (m)      | 7.29    | 21.56   | 9.13     |
| Min Ch El (m)      | 2688.87  | Shear (N/m2)         | 100.14  | 319.92  | 141.14   |
| Alpha              | 1.13     | Stream Power (N/m s) | 260.59  | 1805.91 | 461.72   |
| Frctn Loss (m)     | 0.83     | Cum Volume (1000 m3) | 0.48    | 4.65    | 0.67     |
| C & E Loss (m)     | 0.21     | Cum SA (1000 m2)     | 1.05    | 3.50    | 1.25     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 158.3845 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2690.58  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.55     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2690.02  | Reach Len. (m)       | 31.89   | 33.90   | 33.26    |
| Crit W.S. (m)      | 2690.14  | Flow Area (m2)       | 3.12    | 21.59   | 7.25     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.010097 | Area (m2)            | 3.12    | 21.59   | 7.25     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 3.82    | 76.74   | 14.94    |
| Top Width (m)      | 44.22    | Top Width (m)        | 12.80   | 17.85   | 13.58    |
| Vel Total (m/s)    | 2.99     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.22    | 3.55    | 2.06     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.62     | Hydr. Depth (m)      | 0.24    | 1.21    | 0.53     |
| Conv. Total (m3/s) | 950.4    | Conv. (m3/s)         | 38.0    | 763.7   | 148.7    |
| Length Wtd. (m)    | 33.68    | Wetted Per. (m)      | 12.82   | 17.94   | 13.62    |
| Min Ch El (m)      | 2688.40  | Shear (N/m2)         | 24.10   | 119.20  | 52.69    |
| Alpha              | 1.22     | Stream Power (N/m s) | 29.49   | 423.59  | 108.65   |
| Frctn Loss (m)     | 0.39     | Cum Volume (1000 m3) | 0.18    | 2.73    | 0.21     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 0.44    | 2.49    | 0.48     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 158.3845 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2690.77  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.65     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2690.12  | Reach Len. (m)       | 31.89   | 33.90   | 33.26    |
| Crit W.S. (m)      | 2690.28  | Flow Area (m2)       | 4.39    | 23.32   | 8.60     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.011009 | Area (m2)            | 4.39    | 23.32   | 8.60     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 6.72    | 91.05   | 19.83    |
| Top Width (m)      | 46.17    | Top Width (m)        | 13.78   | 17.85   | 14.54    |
| Vel Total (m/s)    | 3.24     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.53    | 3.91    | 2.31     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.72     | Hydr. Depth (m)      | 0.32    | 1.31    | 0.59     |
| Conv. Total (m3/s) | 1120.8   | Conv. (m3/s)         | 64.0    | 867.8   | 189.0    |
| Length Wtd. (m)    | 33.64    | Wetted Per. (m)      | 13.81   | 17.94   | 14.59    |
| Min Ch El (m)      | 2688.40  | Shear (N/m2)         | 34.36   | 140.33  | 63.65    |
| Alpha              | 1.22     | Stream Power (N/m s) | 52.52   | 548.01  | 146.74   |
| Frctn Loss (m)     | 0.39     | Cum Volume (1000 m3) | 0.23    | 3.17    | 0.28     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 0.48    | 2.57    | 0.59     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 158.3845 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2690.97  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.76     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2690.21  | Reach Len. (m)       | 31.89   | 33.90   | 33.26    |
| Crit W.S. (m)      | 2690.41  | Flow Area (m2)       | 5.66    | 24.88   | 9.92     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.011949 | Area (m2)            | 5.66    | 24.88   | 9.92     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 10.05   | 105.72  | 25.12    |
| Top Width (m)      | 48.40    | Top Width (m)        | 15.06   | 17.85   | 15.49    |
| Vel Total (m/s)    | 3.48     | Avg. Vel. (m/s)      | 1.78    | 4.25    | 2.53     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.81     | Hydr. Depth (m)      | 0.38    | 1.39    | 0.64     |
| Conv. Total (m3/s) | 1289.0   | Conv. (m3/s)         | 92.0    | 967.2   | 229.8    |
| Length Wtd. (m)    | 33.61    | Wetted Per. (m)      | 15.10   | 17.94   | 15.54    |
| Min Ch El (m)      | 2688.40  | Shear (N/m2)         | 43.93   | 162.54  | 74.80    |
| Alpha              | 1.23     | Stream Power (N/m s) | 78.03   | 690.60  | 189.43   |
| Frctn Loss (m)     | 0.40     | Cum Volume (1000 m3) | 0.29    | 3.61    | 0.36     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 0.53    | 2.62    | 0.70     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 124.4876 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2690.18  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.67     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2689.51  | Reach Len. (m)       | 24.68   | 33.32   | 32.73    |
| Crit W.S. (m)      | 2689.66  | Flow Area (m2)       | 4.44    | 20.99   | 2.55     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.013505 | Area (m2)            | 4.44    | 20.99   | 2.55     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          | 10.47   | 80.25   | 4.78     |
| Top Width (m)      | 34.60    | Top Width (m)        | 8.41    | 19.36   | 6.84     |
| Vel Total (m/s)    | 3.41     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.36    | 3.82    | 1.88     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.45     | Hydr. Depth (m)      | 0.53    | 1.08    | 0.37     |
| Conv. Total (m3/s) | 821.8    | Conv. (m3/s)         | 90.1    | 690.5   | 41.1     |
| Length Wtd. (m)    | 32.83    | Wetted Per. (m)      | 8.47    | 19.42   | 6.87     |
| Min Ch El (m)      | 2688.06  | Shear (N/m2)         | 69.39   | 143.10  | 49.15    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 163.78  | 547.22  | 92.18    |
| Frctn Loss (m)     | 0.45     | Cum Volume (1000 m3) | 0.05    | 2.01    | 0.04     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     | 0.10    | 1.86    | 0.14     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 124.4876 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2690.37  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.72     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2689.66  | Reach Len. (m)       | 24.68   | 33.32   | 32.73    |
| Crit W.S. (m)      | 2689.81  | Flow Area (m2)       | 5.74    | 23.85   | 3.62     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.012470 | Area (m2)            | 5.74    | 23.85   | 3.62     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          | 14.50   | 95.44   | 7.66     |
| Top Width (m)      | 36.20    | Top Width (m)        | 9.23    | 19.36   | 7.61     |
| Vel Total (m/s)    | 3.54     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.53    | 4.00    | 2.12     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.60     | Hydr. Depth (m)      | 0.62    | 1.23    | 0.48     |
| Conv. Total (m3/s) | 1053.1   | Conv. (m3/s)         | 129.9   | 854.7   | 68.6     |
| Length Wtd. (m)    | 32.77    | Wetted Per. (m)      | 9.30    | 19.42   | 7.66     |
| Min Ch El (m)      | 2688.06  | Shear (N/m2)         | 75.42   | 150.16  | 57.77    |
| Alpha              | 1.12     | Stream Power (N/m s) | 190.70  | 600.89  | 122.28   |
| Frctn Loss (m)     | 0.41     | Cum Volume (1000 m3) | 0.07    | 2.37    | 0.07     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 0.11    | 1.94    | 0.22     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 124.4876 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2690.57  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.77     | Wt. n-Val.           | 0.032   | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2689.80  | Reach Len. (m)       | 24.68   | 33.32   | 32.73    |
| Crit W.S. (m)      | 2689.96  | Flow Area (m2)       | 7.12    | 26.61   | 4.76     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.011718 | Area (m2)            | 7.12    | 26.61   | 4.76     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          | 18.91   | 111.04  | 10.95    |
| Top Width (m)      | 37.92    | Top Width (m)        | 10.14   | 19.36   | 8.42     |
| Vel Total (m/s)    | 3.66     | Avg. Vel. (m/s)      | 2.66    | 4.17    | 2.30     |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.74     | Hydr. Depth (m)      | 0.70    | 1.37    | 0.56     |
| Conv. Total (m3/s) | 1301.6   | Conv. (m3/s)         | 174.7   | 1025.8  | 101.1    |
| Length Wtd. (m)    | 32.72    | Wetted Per. (m)      | 10.22   | 19.42   | 8.48     |
| Min Ch El (m)      | 2688.06  | Shear (N/m2)         | 79.99   | 157.43  | 64.45    |
| Alpha              | 1.13     | Stream Power (N/m s) | 212.54  | 656.96  | 148.29   |
| Frctn Loss (m)     | 0.37     | Cum Volume (1000 m3) | 0.09    | 2.74    | 0.11     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     | 0.13    | 1.99    | 0.30     |



Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 91.16296 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2689.72  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.73     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2689.00  | Reach Len. (m)       | 19.38   | 33.86   | 35.42    |
| Crit W.S. (m)      | 2689.12  | Flow Area (m2)       |         | 25.31   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.013830 | Area (m2)            |         | 25.31   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 23.36    | Top Width (m)        |         | 23.36   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.77     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.77    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 1.99     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.08    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 812.1    | Conv. (m3/s)         |         | 812.1   |          |
| Length Wtd. (m)    | 33.86    | Wetted Per. (m)      |         | 24.33   |          |
| Min Ch El (m)      | 2687.00  | Shear (N/m2)         |         | 141.09  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 532.38  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.64     | Cum Volume (1000 m3) |         | 1.23    | 0.00     |
| C & E Loss (m)     | 0.06     | Cum SA (1000 m2)     |         | 1.14    | 0.03     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 91.16296 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2689.96  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.75     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2689.21  | Reach Len. (m)       | 19.38   | 33.86   | 35.42    |
| Crit W.S. (m)      | 2689.30  | Flow Area (m2)       |         | 30.60   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.012622 | Area (m2)            |         | 30.60   |          |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.60  |          |
| Top Width (m)      | 25.59    | Top Width (m)        |         | 25.59   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.84     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.84    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.21     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.20    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1046.7   | Conv. (m3/s)         |         | 1046.7  |          |
| Length Wtd. (m)    | 33.86    | Wetted Per. (m)      |         | 26.73   |          |
| Min Ch El (m)      | 2687.00  | Shear (N/m2)         |         | 141.74  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 544.68  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.58     | Cum Volume (1000 m3) |         | 1.46    | 0.01     |
| C & E Loss (m)     | 0.07     | Cum SA (1000 m2)     |         | 1.19    | 0.10     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 91.16296 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2690.19  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 0.77     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2689.42  | Reach Len. (m)       | 19.38   | 33.86   | 35.42    |
| Crit W.S. (m)      | 2689.48  | Flow Area (m2)       |         | 36.16   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.011155 | Area (m2)            |         | 36.16   |          |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.90  |          |
| Top Width (m)      | 26.87    | Top Width (m)        |         | 26.87   |          |
| Vel Total (m/s)    | 3.90     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 3.90    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.42     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.35    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 1334.1   | Conv. (m3/s)         |         | 1334.1  |          |
| Length Wtd. (m)    | 33.86    | Wetted Per. (m)      |         | 28.18   |          |
| Min Ch El (m)      | 2687.00  | Shear (N/m2)         |         | 140.35  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 546.92  |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.52     | Cum Volume (1000 m3) |         | 1.69    | 0.04     |
| C & E Loss (m)     | 0.08     | Cum SA (1000 m2)     |         | 1.22    | 0.16     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 57.30301 Profile: Tr=25

| E.G. Elev (m)      | 2689.02  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.33     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   |          |
| W.S. Elev (m)      | 2687.69  | Reach Len. (m)       | 24.93   | 25.87   | 35.70    |
| Crit W.S. (m)      | 2688.09  | Flow Area (m2)       |         | 18.72   |          |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.027557 | Area (m2)            |         | 18.72   |          |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.50   |          |
| Top Width (m)      | 17.90    | Top Width (m)        |         | 17.90   |          |
| Vel Total (m/s)    | 5.10     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.10    |          |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.31     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.05    |          |
| Conv. Total (m3/s) | 575.3    | Conv. (m3/s)         |         | 575.3   |          |
| Length Wtd. (m)    | 25.88    | Wetted Per. (m)      |         | 19.20   |          |
| Min Ch El (m)      | 2685.38  | Shear (N/m2)         |         | 263.47  |          |
| Alpha              | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1343.89 |          |
| Frctn Loss (m)     | 0.64     | Cum Volume (1000 m3) |         | 0.49    | 0.00     |
| C & E Loss (m)     | 0.02     | Cum SA (1000 m2)     |         | 0.44    | 0.03     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 57.30301 Profile: Tr=50

| E.G. Elev (m)      | 2689.32  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.43     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2687.88  | Reach Len. (m)       | 24.93   | 25.87   | 35.70    |
| Crit W.S. (m)      | 2688.32  | Flow Area (m2)       |         | 22.14   | 0.12     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.024310 | Area (m2)            |         | 22.14   | 0.12     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 117.48  | 0.12     |
| Top Width (m)      | 19.42    | Top Width (m)        |         | 18.09   | 1.33     |
| Vel Total (m/s)    | 5.28     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.31    | 0.98     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.50     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.22    | 0.09     |
| Conv. Total (m3/s) | 754.2    | Conv. (m3/s)         |         | 753.5   | 0.8      |
| Length Wtd. (m)    | 25.91    | Wetted Per. (m)      |         | 19.49   | 1.34     |
| Min Ch El (m)      | 2685.38  | Shear (N/m2)         |         | 270.85  | 21.55    |
| Alpha              | 1.01     | Stream Power (N/m s) |         | 1436.85 | 21.15    |
| Frctn Loss (m)     | 0.60     | Cum Volume (1000 m3) |         | 0.57    | 0.01     |
| C & E Loss (m)     | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     |         | 0.45    | 0.07     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 57.30301 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2689.60  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.54     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2688.07  | Reach Len. (m)       | 24.93   | 25.87   | 35.70    |
| Crit W.S. (m)      | 2688.54  | Flow Area (m2)       |         | 25.47   | 0.49     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.022023 | Area (m2)            |         | 25.47   | 0.49     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 140.17  | 0.73     |
| Top Width (m)      | 20.85    | Top Width (m)        |         | 18.20   | 2.65     |
| Vel Total (m/s)    | 5.43     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.50    | 1.49     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.69     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.40    | 0.18     |
| Conv. Total (m3/s) | 949.5    | Conv. (m3/s)         |         | 944.6   | 4.9      |
| Length Wtd. (m)    | 25.96    | Wetted Per. (m)      |         | 19.71   | 2.67     |
| Min Ch El (m)      | 2685.38  | Shear (N/m2)         |         | 279.15  | 39.39    |
| Alpha              | 1.02     | Stream Power (N/m s) |         | 1536.14 | 58.74    |
| Frctn Loss (m)     | 0.56     | Cum Volume (1000 m3) |         | 0.65    | 0.03     |
| C & E Loss (m)     | 0.01     | Cum SA (1000 m2)     |         | 0.46    | 0.12     |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 31.43547 Profile: Tr=25

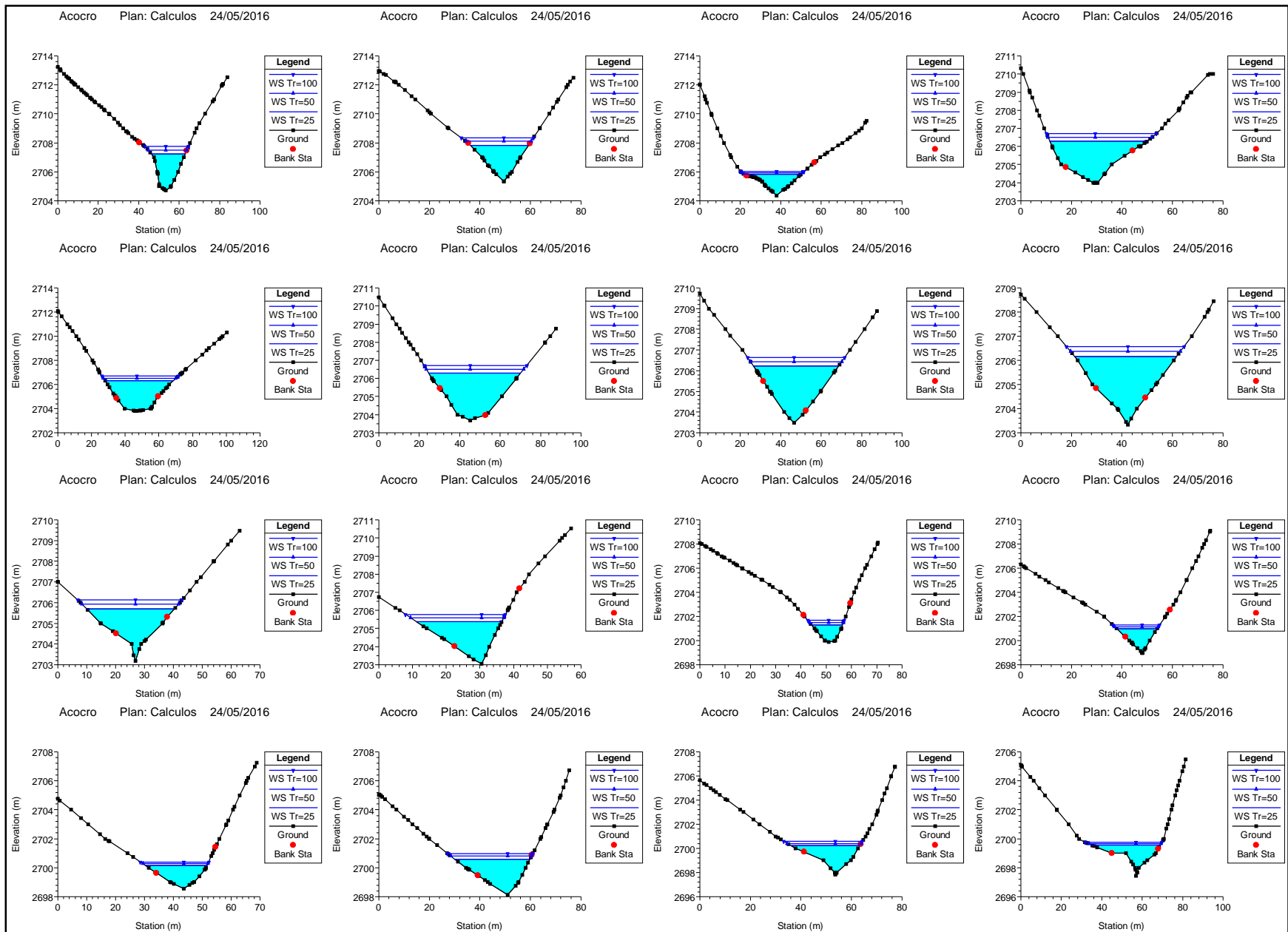
| E.G. Elev (m)      | 2688.37  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.27     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2687.10  | Reach Len. (m)       |         |         |          |
| Crit W.S. (m)      | 2687.49  | Flow Area (m2)       |         | 19.12   | 0.16     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.022086 | Area (m2)            |         | 19.12   | 0.16     |
| Q Total (m3/s)     | 95.50    | Flow (m3/s)          |         | 95.34   | 0.16     |
| Top Width (m)      | 18.00    | Top Width (m)        |         | 16.48   | 1.52     |
| Vel Total (m/s)    | 4.95     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 4.99    | 1.03     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.10     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.16    | 0.11     |
| Conv. Total (m3/s) | 642.6    | Conv. (m3/s)         |         | 641.5   | 1.1      |
| Length Wtd. (m)    |          | Wetted Per. (m)      |         | 17.18   | 1.53     |
| Min Ch El (m)      | 2685.00  | Shear (N/m2)         |         | 241.03  | 22.58    |
| Alpha              | 1.01     | Stream Power (N/m s) |         | 1202.06 | 23.22    |
| Frctn Loss (m)     |          | Cum Volume (1000 m3) |         |         |          |
| C & E Loss (m)     |          | Cum SA (1000 m2)     |         |         |          |

Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 31.43547 Profile: Tr=50

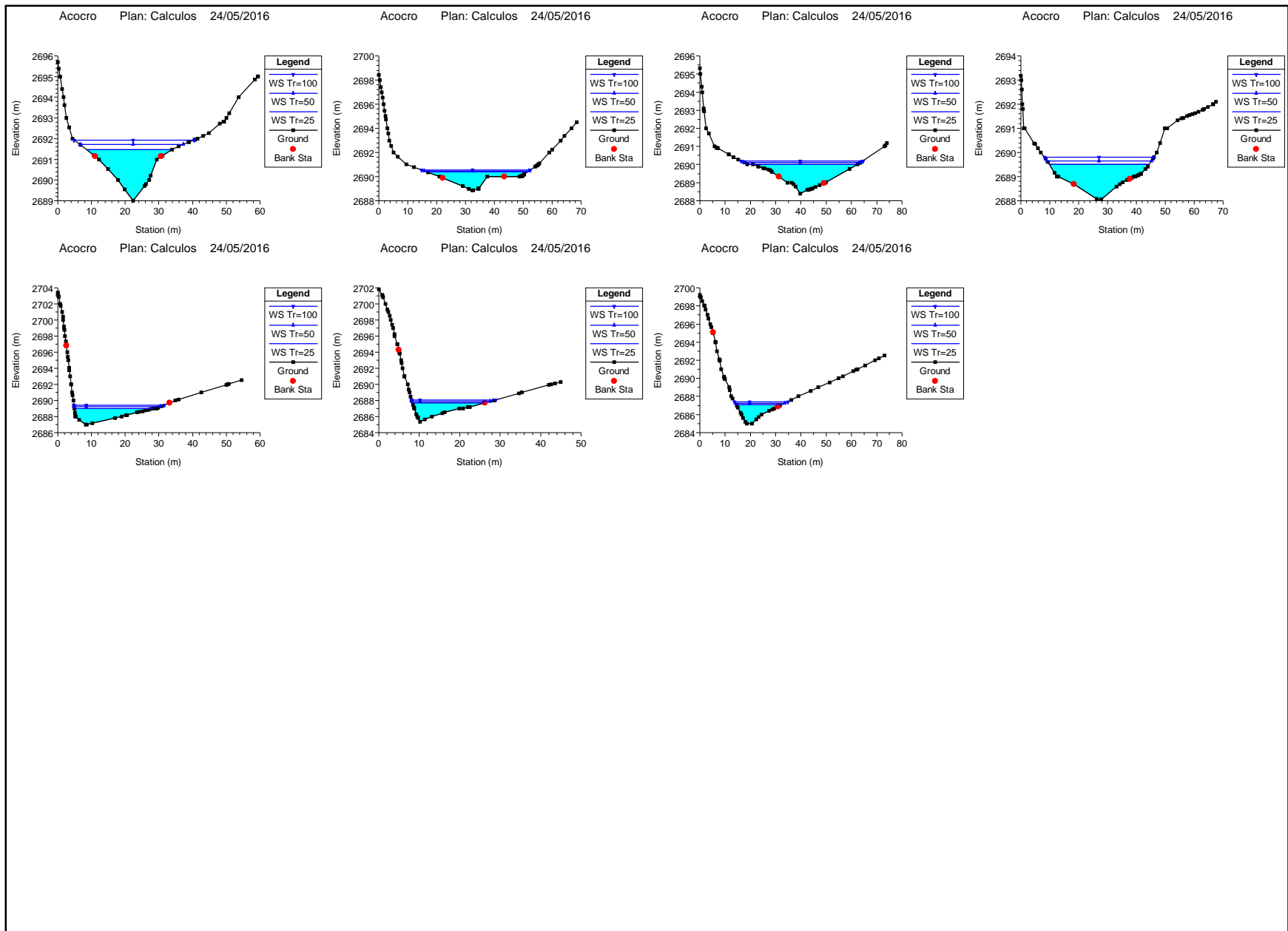
| E.G. Elev (m)      | 2688.72  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.46     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2687.26  | Reach Len. (m)       |         |         |          |
| Crit W.S. (m)      | 2687.72  | Flow Area (m2)       |         | 21.81   | 0.50     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.022026 | Area (m2)            |         | 21.81   | 0.50     |
| Q Total (m3/s)     | 117.60   | Flow (m3/s)          |         | 116.85  | 0.75     |
| Top Width (m)      | 19.54    | Top Width (m)        |         | 16.83   | 2.71     |
| Vel Total (m/s)    | 5.27     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.36    | 1.50     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.26     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.30    | 0.18     |
| Conv. Total (m3/s) | 792.4    | Conv. (m3/s)         |         | 787.3   | 5.1      |
| Length Wtd. (m)    |          | Wetted Per. (m)      |         | 17.56   | 2.74     |
| Min Ch El (m)      | 2685.00  | Shear (N/m2)         |         | 268.22  | 39.55    |
| Alpha              | 1.03     | Stream Power (N/m s) |         | 1437.17 | 59.14    |
| Frctn Loss (m)     |          | Cum Volume (1000 m3) |         |         |          |
| C & E Loss (m)     |          | Cum SA (1000 m2)     |         |         |          |

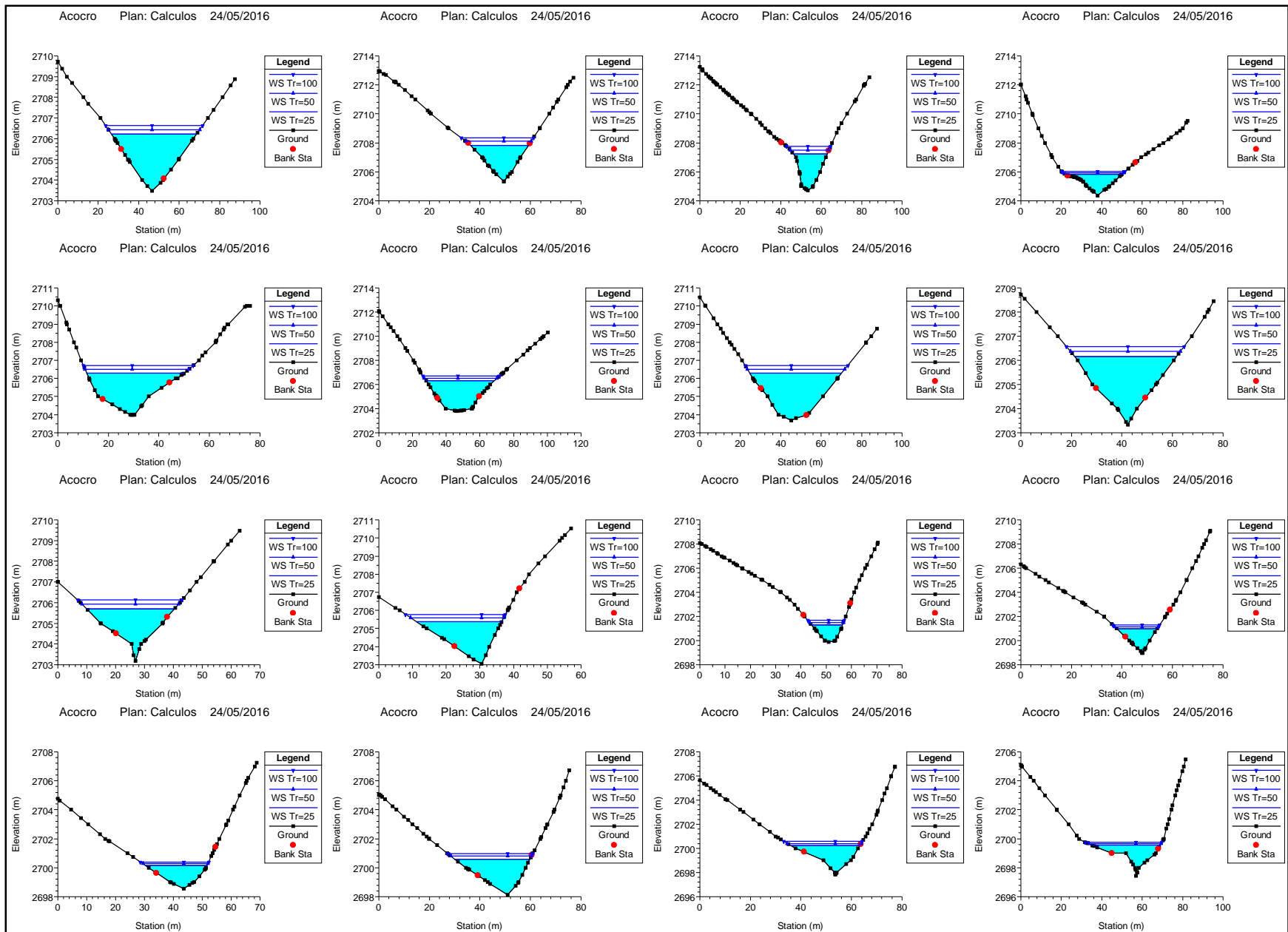
Plan: Calculos Yucaes Cruspata RS: 31.43547 Profile: Tr=100

| E.G. Elev (m)      | 2689.03  | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--------------------|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| Vel Head (m)       | 1.61     | Wt. n-Val.           |         | 0.032   | 0.032    |
| W.S. Elev (m)      | 2687.42  | Reach Len. (m)       |         |         |          |
| Crit W.S. (m)      | 2687.94  | Flow Area (m2)       |         | 24.60   | 1.05     |
| E.G. Slope (m/m)   | 0.021466 | Area (m2)            |         | 24.60   | 1.05     |
| Q Total (m3/s)     | 140.90   | Flow (m3/s)          |         | 138.93  | 1.97     |
| Top Width (m)      | 21.11    | Top Width (m)        |         | 17.19   | 3.93     |
| Vel Total (m/s)    | 5.49     | Avg. Vel. (m/s)      |         | 5.65    | 1.88     |
| Max Chl Dpth (m)   | 2.42     | Hydr. Depth (m)      |         | 1.43    | 0.27     |
| Conv. Total (m3/s) | 961.7    | Conv. (m3/s)         |         | 948.2   | 13.4     |
| Length Wtd. (m)    |          | Wetted Per. (m)      |         | 17.95   | 3.96     |
| Min Ch El (m)      | 2685.00  | Shear (N/m2)         |         | 288.43  | 55.55    |
| Alpha              | 1.04     | Stream Power (N/m s) |         | 1629.07 | 104.63   |
| Frctn Loss (m)     |          | Cum Volume (1000 m3) |         |         |          |
| C & E Loss (m)     |          | Cum SA (1000 m2)     |         |         |          |



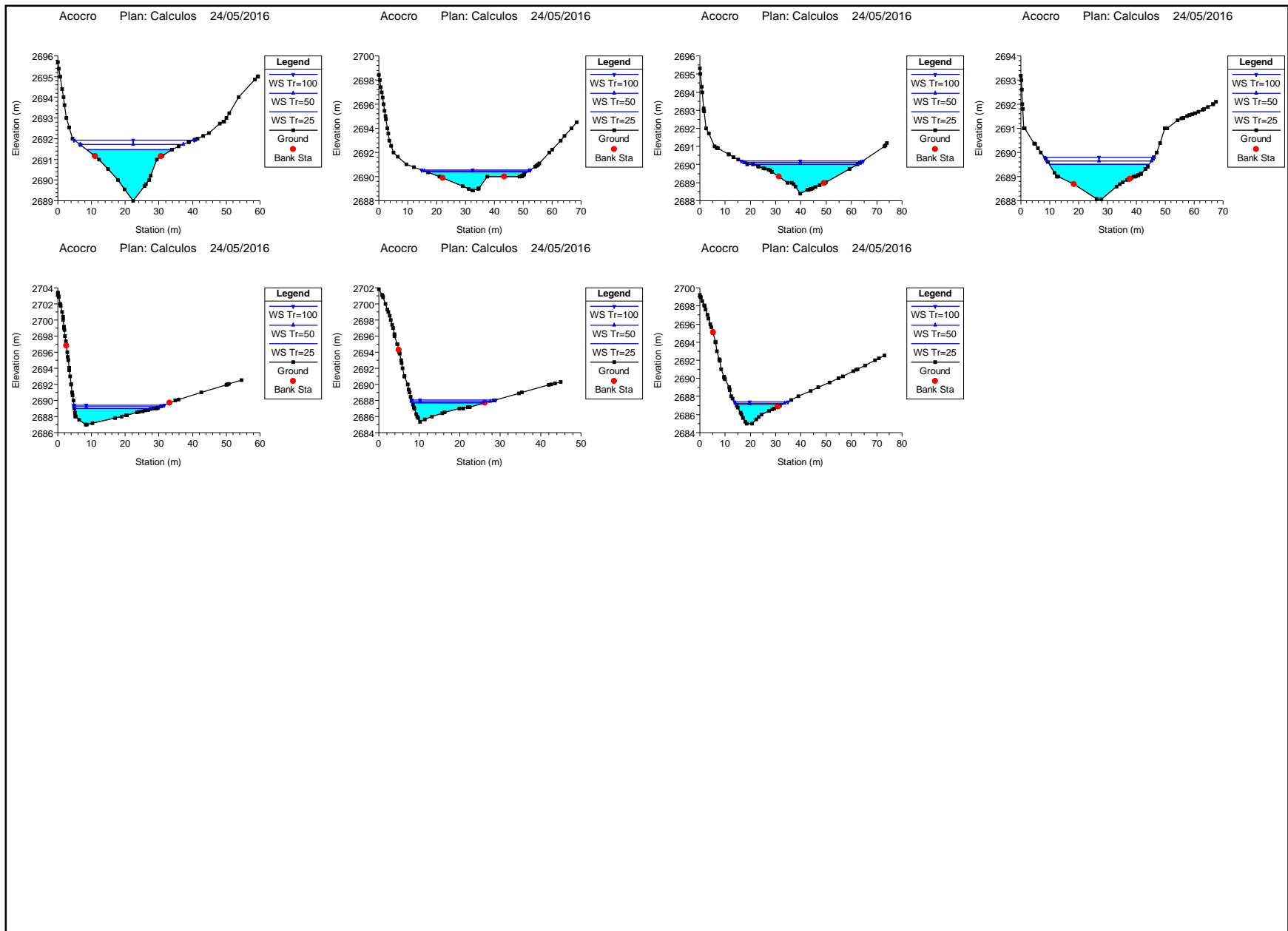


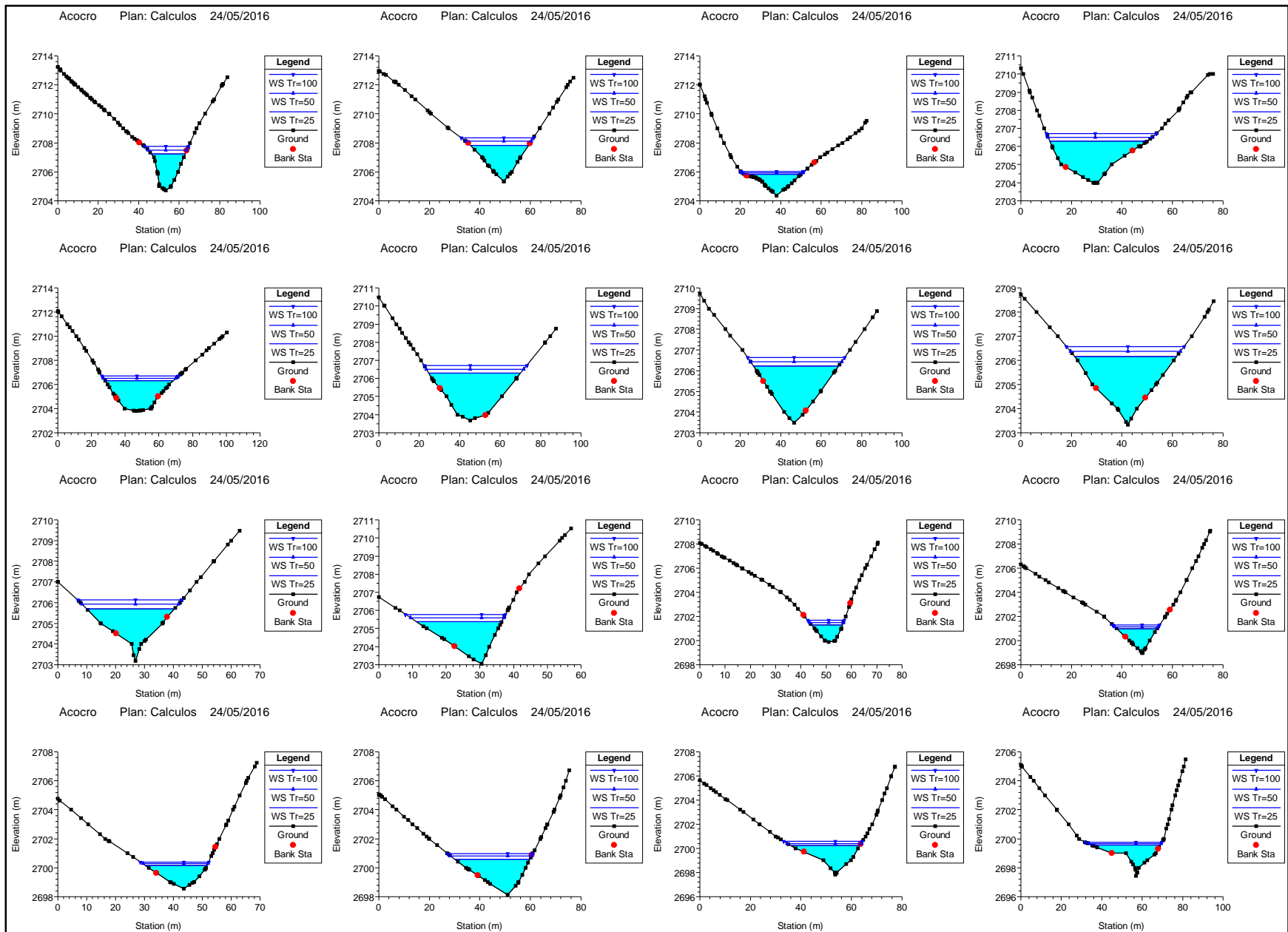




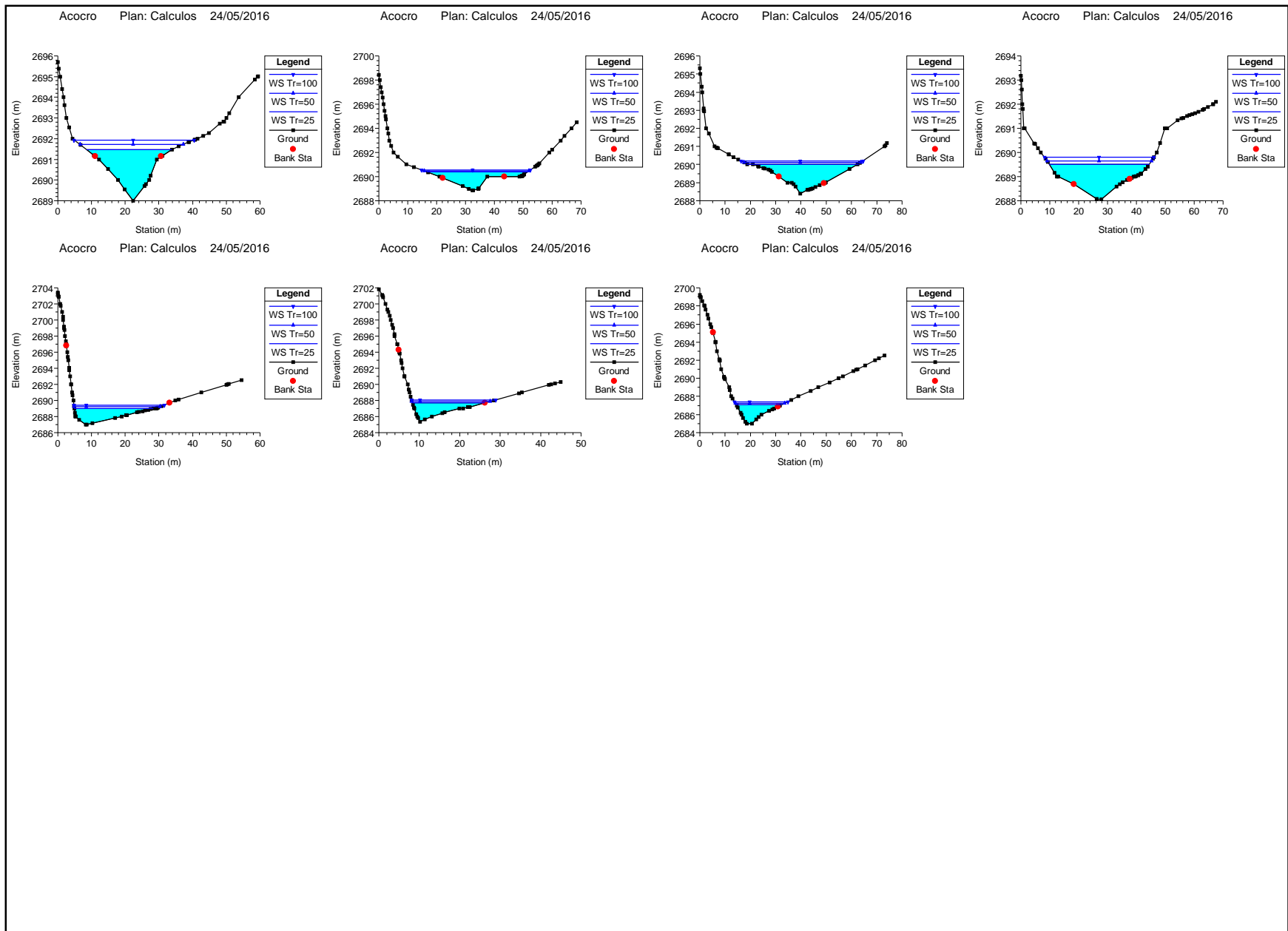












**ANEXO N° 11: RESULTADOS DE ESTUDIO DE SUELO,  
GRANULOMETRÍA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**



## ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

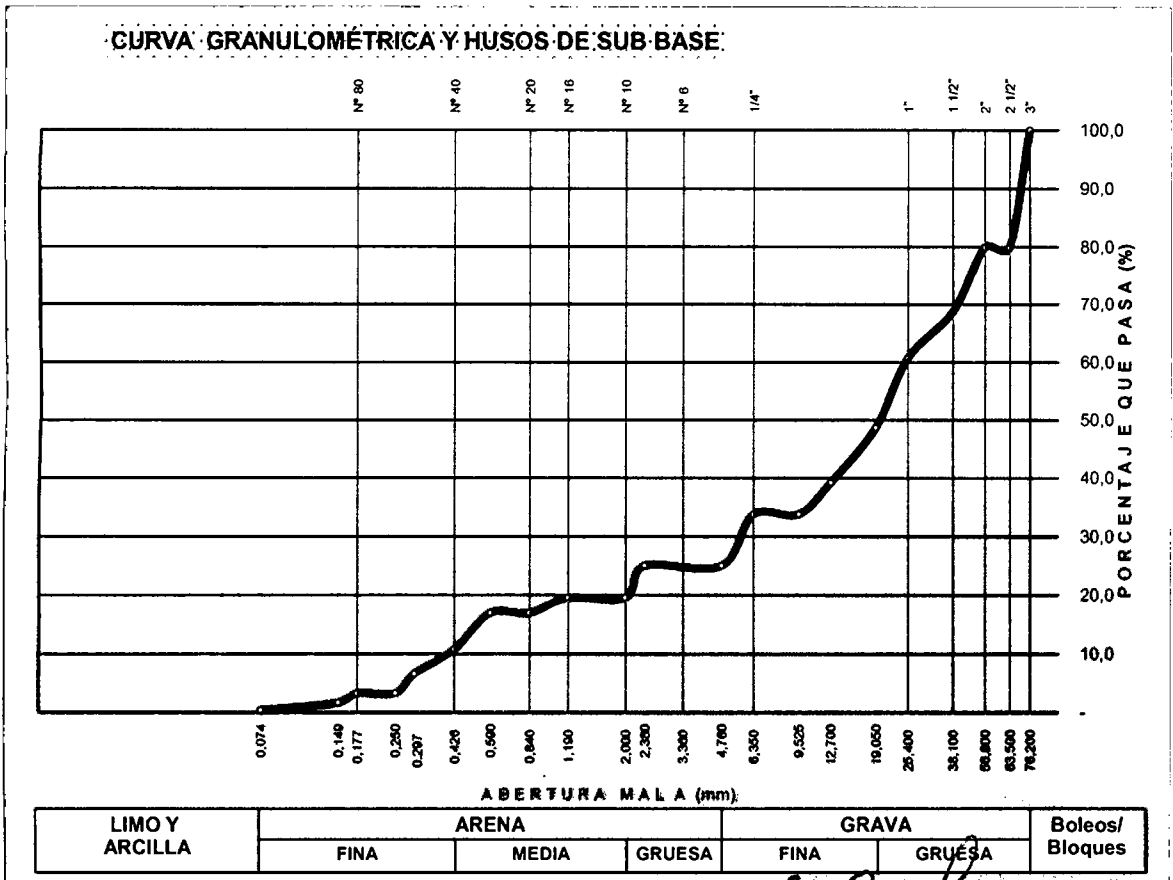
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)

Solicitante : ALEJANDRO MEDINA TORRE  
 Estudio : ZONA DE MAYOBAMBA  
 Muestra : TRANSPORTE ALUVIAL  
 Fecha : MAYO 2016

Dep. : AYACUCHO  
 Provincia : HUAMANGA  
 Distrito : ACOCRO  
 Lugar : RIO YUCAES

| TAMIZ ASTM                           | Abertura (mm) | PESO RETENIDO (gr.) | % RETEN PARCIAL | % RETEN ACUMULADO | % QUE PASA | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO |
|--------------------------------------|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|------------|-----------------------------------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | 3"            | 76,200              | 1000            | 20,0              | 20,0       | 100,0                             |
|                                      | 2 1/2"        | 63,500              | 0               | -                 | 20,0       | 80,0                              |
|                                      | 2"            | 50,800              | 0,00            | -                 | 20,0       | 80,0                              |
|                                      | 1 1/2"        | 38,100              | 561,11          | 11,2              | 31,3       | 68,7                              |
|                                      | 1"            | 25,400              | 401,46          | 8,0               | 39,3       | 60,7                              |
|                                      | 3/4"          | 19,050              | 601,00          | 12,0              | 51,3       | 48,7                              |
|                                      | 1/2"          | 12,700              | 471,62          | 9,4               | 60,8       | 39,2                              |
|                                      | 3/8"          | 9,525               | 270,30          | 5,4               | 66,2       | 33,8                              |
|                                      | 1/4"          | 6,350               | 0,00            | -                 | 66,2       | 33,8                              |
|                                      | Nº 4          | 4,760               | 438,42          | 8,8               | 75,0       | 25,0                              |
|                                      | Nº 6          | 3,360               | 0,00            | -                 | 75,0       | 25,0                              |
|                                      | Nº 8          | 2,380               | 0,00            | -                 | 75,0       | 25,0                              |
|                                      | Nº 10         | 2,000               | 273,97          | 5,5               | 80,4       | 19,6                              |
|                                      | Nº 16         | 1,190               | 0,00            | -                 | 80,4       | 19,6                              |
|                                      | Nº 20         | 0,840               | 127,31          | 2,5               | 83,0       | 17,0                              |
|                                      | Nº 30         | 0,590               | 0,00            | -                 | 83,0       | 17,0                              |
|                                      | Nº 40         | 0,426               | 310,54          | 6,2               | 89,2       | 10,8                              |
|                                      | Nº 50         | 0,297               | 209,31          | 4,2               | 93,4       | 6,6                               |
|                                      | Nº 60         | 0,250               | 164,50          | 3,3               | 96,7       | 3,3                               |
|                                      | Nº 80         | 0,177               | 0,00            | -                 | 96,7       | 3,3                               |
|                                      | Nº 100        | 0,149               | 80,82           | 1,6               | 98,3       | 1,7                               |
|                                      | Nº 200        | 0,074               | 64,53           | 1,3               | 99,6       | 0,4                               |
|                                      | Fondo Lavado  |                     | 15,95           | 0,3               | 99,9       |                                   |
|                                      |               |                     | 4,0             | 0,1               | 100,0      |                                   |
|                                      | <b>TOTAL</b>  |                     | <b>4994,8</b>   | <b>100,0</b>      |            |                                   |

|   |           |
|---|-----------|
| PESOS (gr)  |           |
| Peso seco inicial                                 | 5004,0    |
| Peso seco lavado                                  | 5000,0    |
| Pérdida por lavado                                | 4,0       |
| ENSAYOS ESTÁNDAR                                  |           |
| % Grava   | 75,0      |
| % Grava gruesa                                    | 31,3      |
| % Grava fina                                      | 43,7      |
| % Arena   | 24,6      |
| % Arena gruesa                                    | 5,5       |
| % Arena media                                     | 8,8       |
| % Arena fina                                      | 10,4      |
| % de Finos  | 0,4       |
| D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> =           | 0,4260    |
| D <sub>30(mm)</sub> =                             | 5,8000    |
| D <sub>60(mm)</sub> =                             | 25,4000   |
| Índice de Grupo                                   | (0)       |
| D <sub>15(mm)</sub> =                             | 0,5070    |
| D <sub>50(mm)</sub> =                             | 19,0500   |
| D <sub>85(mm)</sub> =                             | 85,0670   |
| AASTHO  | (0)       |
| Clasificación SUCS                                | <b>GW</b> |
| <b>GRAVA MAL GRADUADA MEZCLA DE GRAVA Y ARENA</b> |           |



Maxwil Anthony Mbrote Arias  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. Nº 132454



## DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

Proyecto **SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA.**

Solicitante : **ALEJANDRO MEDINA TORRE**

Dep. : **AYACUCHO**

Descripción : **ZONA DE MAYOBAMBA**

Provincia : **HUAMANGA**

Estrato : **TRANSPORTE ALUVIAL**

Distrito : **ACOCRO**

Fecha : **MAYO 2016**

Lugar : **RIO YUCAES**

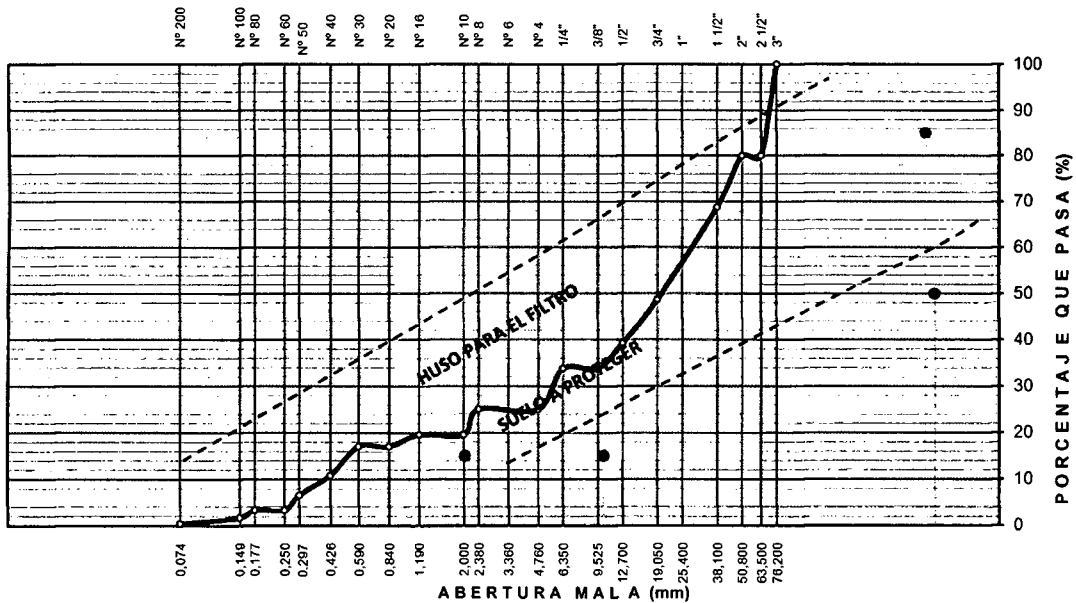
DEFINICIONES : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

| DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                 |           |
|---|-----------|
| SUELO A PROTEGER                                  |           |
| % Grava   | 75,0      |
| % Grava gruesa                                    | 31,3      |
| % Grava fina                                      | 43,7      |
| % Arena   | 24,6      |
| % Arena gruesa                                    | 5,5       |
| % Arena media                                     | 8,8       |
| % Arena fina                                      | 10,4      |
| % de Finos  | 0,4       |
| $D_{10} = D_{e(mm)}$                              | 0,4260    |
| $D_{30(mm)}$                                      | 5,8000    |
| $D_{60(mm)}$                                      | 25,4000   |
| Cu =  | 0,0       |
| Cc =  | 0,0       |
| $D_{15(mm)}$                                      | 0,5070    |
| $D_{50(mm)}$                                      | 19,0500   |
| $D_{85(mm)}$                                      | 85,0670   |
| Clasificación SUCS                                | <b>GW</b> |
| <b>GRAVA MAL GRADUADA MEZCLA DE GRAVA Y ARENA</b> |           |

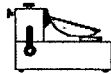
| MATERIAL DE FILTRO   |           |
|--|-----------|
| <b>Según Terzaghi y Peck 1967</b>  |           |
| $D_{15(F)} \leq 5 D_{85(S)}$   | 425,34 mm |
| $D_{15(F)} \geq 4 D_{15(S)}$   | 2,03 mm   |
| <b>Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971</b> |           |
| $D_{50(F)} \leq 25 D_{50(S)}$  | 476,25 mm |
| $D_{15(F)} \leq 20 D_{15(S)}$  | 10,14 mm  |



*Maxwil Anthony Mante Arias*  
**INGENIERO CIVIL**  
C.I.P. N° 132454



**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL SUELO Y HUSO DEL FILTRO**



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTAS EN SUELOS Y CONCRETO

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 204 - 2000)

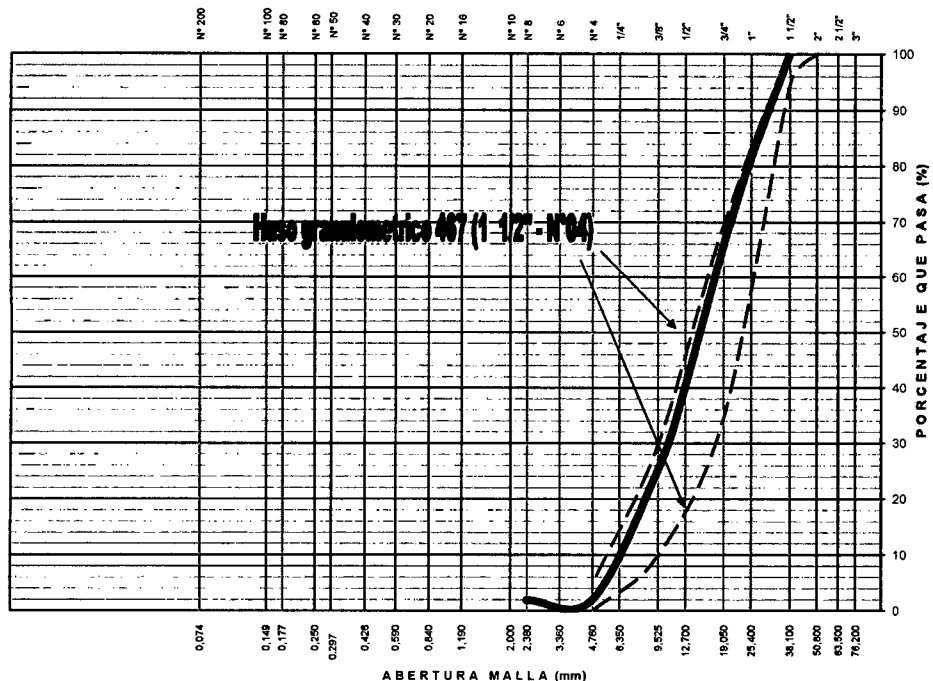
Proyecto : **"SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO YUCAES"**

Solicitante : **ALEJANDRO MEDINA TORRE**  
 Cantera : **RÍO YUCAES**  
 Material : **GRAVA ZARANDEADA**  
 Fecha : **MAYO DE 2016**

Region : **AYACUCHO**  
 Provincia : **HUAMANGA**  
 Distrito : **ACOCRO**  
 Lugar : **MAYOBAMBA**

| TAMIZ<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO (gr) | % RETEN<br>PARCIAL | % RETEN<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | HUSO 57<br>TMN 1°- N°4 | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                    |
|---------------|------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------|------------------------|--|
| 3"            | 76.200           |                       | -                  | -                    | 100.00        |                        | <b>PESOS (gr)</b>                                    |
| 2 1/2"        | 63.500           |                       | -                  | -                    | 100.00        |                        |  |
| 2"            | 50.800           |                       | -                  | -                    | 100.00        |                        | Peso seco inicial <b>1873.73</b>                     |
| 1 1/2"        | 38.100           |                       | -                  | -                    | 100.00        | <b>100 - 100</b>       | Peso seco lavado <b>1823.75</b>                      |
| 1"            | 25.400           | <b>347.88</b>         | 18.57              | 18.57                | 81.43         | <b>95 - 100</b>        | Pérdida por lavado <b>36.0</b>                       |
| 3/4"          | 19.050           | <b>292.82</b>         | 15.63              | 34.19                | 65.81         |                        | <b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>                              |
| 1/2"          | 12.700           | <b>481.84</b>         | 25.72              | 59.91                | 40.09         | <b>25 - 60</b>         | % Grava <b>98.1</b>                                  |
| 3/8"          | 9.525            | <b>280.04</b>         | 14.95              | 74.85                | 25.15         |                        | % Arena <b>0.0</b>                                   |
| 1/4"          | 6.350            | <b>261.94</b>         | 13.98              | 88.83                | 11.17         |                        | % de Finos <b>1.9</b>                                |
| Nº 4          | 4.760            | <b>173.23</b>         | 9.25               | 98.08                | 1.92          | <b>0 - 10</b>          | D <sub>10</sub> = D <sub>(10%)</sub> = <b>6.1496</b> |
| Nº 6          | 3.360            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          | <b>0 - 5</b>           | D <sub>30(10%)</sub> = <b>10.5564</b>                |
| Nº 8          | 2.380            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | D <sub>60(10%)</sub> = <b>23.7896</b>                |
| Nº 10         | 2.000            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Cu = <b>3.9</b>                                      |
| Nº 16         | 1.190            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Cc = <b>0.8</b>                                      |
| Nº 20         | 0.840            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | D <sub>15(10%)</sub> = <b>7.2209</b>                 |
| Nº 30         | 0.590            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | D <sub>50(10%)</sub> = <b>15.1469</b>                |
| Nº 40         | 0.426            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | D <sub>85(10%)</sub> = <b>27.8394</b>                |
| Nº 50         | 0.297            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Clasificación SUCS <b>GP</b>                         |
| Nº 60         | 0.250            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | <b>GRAVA MAL GRADUADA</b>                            |
| Nº 80         | 0.177            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Tamaño Máximo <b>1 1/2"</b>                          |
| Nº 100        | 0.149            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Tamaño Máximo Nominal <b>1"</b>                      |
| Nº 200        | 0.074            |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Gravedad específica <b>2.46</b>                      |
| Fondo         |                  |                       | -                  | 98.08                | 1.92          |                        | Módulo de Finesa <b>6.98</b>                         |
| Lavado        |                  | <b>36.0</b>           | <b>1.92</b>        | <b>100.00</b>        | <b>-</b>      |                        |  |
| <b>TOTAL</b>  |                  | <b>1873.7</b>         | <b>100.0</b>       |                      |               |                        |  |

### CURVA GRANULOMÉTRICA



| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS/<br>BLOQUE |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------------------|
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                   |
|                   |       |       |        |       |        |                   |



Maxwil Anthony Morte Arias  
INGENIERO CIVIL  
C.I.B. N° 132454





# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y CONCRETO

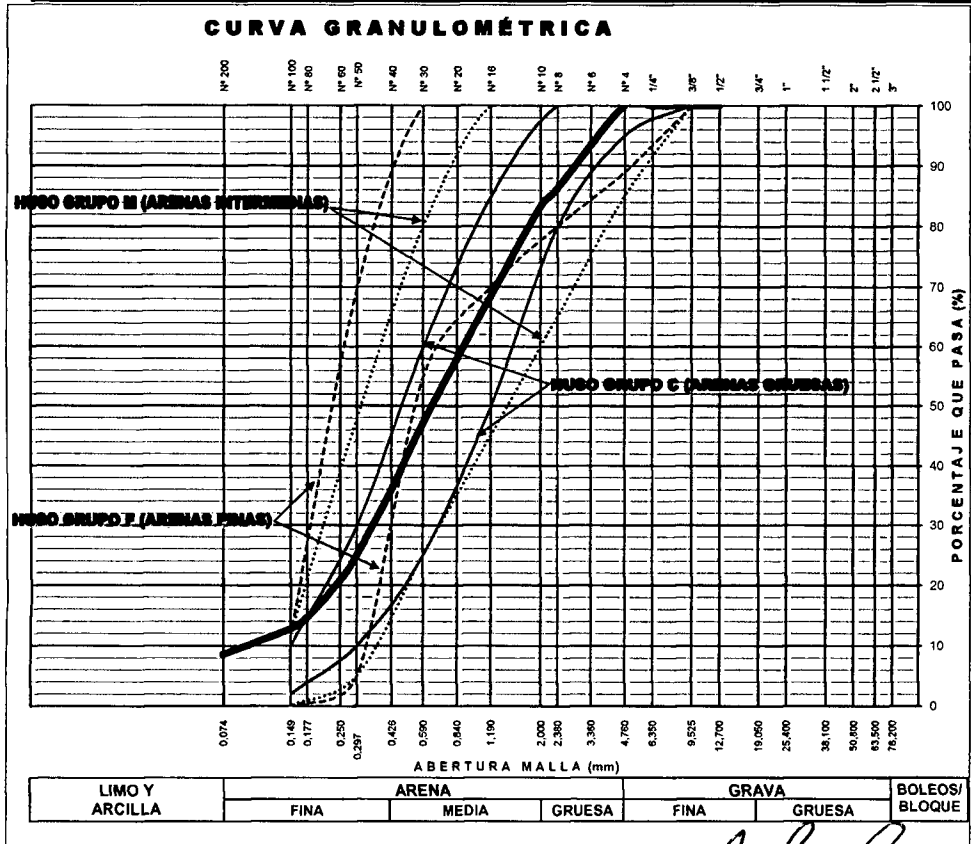
## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204-2000)

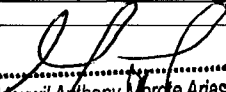
Proyecto : **\*SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO YUCAES\***

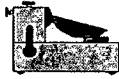
Solicitante : **ALEJANDRO MEDINA TORRE**  
 Cartera : **RÍO YUCAES**  
 Material : **ARENA ZARANDEADA**  
 Fecha : **MAYO DE 2016**

Region : **AYACUCHO**  
 Provincia : **HUAMANGA**  
 Distrito : **ACOCRO**  
 Lugar : **MAYOBAMBA**

| TAMIZ ASTM   | Abertura (mm) | PESO (gr) RETENIDO | % RETEN PARCIAL | % RETEN ACUMULADO | % QUE PASA  | ESPECIF. LIM. TOTAL | DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO                     |  |
|--------------|---------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------------|---|--|
|              |               |                    |                 |                   |             |                     | PESOS (gr)  |  |
| 3"           | 76.200        |                    |                 |                   | 100.00      |                     | Peso seco inicial <b>1027.42</b>                      |  |
| 2 1/2"       | 63.500        |                    | -               | -                 | 100.00      |                     | Peso seco lavado <b>920.74</b>                        |  |
| 2"           | 50.800        |                    | -               | -                 | 100.00      |                     | Pérdida por lavado <b>86.7</b>                        |  |
| 1 1/2"       | 38.100        |                    | -               | -                 | 100.00      |                     | ENSAYOS ESTÁNDAR                                      |  |
| 1"           | 25.400        |                    | -               | -                 | 100.00      |                     | % Grava <b>0.0</b>                                    |  |
| 3/4"         | 19.050        |                    | -               | -                 | 100.00      |                     | % Arena <b>91.5</b>                                   |  |
| 1/2"         | 12.700        |                    | -               | -                 | 100.00      |                     | % de Finos <b>8.5</b>                                 |  |
| 3/8"         | 9.525         |                    | -               | 0.00              | 100.00      | 100                 | D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = <b>0.1002</b> |  |
| 1/4"         | 6.350         |                    | -               | 0.00              | 100.00      | 89 - 100            | D <sub>30(mm)</sub> = <b>0.3562</b>                   |  |
| Nº 4         | 4.760         |                    | -               | 0.00              | 100.00      | 65 - 100            | D <sub>60(mm)</sub> = <b>1.7400</b>                   |  |
| Nº 6         | 3.360         |                    | -               | 0.00              | 100.00      | 45 - 100            | Cu = <b>0.7</b>                                       |  |
| Nº 8         | 2.380         | <b>140.03</b>      | 13.76           | 13.76             | 86.24       | 25 - 100            | D <sub>15(mm)</sub> = <b>0.1807</b>                   |  |
| Nº 10        | 2.000         | <b>29.75</b>       | 2.92            | 16.69             | 83.31       | 5 - 70              | D <sub>30(mm)</sub> = <b>0.6566</b>                   |  |
| Nº 16        | 1.190         | <b>151.19</b>      | 14.86           | 31.55             | 68.45       | 0 - 12              | D <sub>65(mm)</sub> = <b>2.2193</b>                   |  |
| Nº 20        | 0.840         | <b>107.13</b>      | 10.53           | 42.08             | 57.92       |                     | Clasificación SUCS <b>SP</b>                          |  |
| Nº 30        | 0.590         | <b>109.88</b>      | 10.80           | 52.88             | 47.12       |                     | <b>ARENA MAL GRADUADA</b>                             |  |
| Nº 40        | 0.426         | <b>113.56</b>      | 11.16           | 64.04             | 35.96       |                     |   |  |
| Nº 50        | 0.297         | <b>112.10</b>      | 11.02           | 75.06             | 24.94       |                     | Gravedad especifica <b>2.33</b>                       |  |
| Nº 60        | 0.250         | <b>42.54</b>       | 4.18            | 79.24             | 20.76       |                     | Módulo de Fineza <b>2.60</b>                          |  |
| Nº 80        | 0.177         | <b>61.72</b>       | 6.07            | 85.30             | 14.70       |                     |   |  |
| Nº 100       | 0.149         | <b>19.85</b>       | 1.95            | 87.26             | 12.74       |                     |   |  |
| Nº 200       | 0.074         | <b>42.96</b>       | 4.22            | 91.48             | 8.52        |                     |   |  |
| Fondo        |               |                    |                 | 91.48             | 8.52        |                     |   |  |
| Lavado       |               | <b>86.7</b>        | <b>8.52</b>     | <b>100.00</b>     | <b>0.00</b> |                     |   |  |
| <b>TOTAL</b> |               | <b>1,017.42</b>    | <b>100.00</b>   |                   |             |                     |   |  |



  
**Maxwell Anthony Morde Arias**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. Nº 132454



# INGEOMAX

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y CONCRETO

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GLOBAL

Proyecto : **"SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO YUCAES"**

Solicitante : **ALEJANDRO MEDINA TORRE**

Cantera : **RÍO YUCAES**

Material : **PIEDRA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA**

Fecha : **MAYO DE 2016**

Region : **AYACUCHO**

Provincia : **HUAMANGA**

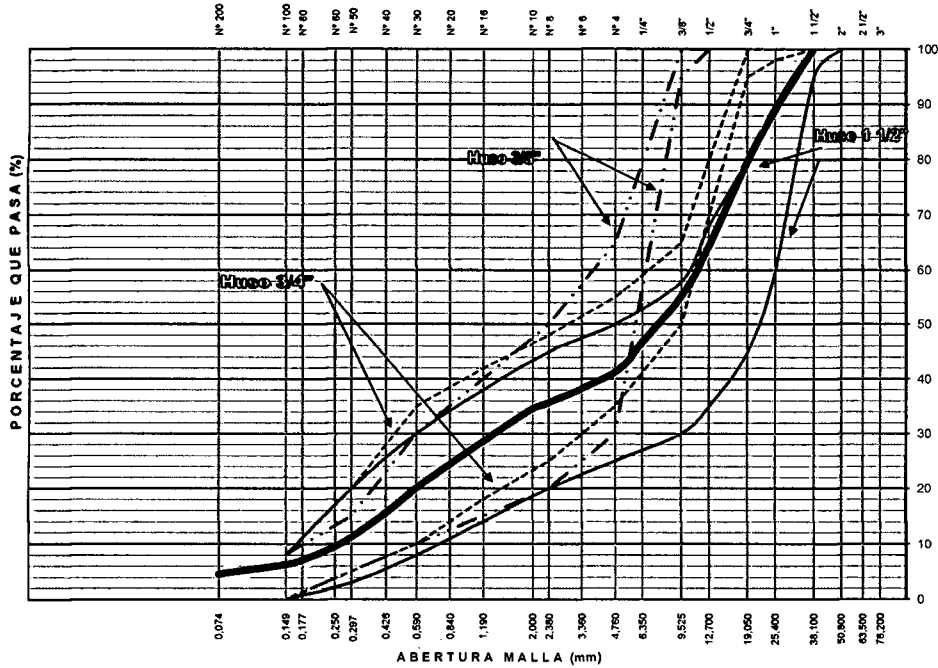
Distrito : **ACCORO**

Lugar : **MAYOBAMBA**

| TAMIZ<br>ASTM | ABERTURA<br>(MM.) | % PASA (A.G.)<br>1.50 | % PASA (A.F.)<br>1.00 | % RETEN<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF.<br>MUSO 1 1/2' | DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO |
|---------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------|
|---------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO |                   |                       |                       |                      |               | RESULTADOS   |            |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------|--|------------|
|                                      | TAMIZ<br>ASTM                     | ABERTURA<br>(MM.) | % PASA (A.G.)<br>1.50 | % PASA (A.F.)<br>1.00 | % RETEN<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF.<br>MUSO 1 1/2'                              | RESULTADOS |
| 3"                                   | 76.200                            | 100.00            | 100.00                | 0.0                   | 100.00               |               | % Grava = 58.8                                       |            |
| 2 1/2"                               | 63.500                            | 100.00            | 100.00                | 0.0                   | 100.00               |               | % Arena = 36.6                                       |            |
| 2"                                   | 50.800                            | 100.00            | 100.00                | 0.0                   | 100.00               | 100 - 100     | % de Finos = 4.6                                     |            |
| 1 1/2"                               | 38.100                            | 100.00            | 100.00                | 0.0                   | 100.00               | 95 - 100      | D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = 0.2653       |            |
| 1"                                   | 25.400                            | 81.43             | 100.00                | 11.1                  | 88.86                | 60 - 90       | D <sub>30(mm)</sub> = 1.3899                         |            |
| 3/4"                                 | 19.050                            | 65.81             | 100.00                | 20.5                  | 79.48                | 45 - 80       | D <sub>60(mm)</sub> = 11.2645                        |            |
| 1/2"                                 | 12.700                            | 40.09             | 100.00                | 35.9                  | 64.05                | 35 - 68       | Cu = 42.5  |            |
| 3/8"                                 | 9.525                             | 25.15             | 100.00                | 44.9                  | 55.09                | 30 - 58       | Cc = 0.6   |            |
| 1/4"                                 | 6.350                             | 11.17             | 100.00                | 53.3                  | 46.70                |               | D <sub>15(mm)</sub> = 0.4103                         |            |
| Nº 4                                 | 4.760                             | 1.92              | 100.00                | 58.8                  | 41.15                | 25 - 50       | D <sub>50(mm)</sub> = 7.5994                         |            |
| Nº 6                                 | 3.360                             | 1.92              | 100.00                | 58.8                  | 41.15                |               | D <sub>85(mm)</sub> = 22.7857                        |            |
| Nº 8                                 | 2.380                             | 1.92              | 86.24                 | 64.4                  | 35.65                | 20 - 45       | Clasificación SUCS = <b>GP</b>                       |            |
| Nº 10                                | 2.000                             | 1.92              | 83.31                 | 65.5                  | 34.48                |               | <b>GRAVA MAL GRABADA CON ARENA</b>                   |            |
| Nº 16                                | 1.190                             | 1.92              | 68.45                 | 71.5                  | 28.53                | 14 - 38       | Tamaño Maximo = 1 1/2"                               |            |
| Nº 20                                | 0.840                             | 1.92              | 57.92                 | 75.7                  | 24.32                |               | Tamaño Maximo Nominal = 1"                           |            |
| Nº 30                                | 0.590                             | 1.92              | 47.12                 | 80.0                  | 20.00                | 8 - 30        | Módulo de Fineza = 5.2                               |            |
| Nº 40                                | 0.426                             | 1.92              | 35.96                 | 84.5                  | 15.54                |               | Porcentaje segun analisis del Agregado Global = 60.0 |            |
| Nº 50                                | 0.297                             | 1.92              | 24.94                 | 88.9                  | 11.13                | 3 - 20        | Porcentaje de Agregado Grueso = 40.0                 |            |
| Nº 60                                | 0.250                             | 1.92              | 20.76                 | 90.5                  | 9.46                 |               |  |            |
| Nº 80                                | 0.177                             | 1.92              | 14.70                 | 93.0                  | 7.03                 |               |  |            |
| Nº 100                               | 0.149                             | 1.92              | 12.74                 | 93.7                  | 6.25                 | 0 - 8         |  |            |
| Nº 200                               | 0.074                             | 1.92              | 8.52                  | 95.4                  | 4.56                 |               |  |            |
| Fondo                                |                                   |                   |                       |                       |                      |               |  |            |

### CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADO GLOBAL



| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS/<br>BLOQUE |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------------------|
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                   |



Maxwil Armonio Morote Arias  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. Nº 132454

## SEDIMENT V 1.0 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

|                      |               |               |            |
|----------------------|---------------|---------------|------------|
| <b>Cuenca:</b>       | Cuenca Yucaes | <b>Río:</b>   | Yucaes     |
| <b>Localización:</b> | Mayobamba     | <b>Fecha:</b> | 13/09/2016 |

### DATOS DE INGRESO

|   |                         |             |          |
|---|-------------------------|-------------|----------|
| <b>Seccion del Cauce (A):</b>               | 8.31 m <sup>2</sup>     | <b>Dm:</b>  | 0.5 mm   |
| <b>Perímetro Mojado (P):</b>                | 23.4 m                  | <b>D16:</b> | 0.507 mm |
| <b>Velocidad Media de la corriente (U):</b> | 0.63 m/s                | <b>D35:</b> | 0.5 mm   |
| <b>Temperatura del Agua (t):</b>            | 15 °C                   | <b>D50:</b> | 19.05 mm |
| <b>Profundidad del Flujo (d):</b>           | 1.2 m                   | <b>D84:</b> | 84.63 mm |
| <b>Pendiente Hidráulica (S):</b>            | 4.18 %                  |             |          |
| <b>Peso Específico de Partículas:</b>       | 31313 Kg/m <sup>3</sup> |             |          |

### TRANSPORTE TOTAL (GBT)

|                           |              |  |                        |
|---------------------------|--------------|--|------------------------|
| <b>Colby:</b>             | 0 Kgf/s.m    | <b>Caudal del Río (Q):</b>                   | 5.24 m <sup>3</sup> /s |
| <b>Engelund y Hansen:</b> | 0.02 Kgf/s.m | <b>Transporte total de sedimentos (GBT):</b> | 5.33 Kgf/s             |
| <b>Shen y Hung:</b>       | 1.17 Kgf/s.m |  |                        |
| <b>Yang:</b>              | 4.61 Kgf/s.m |  |                        |
| <b>Ackers y White:</b>    | 0 Kgf/s.m    |  |                        |
| <b>Brownlie:</b>          | 0 Kgf/s.m    |  |                        |
| <b>Karim y Kennedy:</b>   | 0 Kgf/s.m    |  |                        |
| <b>Graf y Acaroglu:</b>   | 0.04 Kgf/s.m |  |                        |

### TIPOS DE TRANSPORTE

| Transporte Total                                       | Transporte Fondo   | Resultados |
|--|--|------------|
| <b>Cantidad de Sedimentos producidos</b>               |  |            |
| Transporte Total :                                     | <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">0.77</span> Kg/seg *m               |            |
| Transporte de Fondo :                                  | <span style="background-color: #90EE90; padding: 2px;">29.72</span> Kg/seg *m              |            |
| <b>Variables Utilizadas</b>                            |  |            |
| Caudal líquido Q:                                      | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">5.24</span> m <sup>3</sup> /s       |            |
| Viscosidad Cinemática del Agua :                       | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">0.00000114</span> m <sup>2</sup> /s |            |
| Radio Hidráulico de la sección del cauce :             | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">0.36</span> m                       |            |
| Ancho medio del cauce:                                 | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">6.93</span> m                       |            |
| Esfuerzo cortante que el flujo ejerce sobre el fondo : | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">50.16</span> Kg/m <sup>2</sup>      |            |
| Esfuerzo cortante crítico en el fondo :                | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">0.91</span> Kg/m <sup>2</sup>       |            |
| Velocidad de caída de las partículas:                  | <span style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">0.3</span> m/s                      |            |

## **ANEXO N° 12: MAPAS Y PLANOS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

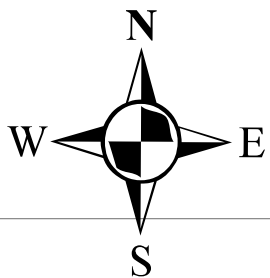
590000 000000

600000 000000

610000 000000

620000 000000

630000 000000



8544000 000000

8536000 000000

8528000 000000

8520000 000000

8512000 000000

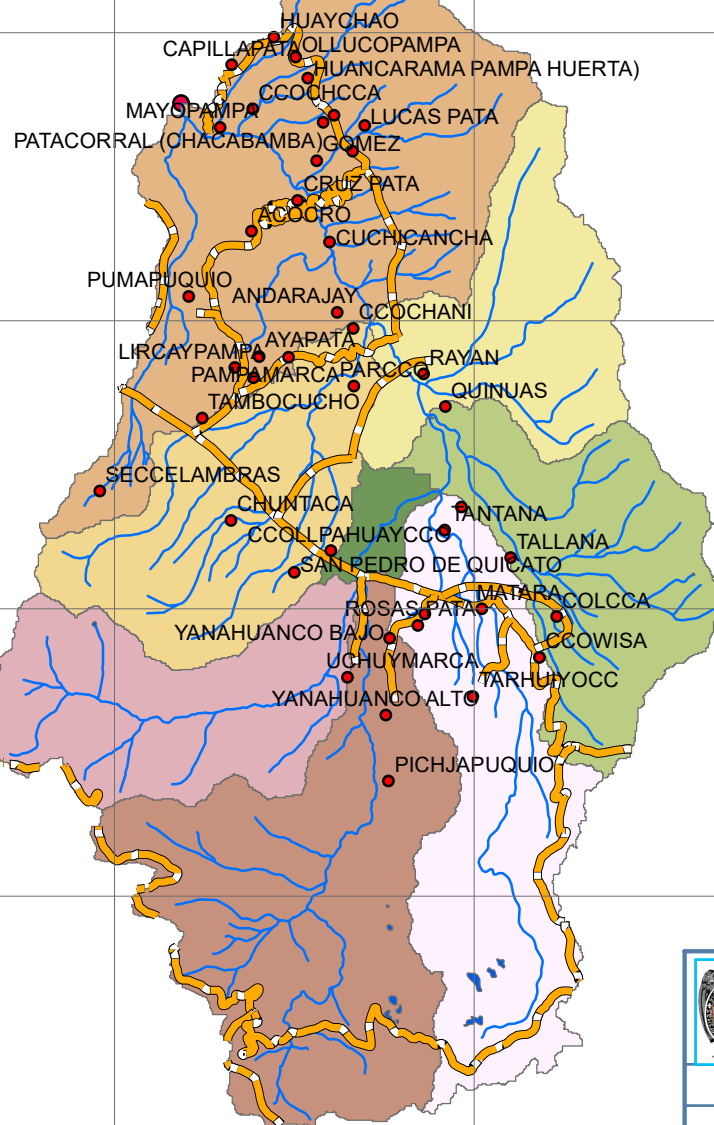
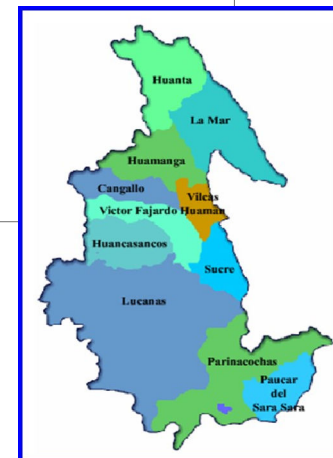
8544000 000000

8536000 000000

8528000 000000

8520000 000000

8512000 000000



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADOS
- RED VIAL
- RIOS
- LAGUNAS

**SUBCUENCAS**

- CODE

**NOMBRE**

- SUB AREAS W120
- SUB AREAS W140
- SUB AREAS W160
- SUB AREAS W180
- SUB AREAS W190
- SUB AREAS W200
- SUB AREAS W210
- SUB AREAS W220



|   |                            |  |               |
|---|----------------------------|--|---------------|
|   |                            | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> |               |
| FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS   |                            |  |               |
| ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA  |                            |  |               |
| TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA  |                            |  |               |
| SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL VALLE DE ACORCO-AYACUCHO-2016 |                            |  |               |
| PLANO:  | MAPA BASE DE CUENCA YUCAES |  |               |
| DIBUJO:   | Esc. MEDINA T.A.           | ESCALA:  | 1/176,000     |
|   |                            | FECHA:   | MAYO 2016     |
|   |                            |  | <b>P - 01</b> |

590000 000000

600000 000000

610000 000000

620000 000000

630000 000000

590000 000000

596000 000000

602000 000000

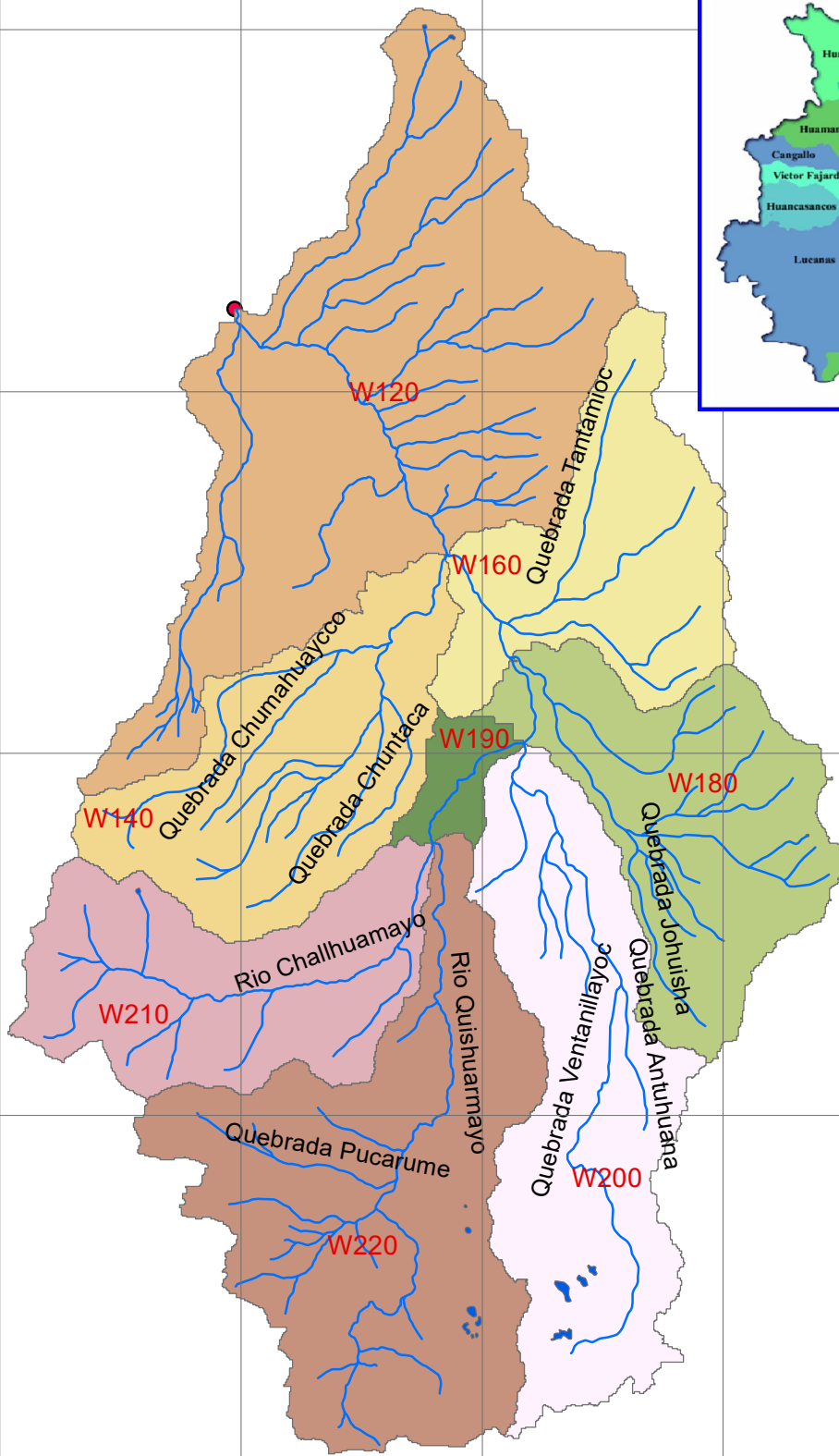
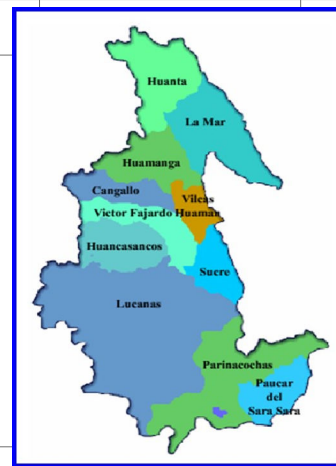
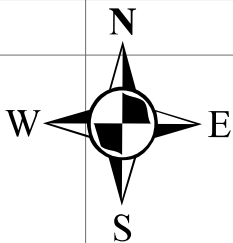
608000 000000

614000 000000

620000 000000

8549000 000000  
8540000 000000  
8531000 000000  
8522000 000000  
8513000 000000

8549000 000000  
8540000 000000  
8531000 000000  
8522000 000000  
8513000 000000



**LEYENDA**

- Rios
- LAGUNAS

**SUBCUENCAS**

CODE

**Name**

- W120
- W140
- W160
- W180
- W190
- W200
- W210
- W220

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA

SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBERENA EN EL VALLE DE ACOCRO-AVAYUCHIO 2016

MAPA DE RED HIDROLOGICO

LAMINA N°: P - 02

DIBUJO: Bna. MEDINA T.A. ESCALA: 1/176,000 FECHA: MAYO 2016



590000 000000

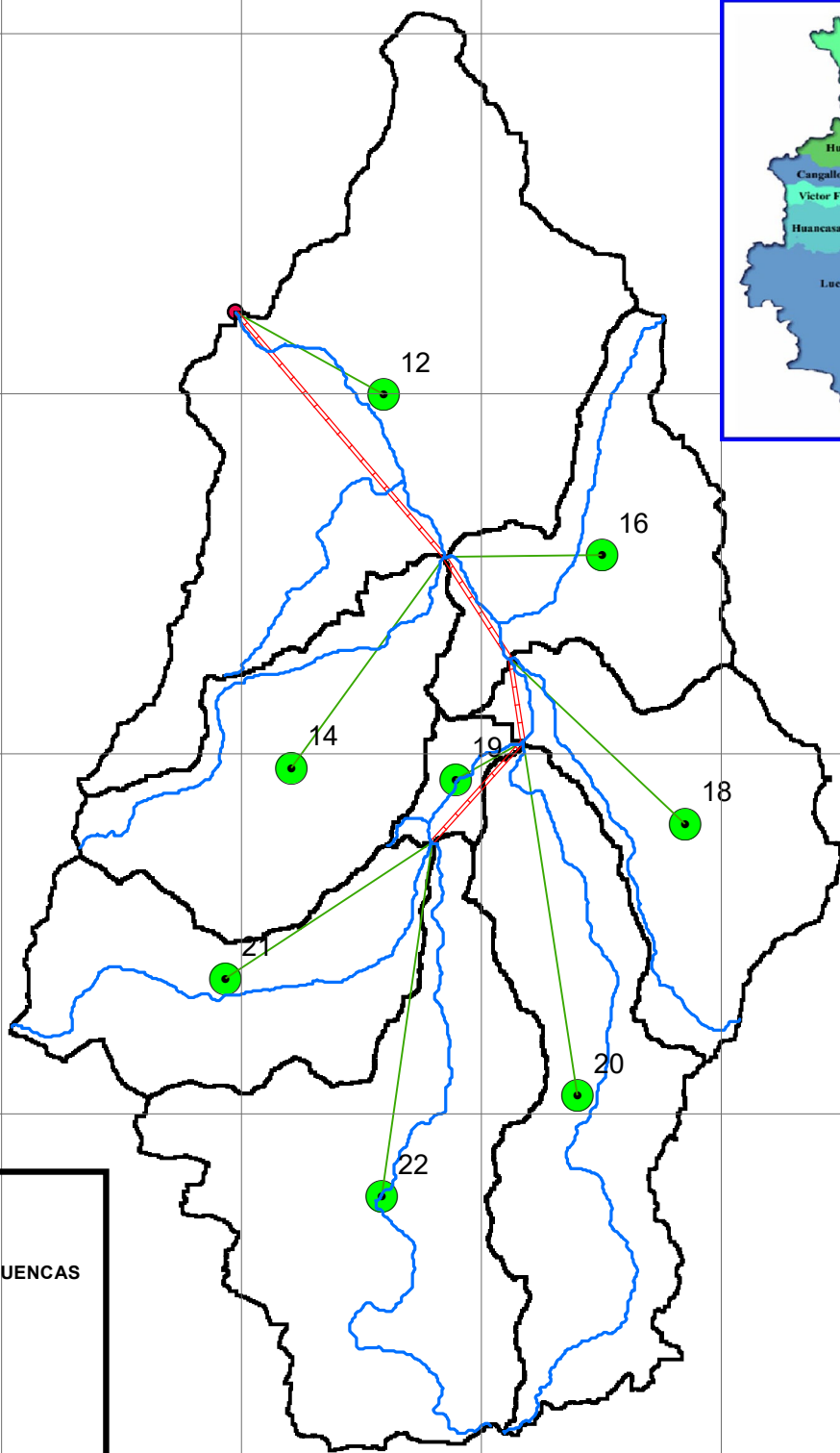
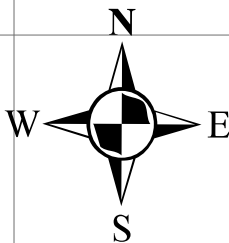
596000 000000

602000 000000

608000 000000

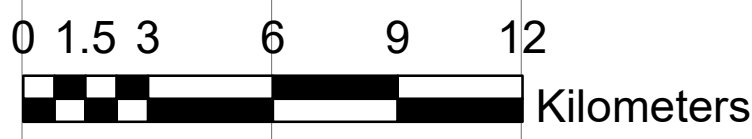
614000 000000

620000 000000



**LEYENDA**

- Rios
- CONECTORES DE SUBCUENCAS**
- Simbologia
- Descripcion**
- Connector de cada cuenca
- Conector principal
- Centro de cada cuenca
- ProjectPoint28**
- <all other values>
- HyElemType**
- Diversion
- Junction
- Reservoir
- Sink
- Source



|   |  |  |                  |               |
|---|--|--|------------------|---------------|
|   |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> |                  |               |
| <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>  |  |  |                  |               |
| <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA</b>   |  |  |                  |               |
| TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA  |  |  |                  | LAMINA N°:    |
| SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBERERA EN EL VALLE DE ACCORO-ATAFUCHO-2016 |  |  |                  |               |
| PLANO: <b>MAPA DE UBICACION DE CENTROS EN LAS AREAS DE LAS SUBCUENCAS</b>   |  |  |                  |               |
| DIBUJO: Bch. MEDINA Y.A.  |  | ESCALA: 1/176,000  | FECHA: MAYO 2016 |               |
|   |  |  |                  | <b>P - 03</b> |

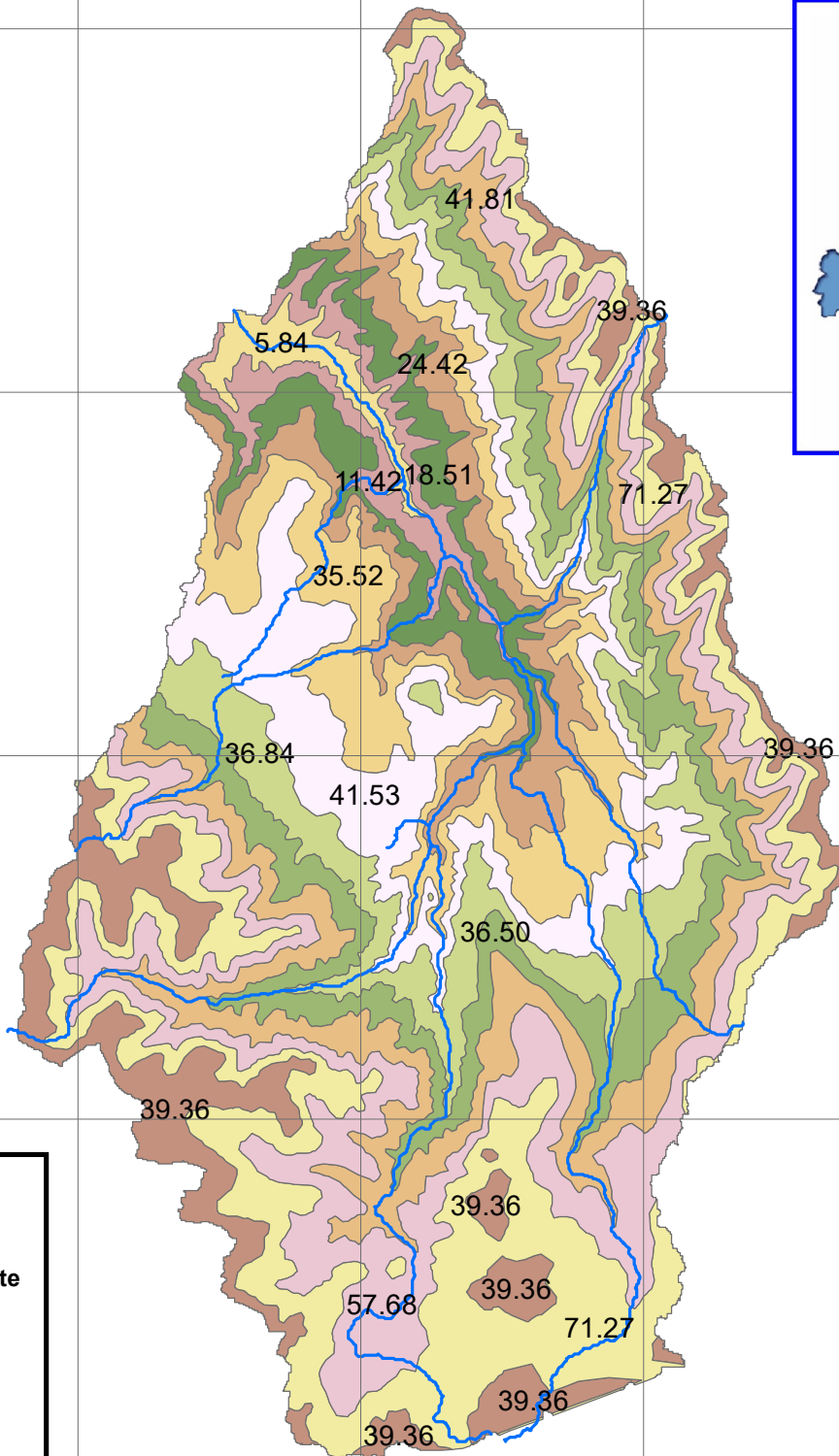
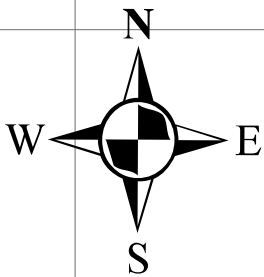
591000 000000

598000 000000

605000 000000

612000 000000

619000 000000



**LEYENDA**

— Longitud de ríos

**Áreas (Has) por C/pendiente**

Simbología

**AREA**

- 11.42
- 18.51
- 24.42
- 35.52
- 36.50
- 36.84
- 39.36
- 41.53
- 41.81
- 5.84
- 57.68
- 71.27





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



---

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA

---

SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAS PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL VALLE DE  
ACOCRO-AYACUCHO-2016

---

PLANO: **MAPA DE AREAS POR ALTITUD**

---

DIBUJO: *Reb. MEDINA T.A.*      ESCALA: 1/176,000      FECHA: MAYO 2016

---

LAMINA Nº: **P - 04**

591000 000000

598000 000000

605000 000000

612000 000000

619000 000000

8549000 000000  
8540000 000000  
8531000 000000  
8522000 000000  
8513000 000000  
8504000 000000

8549000 000000  
8540000 000000  
8531000 000000  
8522000 000000  
8513000 000000  
8504000 000000



596000 000000

602000 000000

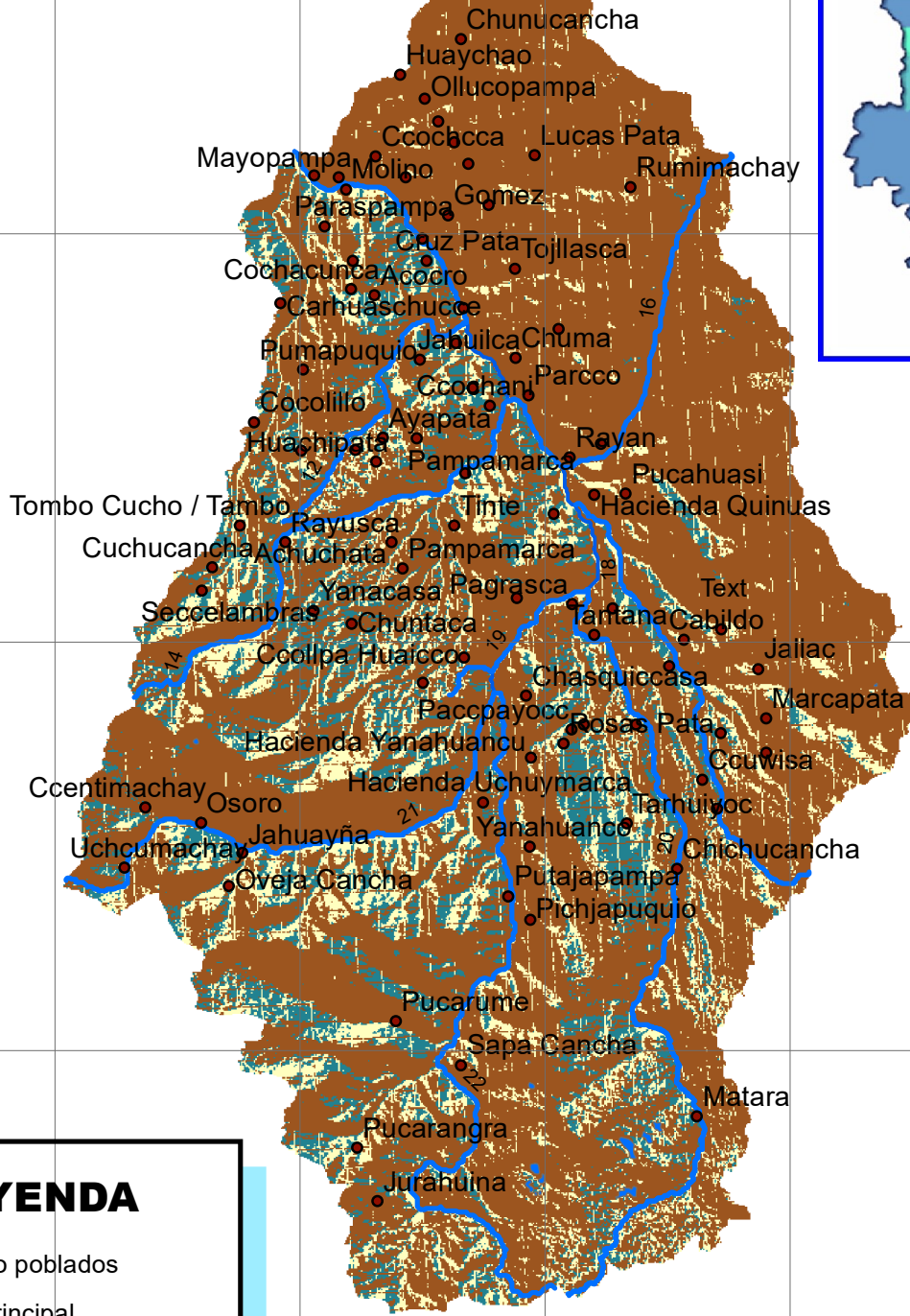
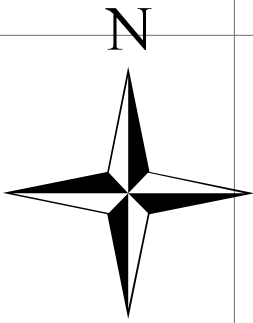
608000 000000

614000 000000

620000 000000

8550000 000000  
8540000 000000  
8530000 000000  
8520000 000000  
8510000 000000

8550000 000000  
8540000 000000  
8530000 000000  
8520000 000000  
8510000 000000



**LEYENDA**

- Centro poblados
- Rio Principal
- Lagunas
- Rios afluentes

**PENDIENTE (GRADOS)**

**VALUE**

- 1 - 32
- 32 - 64
- 64 - 128



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA

SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBERENA EN EL VALLE DE ACOCRO-AYACUCHO 2016

PLANO: **MAPA DE PENDIENTES**

ESCALA: 1/176,000

FECHA: MAYO 2016

LAMINA N°: **P - 05**

DIBUJO: Blah MEDINA Y.A.

596000 000000

602000 000000

608000 000000

614000 000000

620000 000000

592000

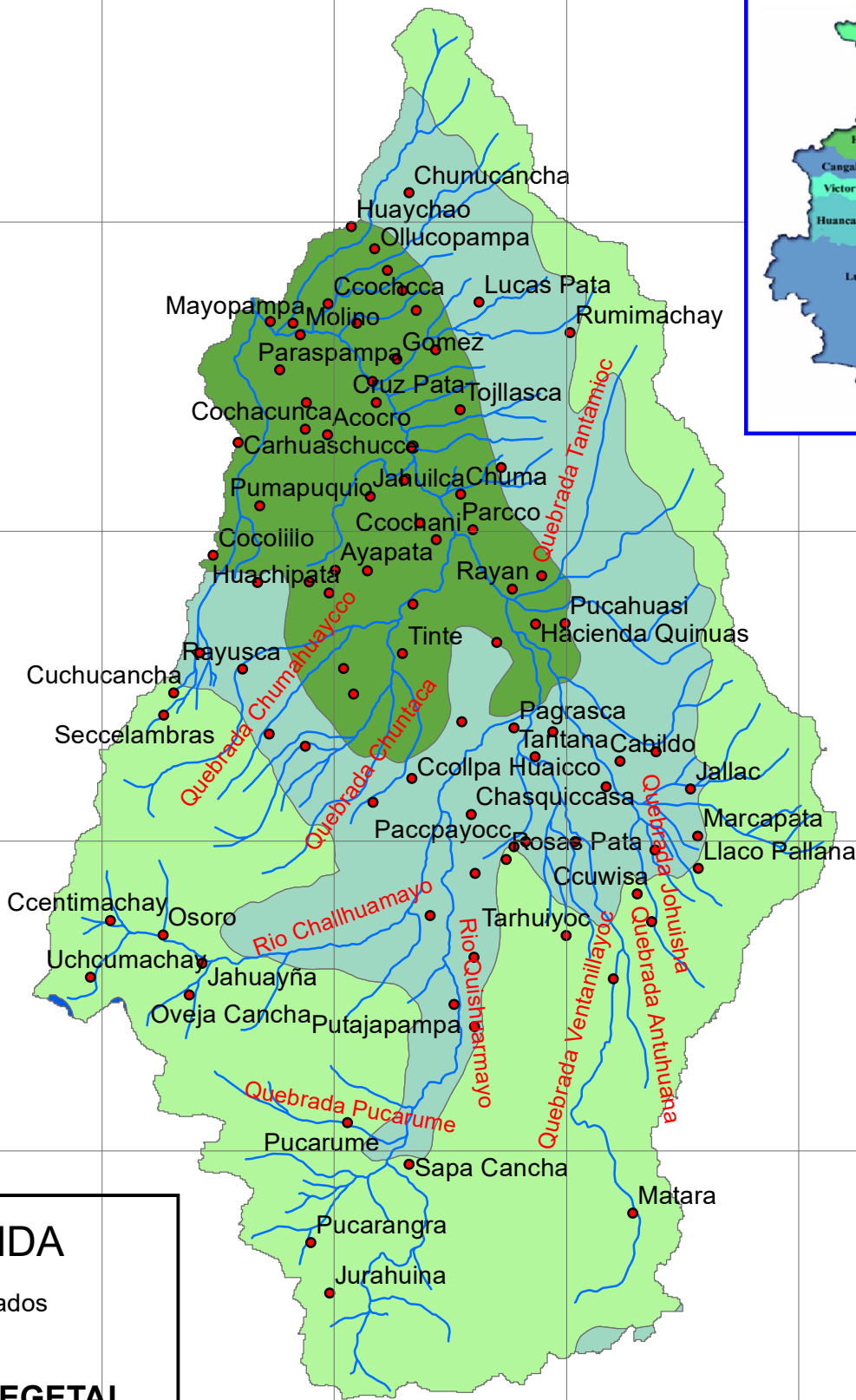
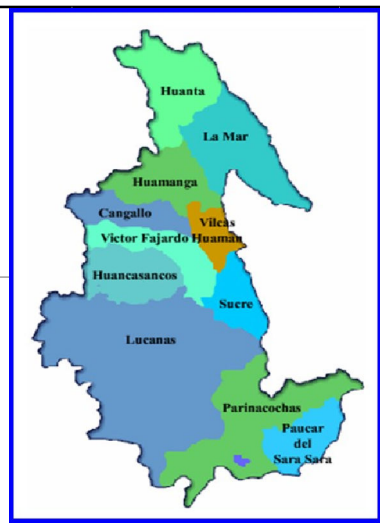
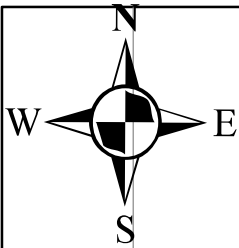
598000

604000

610000

616000

622000



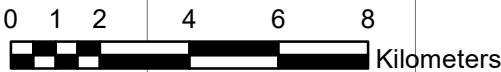
### LEYENDA

- Centro poblados
- Rios

### PRESENCIA VEGETAL

- Bofedal
- Matorral húmedo
- Matorral subhúmedo
- Pajonal / Césped de puna

### DESCRIPCION



|  |                   |  |               |            |
|--|-------------------|--|---------------|------------|
|  |                   | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA</b> |               |            |
| <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>   |                   |  |               |            |
| <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA</b>  |                   |  |               |            |
| TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA   |                   |  |               | LAMINA N°: |
| SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAS PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBERENA EN EL VALLE DE ACCORDO A LA LEY 27110 |                   |  |               |            |
| <b>MAPA DE COBERTURA VEGETAL</b>   |                   |  |               |            |
| PLANO:   | ESCALA: 1/176,000 | FECHA: MAYO 2016   | <b>P - 06</b> |            |
| DISEÑO: BOLA MEDINA S.A.   |                   |  |               |            |

592000

598000

604000

610000

616000

622000

8544000

8536000

8528000

8520000

8512000

8544000

8536000

8528000

8520000

8512000

580000 000000

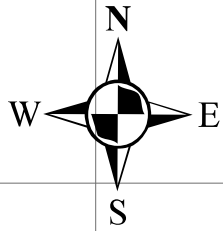
590000 000000

600000 000000

610000 000000

620000 000000

630000 000000



8544000 000000

8536000 000000

8528000 000000

8520000 000000

8512000 000000

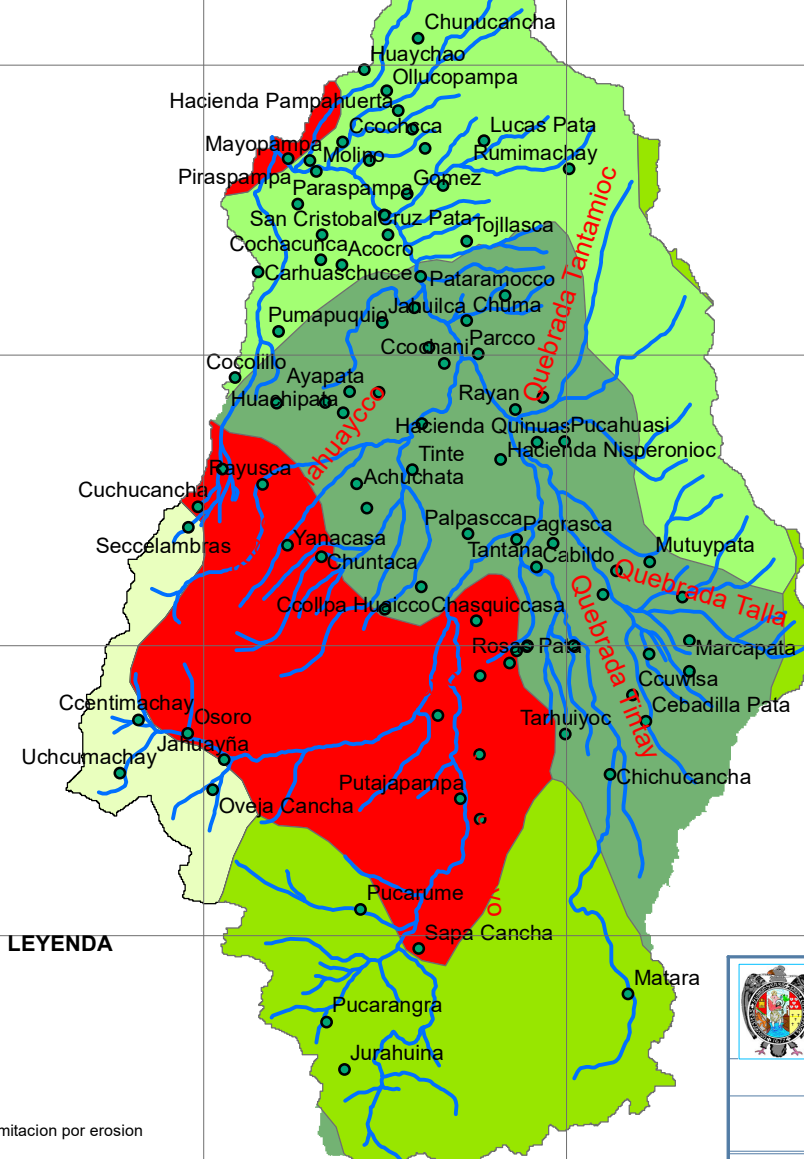
8544000 000000

8536000 000000

8528000 000000

8520000 000000

8512000 000000



**LEYENDA**

- Centro poblados
- Rios
- USOS DE SUELOS**
- TIPOS DE USOS
- DESCRIP**
- Tierras de Protección - Tierras aptas para pastos, calidad agricola media, limitacion por erosion
- Tierras de Protección
- Tierras aptas para produccion forestal, calidad agricola baja, limitante por clima - Tierras aptas para pastos, calidad agricola media, limitante por erosion- Tierras de Protección
- Tierras aptas para pastos, calidad agricola alta, tierras aptas para cultivos permanentes - Tierras de Protección
- Tierras aptas para cultivos en limpio (intensivos y arables), calidad agricola baja, limitante por clima - Tierras aptas para pastos, calidad agricola alta, limitante por clima



|   |   |  |           |
|---|---|--|-----------|
|   |   | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE<br/>SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> |           |
| <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>  |   |  |           |
| <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA</b>   |   |  |           |
| TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA  |   | LAMINA N°:   |           |
| SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAS PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBERENA EN EL VALLE DE ACORO-AYACUCHO 2016 |   | <b>P - 07</b>  |           |
| PLANO:  | <b>MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS</b> |  |           |
| DIBUJO:   | Inga. MERNATA                                 | ESCALA:  | 1/176,000 |
|   |   | FECHA:   | MAYO 2016 |

580000 000000

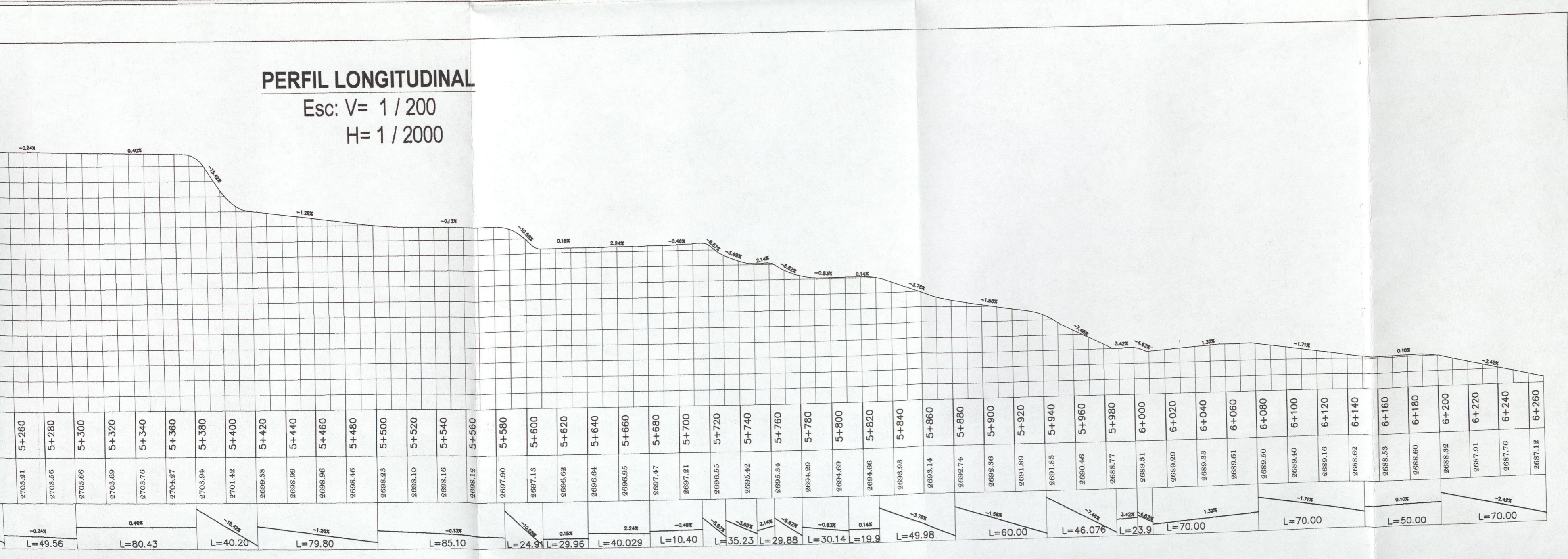
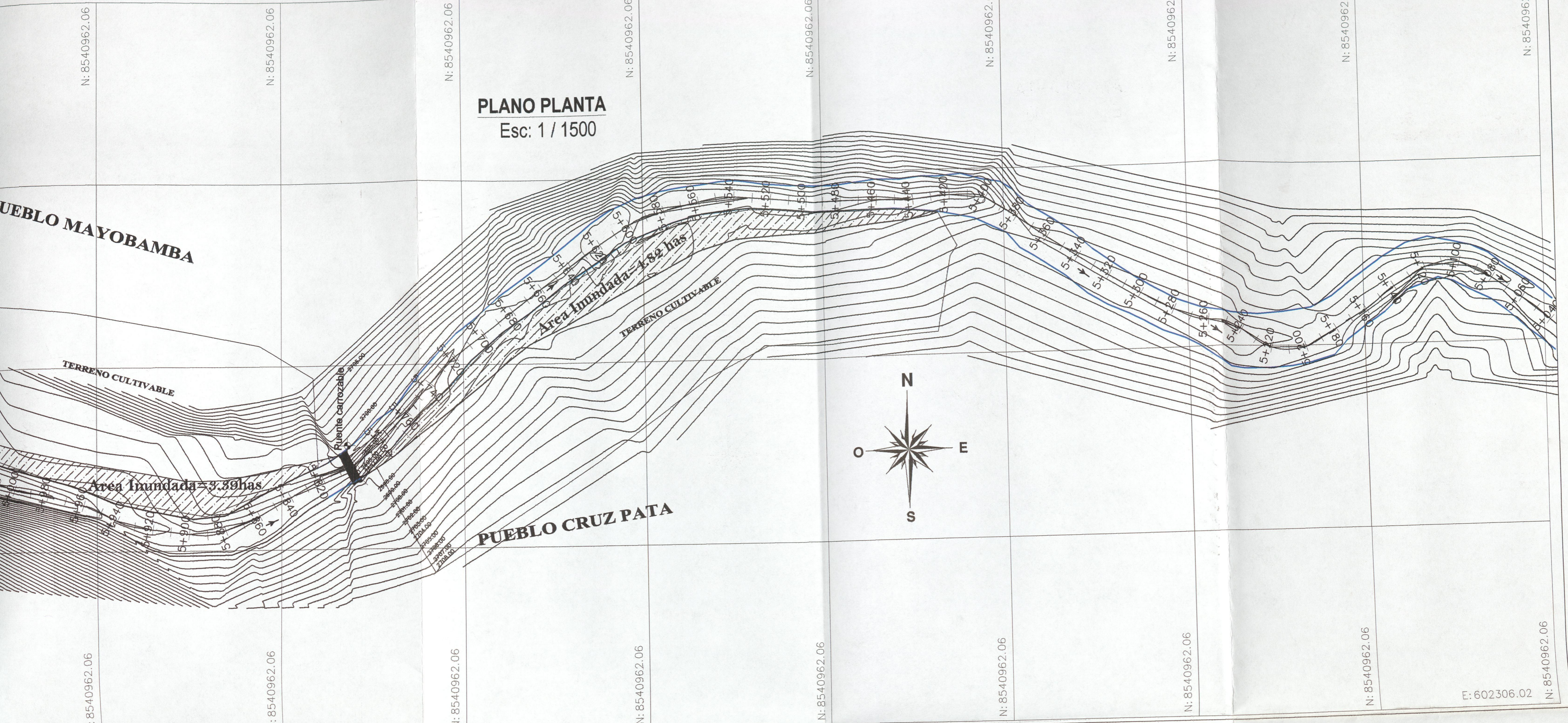
590000 000000

600000 000000

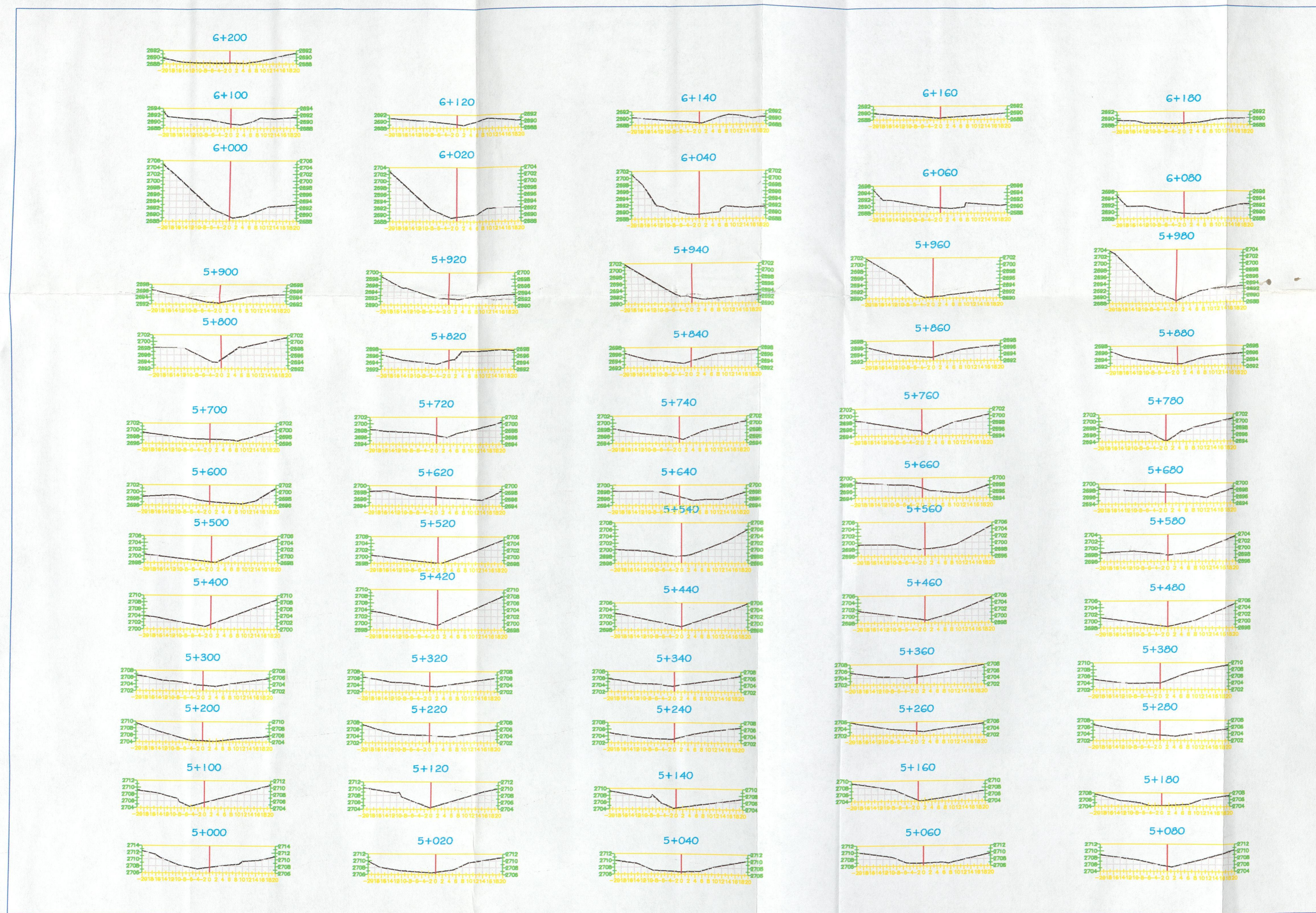
610000 000000

620000 000000


630000 000000



| LEYENDA               |         |
|-----------------------|---------|
| DESCRIPCION           | SIMBOLO |
| PROGRESIVA PROYECTADA |         |
| SECCION DE RIO        |         |
| PENDIENTE DE RIO      |         |
| BM                    |         |
| CURVAS A NIVEL        |         |
| AREAS DE CULTIVOS     |         |
| SENTIDO DEL FLUJO     |         |
| AREAS INUNDADAS       |         |
| MARGEN DE RIO         |         |
| PUENTE CARROZABLE     |         |



| LEYENDA               |         |
|-----------------------|---------|
| DESCRIPCION           | SIMBOLO |
| PROGRESIVA PROYECTADA |         |
| SECCION DE RIO        |         |
| PENDIENTE DE RIO      |         |
| BM                    |         |
| CURVA A NIVEL         |         |
| AREAS DE CULTIVOS     |         |
| SENTIDO DEL FLUJO     |         |
| AREAS INUNDADAS       |         |
| MARGEN DE RIO         |         |
| PUNTES                |         |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**

INGENIERIA AGRICOLA  
UNCSH

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

---

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA

SIMULACION HIDRAULICA DEL RIO YUCAES PARA DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL VALLE DE  
ACOCRO-AYACUCHO-2016

PLANO: **SECCION TRANSVERSAL DEL RIO (PROGRESIVA 5+000-6+200)**

DIBUJO: **Ing. MEDA TA.**      ESCALA: 1/1500.00      FECHA: JUNIO 2016

LAMINA N°: **PP - 02**