

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**ESTUDIO DE INUNDACIÓN POR EFECTOS DEL DESBORDE DEL RÍO
AMOJÚ, APLICANDO LOS MODELOS MATEMÁTICOS HEC-RAS Y
HEC-HMS EN LA CIUDAD DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN PROVINCIA
DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR
PERCY OMAR VILLALOBOS GRANADINO**

**ASESOR
ANÍBAL TEODORO DÍAZ ARREGO**

<https://orcid.org/0000-0003-2861-4015>

Chiclayo, 2021

**ESTUDIO DE INUNDACIÓN POR EFECTOS DEL DESBORDE
DEL RÍO AMOJÚ, APLICANDO LOS MODELOS
MATEMÁTICOS HEC-RAS Y HEC-HMS EN LA CIUDAD DE
JAÉN, DISTRITO DE JAÉN PROVINCIA DE JAÉN,
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

PRESENTADA POR:

PERCY OMAR VILLALOBOS GRANADINO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Wilmer Moisés Zelada Zamora
PRESIDENTE

Joaquín Hernán Rojas Oblitas
SECRETARIO

Aníbal Teodoro Díaz Orrego
VOCAL

Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a mi Dios que estuvo siempre presente ayudándome en los momentos que parecía estar solo, a mi querida hija Asli Camila quien ha sido el motor para seguir adelante con mis objetivos, a mis padres Miguel Villalobos y Yolanda Granadino por apoyarme incansablemente en toda mi formación humana, profesional y económica y también a mis abuelos Gilberto Granadino y Agripina Meza quienes siempre estuvieron pendientes de mí.

A todos ustedes les agradezco por ayudarme a cumplir mis objetivos y ser esa fuerza para no declinar en mi carrera universitaria, gracias por los valores que siempre me inculcaron desde niño, por todo eso y muchas cosas más gracias mi querida Familia.

Villalobos, Granadino, Percy, Omar

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de ingeniería

ÍNDICE

| | | |
|-------------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1 | JUSTIFICACIÓN..... | 19 |
| 1.1.1 | JUSTIFICACIÓN TÉCNICA | 20 |
| 1.1.2 | JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA | 20 |
| 1.1.3 | JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL | 21 |
| 1.1.4 | JUSTIFICACIÓN SOCIAL | 21 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 22 |
| 1.2.1 | OBJETIVO GENERAL | 22 |
| 1.2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 22 |
| II. | MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1. | ANTECEDENTES DEL PROBLEMA | 22 |
| 2.2 | BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS | 26 |
| III. | METODOLOGÍA | 34 |
| 3.1. | TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN | 34 |
| 3.1.1 | Tipo | 34 |
| 3.1.2 | Nivel..... | 34 |
| 3.2. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Bibliográfico. | 34 |
| 3.3. | POBLACIÓN, MUESTRA..... | 34 |
| 3.4. | CRITERIOS DE SELECCIÓN | 35 |
| 3.5. | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 36 |
| 3.6 | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 37 |
| 3.3.1. | TÉCNICAS | 37 |
| 3.3.2. | FUENTES | 37 |
| 3.3.3. | INSTRUMENTOS..... | 38 |
| 3.3.4. | MÉTODOS | 38 |
| 3.8 | PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS..... | 38 |
| | GRÁFICO N°3.31: Creación de curvas de nivel en Global Mapper | 40 |
| | GRÁFICOS N°3.40: Quebradas tributarias al río Amojú en ArcGis | 41 |
| | CUADRO N°2.35: Parámetros morfológicos de la cuenca Amojú | 46 |
| 3.9. | MATRIZ DE CONSISTENCIA | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS | 48 |
| IV. RESULTADO Y DISCUSIONES | 49 |
| RESULTADOS | 49 |
| GRÁFICOS N°3.26: Ubicación de la zona de estudio, para ellos se realizó una poligonal de color violeta en el programa Google earth | 49 |
| GRÁFICOS N°3.31: Creación de curvas de nivel en Global Mapper | 50 |
| GRÁFICOS N°3.42: Creación de archivo TIN | 51 |
| GRÁFICOS N°2.35: Creación de archivo TIN | 51 |
| DISCUSIONES | 53 |
| V. CONCLUSIONES | 54 |
| VI. RECOMENDACIONES | 54 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 56 |
| ANEXOS..... | 59 |
| VIII. ACTIVIDADES Y PREVISIÓN DE RECURSOS..... | 60 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| DOCUMENTO N° 1.1: Autorización de acceso a información y permiso para los estudios. | 64 |
| DOCUMENTO N° 1.2: Compromiso notarial | 65 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| ANEXO N° 02: CUADROS | 66 |
| CUADRO N°2.1: Ubicación geográfica distrital de la provincia de Jaén | 66 |
| CUADRO N°2.2: Población por residencia distritos de Jaén..... | 66 |
| CUADRO N°2.3: Índice IDH de los niños de Jaén..... | 67 |
| CUADRO N°2.4: Analfabetismo por distritos..... | 67 |
| CUADRO N°2.5: Población con acceso a agua potable | 68 |
| CUADRO N°2.6: Saneamiento-Indicadores sociales..... | 68 |
| CUADRO N°2.7: DPTO. CAJAMARCA: RANKING DE POBREZA TOTAL Y EXTREMA POR DISTRITOS 2007 - 2009 | 69 |
| CUADRO N°2.8: Producción de productos agrícolas..... | 69 |
| CUADRO N°2.9: Población en edad de trabajar y tasa de crecimiento 2007 - 2009 | 70 |
| CUADRO N°2.10: Principales Productos y Mercados..... | 70 |
| CUADRO N°2.11: Principales locales comerciales..... | 70 |
| CUADRO N°2.12: Ocurrencia de desastres naturales producidos en el ámbito especial de Jaén | 71 |
| CUADRO N°2.13: Porcentaje de los Sectores de producción..... | 72 |
| CUADRO N°2.14: Distribución del servicio de agua en Jaén a través de la EPS Marañón y comités..... | 72 |
| CUADRO N°2.15: Equipamiento Salud | 73 |
| CUADRO N°2.16: Equipamiento Salud | 73 |
| CUADRO N°2.17: Canales que captan agua del río Amojú..... | 74 |
| CUADRO N°2.18: Ciudad de Jaén: Superficie según clasificación general de uso de suelo al año 2015..... | 74 |
| CUADRO N°2.19: Población de la ciudad de Jaén | 75 |
| CUADRO N°2.20: DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)..... | 75 |
| CUADRO N°2.21: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel | 76 |
| CUADRO N°2.22: Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias | 77 |
| CUADRO N°2.23: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias. 77 | |
| CUADRO N°2.24: Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma..... | 78 |
| CUADRO N°2.25: Cálculo de parámetros de ajuste | 78 |
| CUADRO N°2.26: Cálculo de parámetros de ajuste | 78 |
| CUADRO N°2.27: Cálculo de parámetros de ajuste | 79 |

| | |
|---|----|
| CUADRO N°2.28: Cálculo de parámetros de ajuste | 79 |
| CUADRO N°2.29: Cálculo de parámetros de ajuste | 79 |
| CUADRO N°2.30: Cálculo de parámetros de ajuste | 80 |
| CUADRO N°2.31: Cálculo de parámetros de ajuste | 80 |
| CUADRO N°2.32: Resumen de aplicación de regresión potencial. | 80 |
| CUADRO N°2.33: regresión potencial | 81 |
| CUADRO N°2.34: Tabla de intensidades - Tiempo de duración | 81 |
| CUADRO N°2.35: Parámetros morfológicos de la cuenca Amojú | 81 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| GRÁFICOS N°3.1. | : Escolaridad - Exclusión desde el contexto social | 87 |
| GRÁFICOS N°3.2. | : Ciudad de Jaén- Uso de suelo año 2005..... | 87 |
| GRÁFICOS N°3.3. | : Mapa Geológico | 88 |
| GRÁFICOS N°3.4. | : Descripción del tipo de suelo en el ámbito del proyecto..... | 88 |
| GRÁFICOS N°3.5. | : Mapa Geológico | 89 |
| GRÁFICOS N°3.6. | : Mapa geotécnico..... | 89 |
| GRÁFICOS N°3.7. | : Mapa de suelos expansivos..... | 90 |
| GRÁFICOS N°3.8. | : Mapa de licuación de suelos | 90 |
| GRÁFICOS N°3.9. | : Mapa de dirección de flujos | 91 |
| GRÁFICOS N°3.10. | : Densidades urbanas..... | 91 |
| GRÁFICOS N°3.11. | : Estratificación Social | 92 |
| GRÁFICOS N°3.12. | : Estado de conservación | 92 |
| GRÁFICOS N°3.13. | : Ciudad de Jaén: Escenario de sectores de riesgo muy alto y alto ante fenómenos de origen geológico y geológico climático | 93 |
| GRÁFICOS N°3.14. | : Ciudad de Jaén: Superficie según clasificación general de uso del suelo al año 2015..... | 93 |
| GRÁFICOS N°3.15: | Recorrido del río Amojú desde su nacimiento..... | 94 |
| GRÁFICOS N°3.16: | Perjudicados y daños materiales | 94 |
| GRÁFICOS N°3.17: | Croquis de la ciudad de Jaén..... | 95 |
| GRÁFICOS N°3.18: | Potencial intensidad vs duración | 95 |
| GRÁFICOS N°3.19: | Potencial intensidad vs duración | 96 |
| GRÁFICOS N°3.20: | Potencial intensidad vs duración | 96 |
| GRÁFICOS N°3.21: | Potencial intensidad vs duración | 97 |
| GRÁFICOS N°3.22: | Potencial intensidad vs duración | 97 |
| GRÁFICOS N°3.23: | Potencial intensidad vs duración | 98 |
| GRÁFICOS N°3.24: | Potencial intensidad vs duración | 98 |
| GRÁFICOS N°3.25: | Curvas IDF | 99 |
| GRÁFICOS N°3.26: | Ubicación de la zona de estudio, para ellos se realizó una poligonal de color violeta en el programa Google earth | 99 |
| GRÁFICOS N°3.27: | Vista de la ciudad de Jaén dentro de la poligonal creada en el programa Google earth..... | 100 |
| GRÁFICOS N°3.28: | Elección de datos del terreno | 100 |

| | |
|--|-----|
| GRÁFICOS N°3.29: Exportamos el polígono creado en Google Earth al programa Global Mapper: Creamos el archivo DEM. Podemos apreciar el polígono exportado sobrepuesto en la imagen del satélite | 101 |
| GRÁFICOS N°3.30: Guardamos el archivo DEM exportando en formato Erdas Imagine File ... | 101 |
| GRÁFICOS N°3.31: Creación de curvas de nivel en Global Mapper | 102 |
| GRÁFICOS N°3.32: Herramienta Watershed para crear las subcuencas de la cuenca..... | 102 |
| GRÁFICOS N°3.33: Sub-cuencas en general. Se puede apreciar la cuenca del Amojú con su cuenca vecina a lado izquierdo | 103 |
| GRÁFICOS N°3.34: Delimitación de la cuenca en el programa ArcGis. Gráfico de procedimientos hasta obtener la cuenca delimitada | 103 |
| GRÁFICOS N°3.35: Creación de flow direction en ArcGis..... | 104 |
| GRÁFICOS N°3.36: Con la herramienta flow accumulation determinamos el archivo del flujo acumulado..... | 104 |
| GRÁFICOS N°3.37: Editamos el punto de Aforo aguas abajo de la cuenca justo en el inicio de la ciudad de Jaén..... | 105 |
| GRÁFICOS N°3.38: Herramienta watershed para demilitar la cuenca | 105 |
| GRÁFICOS N°3.39: Cuenca delimitada | 106 |
| GRÁFICOS N°3.40: Quebradas tributarias al río Amojú en ArcGis | 106 |
| GRÁFICOS N°3.41: Cuenca delimitada y sobrepuesta sobre la imagen satelital en ArcGis. | 107 |
| GRÁFICOS N°3.42: Creación de archivo TIN | 107 |
| GRÁFICOS N°3.43: Creación de archivo DEM desde un archivo TIN..... | 108 |
| GRÁFICOS N°3.44: Creación de archivo flow direction desde un archivo TIN que representa la dirección del flujo..... | 108 |
| GRÁFICOS N°3.45: Creación de archivo flow acculation desde un archivo TIN que representa el flujo acumulado..... | 109 |
| GRÁFICOS N°3.46: Tabla de características de la cuenca creados en ArcGis..... | 109 |
| GRÁFICOS N°3.47: Determinación de las curvas de nivel en ArcGis | 110 |
| GRÁFICOS N°3.48: Determinación de Áreas de las curvas de nivel en ArcGis..... | 110 |
| GRÁFICOS N°3.49: Determinación de la curva hipsométrica y frecuencia de altitudes | 111 |
| GRÁFICOS N°3.50: Determinación de la curva hipsométrica y frecuencia de altitudes. | 111 |
| GRÁFICOS N°3.51: Determinación de la red hídrica | 112 |
| GRÁFICOS N°3.52: Delimitación de la red hídrica | 112 |
| GRÁFICOS N°3.53: Determinación de la orden de ríos | 113 |
| GRÁFICOS N°3.54: Orden de ríos | 113 |
| GRÁFICOS N°3.55: Longitud total de los cauces de la cuenca. | 114 |

| | |
|---|-----|
| GRÁFICOS N°3.56: Exportar archivo DEM al programa HEC-HMS 4.4.1 | 114 |
| GRÁFICOS N°3.57: Cálculo del caudal máximo de una cuenca mediante HEC-HMS 4.4.1. | 115 |
| GRÁFICOS N°3.58: Cálculo del Hidrograma de la cuenca mediante HEC-HMS 4.4.1..... | 115 |
| GRÁFICOS N°3.59: Tabla de caudal máximo, volumen de precipitación mediante HEC-HMS 4.4.1..... | 116 |
| GRÁFICOS N°3.60: Histograma..... | 116 |
| GRÁFICOS N°3.61: Registro de precipitación y temperatura | 117 |
| GRÁFICOS N°3.62: Ubicación de la estación la cascarilla | 117 |
| GRÁFICOS N°3.63: Pendiente de la cuenca Amojú | 118 |
| GRÁFICOS N°3.64: Archivo DEM | 118 |
| GRÁFICOS N°3.65: Archivo TIN visualizada en la herramienta Ras Mapper de HEC-RAS 5.0.1. | 119 |
| GRÁFICOS N°3.66: Editor de la geometría de la cuenca | 119 |
| GRÁFICOS N°3.67: Herramienta para la ubicación de aguas arriba y agua abajo del cauce del río Amojú..... | 120 |
| GRÁFICOS N°3.68: Ubicación de aguas arriba y agua abajo del cauce del río Amojú..... | 120 |
| GRÁFICOS N°3.69: Creación de la grilla de la cuenca..... | 121 |
| GRÁFICOS N°3.70: Colocación del coeficiente de manning en el software HEC-RAS 5.0.1 de la cuenca del Amojú..... | 121 |
| GRÁFICOS N°3.71: Click en Force mesh recomputacion para terminar de editar la geometría | 122 |
| GRÁFICOS N°3.72: En el comando Unsteady Flow Data estarán los datos de aguas arriba y aguas abajo: Ahí se colocará Normal depth para aguas abajo y una pendiente de 0.06 donde la ventana friction slope. (la pendiente 0.06 aparece por defecto en el programa así que tenemos que cambiar esos datos por los obtenidos en el estudio hidrológico) | 122 |
| GRÁFICOS N°3.73: Insertamos los valores de los caudales en aguas arriba en este caso se observa el valor 210 m ³ /s que es el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 500 años | 123 |
| GRÁFICOS N°3.74: Procesamiento de datos con la herramienta Unsteady flow Analysis, luego hacer click en computer para correr el programa | 123 |
| GRÁFICOS N°3.75: Procesamiento de datos | 124 |
| GRÁFICOS N°3.76: Ubicación de aguas arriba y agua abajo del cauce del río Amojú..... | 124 |
| GRÁFICOS N°3.77: Modelamiento finalizado, podemos apreciar la inundación con un desborde que se encuentra en la ciudad de Jaén | 125 |
| GRÁFICOS N°3.78: Mapa de curvas de nivel | 125 |
| GRÁFICOS N°3.79: Hietograma de precipitación T50 | 126 |
| GRÁFICOS N°3.80: Curva IDF T50 | 126 |
| GRÁFICOS N°3.81: Distribución de intesidades de precipitación T50..... | 127 |

| | |
|--|-----|
| GRÁFICOS N°3.82: Hietograma de precipitación T100 | 127 |
| GRÁFICOS N°3.83: Curva IDF T100 | 128 |
| GRÁFICOS N°3.84: Distribución de intensidades de precipitación T100..... | 128 |
| GRÁFICOS N°3.85: Hietograma de precipitación T500 | 129 |
| GRÁFICOS N°3.86: Curva IDF T500 | 129 |
| GRÁFICOS N°3.87: Distribución de intensidades de precipitación T500..... | 130 |
| GRÁFICOS N°3.88: Mapa de inundación del río Amojú en la ciudad de Jaén | 130 |
| GRÁFICOS N°3.89: Mapa de inundación del río Amojú en la ciudad de Jaén | 131 |

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----|
| ANEXO N° 05: FOTOGRAFÍAS..... | 131 |
| FOTOGRAFÍA N°5.1: Ubicación geográfica del Proyecto..... | 131 |
| FOTOGRAFÍA N°5.2: Mapa Local del Proyecto..... | 132 |
| FOTOGRAFÍA N°5.3: Vista Satelital..... | 132 |
| FOTOGRAFÍA N°5.4: Vista Satelital..... | 133 |
| FOTOGRAFÍA N°5.5: Acciones realizadas para contrarrestar el riesgo de inundación | 133 |
| FOTOGRAFÍA N°5.6: El alcalde de la ciudad de Jaén visitando las zonas afectadas en la parte alta de la ciudad-sector el Parral..... | 134 |
| FOTOGRAFÍA N°5.6: Inicio del recorrido del río Amojú por la ciudad de Jaén desde la parte alta..... | 134 |
| FOTOGRAFÍA N°5.7: La parte central derecha fue afectada por la inundación del río Amojú en el 2014, dejándo una pampa desolada en el sector el Parral | 135 |
| FOTOGRAFÍA N°5.8: Desborde de río Amojú en el año 2014, afectando directamente al sector el Parral en la parte alta de Jaén..... | 135 |
| FOTOGRAFÍA N°5.9: Río Amojú desde el puente Orellana | 136 |
| FOTOGRAFÍA N°5.10: Vista del puente Orellana..... | 136 |
| FOTOGRAFÍA N°5.11: Puente Pardo y Miguel..... | 137 |
| FOTOGRAFÍA N°5.12: Característica de la ribera del río | 137 |
| FOTOGRAFÍA N°5.13: Vista desde el puente Villanueva Pinillos..... | 138 |
| FOTOGRAFÍA N°5.14: Vista desde el puente Villanueva Pinillos..... | 138 |
| FOTOGRAFÍA N°5.15: Puente Manco Capac | 139 |
| FOTOGRAFÍA N°5.16: Vista del Puente Pakamuros | 139 |
| FOTOGRAFÍA N°5.17: Rampas de acceso al río Amojú..... | 140 |
| FOTOGRAFÍA N°5.18: Vegetación y zona urbana característica cerca al puente Pakamuros | 140 |
| FOTOGRAFÍA N°5.19: Características del río Amojú en la parte baja-Sector San Camilo | 141 |
| FOTOGRAFÍA N°5.20: Características de la zona urbana en la parte baja de la ciudad | 141 |
| FOTOGRAFÍA N°5.21: Se observa que en la parte baja de la ciudad no presenta defensa ribereña al lado izquierdo del cauce | 142 |
| FOTOGRAFÍA N°5.22: Viviendas cerca del cauce del río en la parte baja de la ciudad-Sector San Camilo..... | 142 |
| FOTOGRAFÍA N°5.23: Fin de la defensa ribereña en la parte baja-Sector San Camilo | 143 |

| | |
|--|-----|
| FOTOGRAFÍA N°5.24: Inexistencia de defensa ribereña en la parte baja de la ciudad y presencia de zona urbana | 143 |
| FOTOGRAFÍA N°5.25: Noticias nacionales informan sobre los daños ocasionados por las inundaciones causadas por el desborde del río amojú..... | 144 |
| FOTOGRAFÍA N°5.26: Noticias nacionales informan sobre los daños ocasionados por las inundaciones causadas por el desborde del río amojú..... | 144 |
| FOTOGRAFÍA N°5.27: Carretera hacia el puente la Corona | 145 |
| FOTOGRAFÍA N°5.28: Puente La Corona, atrás se aprecia el cerro la Pelota y su hidroeléctrica | 145 |
| FOTOGRAFÍA N°5.29: Vista del cauce del río Amojú..... | 146 |
| FOTOGRAFÍA N°5.30: Ingreso a la Hidroeléctrica la Pelota | 146 |
| FOTOGRAFÍA N°5.31: Vista de la cuenca desde el cerro la Pelota, atrás la ciudad de Jaén . | 147 |
| FOTOGRAFÍA N°5.32: Caída de la tubería de la hidroeléctrica La Pelota..... | 147 |
| FOTOGRAFÍA N°5.33: Canal perteneciente a la Hidroeléctrica La Pelota | 148 |
| FOTOGRAFÍA N°5.34: Parte alta de la cuenca | 148 |
| FOTOGRAFÍA N°5.35: Parte baja de la cuenca | 149 |

RESUMEN

El presente proyecto realiza el estudio hidrológico e hidráulico, con el objetivo de analizar y elaborar mapas de inundación, aplicando los modelos matemáticos de HEC-RAS y HEC-HMS, para hacer frente y ayudar a la toma de decisiones tras la problemática del desborde del río Amojú. Para el desarrollo de este mapa de inundación se iniciará delimitando la cuenca, en el ámbito del proyecto de estudio, los parámetros geomorfológicos, mediante el Sistema de Información ARCGIS. El estudio hidrológico abarca a partir de la recolección de datos de las precipitaciones, distribución de Gumbel, la elaboración de hietograma de diseño, análisis probabilísticos y la simulación hidrológica mediante HEC-HMS para así obtener los caudales de diseño en los periodos de 50, 100 y 500 años. Consecuentemente, el análisis hidráulico de la cuenca inicia con la visita a campo seguido de la elaboración de curvas de nivel mediante el DEM elaborado por las cartas nacionales, elaboración de las secciones transversales y trayectoria del río, finalizando con la simulación hidráulica utilizando los datos de los caudales de diseños generados en el estudio hidrológico.

Palabras clave: Hidrológico, hidráulica, cuenca, caudales de diseño, periodo de retorno.

ABSTRACT

The present project carries out the hydrological and hydraulic study, with the objective of analyzing and elaborating flood maps, applying the mathematical models of HEC-RAS and HEC-HMS, to deal with and help decision-making after the problem of the overflow of the Amojú river. For the development of this flood map, it will begin by defining the basin, within the scope of the study project, the geomorphological parameters, through the ARCGIS Information System. The hydrological study includes the collection of rainfall data, Gumbel distribution, the design of the design hietogram, probabilistic analysis and hydrological simulation using HEC-HMS to obtain the design flows in the periods of 50, 100 and 500 years. Consequently, the hydraulic analysis of the basin begins with the visit to the field followed by the elaboration of contour lines by means of the DEM elaborated by the national charts, elaboration of the cross sections and trajectory of the river, ending with the hydraulic simulation using the data of the flow rates of designs generated in the hydrological study.

Keywords: Hydrological, hydraulic, basin, design flows, return period.

I. INTRODUCCIÓN

Los últimos años a nivel mundial se ha visto cambios climáticos en las diferentes partes del planeta, como es el caso de las inundaciones que se generan por altas precipitaciones que traen consigo el desborde del cauce de los ríos, estos desbordes ocasionan cuantiosas pérdidas a nivel económico ya que afecta a cientos de familias que no toman las medidas respectivas de prevención.

“Las inundaciones han ocurrido siempre, desde los albores de la historia de la humanidad. Lo que hace que las inundaciones se conviertan en situaciones de desastres, es que el hombre, debido a la comodidad para la vida diaria y a los atractivos que ofrecen los cursos o masas de aguas, quieren ubicarse muy cerca de ellos y ocupa los planos de inundación”. [1, p. 248] Es por ello que los pobladores en general no tienen una idea básica ni una noción del riesgo a las que pueden afrontar viviendo muy cerca de la ribera de un río por lo que optan por construir su vivienda muy cerca del cauce, siendo muy vulnerables a cualquier evento sobrenatural, en los últimos años hemos visto inundaciones de magnitudes considerables ocasionado por precipitaciones extraordinarias por lo que esto arrasa con todo a su paso por el cauce del río y estos daños aumentan más aún por la presencia de viviendas durante todo el tramo.

Recientemente hemos sido testigos de desastres sobrenaturales a causa del fenómeno del niño, y recordamos más aún el último evento ocurrido el 13 de junio de 2017 que demostró la vulnerabilidad de muchas ciudades a causa de estos fenómenos que la naturaleza nos presenta, además dejó evidencia de cuantiosos perjuicios y daños materiales: 100.169 damnificados, 75 fallecidos y 20 desaparecidos. **(Ver gráfico N°3.16)**

En el caso específico de la ciudad de Jaén, esta fue fundada muy cerca de río Amojú, un ejemplo de ello es su plaza central la cual se encuentra ubicada a tan solo unos 200 metros de la ribera del río Amojú, dicho río es el que atraviesa la ciudad. Desde entonces la población ha ido aumentando considerablemente y en forma desordenada sin un plan de desarrollo urbano ni sostenible, lo que generó que la población se ubicará en la ribera del río Amojú tanto en el margen derecho como en el margen izquierdo, por un tramo de aproximadamente 3 kilómetros que actualmente existe en casi todo el recorrido de dicho río por la ciudad con una defensa ribereña, la cual es insuficiente para los caudales que presenta el río Amojú en sus avenidas máximas durante precipitaciones considerables.

El río Amojú es considerado una microcuenca. “Esta microcuenca se forma en la cordillera Huamantanga, por la unión de las quebradas Huamantanga, Rinconada Lajeña y La

Cascarilla; formando la Quebrada Miraflores (a la altura del caserío Miraflores); luego se une a la Quebrada La Virginia, y en su unión con la Quebrada Las Naranjas, forma el río Amojú; desembocando finalmente en el río Marañón”. [2, p. 3]

“En la actualidad el río Amojú, es el principal recurso hídrico para el desarrollo de la población del Distrito de Jaén-Cajamarca” [3, p. 3] Ya que de él se obtienen los servicios de agua potable, además del servicio de riego para la agricultura de la zona, este río tiene un recorrido de oeste a este y pasa atravesando la ciudad de Jaén. Dependiendo de las temporadas de lluvias en la zona, esta quebrada aumenta su caudal considerablemente en tiempos de lluvia donde alcanza niveles considerables y próximos a otro próximo desborde. Tomando en cuenta todos los afluentes que tiene el río Amojú en su recorrido desde su nacimiento hasta su llegada a la ciudad de Jaén, este río toma caudales fuera de lo común ocasionando así erosiones, desbordes, inundaciones y daños materiales tras su recorrido, por lo que los habitantes de la ciudad de Jaén no han sido ajenos a las consecuencias que trae el río Amojú durante su crecida. **(Ver gráfico 3.16)** Tras los efectos de precipitaciones fuera de lo común en toda la zona de la ciudad y sobretodo en las montañas donde nace el río Amojú los noticieros informaron que: “El 17 de mayo de 2014, a las 22:00 horas aproximadamente, a consecuencia de las precipitaciones pluviales, se produjo el incremento y posterior desborde del río Amojú, afectando viviendas en los sectores de El Parral y San Camilo, distrito y provincia de Jaén”. [4]

FOTO N°1: Noticias nacionales informan sobre los daños ocasionados por las inundaciones causadas por el desborde del río Amojú.



Fuente: RPP Noticias.

FOTO N°2: Poblador de la parte alta de la ciudad de Jaén pide ayuda a las autoridades.



Fuente: RPP Noticias.

Actualmente en la zona del cauce del río Amojú solo cuenta con estudios de inundación por efectos de un posible desborde en los sectores de la zona baja de la ribera del río que atraviesa la ciudad específicamente en el sector San Camilo, además se encuentran estudios básicos de calidad del agua así como también estudios del nivel de riesgo de inundación de un sector de la parte baja de la ciudad, siendo estos estudios insuficientes para poder determinar las zonas con mayor grado de inundabilidad en el ámbito del trascurso del río Amojú por la ciudad de Jaén.

FOTO N°3: Desborde de río Amojú en el año 2014, afectando directamente al sector el Parral en la parte alta de Jaén.



Fuente: INDECI.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Jaén tiene muchas actividades socioeconómicas que la caracterizan como una ciudad netamente comercial cuya principal actividad es la agricultura. **(Ver cuadro 2.10)** Los pobladores pertenecientes a la cuenca del río Amojú deben conocer el riesgo a las que se enfrentan con un estudio de inundación causado por efectos del desborde del río Amojú, para ello en el presente proyecto se tomará en cuenta los programas Hec-ras 5.0.1 y Hec-hms para tener una visión más real de las características hidrológicas eh hidráulicas del

comportamiento del cauce del río Amojú en sus avenidas máximas, aportando así a la población de Jaén un mapa de riesgos de inundación y así poder tener una idea clara de cuánto debería aumentar la altura de su defensa ribereña. Para que así la población de Jaén tome las respectivas medidas de prevención tanto para sus hogares como para sus locales comerciales es por eso que es de gran importancia la realización de la evaluación y estudio detallado y confiable para obtener el mapa de inundación del río Amojú que ayudará a hacerle frente a estos problemas y reducirá el número de damnificados y costos generados por estos daños, así como también asegurar la calidad de vida en cada familia, además el proyecto de estudio es justificable por los siguientes motivos:

1.1.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Los últimos años a nivel mundial se ha visto cambios climáticos en las diferentes partes del planeta, como es el caso de las inundaciones que se generan por altas precipitaciones que traen consigo el desborde del cauce de los ríos, este desborde ocasiona cuantiosas pérdidas a nivel económico ya que afecta a cientos de familias que no toman las medidas respectivas de prevención.

“Las inundaciones han ocurrido siempre, desde los albores de la historia de la humanidad. Lo que hace que las inundaciones se conviertan en situaciones de desastres, es que el hombre, debido a la comodidad para la vida diaria y a los atractivos que ofrecen los cursos o masas de aguas, quieren ubicarse muy cerca de ellos y ocupa los planos de inundación”. [1, p. 248]

1.1.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La ciudad de Jaén es una ciudad netamente comercial por tal motivo se encuentra último puesto en el ranking de pobreza comparación de sus demás distritos de toda la Región de Cajamarca (Ver cuadro N°2.7). La ciudad de Jaén posee gran cantidad de locales comerciales los cuales se verían afectados en una eventual inundación por el desborde del río (ver cuadro 2.11) “En el núcleo urbano los otros usos están referidos a las edificaciones institucionales (Municipalidad, iglesia, biblioteca Municipal, Banco de la Nación del Perú, Poder Judicial, Fiscalía, SUNAT, Sub Región Jaén, INPE, Dirección Regional de Transporte, Ministerio de Agricultura, Compañía de Bomberos Manuel Ugarte y Moscoso”. (INDECI 2015)

Además, la ciudad de Jaén presenta un alto porcentaje en los sectores de producción terciario y secundario a comparación de todo el distrito de Jaén lo que determina la dinámica económica de la ciudad. **(Ver cuadro N°2.13)**

La elaboración y obtención del mapa de inundación del río Amojú permitirá a las autoridades y población en general a tomar sus precauciones respectivas, dependiendo al grado del nivel de inundación, impulsando así el desarrollo en el ámbito comercial, educativo, social y cultural-turístico de todos los habitantes que viven cerca de la ribera del río Amojú como lo es el malecón de la ciudad, además del mismo distrito. Evitando así que se incrementen los daños y se incrementen las cifras de pérdidas económicas de la ciudad ya que actualmente la gente carece de una información veraz del comportamiento del río Amojú ante una avenida máxima.

1.1.3 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La conservación de suelos, la cobertura vegetal y los ecosistemas de la cuenca se está viendo afectada por la pérdida de suelos tras las erosiones que causa el incremento del río y en el peor de los casos cuando este inunda todo a su paso destruyendo así los ecosistemas existentes en la zona como parques, jardines, árboles, etc. Es por ello que el proyecto aportará a la identificación de las zonas vulnerables para poder proteger estos elementos de la naturaleza.

1.1.4 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La ciudad Jaén se caracteriza por ser una ciudad muy dinámica y comercial en donde sus habitantes han logrado consolidar una zona comercial y estratégica para hacer negocios es por ello que el desborde del río Amojú evita que más negocios o viviendas puedan establecerse en la ribera del río por lo que un estudio de inundación ayudará a la toma de decisiones de las autoridades y población en conjunto para determinar soluciones que ayuden a evitar este tipo de desastres de la naturaleza. La ciudad de Jaén registra un IDH (índice de desarrollo humano) de 0.62 lo que lo ubica en una buena posición a comparación del resto de distritos de la provincia (**Ver cuadro N°2.3**) a su paso afectará instituciones de gran importancia. “Comprende los equipamientos destinados a la prestación de salud, entre los que se encuentra hospitales, centros de salud y posta médica. La infraestructura mayor de salud está representada por un Hospital General de salud (MINSAL), un Hospital II de ESSALUD, 2 Centros de Salud y una Posta Médica. Las edificaciones de los distintos establecimientos de salud presentan en general diversos estados de conservación” [5, p. 58]. De los cuales el Hospital general de Jaén viene siendo afectado durante las inundaciones causadas por las precipitaciones extraordinarias que se presentan en la ciudad, por tal motivo

el Hospital General de Jaén ya está siendo observado con un posible riesgo de colapso por su regular estado de conservación. (**Ver cuadro N°2.15**) Por lo que el estudio del presente proyecto aportará en la verificación y confirmación del riesgo de peligro de inundación en la que se encuentran las instituciones, comercios, viviendas y población en general permitiendo tomar medidas de prevención acertadas ante desastres naturales como lo son las inundaciones. Posteriormente la población se verá beneficiada por los resultados de este estudio de inundación por ser trascendental para todos los habitantes de Jaén en las futuras y presentes generaciones.

1.2 OBJETIVOS

Con la finalidad de tener un desarrollo de este proyecto se tendrá en cuenta los siguientes objetivos.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio hidrológico e hidráulico para analizar y obtener mapas de inundación por efectos del desborde del río Amojú en la ciudad de Jaén, aplicando los modelos matemáticos de HEC-RAS y HEC-HMS.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características geomorfológicas de la cuenca del río Amojú.
- Obtener caudales de diseño para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, mediante un análisis hidrológico en la cuenca del río Amojú aplicando el HEC-HMS.
- Verificación técnica de caudales y velocidades en una sección del tramo del río Amojú.
- Realizar un modelamiento hidráulico del río Amojú, a través de la aplicación HEC-RAS para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.
- Elaboración del mapa de inundación de la ciudad de Jaén, aplicando el Sistema de Información Geográfica ARCGIS y el aplicando el modelo matemático HEC-RAS.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los estudios y bibliografías relacionados con este proyecto denominado “Evaluación del nivel de inundabilidad del desborde del río Amojú en la ciudad de Jaén, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca” son los siguientes:

“Informe de evaluación del riesgo por inundación fluvial en ambas márgenes del río Huarmamayo entre las localidades de Ninabamba y Accobamba del distrito de San Miguel, Provincia La Mar – Ayacucho”. [6]

El presente informe evalúa el riesgo por inundación fluvial en ambas márgenes del río Huarmamayo entre las localidades de Ninabamba y Accobamba del distrito de San Miguel, provincia La Mar – Ayacucho en el año 2018 por el Ing. Adriel Quillama Torres – CIP N° 57897, determinando así que el nivel de Riesgo actual sin el proyecto es de RIESGO MUY ALTO, en el que podemos apreciar zonas de Muy Alto Riesgo, Riesgo Alto, Riesgo Medio y Riesgo Bajo que comprometen áreas urbanas y de cultivos. Además, que las inundaciones fluviales tienen un efecto muy crítico para la población aledaña al río Huarmamayo, ya que su Infraestructura predominantemente es muy precaria, construidas a base de quincha y barro, del mismo modo sus áreas de cultivo se verían seriamente afectadas.

“Evaluación del nivel de riesgo de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén”. [7]

La presente tesis realizada en el año 2013 por el ing. Erikson Persy Mondragón Delgado trata de la evaluación del nivel de riesgo de inundación por el río Amojú limitándose en la parte baja de la cuenca para así poder determinar un mapa de las posibles zonas inundables debido a un desborde del río Amojú. Teniendo como resultado que El nivel de peligro de inundación en la parte baja de la ciudad de Jaén, que abarca los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, fue muy alto. El grado de vulnerabilidad de la parte baja de la ciudad de Jaén, que abarca los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, fue alto. Se delimito el mapa de llanura de inundación, donde se pudo apreciar las viviendas de cada sector inundadas; obteniendo que 101 viviendas tienen un peligro de inundación muy alto, que representa el 20% de las viviendas, mientras que 258 viviendas están expuestas a un peligro de inundación alto, representando el 51% de viviendas, 81 viviendas presentan un peligro de inundación medio, que representa el 16% de las viviendas, y solo 65 viviendas presentan un peligro de inundación bajo, que representa el 13% de las viviendas.

“Análisis y diseño para la construcción de la construcción de la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén región Cajamarca”. [8]

La presente tesis presenta el diseño geométrico de la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén la cual ha necesitado de gran parte de la hidrología y de la hidráulica para poder llevar a cabo la elaboración del proyecto. Esta tesis fue desarrollada en el año 2017 por los ingenieros Miguel Martin Lozada Silva y Miguel Alberto Villalobos Granadino. Obteniendo como resultado el diseño de estructuras de drenaje pluvial tanto superficiales como subterráneas, para el diseño de estas estructuras de obras de arte se ha trabajado con datos de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Jaén – 000252 La Quintana ubicada en el sector La Granja, que se encuentra en la salida a San Ignacio, y se ubica dentro de la cuenca del río Amojú registrando así los máximos y precipitaciones máximas. El caudal de diseño ha sido determinado para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años.

“Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Gebil, a la margen izquierda, en el caserío de Tocuya, distrito de Omia, Rodríguez de Mendoza, Amazonas, 2015”. [9]

La presente investigación la ing. Tafur Vargas, Llerme Susan consistió en el análisis y diseño la defensa ribereña del río Gebil, a la margen izquierda, en el caserío de Tocuya, distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas; debido a los desbordes constantes del río con el fin de proteger y salvaguardar el patrimonio cultural de la nación como son las aguas termales de Tocuya y a las poblaciones cercanas que albergan. Se ha obtenido y empleado resultados del estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos y estudio hidrológico, con el uso de diversos softwares como ARCGIS, HIDROESTA, HEC-HMS; etc. Y esta información ha permitido cumplir con el objetivo general para realizar el diseño de la defensa ribereña mediante muros de gaviones.

“Modelamiento hidrológico e hidráulico aplicado al mapeo de áreas inundables”. [10]

El objetivo de este trabajo realizado por Omena Monte, Benicio Emanuel; Duda Costa, Denis publicado en marzo del 2016 fue proponer un mapeo de áreas inundables en el municipio de Río Largo (Alagoas), Cuenca Mundaú, a través de un acoplamiento "off-line" de modelos hidrológicos / hidráulicos (MGB-IPH / HEC-RAS), considerando eventos inundaciones extremas con diferentes tiempos de retorno de flujo. En el modelo hidrológico se utilizó una parametrización enfocada en eventos de inundaciones extremas, utilizando

como entrada datos de lluvia para diferentes tiempos de retorno. La calibración y validación del modelo hidrológico fue adecuada en áreas de drenaje mayores a 1.500 km². El modelo hidráulico indicó una buena correspondencia con los datos puntuales de las marcas de inundación de 2010 en áreas rurales y urbanas cercanas al curso de agua ($R^2 = 0,99$; RMSE = 1,41 my CV (RMSE) = 0,04). Sin embargo, en áreas urbanas alejadas del río, hubo una sobreestimación, lo que indica la necesidad de utilizar modelos digitales de superficie más detallados. Los eventos de inundación con un tiempo de retorno superior a 50 años tienen un gran potencial de daño (inundaciones por encima de 0,46 km² en el área urbana). Este estudio indicó que el uso de modelos acoplados era factible para representar el mapeo de áreas de llanuras aluviales, cuando no es posible realizar un análisis de frecuencia de flujo local para respaldar el modelo hidráulico.

“Análisis de desempeño de medidas estructurales y no estructurales de control de inundaciones en una cuenca urbana”. [11]

Este trabajo publicado por Tiradentes Decina, Thiago Galvao; Boccia Brandão, João Luiz en el año 2016, tuvo como objetivo analizar, mediante simulaciones hidrológicas e hidráulicas, el desempeño de algunas medidas de control de inundaciones estructurales y no estructurales. Para ello, los mapas y otra información espacial de la cuenca del Córrego do Gregório, en São Carlos (SP), fueron digitalizados con la ayuda del software de geoprocésamiento ArcGIS (r) e imágenes de satélite de alta resolución. Con base en esta información, se propusieron escenarios alternativos que incorporaron las medidas de control. Mediante el uso de software HEC-HMS y HEC-RAS, se realizó el modelado hidráulico e hidrológico, utilizando tiempos de retorno de 25, 50 y 100 años para la precipitación de diseño. Con los resultados obtenidos (hidrogramas de inundación y puntos de inundación referidos a cada tiempo de retorno), fue posible analizar las medidas, comparando los diferentes escenarios. Se concluyó, para este caso, que los mejores resultados corresponden a la asociación de medidas estructurales y no estructurales. Sin embargo, también se verificó que, aun con la realización del escenario más favorable, el problema de las inundaciones no se resolvería satisfactoriamente, lo que revela la necesidad de considerar otras medidas para minimizar los daños resultantes de las inundaciones, como las medidas de control en fuentes, seguros contra inundaciones y sistemas de alerta temprana.

“Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá - Medellín para una propuesta de su restauración”. [12]

El proyecto presentado por sus autores Marín Muñoz, Andrés Felipe; Barros Martínez, Juan Fernando en el año 2016 tiene como objetivo formular alternativas de restauración para algunos tramos del río Medellín que presentan un alto grado de afectación antrópica. Para el análisis hidrológico e hidráulico se utilizaron los programas HEC-HMS, HEC-RAS e Iber como soporte técnico para establecer las medidas de restauración. Los resultados de la modelación del tránsito de crecientes, además de servir como insumo para diseñar adecuadas medidas de restauración, permite tomar decisiones en entornos claves como: la planificación urbana y de usos del suelo, control y mitigación del riesgo, aprovechamiento del recurso hídrico y planes de intervención en tramo de un río.

2.2 BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

Las bases teóricas-científicas que son de ayuda teórica, técnica y normativa para la realización del proyecto; tienen un carácter fundamental y de gran ayuda para este, las cuales se presentan a continuación.

Se ha realizado una exhaustiva selección del material a utilizar para la realización del proyecto; en nuestro caso para el estudio de inundación por efecto del desborde del río Amojú aplicando los modelos matemáticos Hec-ras y Hec-hms; teniendo en cuenta la calidad de información e importancia que presentan se presenta:

MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE

“El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado mediante Decreto Supremo N° 034 – 2008 – MTC dispone entre otros la implementación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, el cual es un documento que resume lo más sustancial de la materia, que servirá de guía y procedimiento para el diseño de las obras de drenaje superficial y subterránea de la infraestructura vial, adecuados al lugar de ubicación de cada proyecto”. [13]

HYDROLOGIC MODELING SYSTEM HEC – HMS

“Está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas y su red de drenaje. En hidrogramas, y conteos hidrológicos. También incluye los

procedimientos necesarios para la simulación continua, incluida la evapo-transpiración, el deshielo y la contabilidad de la humedad del suelo”. [14]

HEC-HMS. MANUAL ELEMENTAL

“Este programa calcula los hidrogramas que se producen en una cuenca con solo facilitarle datos de las características de la cuenca y sus respectivos datos de precipitación. Además nos permite establecer varias subcuencas”. [15]

MODELOS MATEMÁTICOS

Se pretende dar un repaso a los métodos actuales existentes para la modelación numérica del flujo en lámina libre. Puesto que el estudio se centra en la rotura en presas de tierra nos centraremos en la modelación en régimen gradualmente variado, en una y dos dimensiones.

La modelación matemática del flujo de agua consiste en intentar conocer los valores que toman las variables hidráulicas (tirante, velocidad, caudal, régimen, etc.) a partir de la resolución de métodos numéricos de unas ecuaciones obtenidas con una serie de hipótesis. La modelación de un flujo es siempre una aproximación a la realidad siendo los resultados cada vez más precisos cuanto mejor se adapten a las ecuaciones de partida, y el esquema numérico al cálculo del fenómeno que queremos estudiar.

Para los estudios de propagación de avenidas en ríos, se han usado los últimos años modelos unidimensionales en régimen permanente gradualmente variado.

Estos son de gran utilidad frente a casos en los que la evolución temporal del flujo no sea un factor a tener en cuenta y el flujo sea unidimensional.

En los casos en los que el flujo es claramente no permanente recurrimos a las ecuaciones unidimensionales de Saint-Venant. No obstante, si la hipótesis de flujo unidimensional se aleja de la realidad, debido a fenómenos más complejos, recurrimos a esquemas bidimensionales.

Actualmente existe una amplia gama de modelos comerciales y no comerciales para la simulación en régimen gradualmente variado, los avances tecnológicos y el aumento de capacidad de los ordenadores permiten hoy en día el cálculo de las ecuaciones de Saint-

Venant completas, dejando de lado algunos métodos aproximados desarrollados sobre estas, como el método de onda difusiva, onda cinemática etc.

CONSIDERACIONES Y LIMITACIONES

Las principales consideraciones del modelo son:

- Resuelve las ecuaciones de Saint-Venant mediante el método de diferencias finitas implícitas, esquema de Preissman.
- Cálculo de los regímenes subcrítico, supercrítico y mixto.
- Consideración de las llanuras de inundación, como áreas de acumulación de agua o zonas de flujo paralelo.
- Consideración de diferentes coeficientes de Rugosidad de Manning en una misma sección, definidos como tramos, y con la posibilidad de variar cada Manning en función del tirante.
- Modelación incorporada de presas, puentes, diques laterales etc.
- Cálculo dinámico de sistemas de ríos con afluentes. Todas las ramas se calculan simultáneamente afectando a los caudales y tirantes presentes en el río, en la desembocadura de los afluentes y viceversa.
- Condiciones iniciales estacionarias (régimen permanente previo) o correspondientes a un instante de un régimen variable previo. En el caso de condiciones estacionarias estas pueden ser calculadas y afinadas por el programa (warming up/calentamiento inicial) a partir de unos pocos datos conocidos.

Las principales limitaciones del modelo son:

- Dificultad para expresar el volumen de la presa aguas arriba.
- Necesidad de modificar la geometría proveniente de los archivos de exportación de SIG que en régimen variable los cambios bruscos de sección provocan grandes inestabilidades.
- Flujo unidimensional.
- Tirante y velocidad constante en una sección.

- Velocidad en sentido paralelo al eje del río, desprecia las aceleraciones verticales y horizontales y considera distribución hidrostática de presiones.
- Esquema de 2º orden, posibles oscilaciones espurias.
- Inestable en régimen rápido y cambio de régimen.
- Pendientes pequeñas (menores que 1:10).

HEC-RAS es un modelo unidimensional, por lo tanto, todo y que incorpora entre sus capacidades la posibilidad de realizar modelizaciones cuasi-bidimensionales bien sea con zonas donde se considera que no hay flujo o con zonas de almacenamiento de agua, los resultados que se obtengan en zonas donde el flujo sea marcadamente bidimensional (grandes llanuras de inundación) no serán todo lo rigurosos que sería deseable.

- Como todos los métodos que utilizan esquema de diferencias finitas implícitas (en este caso el de Preissman) éstos tienen problemas de estabilidad donde el flujo sea rápidamente variable. HEC-RAS resuelve este problema mediante el método LPI* pero hay que tener en cuenta que esto resta precisión a la solución que obtengamos.
- La precisión de resultados en una simulación de rotura de presa con HEC-RAS será más grande cuanto menor sea la cantidad de movimiento que queramos simular. A mayor volumen de agua y menor tiempo de rotura tendremos soluciones menos rigurosas ya que tendremos que fijar tolerancias altas para conseguir un modelo estable. [16]

HEC-HMS

El modelo HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*) es un modelo lluvia-escorrentía, desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center* HEC del *U.S. Army Corps of Engineers* USACE, que está diseñado para simular el hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un episodio de lluvia. El antecedente de este modelo, el HEC-1, nació como un modelo de eventos y ha sido considerado por muchos como el modelo más versátil (Bedient y Huber, 1992) y probablemente el más ampliamente utilizado en este tipo de caracterizaciones hidrológicas de avenidas.

La simulación de la red de drenaje de una cuenca constituye la base del modelo. Todas las demás opciones están desarrolladas sobre la capacidad de cálculo de hidrogramas en cualquier punto de la cuenca (Viessman y Lewis, 1996). Los componentes del modelo funcionan basados en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación de los hidrogramas de escorrentía, por ejemplo, pérdidas, transformación del exceso de lluvia en caudal de salida de la cuenca, adición del flujo base y circulación del hidrograma por el cauce. El punto de partida, por lo tanto, es la representación distribuida de la cuenca basada en una red ramificada de sistemas hidrológicos-hidráulicos (subcuencas-embalses) conectados por sistemas hidráulicos (cauces).

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

HIDROLOGÍA: La hidrología es una ciencia del ámbito natural que estudia el comportamiento del agua, así como también su recorrido por la cuenca a la que pertenece. Además, estudia las propiedades físicas y la relación que tiene esta con los seres o ecosistemas que hay en el área de la cuenca.

HIDRAULICA FLUVIAL: Término muy importante en la hidráulica ya que se basa en el estudio de ríos teniendo en cuenta los ecosistemas, sedimentos y el recorrido del agua por toda la cuenca desde la parte más alta a la más baja.

CUENCA HIDROLÓGICA: El drenaje fluvial donde discurren las aguas cuando surge una precipitación en un área determinada denominada cuenca, dichos drenajes originados por las precipitaciones se unen para formar entre si una sola línea de flujo de agua, cada flujo de agua tiene su propia cuenca la cual se le denomina Sub cuenca.

CUENCA GRANDE: Cuando presenta características fisiográficas con valores fuera de lo normal es decir que presenta pendientes pronunciadas, se considera que una cuenca grande a aquella cuenca que tiene un área mayor de 250km².

“CUENCA PEQUEÑA: En algunos casos suele presentar lluvias de fuerte intensidad, pero de duraciones mínimas. Para este tipo de cuenca el área máxima que la determina es de 250km².

SUPERFICIE DE LA CUENCA: Se refiere a la forma física que toma la cuenca donde presenta la vegetación, ríos, rocas, todas estas características pertenecen a la superficie de la cuenca donde ha sido previamente delimitada.

PERÍMETRO DE LA CUENCA: Es la medida del borde de la cuenca previamente delimitada, este perímetro de la cuenca abarca el área de la cuenca.

EL CICLO HIDROLÓGICO: Toda cuenca presenta este ciclo donde el agua pasa por sus diferentes estados. Puede pasar de estar en un estado líquido en un río para estar en un estado gaseoso siendo evaporado por el calor de los rayos ultravioletas para por último precipitarse en forma sólida o líquida,

PENDIENTE DE UNA CUENCA: Este parámetro es de gran importancia en cualquier estudio hidrológico el cual corresponde a la diferencia de alturas de la cota más alta del cauce a la cota más baja entre cotas, todo esto dividido entre la longitud entre cotas. Conocer su valor es de gran importancia para poder llegar a conocer la velocidad de la escorrentía si es necesario.

PENDIENTE DEL CAUCE: Corresponde a la diferencia de alturas de la cota más alta del cauce a la cota más baja del cauce principal de la cuenca, todo esto dividido entre la longitud del cauce principal de la cuenca.

HIDROGRAMAS: Representación gráfica del caudal en el eje X y el tiempo en el eje Y aquí se puede apreciar el caudal máximo para un periodo de retorno especificado.

HIETOGRAMA: Es la representación gráfica de la intensidad con respecto al tiempo el cual puede ser en horas o minutos, según sea el caso.

PERIODO DE RETORNO (T): Es un intervalo de tiempo en el cual representa un promedio en donde un evento de precipitación puede ser superado o igualado.

PERIODO DE RETORNO DE UNA AVENIDA (P): Se define como un intervalo de tiempo en el la magnitud del caudal de un río puede ser excedido o igualado.

TIEMPO PICO (T_p): Tiempo transcurrido desde el inicio del escurrimiento frente al pico del respectivo hidrograma.

TIEMPO BASE (T_b): Es un intervalo que se encuentra comprendido entre el inicio y la clausura del escurrimiento directo.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c): Tiempo en el que demora llegar a una partícula de agua que ha caído en un punto más lejano de la cuenca hasta el punto de aforo de la misma.

ESCORRENTÍA: Es una corriente de agua representada gráficamente, esta expresión gráfica los caudales que fluyen por la superficie de la cuenca, dichos caudales se unen de forma natural formando cauce de ríos. Únicamente estos caudales son generados por las precipitaciones que presenta la cuenca.

HIDROGRAMA UNITARIO: En definición es un hidrograma de escurrimiento a causas de las precipitaciones en una cuenca, estas son repartidas de forma equitativa por todo sobre el área de la cuenca y con una intensidad constante todo esto por un periodo de tiempo.

HEC - HMS: El sistema de modelo hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System), es un software de gran ayuda para el desarrollo del modelamiento hidrológico, desarrollado por el centro de Ingeniería Hidráulica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de los estados unidos (US Army corps).

HEC - RAS: HEC (Hydrologic Engineering Center ó Centro de Ingeniería Hidrológica) y RAS (River Análisis System ó Sistema de Análisis de Ríos), nos permite el modelamiento hidráulico en un régimen permanente y un régimen no permanente, esta aplicación ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers).

INUNDACIÓN: Desborde en las partes laterales de confinamiento de un río o cualquier forma que contenga agua y esta sobrepase los niveles en el que se encuentra confinado, dejando así ocupado temporalmente de agua terrenos que se encuentran pasando el límite de confinamiento del cauce. Cuando esto ocurre se le llama inundación.

MITIGACIÓN: Se trata de la reducción de efectos en general de un desastre natural, principalmente enfocado en reducir la vulnerabilidad. Estas medidas de serán tomadas a nivel profesional con normas reglamentarias una planificación con un equipo de profesionales del caso para poder orientar a la protección de la población, y evitar pérdidas económicas.

PREVENCIÓN: Actividades y normas basadas en conjunto para brindar protección constante contra los efectos ocasionados por un desastre natural. Pueden estar incluidas obras de infraestructura sismo-resistentes como protección de la ribera del río.

VULNERABILIDAD: Es el grado que presenta el conjunto de elementos de infraestructura o planes de prevención que son afectados y destruidos ante un eventual desastre.

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL: Sistema aplicado por el país para monitorear los desastres naturales a nivel nacional, se encargan de presentar alternativas de solución para la protección de los habitantes del país ante cualquier eventual desastre. Además de prevenir se encargan de prestar ayuda para la rehabilitación después del daño.

INUNDACIONES DINÁMICAS O RÁPIDAS: Se presenta en cuyos ríos que tienen una pendiente pronunciada y donde las precipitaciones son de grandes magnitudes y de una duración corta por lo que es muy difícil pronosticar la crecida del caudal para poder evacuar por ende este tipo de inundaciones sorprenden a las poblaciones desprevenidas.

INUNDACIONES ESTÁTICAS O LENTAS: Se da cuando las lluvias son generalizadas y suelen estar presentes siempre, esto produce una crecida del caudal de una cuenca superando así la capacidad máxima, provocando así un desborde del cauce, inundando todo a su paso.

INUNDACIONES PLUVIALES: Se produce a causa de grandes precipitaciones las cuales se depositan en un lugar o área en la que permanecen por un tiempo determinado, no necesariamente tiene que se produce por el desbordamiento de un río es decir son causadas por el exceso de lluvia que se produce en un tiempo prolongado. Mayormente se produce en suelos permeables donde retienen el agua en su superficie.

INUNDACIONES FLUVIALES: Causada básicamente por el desborde de cauces de los ríos cuando estos presentan aumento de manera exponencial de su caudal.

INUNDACIONES POR ROTURA: Se produce a causa de la falla de estructuras hidráulicas causando desbordamientos e inundaciones estas fallas pueden causar pérdidas humanas y pérdidas económicas. Mientras más grande sea el caudal mayor será el daño

causado por la falla de la infraestructura. Entre estas estructuras tenemos las presas, las defensas ribereñas, canales de irrigación.

LLANURA DE INUNDACIÓN: Son las zonas aledañas a los cauces de los ríos este tipo de inundación ocurre periódicamente por lo que se recomienda no habitar ni construir en ese lugar.

INUNDACIÓN O CRECIDA ORDINARIA: En los ríos una crecida ordinaria es cuando el nivel del agua llega hasta más alta en estado normal. Es decir, hasta donde el agua llega durante la crecida máxima anual del caudal.

RED DE DRENAJE: Es la canalización de los aportes de agua generadas por las escorrentías, estas son canalizadas y organizadas por el mismo relieve de la cuenca desde su cabecera en la parte más alta hasta su desembocadura en la parte más baja. Un ejemplo de ello es la construcción de embalses para la regularización de cuencas con el fin de contrarrestar los desbordamientos causados por avenidas considerables.

PLANOS DE INUNDACIÓN: Estos planos representan las áreas que utilizan los ríos para evacuar el exceso de agua que presentan durante una crecida máxima. Este tipo de planos son de gran ayuda para la toma de decisiones en el momento de generar planes de prevención contra desastres naturales.

MAPAS DE INUNDACIÓN: Son una herramienta muy importante para la elaboración de planes de emergencia contra inundaciones y además de zonificar los usos del suelo en una determinada localidad donde hay riesgo de pérdidas humanas.

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo: Aplicativa

3.1.2 Nivel: Descriptiva

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Bibliográfico.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA

Población

Para este tipo de investigación donde la información se obtuvo de forma física y mediante modelos digitales de elevación geográfica, se consideró como población las diversas cuencas de la provincia de Jaén.

Muestra

Como muestra se ha considerado la cuenca en estudio que es la cuenca del río Amojú en el distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para este caso se ha determinado escoger los programas para estudios hidrológicos recomendados por países desarrollados en este caso EEUU que nos brinda plataformas gratuitas para el estudio hidráulico e hidrológico de cuencas hidrográficas, es por ello que surge la necesidad de realizar este tipo de estudios de inundación con programas que están respaldado por naciones que utilizan estos programas en sus proyectos. Esto nos permite mejorar las ideas en el momento de tomar decisiones en un proyecto.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | VALOR FINAL |
|--------------|---|---|--------------------------|-------------------|
| ARCHIVOS DEM | Modelos de elevación digital generados por tomas satelitales, este tipo de satélites son tomados actualmente por los nuevos GPS diferenciales para proyectos de ingeniería. | Obtener las elevaciones de toda la cuenca Amojú en general. | Elevaciones | m |
| | | Obtener las Curvas de nivel de la cuenca del Amojú. | Curvas de nivel | Gbl |
| Hidráulica | Realización del estudio hidráulico mediante el uso del programa o software llamado Hec-Ras. | Determinación del comportamiento de la cuenca Amojú en sus crecidas más considerables utilizando el caudal máximo. | Caudal máximo. | m ³ /s |
| | | | Precipitaciones. | mm/h |
| Hidrología | Realización del estudio Hidrológico mediante el uso de dos programas ArcGis y Global Mapper.. | Obtener las características físicas de la cuenca Amojú para poder determinar su comportamiento hidráulico. | Área de la cuenca | km |
| | | | Perímetro de la cuenca-. | km |
| Cartografía | Determinado con el software ArcGis. | Determinar de manera formal el área de la zona de estudio representado en planos cartográficos de elaboración propia con ayuda del programa ArcGis. | Mapas cartográficos. | Glb |
| Diseño | Determinado con el software ArcGis. | Realización del mapa de inundación con las diferentes alternativas de evacuación en caso de inundación. | Mapas de inundación. | Glb |

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS

Recopilación de información

Conocer los datos de la cuenca como son los caudales y datos históricos de avenidas mínimas y máximas que son de gran importancia para nuestros cálculos, además de saber las características del cauce del río Amojú.

Cartografía y geomorfológica de los datos históricos de inundaciones

En esta etapa se realizará el levantamiento de datos obtenidos además de la obtención de las imágenes satelitales de la zona del ámbito del proyecto.

Zonificación de las zonas inundables

Se recolecta toda información obtenida en el campo con la finalidad de ubicar en un plano las posibles zonas de inundación de la zona del ámbito del proyecto.

Estudios hidrológicos

El estudio hidrológico, inicia con el análisis morfo métrico de la cuenca, que incluye: la delimitación de la cuenca, la medición del área y la longitud, altura máxima y mínima, índice de compacidad, factor de forma, curva hipsométrica, escorrentía y datos relevantes para este estudio.

Modelación hidrológica

Un estudio de modelación hidrológica solo es necesario sino se dispone de datos de los caudales para los cauces considerados. En caso de existir registros de caudales, los valores pico de caudal para diferentes periodos de retorno se pueden calcular utilizando el método de análisis estadístico.

3.3.2. FUENTES

Bibliográficas

Normativa Existente

Manuales de hidrología, hidráulica y drenaje

Hydrologic modeling system hec-hms

Hec-hms. Manual elemental

3.3.3. INSTRUMENTOS

Programas - software

Excel

Google earth

Power Point

Word

Hec-ras 5.0.1

Hec-Hms 4.4.1

Global Mapper

ArcMap 10.5

AutoCAD

Civil 3D

3.3.4. MÉTODOS

Se aplicó una metodología de tres fases en la que en la primera fase se realizó los trabajos preliminares del estudio de la cuenca del río Amojú, como la recolección de datos de precipitaciones y datos topográficos de la zona de estudio para así obtener las curvas IDF. Luego de lo realizado nos preparamos para el modelamiento hidrológico de río Amojú para conocer sus características. Para el caso de la delimitación de la cuenca utilizamos el software ArcMap10.5 y luego finalizamos con la delimitación de la cuenca en estudio. Para luego más adelante dar paso al modelamiento hidrológico e hidráulico y su respectiva configuración para el caso de este proyecto y aplicando el software HEC-RAS 5.0.1 que nos generará un mapa de inundación de la zona del ámbito del proyecto.

3.8 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

1. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE DEFENSA CIVIL, ANA Y SENHAMI

Para este caso hemos recurrido a estudios básicos realizados en la zona como son tesis de las distintas universidades que hay en la zona y que nos hablan de las zonas de riesgo que hay en la ciudad para poder tener en cuenta nuestro punto de aforo de la cuenca. También vi conveniente buscar noticias de desastres naturales causados por el desborde del río Amojú en la zona del ámbito del proyecto.



2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE MÉTODOS Y MODELOS MATEMÁTICOS

Para este caso se logró conseguir datos de las temperaturas máximas y mínimas de la zona del área de estudio, así como también sus precipitaciones máximas de la estación denominada La cascarilla cuyos datos nos brinda la institución del estado llamada SENAMHI cuya información data desde el año 1988 hasta el año 2014.

3. OBTENCIÓN DE DATOS TOPOGRÁFICOS (DEM). Para la obtención de los datos topográficos como lo son las curvas de nivel, las elevaciones, los ríos y todas aquellas características que nos ayudaron a tener una representación del área de estudio, acudí a diversas maneras satelitales que nos brindan hoy diversos tipos de programas como lo son Global Mapper, Google Earth, Imágenes DEM proporcionados por la NASA y cartas nacionales. Eligiendo para este caso imágenes DEM generadas a partir de las cartas nacionales brindadas por la página web <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/> en donde descargué las curvas de nivel y elevaciones del área de la cuenca en estudio.

4. CONVERSIÓN EN ARCHIVO DEM A RASTER

Luego con ayuda del programa ArcMap10.5 transformé el archivo de las cartas nacionales en un archivo TIN y luego en un archivo Raster que es un formato DEM, seguidamente realicé la obtención y creación de los ríos y quebradas pertenecientes a la cuenca de la cuenca

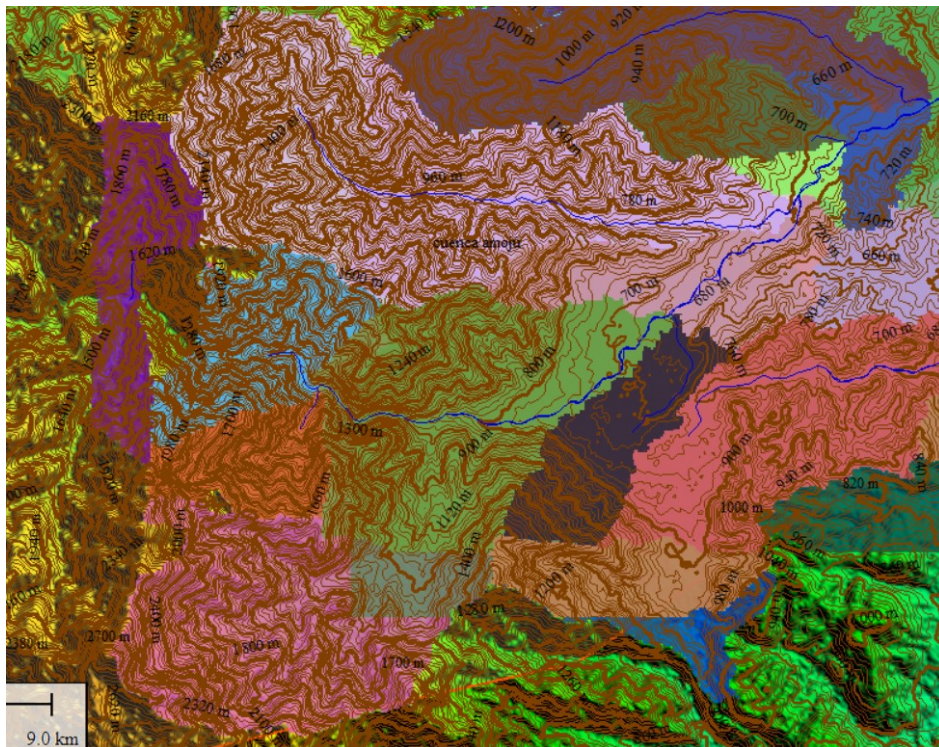
para luego direccionar el flujo de las aguas de las cuencas mediante el comando Flow Direction:

5. DELIMITACION DE CUENCA Y SUBCUENCAS EN ARCGIS

Para este caso es necesario acudir a buscar y cargar el archivo de dirección de flujo que creamos anteriormente con el comando Flow direction. De igual manera seleccionamos el flujo acumulado de toda la cuenca y el archivo RASTER.

Delimitación de la cuenca del Río Amojú, para ello se ha delimitado con una poligonal los límites de la cuenca de forma manual para tener una idea de los límites de la cuenca y trazar sobre ella una poligonal de forma rectangular para llevar la forma física del terreno al programa Global Mapper donde crearemos los archivos DEM a partir de estos datos de la cuenca.

GRÁFICO N°3.31: Creación de curvas de nivel en Global Mapper.

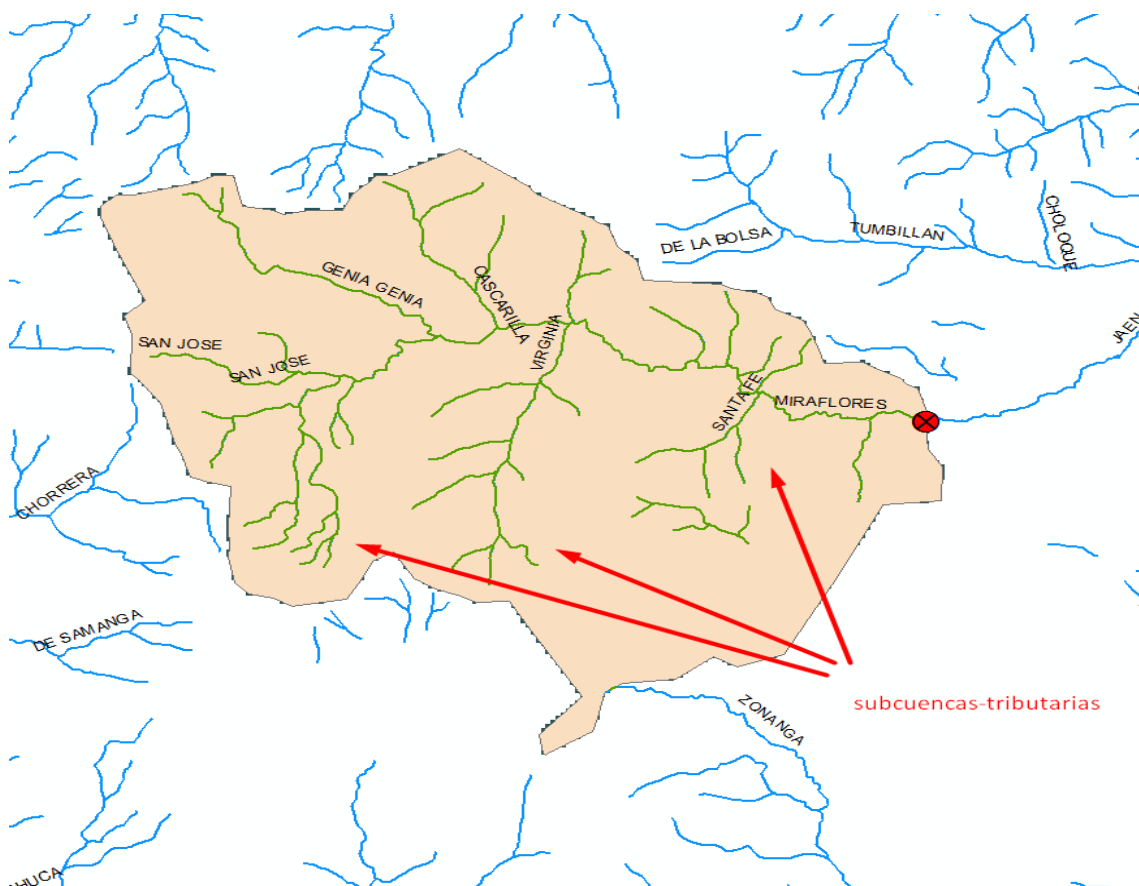


Fuente: Elaboración propia.

6. ANÁLISIS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

Luego con ayuda del programa ArcGis se procedió a obtener la red hidrográfica con sus respectivos ríos, en este caso se observa que el programa reconoce afluentes de la cuenca del Amojú tales como la quebrada San José, Quebrada Genia, Quebrada Cascarilla, Quebrada Virginia, Quebrada Santa Fe y Quebrada Miraflores denominadas subcuencas tributarias.

GRÁFICOS N°3.40: Quebradas tributarias al río Amojú en ArcGis.



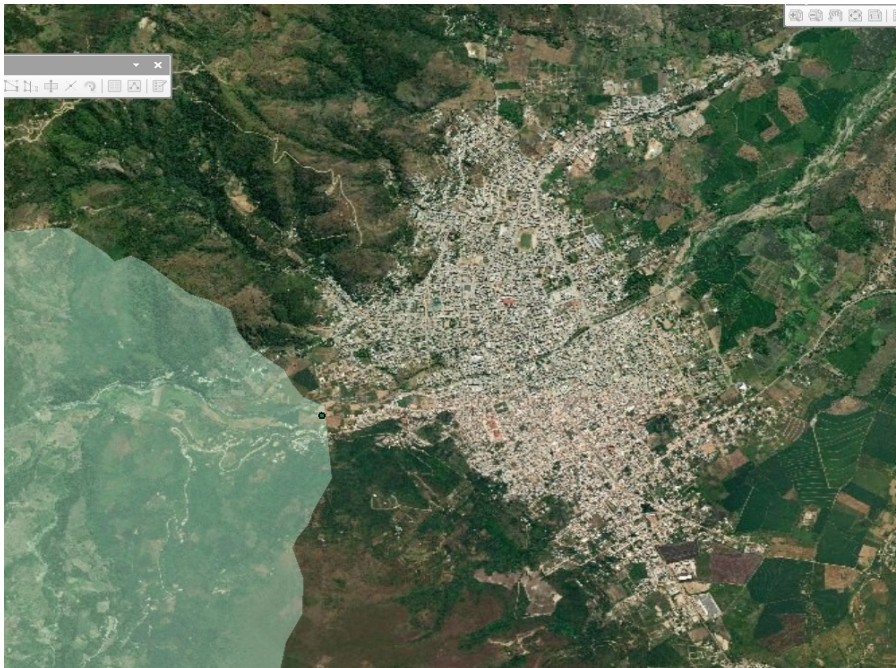
Fuente: Elaboración propia.

7. MODELAMIENTO DE LA RED HÍDRICA Y PRINCIPALES AFLUENTES

La red hídrica nos permite más adelante poder determinar el cauce principal de la cuenca Amojú, así como también el orden de los ríos con su respectiva longitud.

Editamos en la cuenca mediante ArcGis el punto de aforo para de ahí poder determinar el flujo de agua abajo, en este caso el punto de Aforo se encuentra ubicado justo donde inicia la zona urbana de la ciudad de Jaén, comenzando por el sector el Parral y la urbanización Monterrico.

GRÁFICOS N°3.41: Cuenca delimitada y sobrepuesta sobre la imagen satelital en ArcGis.



Fuente: Elaboración propia.

Luego el mismo programa tiene una opción de generar tablas que nos arrojan los datos de la cuenca, en este caso se ha dividido la cuenca en 8 rangos. Estos datos son importantes para poder determinar más adelante en el programa Excel el Hidrograma de la cuenca a partir de las curvas IDF de la cuenca del Amojú.

8. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS METEREOLÓGICOS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Una vez realizada la recolección de datos de precipitación en la página oficial del SENAMHI se desarrollaron los datos del SENAMHI con cálculos en una hoja del programa Excel aquí se tabuló los valores obtenidos del SENAMHI, previamente ordenando los datos del registro pluviométrico en una tabla desde el año 1984 hasta el 2014 (**VER CUADRO N°2.20**). Una vez obtenidos los datos del SENAMHI pasamos a realizar la distribución de probabilidades pluviométricas mediante la fórmula de Gumbel para obtener los valores máximos y mínimos es decir los valores extremos en este caso valores de precipitación.

CUADRO N°2.21: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

| Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel | | | | |
|--|------|---------------------|--------------------|---------------------|
| N° | Año | Mes Max. Precip. | Precipitación (mm) | |
| | | | x_i | $(x_i - \bar{x})^2$ |
| 1 | 1988 | 316.3 | 115.00 | 1588.28818 |
| 2 | 1989 | 422.3 | 44.92 | 913.651378 |
| 3 | 1990 | 422.3 | 44.92 | 913.651378 |
| 4 | 1991 | 422.3 | 44.92 | 913.65 |
| 5 | 1992 | 616.88 | 127.00 | 2688.77 |
| 6 | 1993 | 565.7 | 80.00 | 23.55 |
| 7 | 1994 | 384.3 | 70.00 | 26.49 |
| 8 | 1995 | 359.7 | 77.40 | 5.08 |
| 9 | 1996 | 347.5 | 57.20 | 322.08 |
| 10 | 1997 | 397.5 | 61.10 | 197.31 |
| 11 | 1998 | 464.2 | 82.60 | 55.55 |
| 12 | 1999 | 530 | 66.80 | 69.67 |
| 13 | 2000 | 463.9 | 83.20 | 64.86 |
| 14 | 2001 | 446 | 110.50 | 1249.86 |
| 15 | 2002 | 398.8 | 67.00 | 66.37 |
| 16 | 2003 | 382.8 | 55.20 | 397.87 |
| 17 | 2004 | 403.4 | 72.70 | 5.99 |
| 18 | 2005 | 416.7 | 73.90 | 1.55 |
| 19 | 2006 | 395.3 | 67.60 | 56.95 |
| 20 | 2007 | 445.8 | 80.50 | 28.66 |
| 21 | 2008 | 393.3 | 67.90 | 52.51 |
| 22 | 2009 | 504.3 | 87.90 | 162.65 |
| 23 | 2010 | 309.4 | 66.70 | 71.35 |
| 24 | 2011 | 481.5 | 83.00 | 61.67 |
| 25 | 2012 | 454.5 | 70.30 | 23.49 |
| 26 | 2013 | 391.2 | 80.50 | 28.66 |
| 27 | 2014 | 266.92 | 90.20 | 226.60 |

Fuente: Elaboración propia.

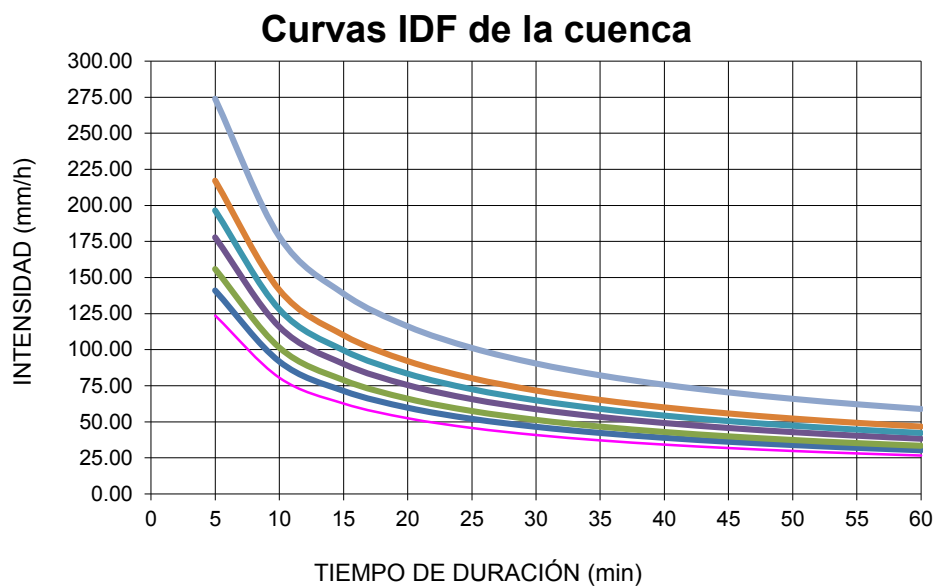
(VER CUADRO N°2.21) Luego para cada periodo de retorno en la hoja Excel de curvas IDF para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 años en la cuenca del Amojú se calculó su probabilidad de ocurrencia respectiva. **(VER CUADRO N°2.22)**

Seguidamente del cálculo de la probabilidad de ocurrencia tenemos datos de coeficientes relacionar las precipitaciones de 24 horas de duración por el cual se obtuvieron valores de precipitación máxima por tiempos de duración. **(VER CUADRO N°2.23)** Seguidamente del

cálculo de la probabilidad de ocurrencia tenemos datos de coeficientes relacionar las precipitaciones de 24 horas de duración por el cual se obtuvieron valores de precipitación máxima por tiempos de duración. **(VER CUADRO N°2.24)**

Se realizó la representación matemática de las curvas Intensidad-duración-Periodo de retorno cuya fórmula es empírica que es muy utilizada en los E.E.U.U. con la cual se realizó la gráfica de intensidad y duración para los periodos de retorno antes mencionados. **(VER CUADRO N°2.25, 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31)**. Ahora, en función del cambio de variable efectuado, se procede a realizar otra regresión de potencia entre las columnas que contienen el periodo de retorno (T) y las del término constante de regresión (d), para luego obtener valores de la siguiente ecuación: $d=KT^m$ que nos brindará la gráfica de Constante de regresión y periodo de retorno **(Ver gráfico N°3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24)**

Seguidamente se halló las curvas IDF mediante la tabla de intensidades-Tiempo de duración con respecto a la frecuencia y su duración en minutos. **(VER CUADRO N°2.34)** Como resultado de ello se obtuvo las curvas IDF de la cuenca **(Ver gráfico N°3.25)**



Ahora luego de obtener las curvas IDF procedemos a determinar el hietograma a partir de calcular las curvas IDF. Para ello procedemos a realizar el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca según la fórmula de California para lo cual tenemos que tener a la mano los datos de longitud del cauce principal de la cuenca del Amojú y su pendiente respectiva estos datos son obtenidos en el programa ArcGis.

Una vez calculado el tiempo de concentración de la cuenca sabemos la duración de la tormenta que en este caso es de 3 horas. Procedemos a calcular el hietograma con los datos de las curvas IDF calculadas anteriormente.

9. ELABORACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO

Una vez desarrollado la delimitación de la cuenca y conocer todas las características hidrológicas de la cuenca se revisó nuevamente los datos de los satélites para verificar alguna configuración topográfica y analizar si es conveniente para la tesis utilizar nuevos datos topográficos brindados por el Satélite y en este caso las imágenes satelitales nos brindaban imágenes con un mes de antigüedad, dichas imágenes fueron analizadas y tienen el área de la cuenca despejada, libre de nubes que a veces se interponen en la toma satelital eh interfieren para el poder calcular las curvas de nivel de la cuenca del Amojú. Dicha configuración de la topografía se realizó nuevamente.

La digitalización geométrica de la cuenca se vio reemplazada por los archivos DEM generados en ArcGis estos archivos DEM (modelo de elevación digital) nos muestran las elevaciones de las secciones del río. Por la cual se pasará al cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning el cual es 0.035 ya que la cuenca presenta meandros con piedras y pastos a lo largo de su recorrido, este resultado es de gran importancia porque influye en el resultado al momento de modelar una inundación.

CUADRO N°2.35: Parámetros morfológicos de la cuenca Amojú.

| Descripción de la corriente | Mínimo | Normal | Máximo |
|--|--------|--------|--------|
| A Cauces naturales | | | |
| A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m) | | | |
| A.1.1 Cursos en planicies | | | |
| - Limpios, rectos, sin fallas ni pozos | 0,025 | 0,030 | 0,033 |
| - Rectos con algunas piedras y pastos | 0,030 | 0,035 | 0,040 |
| - Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos | 0,033 | 0,040 | 0,045 |
| - Meandros con algunas piedras y pastos | 0,035 | 0,045 | 0,050 |
| - Meandros con muchas piedras | 0,045 | 0,050 | 0,060 |
| - Tramos sucios, con pastos y pozos profundos | 0,050 | 0,070 | 0,080 |
| - Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral | 0,075 | 0,100 | 0,150 |
| A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida | | | |
| - Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| - Cauce de cantos rodados, con grandes rocas | 0,040 | 0,050 | 0,070 |
| A.2 Cursos en planicies inundadas | | | |
| A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos | | | |
| - Pasto corto | 0,025 | 0,030 | 0,035 |
| - Pasto alto | 0,030 | 0,035 | 0,050 |
| A.2.2 Zonas cultivadas | | | |
| - Sin cultivo | 0,020 | 0,030 | 0,030 |
| - Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica | 0,025 | 0,035 | 0,045 |
| - Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| A.2.3 Zonas arbustivas | | | |
| - Escasos arbustos y pasto abundante | 0,035 | 0,050 | 0,070 |
| - Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal) | 0,035 | 0,050 | 0,060 |
| - Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa) | 0,040 | 0,060 | 0,080 |
| - Arbustos medianos a densos durante la parada invernal | 0,045 | 0,070 | 0,110 |
| - Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa | 0,070 | 0,100 | 0,160 |
| A.2.4 Zonas arbóreas | | | |
| - Sauces densos, temporada invernal | 0,110 | 0,150 | 0,200 |
| - Terreno claro con ramas sin brotes | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| - Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes | 0,050 | 0,060 | 0,080 |
| - Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas | 0,080 | 0,100 | 0,120 |
| - Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas | 0,100 | 0,120 | 0,160 |
| A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m) | | | |
| En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor, | | | |
| - Sección regular sin rocas ni arbustos | 0,025 | | 0,060 |
| - Sección irregular y rugosa | 0,035 | | 0,100 |

Fuente: hidrojing.

10. ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

Para este caso se procedió a determinar los caudales máximos de la cuenca del Amojú en el programa HEC-HMS 4.4.1 para obtener el hidrograma de la cuenca. (VER CUADRO N°255) Una vez obtenidos estos datos (coeficiente de Manning, caudales máximos, hidrogramas, etc.), Además también de datos morfométricos de la cuenca como área de la cuenca, longitud del río principal, pendiente.

En cuatro pasos se pudo determinar la secuencia de modelación en el programa Hec-HMS 4.4.1:

Primero se ingresó los datos de la cuenca como lo es el llamado tiempo de retardo. (VER CUADRO N°2.35)

Luego se ingresaron al programa HEC-HMS 4.4.1 los datos del hietograma es decir los datos de precipitación en función del tiempo que ya fueron determinados de diseño, con ayuda de la herramienta time-series. data manager).

Como tercer paso se estableció el modelo meteorológico con ayuda del comando Meteorologic model manager.

Especificar el formato de salida de resultados en este caso tenemos el hidrograma de la cuenca, donde tenemos un gráfico de caudal vs tiempo.

11. GENERACIÓN DE MAPA DE INUNDACIÓN

Importamos al programa HEC-RAS 5.0.1 el archivo DEM generado en el programa ArcGis.

Generamos la grilla colocando las condiciones de aguas arriba y aguas abajo, llamadas las condiciones de borde. Tamaño de la grilla en este caso se consideró de 10 metros.

Luego se definirá los valores de las condiciones como la pendiente en el comando flow data.

Para representar la inundación se utilizó la herramienta flow Hydrograph, donde colocaremos los datos de caudales máximos obtenidos en el programa HEC-HMS 4.4.1.

Ingresamos los valores de las fechas de la duración con el comando Unsteady flow analysis.

También tenemos que ingresar un valor de intervalo de computación para que el programa pueda leer la simulación esto ya va a depender de cuánto tiempo sea necesario para que en un intervalo de tiempo de computación no se desborde el agua en un intervalo de tiempo determinado.

12. ELABORACIÓN DEL INFORME

3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DIMENSIÓN | INDICADOR | INSTRUMENTO | ÍNDICE |
|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| Archivos DEM | Modelo de elevación digital | Elevación | ArcGis | m |
| | | Curvas de nivel | Global Mapper | Gbl |
| Hidráulica | Programa HEC-RAS 5.0.1 | Caudal Máximo | HEC-HMS 4.4.1 | m ³ /s |
| | | Precipitación | SENAMHI | mm |
| Hidrología | Estudio hidrológico | Caudal Máximo | | m ³ /s |
| | | Precipitación | SENAMHI | mm |
| | | Tiempo de retorno | SENAMHI | años |
| Cartografía | programa ArcGis | Mapas cartográficos | Archivos DEM | GBL |
| Diseño | programa ArcGis | Mapa de inundación | ArcGis | Gbl |

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para determinar las características hidrológicas e hidráulicas de una cuenca se necesita mucho de recolección de datos mediante diferentes métodos de los cuales algunos de ellos se han visto reemplazados por la tecnología actual de la digitalización global, tal es el caso de la topografía típica para determinar las curvas de nivel y por ende conocer físicamente un terreno (en este caso la cuenca Amojú) y consecuentemente poder realizar un estudio hidrológico. Ahora para poder determinar y conocer los parámetros se usa los modelos de elevación digital que nos brindan los programas ArcGis y Global Mapper los cuales tienen la opción del espaciamiento que tendrán cada curva de nivel mientras más corto sea el espaciamiento mejor precisión tendrán las curvas de nivel extraídas, es decir que mientras el espaciamiento sea de 2 metros habrá una mejor precisión pero el programa demorará más en poder procesar las curvas, y en caso de poner un espaciamiento de 50 metros el proceso de las curvas será más rápido. Para el presente estudio se buscó la mejor precisión con las curvas de nivel es decir se consideró en un inicio un espaciamiento de 2 metros, pero revisando las curvas de nivel resultó que las curvas con un espaciamiento muy corto se intersectan entre sí y eso ocasiona errores más adelante, es por eso que consideramos al final un espaciamiento de 20 metros con el cual no hay intersecciones y tienen una buena precisión.

Para obtener las precipitaciones de la cuenca se tomaron datos oficiales descargados de manera gratuita de la página oficial del SENAMHI, estos archivos tienen algunas celdas vacías que no poseen registro de lluvias para eso se procedió a realizar una iteración para

calcular esos datos faltantes y así poder realizar los cálculos hidrológicos de la cuenca del Amojú.

Teniendo en cuenta no realizar técnicas antiéticas que pueden afectar la confiabilidad de los resultados de los puntos antes mencionados los resultados obtenidos al momento de modelar serán confiables es por eso que se debe tener en cuenta las consideraciones del caso hasta llegar a la modelación.

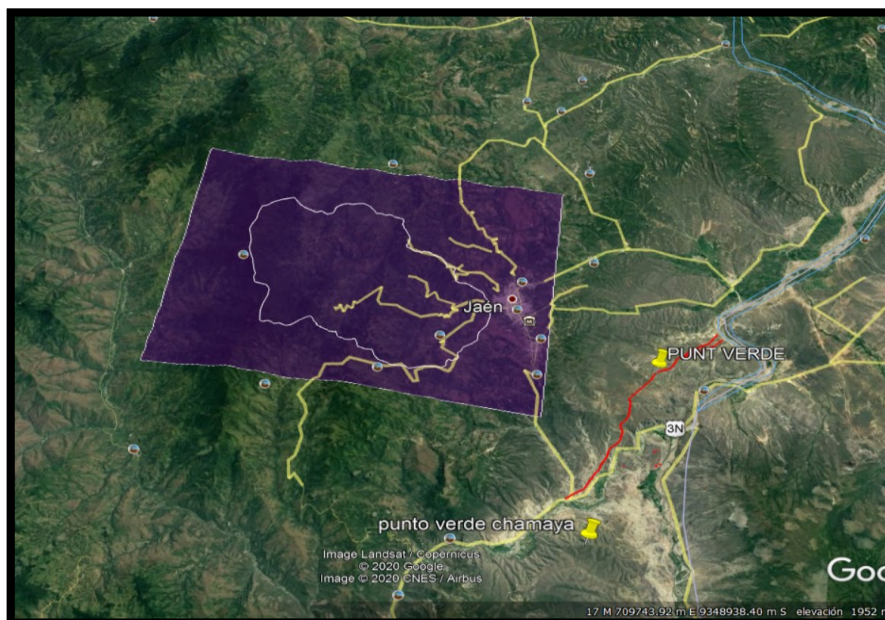
Una vez en la modelación se debe seguir estrictamente los pasos para que el programa pueda correr la modelación de lo contrario el software no procesará los datos y la modelación no será de la manera esperada.

IV. RESULTADO Y DISCUSIONES

RESULTADOS

Para definir las características geomorfológicas de la cuenca del río Amojú ha sido necesario determinar y delimitar la cuenca a través del cauce principal de esta misma, es por eso que se determinó el área a intervenir mediante el programa Google Earth como se muestra a continuación:

GRÁFICOS N°3.26: Ubicación de la zona de estudio, para ellos se realizó una poligonal de color violeta en el programa Google earth.



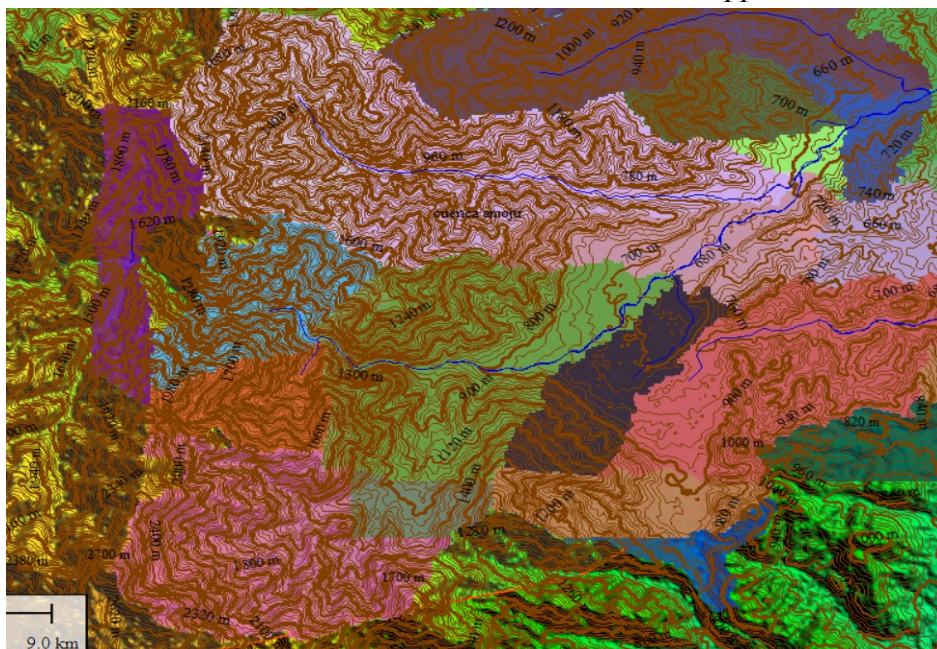
Fuente: Elaboración propia.

Para así obtener los archivos DEM que son Modelos de elevación digital generados por tomas satelitales, es por estos archivos que se puede tener una visualización de forma digital de las elevaciones y curvas de nivel de la cuenca del río Amojú. Teniendo como base de datos los

satélites que nos proporcionan información real de la topografía del terreno se presentó el caso de interferencias del clima como son las nubes cargadas, que son un obstáculo para que el satélite pueda captar la toma satelital. Para el presente estudio se pudo observar zonas fuera de la cuenca donde las poli-líneas de las curvas de la cuenca fueron interrumpidas debido a que el satélite no pudo captar bien la toma. Si ese hubiera sido nuestro caso, hoy en día se pueden descargar imágenes satelitales de diferentes satélites escogiendo así la imagen de nuestra conveniencia.

Es así que buscando imágenes más actualizadas en el transcurso de este estudio se logró encontrar imágenes satelitales del mes de mayo del 2020 mediante el programa Global Mapper las cuales son de gran ayuda para nuestro estudio de la cuenca.

GRÁFICOS N°3.31: Creación de curvas de nivel en Global Mapper.

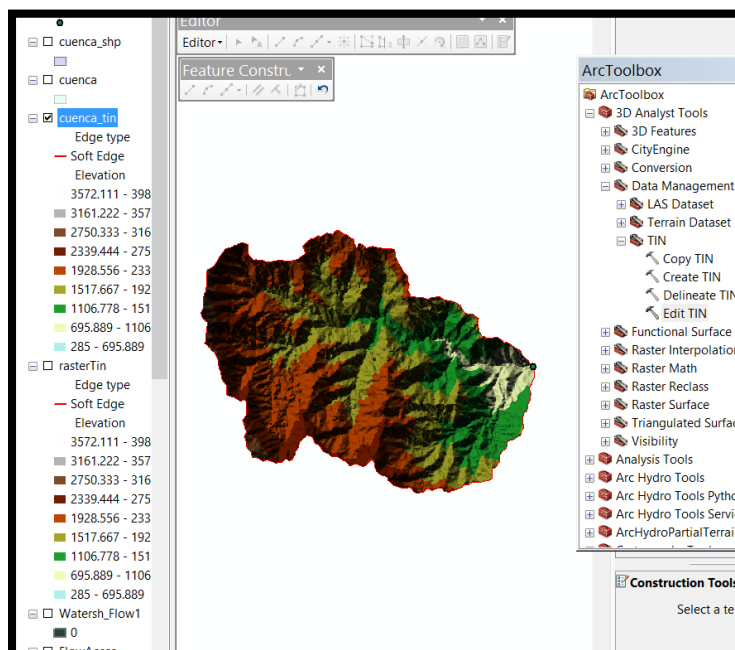


Fuente: Elaboración propia.

El programa ArcGis10.5 o ArcMap nos ayuda también a realizar el estudio hidrológico calculando las subcuencas tributarias mayores discriminando así las subcuencas pequeñas ya que no considera necesario el cálculo de esas pequeñas cuencas lo cual lo pude comprobar haciendo mi delimitación de la cuenca en civil3D en donde pude obtener más afluentes de los que el programa me arroja como resultado. Investigando así el programa ya compensa esas pequeñas subcuencas de las que obvia al momento de calcularlo.

El programa ArcGis10.5 o ArcMap ha sido la herramienta necesaria para crear el archivo TIN que nos sirve para ingresar los datos geomorfológicos a al programa HEC – RAS.

GRÁFICOS N°3.42: Creación de archivo TIN.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°2.35: Creación de archivo TIN.

| PARÁMETROS MORFOLÓGICOS CUENCA AMOJÚ | | |
|--|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | UND | VALOR |
| DE LA SUPERFICIE | | |
| Área | km ² | 150.51 |
| Perímetro de la cuenca | km | 56.64 |
| COTAS | | |
| Cota máxima | msnm | 3151.66 |
| Cota mínima | msnm | 771.63 |
| CENTROIDE(PSC: WGS 1984 UTM ZONE 18S) | | |
| X centroide | m | 732798.9501 |
| Y centroide | m | 9368184.486 |
| Z centroide | msnm | 2095.6258 |
| DE LA RED HÍDRICA | | |
| Longitud del curso principal | km | 11.44 |
| Orden de la Red Hídrica | UND | 3.00 |
| Pendiente Promedio de la Red Hídrica | % | 1.81 |
| PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA AMOJÚ | | |
| Tiempo de concentración | horas | 1.26 |
| pendiente del cauce principal | m/km | 0.06 |

Fuente: Elaboración propia.

-Se obtuvieron los caudales de diseño para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, mediante un análisis hidrológico en la cuenca del río Amojú aplicando el HEC-HMS 4.4.1. con el fin de obtener el caudal máximo para la simulación. Para obtener los caudales de diseño se procedió al uso del software Hec-Hms 4.4.1 con ayuda de los datos de precipitaciones que nos brinda el SENAMHI podemos ingresar esos valores, ademases se requiere de la topografía del terreno que ya se encuentra en un formato de elevaciones llamado DEM el cual permite al programa determinar los flujos de corriente de aguas hacia un punto determinado. Los resultados de estos caudales presentados en el hidrograma de la cuenca para el periodo de retorno de 500 años se pueden apreciar en el **(GRÁFICO N 3.57)** que nos arroja el resultado del hidrograma en el software Hec-Hms 4.4.1 teniendo como caudal máximo un valor de 210 m³/s dichos valores de caudales serán llevados al programa Hec-Ras para el modelamiento de inundación de la cuenca del Amojú- Jaén.

-Se verificaron los caudales en la simulación del programa HEC-RAS 5.0.1 obteniendo como resultado el caudal de 210 m³/s.

-Para realizar el estudio hidráulico se efectuó el modelamiento hidráulico del río Amojú, a través de la aplicación HEC-RAS 5.0.1 para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años según el **(GRÁFICO N 3.77)** nos da como resultado que las partes norte y sur de la ciudad son las menos afectadas y que la inundación abarca 500 m. a la redonda desde el eje del cauce del río Amojú, llegando a inundar así en la parte alta oeste las calles San Martín, Simón Bolívar, Diego Palomino, Sánchez Carrión, Túpac Amaru, Luna Pizarro, Francisco Orellana, Prol. Lambayeque, San Luis. Y en la parte baja este las calles Mariano Melgar, Roberto Segura, Pedro Vergara, pje. San José, pje. Federico Villa Real, Iquitos, Tulipanes, Las Begonias.

Los locales municipales y estatales que están dentro de la zona de inundación y que están expuestos al peligro son los siguiente: Campo ferial “El Limón”, Mercado Municipal Roberto Segura, Parque Héroes del Cenepa, Ministerio Público Sede Jaén, Plaza de armas de Jaén, Municipalidad Provincial de Jaén, Comisaria PNP – Jaén, Cárcel de Jaén “San Rafael”, Mini Complejo “San Camilo”, Dirección de Salud de Jaén DISA, Coliseo Cerrado señor de Huamantanga. Colegio San Luis Gonzaga. Mercado Central de Jaén, Hospital General de Jaén, Vivero Municipal de Jaén.

Entre los locales más populares y concurrentes de la zona que se encuentran dentro del área de la inundación son: El recreo “La Hacienda”, Recreo “Don Pancho”, Clínica San Juan, Restaurant “Lactobact”, Restaurant “La Cabaña”, Banco de Crédito del Perú, Banco Continental del Perú, Banco Scotiabank, Caja Trujillo, Caja Piura, Supermercado El Centro, Grifo “Santa María”, Grifo “ESSEJ”, Grifo “RB”, Grifo “Ecopetrol”.

En el modelamiento hidráulico mediante el programa HEC-RAS, además, se logró observar que la inundación crítica se da para el periodo de retorno de 500 años ya que abarca una longitud trasversal de inundación mayor a las demás, así como también un mayor caudal que se puede apreciar en la **(GRÁFICO N°3.77)**

-La elaboración del mapa de inundación de la ciudad de Jaén, aplicando el Sistema de Información de la cartografía Geográfica ARCGIS, además, aplicando el modelo matemático HEC-RAS 5.0.1. Determinando la inundación crítica se realizó el diseño de un mapa de inundación con ayuda del programa ArcGis y HEC - RAS que nos brinda esa herramienta, este plano de inundación nos permite tomar decisiones frente a futuras catástrofes naturales por causas del cambio climático global y así poder reducir los daños que esto pueda ocasionar si no se tienen datos físicos para la toma de decisiones.

DISCUSIONES

El modelamiento en el programa HEC-RAS 5.0.1 y HEC-HMS 4.4.1 es un avance tecnológico muy favorable para quienes realizan trabajos de hidrología e hidráulica pero como hemos venido detallando aquí, son diversos programas o softwares comprometidos para lograr el resultado final del modelamiento por ejemplo: para determinar los Archivos DEM se debe recurrir a utilizar el software llamado Global Mapper o ArcGis los dos programas nos arrojan resultados iguales porque trabajan con el mismo satélite se debería incluir una extensión al software HEC-RAS 5.0.1 para que realice esos mismos procedimientos de determinar los archivos DEM sin salir del programa. Así también sucede con el caso del programa HEC-HMS 4.4.1 que nos da los hidrogramas de la cuenca, se debería incluir esa extensión o herramienta en el programa HEC-RAS 5.0.1 que es el que al final de todo nos da los resultados finales. Es por ello que estos detalles hacen que los programas HEC – RAS Y HEC – HMS no sean uno de los mejores programas para la simulación debido a que reiterando lo dicho líneas atrás, los programas no deberían ser dependientes de otros programas.

Actualmente con la globalización del mundo y los avances de la tecnología, han hecho posible la creación de nuevos programas con mejores herramientas y mayor accesibilidad en donde el ingreso la visualización de resultados son más reales a comparación del programa HEC – RAS. Es decir que los programas actuales realizar la simulación en 3D, en cambio el programa HEC – RAS lo hace en 2D.

Estoy convencido que la naturaleza es impredecible y siempre nos sorprende con los desastres naturales que vemos constantemente a nivel nacional e internacional esto debido a diferentes factores uno de ellos es el cambio climático por causas del calentamiento global o debido a un silencio de actividad de un río seco que recientemente se ven en actividad por causas de precipitaciones nunca antes vistas cuyos resultados finales son pérdidas de personas y pérdidas económicas que se pueden prevenir haciendo estudios de los cauces y cuencas. En este caso revisando libros de hidrología e hidráulica llegué a la conclusión que se debería complementar a todos los estudios de hidrología e hidráulica un caudal de desborde estándar máximo que es una idea personal de aumentar en un 50% el caudal máximo encontrado en el hidrograma para inundaciones en ciudades donde las pérdidas humanas pueden ser considerables.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó las características geomorfológicas de la cuenca del río Amojú, teniendo así los datos hidrológicos de la cuenca para el estudio del proyecto.
- Se determinó el caudal de diseño para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, siendo el periodo de retorno más crítico de 500 años arrojando un valor de caudal de 210 m³/s mediante un análisis hidrológico en la cuenca del río Amojú aplicando el programa HEC-HMS 4.4.1.
- Se verificaron técnicamente mediante el programa HEC-RAS 5.0.1 los caudales y velocidades de todo el tramo del río Amojú, ya que el programa tiene todos estos valores ya procesados.
- Se realizó un modelamiento hidráulico del río Amojú, a través de la aplicación HEC-RAS 5.0.1 para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años. Es por ello que para obtener resultados más favorables y que estén acorde a una eventual catástrofe de la naturaleza se consideró el periodo de retorno de 500 años, obteniendo así el modelamiento hidráulico de inundación del río Amojú y acertando con la hipótesis de una eventual inundación por el desborde del río Amojú.
- Se realizó la elaboración del diseño del mapa de inundación de la ciudad de Jaén, aplicando el modelo matemático HEC-RAS 5.0.1, con el fin de apreciar con mejores detalles los resultados de la inundación de la cuenca del río Amojú.

VI. RECOMENDACIONES

- Es necesario trabajar el programa ArcGis en la carpeta del escritorio y crear una carpeta de archivos para no tener problemas en el cálculo final ya que por motivos de que se crear demasiados archivos de trabajo estos pueden confundirse en otras carpetas y pueden traer confusiones y de paso los resultados de los valores serán erróneos o el programa simplemente no responderá al cálculo apareciendo un aviso de “error”.
- En caso las imágenes satelitales DEM que nos brinda la NASA no están disponibles podemos buscar información en las cartas nacionales o exportar las curvas de nivel desde Global Mapper, teniendo en cuenta que debemos transformarlos en archivos RASTER para poder trabajar en el ArcGis10.5.
- Tener el conocimiento adecuado de como exportar los archivos de precipitación que nos brinda SENAMHI porque nos dan valores donde debemos ordenarlos en una hoja Excel y poder interpretarlos hasta llegar a calcular las curvas IDF.

-Las imágenes satelitales o archivos DEM como los denominan son una información nueva muy valiosa y muy enriquecedora al momento de realizar proyectos de este tipo para el reconocimiento de la morfología de una cuenca. Por lo que utilizar este medio nos permite tener un modelo más detallado y con valores que se asemejan a la realidad del terreno del área de estudio.

-Para la ubicación del punto de aforo se debe considerar hasta antes de la zona de la inundación en estudio, en este caso hemos considerado el punto de aforo en el sector el parral-Jaén.

-Este método de delimitación de una cuenca es muy efectivo teniendo como mayor ventaja que puedes cambiar valores y volver a calcular en solo segundos, lo que haciendo un cálculo manual nos tomaría horas.

-El software ArcGis es un programa muy completo solo para el estudio hidrológico y no el estudio hidráulico lo cual lo hace un programa muy competente si logra realizar la modelación hidráulica desde su plataforma.

-El software HEC-RAS 5.0.1 está realizando actualizaciones muy constantes y a un futuro este software realizará todos los procesos desde su plataforma sin la necesidad de ir a otros programas como el HEC-HMS 4.4.1 por lo que a mi apreciación el HEC - RAS es un programa que tiene futuro en el mundo de la ingeniería en general.

-Se recomienda el uso de programas más actuales en donde el modelamiento sea más real en comparación al modelamiento que nos brinda el programa HEC-RAS, es por ello que es importante buscar siempre la innovación para seguir enriqueciendo los estudios de las cuencas a nivel mundial.

Se recomienda a las autoridades competentes continuar con los proyectos de defensa ribereña en la parta alta y baja de la ciudad de Jaén con el fin de evitar la socavación y erosión de los meandros del río Amojú ya que actualmente solo existen estas estructuras en el casco urbano de la ciudad de Jaén.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Kuroiwa, Reducción de Desastres, Lima: Querecor Word Perú, 2002.
- [2] j. Polo Corro y C. medina Tafur, «Calidad biológica del agua del río Amojú, Jaén, Cajamarca. 2013,» 2015. [En línea]. Available: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1328/1295>. [Último acceso: 14 05 2019].
- [3] N. J. Samamé Peralta y H. J. Saldaña Bustamante , «INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE LA POBLACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AMOJÚ DEL DISTRITO DE JAÉN-CAJAMARCA,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1296/BC-TES-TMP-129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 14 05 2019].
- [4] Instituto Nacional de Defensa Civil, «Reporte de situación N° 405 - Inundación afecta distrito de Jaén, provincia de Jaén - Cajamarca,» 19 05 2014. [En línea]. Available: <https://reliefweb.int/report/peru/report-de-situaci-n-n-405-inundaci-n-afecta-distrito-de-jaen-provincia-de-jaen>. [Último acceso: 14 05 2019].
- [5] INDECI, «programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén,» 11 2015. [En línea]. Available: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_cajamarca/jaen/jaen.pdf. [Último acceso: 15 05 2019].
- [6] Municipalidad Provincial de La Mar - San Miguel, «Informe de evaluación del riesgo por inundación fluvial en ambas márgenes del río Huarmayo entre las localidades de Ninabamba del distrito de San Miguel, Provincia La Mar - Ayacucho,» 01 2018. [En línea]. Available: http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//4486_informe-de-evaluacion-del-riesgo-por-inundacion-fluvial-en-ambas-margenes-del-rio-huarmamayo-entre-las-localidades-de-ninabamba-y-accobamba-del-distri.pdf. [Último acceso: 15 05 2019].
- [7] E. P. M. Delgado, «Evaluación del nivel de riesgo de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén,» 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/510/T%20627.4%20M741%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 15 05 2019].
- [8] M. A. Villalobos Granadino y M. E. Lozada Silva, «Análisis y diseño para la construcción de la construcción de la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén región Cajamarca.,» 2017.

- [9] L. S. Tafur Vargas, «Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Gebil, a la margen izquierda, en el caserío de Tocuya, distrito de Omia, Rodríguez de Mendoza, Amazonas, 2015,» 2015.
- [1 0] B. E. Omena Monte y D. Duda Costa, «Modelamiento hidrológico e hidráulico aplicado al mapeo de áreas inundables.,» 2015.
- [1 1] T. G. Tiradentes Decina y J. L. Boccia Brandão, «Análisis de desempeño de medidas estructurales y no estructurales de control de inundaciones en una cuenca urbana.,» 2015.
- [1 2] A. F. Marín Muñoz y J. F. Barros Martínez, «Modelación de tránsito de crecientes en el río Aburrá - Medellín para una propuesta de su restauración.,» 2016.
- [1 3] Ministerio de transportes y comunicaciones., «Manual de Hidrología, Hidráulicay Drenaje,» 03 01 2012. [En línea]. Available: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf.
- [1 4] US Army Corps of Engineers, «USACE,» 2016. [En línea]. Available: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Users_Manual_4.2.pdf.
- [1 5] J. Sánchez San román, «USAL,» 2015. [En línea]. Available: <http://hidrologia.usal.es/Complementos/Hec-hms-4.pdf>.
- [1 6] C. K. GUARNIZ MUÑOZ, «COMPARACIÓN DE LOS MODELOS HIDRÁULICOS (HEC-RAS) Y BIDIMENSIONAL (IBER) EN EL ANÁLISIS DE ROTURA EN PRESAS DE MATERIALES SUELTOS; Y APLICACIÓN A LA PRESA PALO REDONDO,» 2014.
- [1 7] INEI, «Censo de población y Vivienda 2007,» 2007.
- [1 8] J. Gallardo, Interviewee, *¿Cuanto avanza el Perú en carreteras desde 1990 al 2016?.* [Entrevista]. 14 Julio 2016.
- [1 9] ANDINA, «Desborde del rio amojú deja 5 familias afectadas en Cajamarca,» *Andina*, p. 1, 26 01 2015.
- [2 0] J. Z. Chagua Cierto, «Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS Y HEC-RAS,» 12 2018. [En línea]. Available: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13180>. [Último acceso: 16 05 2019].
- [2 1] M. Villón Bejar, Hidrología, Lima, Lima: Villón, 2002.

- [2 F. J. Aparicio Mijares, Fundamentos de la Hidrología de superficie, México: Limusa, 2010.
2]
- [2 G. Monsalve Saenz, Hidrología en la ingeniería, Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería,
3] 1999.
- [2 R. Chávez Díaz, Hidrología para ingenieros, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú,
4] 1994.
- [2 INDECI, «Manual básico para la estimación del riesgo,» 2006. [En línea]. Available:
5] http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf. [Último acceso:
21 05 2019].
- [2 Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación., «Inundaciones Fluviales,» 2005. [En
6] línea]. Available: <https://web-geofisica.ineter.gob.ni/proyectos/metalarn/inundaciones.pdf>. [Último acceso: 21 05 2019].
- [2 M. Villón Bejar, HEC - RAS EJEMPLOS, LIMA: Villón, 2011.
7]
- [2 T. Ochoa Rubio, Hidráulica de ríos y procesos morfológicos, Bogotá: Ecoe, 2011.
8]
- [2 J. J. López, M. Gonzales, A. Scaini, M. Goñi, J. Valdenero y F. Gimena, Caracterización del
9] modelo HEC-HMS en la cuenca de río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas
significativas, Pamplona, Navarra, 2012.

ANEXOS

VIII. ACTIVIDADES Y PREVISIÓN DE RECURSOS

1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| DESCRIPCIÓN | PORCENTAJE DE AVANCE |
|---|---------------------------|
| RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN | 70 % CONCLUIDO |
| Recolección de información básica y necesaria de estudios relacionados a la cuenca del Rio AMOJÚ. | |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE MÉTODOS Y MODELOS MATEMÁTICOS. | |
| Revisión de los modelos matemáticos de simulación hidráulica, Revisión de métodos numéricos para mecánica de fluidos. | |
| Recopilación de información de la cuenca AMOJÚ: datos topográficos, batimétricos, hidrológicos y meteorológicos y los tipos de software para el modelamiento. | |
| Revisar la matriz de rigidez | |
| OBTENCIÓN DE DATOS TOPOGRÁFICOS (DEM) | |
| Obtención de archivos DEM mediante el uso de Global Mapper y Google Earth. | |
| Obtención de imágenes satelitales mediante el uso de archivos DEM proporcionados por la NASA. | |
| INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DE PRECIPITACIÓN | |
| Completamiento de datos faltantes de precipitación máxima en 24 horas de la zona de estudio. | |
| Distribución de probabilidades pluviométricas mediante el método de Gumbel. | |
| Cálculo de precipitación máxima para tiempos de duración. | |
| Cálculo de la intensidad de lluvia para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años. | |
| Obtención de los coeficientes de la ecuación de intensidad aplicando regresión lineal. | |
| Representación gráfica de las curvas IDF a partir de los valores obtenidos del procesamiento de los datos anteriores. | |
| CONVERSIÓN EN ARCHIVO DEM A RASTER | |
| Obtención de datos satelitales del área de la cuenca mediante cartas nacionales. | |
| Importar el archivo obtenido de la carta nacional al ArcMap10.5 | |
| Convertir a un formato TIN a un formato RASTER | |
| DELIMITACION DE CUENCA Y SUBCUENCAS EN ARCGIS | |
| Importar los ríos de la cuenca AMOJÚ al programa ArcMap10.5. | |
| Acumulación y dirección de las precipitaciones en el programa ArcMap | |
| DELIMITACION DE CUENCA Y SUBCUENCAS EN ARCGIS de ArcGis para obtener la delimitación de la cuenca | |
| Delimitación de la cuenca en el programa ArcMap10.5. | |
| ANALISIS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS | |
| Determinación de la cuenca y subcuenca mediante ArcMap10.5. | |
| MODELAMIENTO DE LA RED HIDRICA Y PRINCIPALES AFLUENTES | |

| | |
|---|--|
| Etiquetar a los ríos afluentes de la cuenca | |
| ANALISIS DE LOS PARAMETROS METEREOLOGICOS E INTERPRETACION DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA | |
| Revisión de los gráficos obtenidos. | |
| ELABORACION DE INFORME | |
| Elaboración del informe al 70% | |
| Revisión por el asesor. | |

| | |
|---|------|
| Elaboración del modelo Hidrológico | 73% |
| Configuración del modelo hidrológico | 75% |
| Modelación meteorológica asociado a los registros de estaciones pluviométricas con la subcuenca que corresponda. | 77% |
| Calibración del modelo hidrológico | 78% |
| Comparación de caudales máximos observados | 79% |
| Elaboración del modelo hidráulico | 80% |
| Configuración topográfica de la zona correspondiente al estudio. | 81% |
| Modelación meteorológica asociado a los registros de estaciones pluviométricas con la subcuenca que corresponda. | 82% |
| Calibración del modelo hidrológico | 83% |
| Comparación de caudales máximos observados | 84% |
| Elaboración del modelo hidráulico | 85% |
| Configuración topográfica de la zona correspondiente al estudio. | 86% |
| Digitalización geométrica de tramos del río mediante la extensión Hec- GeoRas | 87% |
| Creación de secciones transversales del río cada 50m a través de la extensión del Hec-GeoRas. | 88% |
| Importación de la geometría creada desde la extensión del ArcGis (Hec-GeoRas) | 89% |
| Input del coeficiente de rugosidad de Manning: | 90% |
| Elaboración del modelamiento hidráulico del río de la cuenca AMOJÚ. | 91% |
| Generación del mapa de inundación | 92% |
| Importación de archivo generado por el SIG ARCGIS . | 93% |
| Generación de grilla a través de la función de Ras Mapping-LayerSetup. | 94% |
| Generación del TIN de la zona de inundación . | 95% |
| Obtención del mapa de inundación a través de la función RAS Mapping – Inundation Mapping – Floodplain Delineation Using Rasters . | 96% |
| FASE FINAL | 97% |
| ELABORACIÓN DE PLANOS | 98% |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 99% |
| Presentación y sustentación final de tesis | |
| Presentación y sustentación final de tesis | 100% |

Fuente: Elaboración propia.

2. PRESUPUESTO

| CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | C.UNITARIA | PARCIAL | TOTAL |
|--------------------------------|--|--------|----------|------------|---------|----------------------|
| 0.01 | RECURSOS HUMANOS | | | | | |
| | Personal de apoyo de apoyo en las visitas a campo | Dia | 15 | 35 | 525 | 525 |
| 5.3.11.30 | MATERIALES | | | | | |
| | papel Bond A4-80 g | Millar | 2 | 22 | 44 | 634 |
| | utiles de escritorio | Glb | 1 | 200 | 200 | |
| | Libros y manuales relacionados con el tema de tesis | Glb | 1 | 150 | 150 | |
| | Memoria USB de 16 GB | und | 1 | 40 | 40 | |
| | discos CD, DVD | und | 20 | 2 | 40 | |
| | Tinta para impresiones menores | Glb | 4 | 40 | 160 | |
| 5.3.11.51 | ALQUILER DE EQUIPOS Y/O ADQUISICION DE EQUIPOS MENORES | | | | | |
| | Laptop portatil | Und | 1 | 2500 | 2500 | 3350 |
| | Impresora multifuncional | Und | 1 | 500 | 500 | |
| | camara digital | Und | 1 | 350 | 350 | |
| 5.3.11.39 | SERVICIOS DE TERCEROS | | | | | |
| | Ploteos de planos | Und | 100 | 4 | 400 | 5528 |
| | Anillados | Und | 12 | 4 | 48 | |
| | Fotocopias | Und | 1000 | 0.1 | 100 | |
| | Empastados | Und | 4 | 25 | 100 | |
| | servicios de celular RPM | Mes | 8 | 50 | 400 | |
| | Servicios de Internet | Mes | 8 | 30 | 240 | |
| | Estudios topograficos | Und | 1 | 3000 | 3000 | |
| | Estudios de suelos | Glb | 1 | 1000 | 1000 | |
| | Energia eletrica | Mes | 8 | 30 | 240 | |
| 5.3.11.20 | VIATICOS Y ASIGNACIONES | | | | | |
| | Movilidad local | Dia | 20 | 10 | 200 | 1750 |
| | Movilidad fuera de la zona (viajes) | Glb | 6 | 50 | 300 | |
| | Alojamiento en la zona | Dia | 15 | 30 | 450 | |
| | Alimentacion en la zona | Dia | 20 | 15 | 300 | |
| | Alojamiento fuera de la zona | Dia | 10 | 25 | 250 | |
| | Alimentacion fuera de la zona | Dia | 25 | 10 | 250 | |
| COSTO TOTAL DE LA TESIS | | | | | | S/. 11,787.00 |

Fuente: Elaboración propia.

3. FINANCIAMIENTO

3.1. RECURSOS PROPIOS

| RECURSOS PROPIOS | | | | | | |
|------------------|--|--------|----------|-----------|---------|---------------------|
| CODIGO | MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | C.UNTARIO | PARCIAL | TOTAL |
| 5.3.11.30 | MATERIALES | | | | | |
| | Utiles de escritorio | Gb | 1 | 200 | 200 | 550 |
| | Libros y manuales relacionados con el tema de tesis | Gb | 1 | 150 | 150 | |
| | memoria USB de 16 Gb | Und | 1 | 40 | 40 | |
| | Tinta para impresiones menores | Gb | 4 | 40 | 160 | |
| 5.3.11.51 | ALQUILER DE EQUIPOS Y/O ADQUISICION DE EQUIPOS MENORES | | | | | |
| | Laptop portatil | Und | 1 | 2500 | 2500 | 3350 |
| | Impresora multifuncional | Und | 1 | 500 | 500 | |
| | Camara digital | Und | 1 | 350 | 350 | |
| 5.3.11.39 | SERVICIOS DE TERCEROS | | | | | |
| | Servicios de celular RPM | Mes | 8 | 50 | 400 | 880 |
| | Servicios de Internet | Mes | 8 | 30 | 240 | |
| | Energia electrica | MES | 8 | 30 | 240 | |
| 5.3.11.20 | VIATICOS Y ASIGNACIONES | | | | | |
| | Movilidad local | Dia | 20 | 10 | 200 | 500 |
| | Alimentacion en la zona | Dia | 20 | 15 | 300 | |
| TOTAL | | | | | | S/. 5,280.00 |

| RECURSOS DISPONIBLES POR LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL DE LA USAT | | | | | | |
|---|-----------------------|--------|----------|-----------|---------|---------------------|
| CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | C.UNTARIO | PARCIAL | TOTAL |
| 5.3.11.39 | servicios de terceros | | | | | |
| | Estudios de suelos | Glb | 1 | 1000 | 1000 | 1000 |
| TOTAL | | | | | | S/. 1,000.00 |

Fuente: Elaboración propia.

3.2. RECURSOS NO DISPONIBLES

| RECURSOS NO DISPONIBLES :AUTOFINANCIAMIENTO | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------|----------|-----------|---------|--------------|
| CODIGO | MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | C.UNTARIO | PARCIAL | TOTAL |
| 0.01 | RECURSOS HUMANOS | | | | | |
| | personal de apoyo para vista a campo | Dia | 15 | 35 | 525 | 525 |
| 5.3.11.30 | MATERIALES | | | | | |
| | papel Bond A4-80 g | Millar | 2 | 22 | 44 | 84 |
| | Discos CD,DVD | Glb | 20 | 2 | 40 | |
| 5.3.11.39 | SERVICIOS DE TERCEROS | | | | | |
| | Ploteos de planos | Und | 100 | 4 | 400 | 3648 |
| | Anillados | Und | 12 | 4 | 48 | |
| | Fotocopias | Und | 1000 | 0.1 | 100 | |
| | Estudios topograficos | Und | 1 | 3000 | 3000 | |
| | Empastados | Und | 4 | 25 | 100 | |
| 5.3.11.20 | VIATICOS Y ASIGNACIONES | | | | | |
| | Movilidad fuera de la zona (viajes) | Glb | 6 | 50 | 300 | S/. 1,250.00 |
| | Alojamiento fuera de la zona | Dia | 10 | 25 | 250 | |
| | Alimentacion fuera de la zona | Dia | 25 | 10 | 250 | |
| | Alojamiento en la zona | Dia | 15 | 30 | 450 | |
| TOTAL | | | | | | S/. 5,507.00 |

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 01: DOCUMENTOS

DOCUMENTO N° 1.1: Autorización de acceso a información y permiso para los estudios.



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
JAEN – PERU**
SUB GERENCIA DE DESARROLLO URBANO RURAL Y CATASTRO



CONSTANCIA N° 002-2019-MPJ/GDUAT/SGDURC/ARQ.MCL

CONSTANCIA

LA SUB GERENCIA DE DESARROLLO URBANO RURAL Y CATASTRO - DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN;

Que, se le otorga el permiso al Sr. PERCY OMAR VILALLOBOS GRANADINO, estudiante del décimo ciclo de la carrera profesional de Ingeniería civil de la Universidad particular "Santo Toribio de Mogrovejo", para que realice estudios topográficos en el cauce del río Amaju, con el fin de realizar el proyecto de "Estudio de inundabilidad por efectos del desborde del Río Amaju en la ciudad de Jaén, aplicando los modelos matemáticos Hec-Ras y Hec-Hms, en el distrito de Jaén, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca".

Debiendo coordinar y solicitar las autorizaciones con los propietarios con los predios que se ubican a lo largo de la quebrada Amaju.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Jaén, 16 de mayo 2019.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE JAÉN
Arg. Manuel C. Custodio López
SUB GERENCIA DE DESARROLLO URBANO RURAL Y CATASTRO

DOCUMENTO N° 1.2: Compromiso notarial



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

DECLARACIÓN JURADA

Yo; **Percy Omar Villalobos Granadino** de nacionalidad peruana, identificado con documento de identidad; **47707984** estudiante de la carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo perteneciente a Chiclayo – Lambayeque.

DECLARO BAJO JURAMENTO:

Que el presente proyecto de tesis a desarrollar con nombre de “ESTUDIO DE INUNDACIÓN POR EFECTOS DEL DESBORDE DEL RÍO AMOJÚ, APLICANDO LOS MODELOS MATEMÁTICOS HEC-RAS Y HEC-HMS EN LA CIUDAD DE JAÉN, DISTRITO DE JAÉN PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.”, no ha sido ni viene realizándose por ninguna persona o institución, aceptando las sanciones que tiene la Universidad por lo cual se firma el presente documento en señal de veracidad.

LA PRESENTE CERTIFICACIÓN NO PREJUDICA LA LEGALIDAD DEL CONTENIDO DEL DOCUMENTO, SOLAMENTE SE CERTIFICA LA FIRMA, CONFORME ALLO NORMADO EN EL ARTICULO 108° DE LA LEY DEL NOTARIADO, DECRETO LEGISLATIVO 1049.


Percy Omar Villalobos Granadino

DNI: 47707984

CERTIFICO: Que la firma que antecede
corresponde (a) Percy Omar
Villalobos Granadino
DNI 47707984

identificado (a) con _____
Chiclayo, 29 MAY 2019




D^{CA} WELTI ISABEL ALVARADO QUIJANO
NOTARIO - ABOGADO
C.N.L. N° 11



ANEXO N° 02: CUADROS

CUADRO N°2.1: Ubicación geográfica distrital de la provincia de Jaén.

| DISTRITOS | COORDENADAS | | RANGO ALTITUDINAL | | CATEGORÍA |
|-------------------|-------------|----------------|-------------------|--------|-----------|
| | LATITUD SUR | LONGITUD OESTE | m.m.s.m. | REGIÓN | |
| Jaén | 05°42'15" | 78°48'29" | 729 | Selva | Ciudad |
| Bellavista | 05°39'39" | 78°40'30" | 421 | Selva | Pueblo |
| Chontali | 05°43'40" | 78°59'28" | 1500 | Selva | Pueblo |
| Colasay | 05°58'31" | 79°03'58" | 1775 | Selva | Pueblo |
| Huabal | 05°36'28" | 78°53'46" | 1785 | Selva | Pueblo |
| Las Pirias | 05°37'27" | 78°51'00" | 1625 | Selva | Pueblo |
| Pomahuaca | 05°55'45" | 79°13'30" | 1075 | Selva | Pueblo |
| Pucará | 06°02'08" | 79°07'32" | 303 | Selva | Pueblo |
| Sallique | 05°39'14" | 79°17'47" | 1675 | Sierra | Pueblo |
| San Felipe | 05°46'12" | 79°18'45" | 1850 | Sierra | Pueblo |
| San José del Alto | 05°23'13" | 79°03'30" | 1500 | Selva | Pueblo |
| Santa Rosa | 05°21'30" | 78°40'15" | 500 | Selva | Villa |

Fuente: Compendio Estadístico 2001- 2002 Cajamarca, Instituto Nacional de Estadística E Informática.

CUADRO N°2.2: Población por residencia distritos de Jaén.

| Dpto. Prov. Distrito | Población Censada | POB. Área de residencia | | | |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|---------------|-------------|-------------|
| | | ABS. | | (%) | |
| | | Urbana | Rural | Urbana | Rural |
| JAÉN | 183,634 | 91,910 | 91,724 | 50.1 | 49.9 |
| Jaén | 86,021 | 71,565 | 14,456 | 83.2 | 16.8 |
| Bellavista | 15,571 | 6,532 | 9,039 | 41.9 | 58.1 |
| Chontali | 10,118 | 1,401 | 8,717 | 13.8 | 86.2 |
| Colasay | 11,432 | 1,639 | 9,793 | 14.3 | 85.7 |
| Huabal | 7,732 | 732 | 7,000 | 9.5 | 90.5 |
| Las Pirias | 4,344 | 778 | 3,566 | 17.9 | 82.1 |
| Pomahuaca | 8,763 | 1,573 | 7,190 | 18.0 | 82.0 |
| Pucará | 7,110 | 3,396 | 3,714 | 47.8 | 52.2 |
| Sallique | 7,798 | 894 | 6,904 | 11.5 | 88.5 |
| San Felipe | 5,664 | 382 | 5,282 | 6.7 | 93.3 |
| San José Del Alto | 6,936 | 531 | 6,405 | 7.7 | 92.3 |
| Santa Rosa | 12,145 | 2,487 | 9,658 | 20.5 | 79.5 |

Fuente: INEI Censo PV 2007

CUADRO N°2.3: Índice IDH de los niños de Jaén.

| Ubigeo | N° en mapa | Provincia distrito | IDH | Ranking |
|-------------------------|------------|--------------------|--------|---------|
| 60800 | | Jaén (provincia) | 0.5883 | 72 |
| 60801 | 1 | Jaén (distrito) | 0.6200 | 305 |
| 60802 | 2 | Bellavista | 0.5848 | 666 |
| 60803 | 3 | Chontali | 0.5561 | 1158 |
| 60804 | 4 | Colasay | 0.5584 | 1114 |
| 60805 | 5 | Huabal | 0.5442 | 1359 |
| 60806 | 6 | Las Pirias | 0.5418 | 1387 |
| 60807 | 7 | Pomahuaca | 0.5431 | 1372 |
| 60808 | 8 | Pucará | 0.5871 | 663 |
| 60809 | 9 | Sallique | 0.5310 | 1550 |
| 60810 | 10 | San Felipe | 0.5449 | 1349 |
| 60811 | 11 | San José Del Alto | 0.5589 | 1098 |
| 60812 | 12 | Santa Rosa | 0.5660 | 972 |
| Fuente: INEI Censo 2007 | | | | |

Fuente: INEI Censo PV 2007

CUADRO N°2.4: Analfabetismo por distritos

| TASA DE ANALFABETISMO SEGÚN DISTRITO | | |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Provincia de Jaén: 2007 | | |
| Prov./distrito | Censo | |
| | 1993 | 2207 |
| Jaén (provincia) | 21.1 | 11.8 |
| Jaén (distrito) | 15.1 | 7.5 |
| Bellavista | 17.3 | 11.0 |
| Chontali | 29.1 | 16.6 |
| Colasay | 30.4 | 15.0 |
| Huabal | 28.9 | 18.8 |
| Las Pirias | 29.3 | 20.4 |
| Pomahuaca | 30.6 | 20.7 |
| Pucará | 17.9 | 12.4 |
| Sallique | 38.1 | 26.3 |
| San Felipe | 25.7 | 18.8 |
| San José del Alto | 22.9 | 14.4 |
| Santa Rosa | 20.4 | 12.9 |
| Cajamarca | 27.2 | 17.1 |

Fuente: Oficina de Estadística e informática SRS Jaén.

CUADRO N°2.5: Población con acceso a agua potable

| Población con acceso a agua potable | | |
|--|-------------|-------------|
| Provincia de Jaén: 1993 – 2007 (Porcentaje) | | |
| Prov./distrito | Censo | |
| | 1993 | 2007 |
| Jaén (provincia) | 40.1 | 50.0 |
| Jaén (distrito) | 64.5 | 77.0 |
| Bellavista | 31.8 | 68.5 |
| Chontali | 13.0 | 20.9 |
| Colasay | 24.2 | 21.6 |
| Huabal | 14.0 | 10.3 |
| Las Pirias | 21.7 | 58.1 |
| Pomahuaca | 22.4 | 3.2 |
| Pucará | 61.5 | 8.9 |
| Sallique | 15.2 | 6.2 |
| San Felipe | 21.5 | 2.8 |
| San José del Alto | 14.6 | 2.0 |
| Santa Rosa | 19.8 | 29.7 |
| Cajamarca | 26.4 | 57.9 |

Fuente: INEI - Censos Nacionales 1993 y 2007.

CUADRO N°2.6: Saneamiento-Indicadores sociales.

| % de la Población | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------|----------|---------------------------|-------------|---------------------|-------------------------------|---------|--------|
| N° | DISTRITOS | Rural | Sin Agua | sin servicio de higiénico | sin Desagüe | sin Electrificación | Desnutrición niños 6 + 9 años | Quintil | IDH |
| 0 | Jaén | | | | | | | | 0.5883 |
| 1 | Bellavista | 58 | 31 | 75 | 13 | 65 | 25 | 2 | 0.6200 |
| 2 | Chontali | 86 | 79 | 87 | 25 | 70 | 30 | 1 | 0.5848 |
| 3 | Colasay | 86 | 79 | 86 | 26 | 74 | 32 | 1 | 0.5561 |
| 4 | Huabal | 91 | 91 | 87 | 9 | 86 | 39 | 1 | 0.5584 |
| 5 | Jaén | 17 | 24 | 26 | 7 | 20 | 11 | 2 | 0.5442 |
| 6 | Las Pirias | 82 | 44 | 83 | 11 | 72 | 32 | 1 | 0.5418 |
| 7 | Pomahuaca | 82 | 98 | 90 | 25 | 82 | 41 | 1 | 0.5431 |
| 8 | Pucara | 52 | 92 | 60 | 17 | 36 | 28 | 2 | 0.5871 |
| 9 | Sallique | 89 | 94 | 96 | 36 | 86 | 57 | 1 | 0.5310 |
| 10 | San Felipe | 93 | 96 | 93 | 62 | 75 | 34 | 1 | 0.5449 |
| 11 | San José del Alto | 92 | 98 | 92 | 34 | 91 | 35 | 1 | 0.5589 |
| 12 | Santa Rosa | 80 | 71 | 82 | 23 | 85 | 27 | 1 | 0.5660 |

Fuente: PNUD Informe IDH 2009.

CUADRO N°2.7: DPTO. CAJAMARCA: RANKING DE POBREZA TOTAL Y EXTREMA POR DISTRITOS 2007 - 2009

| Dpto./ distrito | | Ranking de pobreza distrital 1/ | Absoluta | % | Absoluta | % | Absoluta | % | Absoluta | % |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | | | 836 567 | 56,0 | ... | 24,9 | 18 153 | 71,3 | 9 689 | 38,1 |
| Jaén | Huabal | 18 | 6.444 | 80,6 | ... | 57,1 | 5.963 | 70,0 | 2.813 | 33,0 |
| Jaén | Colasay | 20 | 9.541 | 80,5 | ... | 50,6 | 8.237 | 65,4 | 3.756 | 29,8 |
| Jaén | Sallique | 28 | 6.568 | 78,1 | ... | 46,5 | 7.217 | 84,0 | 4.824 | 56,2 |
| Jaén | Las Pirias | 40 | 3.305 | 73,3 | ... | 36,4 | 2.971 | 62,0 | 1.276 | 26,7 |
| Jaén | Chontali | 48 | 7.435 | 69,5 | ... | 28,3 | 8.307 | 74,5 | 4.645 | 41,7 |
| Jaén | San Felipe | 55 | 4.059 | 66,6 | ... | 33,7 | 4.578 | 73,3 | 2.536 | 40,7 |
| Jaén | San José del Alto | 56 | 4.912 | 66,6 | ... | 26,3 | 4.913 | 64,3 | 2.089 | 27,3 |
| Jaén | Pomahuaca | 64 | 6.031 | 63,3 | ... | 31,7 | 6.537 | 67,7 | 3.239 | 33,6 |
| Jaén | Bellavista | 79 | 9.776 | 59,7 | ... | 26,9 | 7.172 | 41,8 | 2.208 | 12,9 |
| Jaén | Santa Rosa | 119 | 4.578 | 36,2 | ... | 10,5 | 8.945 | 66,8 | 4.355 | 32,6 |
| Jaén | Jaén | 125 | 29.808 | 31,8 | ... | 11,0 | 28.326 | 29,9 | 8.895 | 9,4 |
| Jaén | Pucará | 127 | 1.668 | 21,9 | ... | 6,2 | 3.529 | 45,0 | 1.312 | 16,8 |

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007.

CUADRO N°2.8: Producción de productos agrícolas.

| PRODUCTO | 1996 -1997 | 2000-2001 | 2009-2011 |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Producción (TM) | Producción (TM) | Producción (TM) |
| Arroz cáscara | 15,253.98 | 13,392.70 | 20,741.05 |
| Café | 2,601.00 | 3,591.32 | 5,160.11 |
| Maíz Amarillo duro | 1,253.00 | 697.02 | 716.25 |
| Yuca | 2,476.59 | 1,670.26 | 2,125.87 |
| Frijol grano seco | 186.12 | 123.28 | 166.27 |
| Plátano | 3,041.00 | 2,478.05 | 3,046.66 |

Fuente: Censo agrario 2009.

CUADRO N°2.9: Población en edad de trabajar y tasa de crecimiento 2007 - 2009

| Provincia | 2003 | | Censo 2007 | | Tasa de crecimiento |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|
| | Población en edad de trabajar | % total de la población | Población en edad de trabajar | % Población total | |
| Dpto. Cajamarca | 743602 | 59.0 | 937 380 | 67.5 | 1.6 |
| Prov. Jaén | 97768 | 57.4 | 122 872 | 66.9 | 1.6 |

Fuente: INEI Censo 2007.

CUADRO N°2.10: Principales Productos y Mercados.

| Producto | Mercado Nacional | Mercado Internacional |
|----------|--------------------------------|--|
| Café | Jaén, Chiclayo, Trujillo, Lima | Alemania, Estados Unidos, Bélgica, Colombia, Corea del Sur, Suecia, Canadá, Italia, Reino Unido. |
| Cacao | Jaén, Chiclayo, Trujillo, Lima | Bélgica, Colombia, Italia, Países Bajos, Estados Unidos, Suiza, Alemania, Canadá, España. |
| Arroz | Jaén, Chiclayo | |

Fuente: SUNAT.

CUADRO N°2.11: Principales locales comerciales.

| N° | RUBRO | CANTIDAD |
|----|--|----------|
| 1 | Bodegas, Bazares y Pasamanería | 750 |
| 2 | Restaurants y Snacks | 250 |
| 3 | Cabinas de Internet, locutorios y otros | 200 |
| 4 | Hoteles, Hostales y Hospedaje | 190 |
| 5 | Avícolas, Carnicerías y otras carnes | 170 |
| 6 | Recreos y Bares | 250 |
| 7 | Artículos de Primera Necesidad al x Mayor | 200 |
| 8 | Ferretería, materiales de construcción y otros | 150 |
| 9 | Grifos, Accesorios y otros combustibles | 150 |
| 10 | Farmacias y Boticas | 100 |
| 11 | Talleres de Carpintería, mecánica y otros | 100 |
| 12 | Ropa, calzado y otros | 100 |
| 13 | Consultorías y otros estudios | 81 |
| 14 | Empresa de Transportes en General | 60 |

Fuente: Licencias de Funcionamiento – Municipalidad Provincial de Jaén.

CUADRO N°2.12: Ocurrencia de desastres naturales producidos en el ámbito especial de Jaén.

| AMBITO | RÍO O QUEBRADA | FENÓMENO | FECHA DE OCURRENCIA | PÉRDIDAS | | OBRAS AFECTADAS | AFECTACIÓN |
|-------------------|--|----------------------|---|----------|-----------------|---|--|
| | | | | Vivienda | Vidas Humanas | | |
| PROVINCIA JAÉN | Quebrada Jaén Río Chamaya Quebrada Tumbillán Quebrada Shumba Río Marañón Río Chinchipe Río Huancabamba | Inundación | Marzo 1971 Marzo 1981 5 Octubre 1986 Marzo 1993 Marzo - Abril 1994 | 101 | 4 | Bocatoma del Canal Chinchipe. | 1665 personas afectadas. 1218.75 há. Afectadas de cultivo de arroz, maíz, cacao y otros. |
| | Quebrada Jaén Quebrada Lanchema | Erosión | 10 Marzo 1981 10 Noviembre 1988 1984, 1991 y 1994 | 800 | | Puente Mesones Muro Carretera. | Puente (Jaén) antiguo Puente Nuevo con alcantarillas (Jaén) Erosionó la carretera y los diferentes caseríos quedaron incomunicados, propuesta solución reforestar riberas de la quebrada. |
| | | Incendios | Marzo 1985 01 Noviembre 1985 | | | Bosques Naturales, Pastos y Cultivos. | 24 familias damnificadas, el incendio duró 05 días. 18300 há. afectadas. Afectó el ámbito con la presencia de cenizas y la visualidad no llegó a más de 2 km. (fue causado por mano del hombre) |
| | | Vientos | 08 Enero 1985 27 Febrero 1992 23 Setiembre 1993 22 Febrero 1995 Octubre 1995 02 Diciembre 1995 | 91 | | Centros Educativos, Viviendas. | Los vientos que se presentan en esta zona son fuertes y constantes, debiéndose utilizar sistemas constructivos adecuados para prevenir desastres. Arrasó con el techo de los Centros Educativos y Viviendas. |
| | | Sismos | Mayo 1928 11 Abril 1983 | | | Oleoducto | Sismos de fuerte intensidad, destruyó el 99% de las viviendas, epicentro se produjo en Pimpingos - Cutervo. Ruptura de la tubería de conducción del oleocentro, contaminó aguas del Río Chamaya Km. 4.8 carretera Chamaya - Olmos. |
| | Zánora Quebrada Tumbillán | Huaycos Derrumbes | 1971 Abril 1994 Desde su Construcción 30 Marzo 1993 10 Octubre 1993 28 Marzo 1994 | 15 | 13 | Carretera Olmos, Corral Quemado, Caserío Zámora, Carret. V. Alegre, Carretera Puente Zonanga, El Triunfo, Viviendas, Carretera a la Pirias. | Todos los años se presentan huaycos en época de lluvia causando desabastecimiento de alimentos y combustible provenientes de la costa. El caserío de Zánora se encuentra en constante peligro por la presencia de huaycos que afectan viviendas y áreas de cultivo. Destruyó carretera y áreas de cultivo. Del tramo 01 al 06 se ha construido sobre un terreno muy deleznable requiriendo su pronta modificación de la variante por la carretera antigua. Huayco de lodo y piedras afectó viviendas, cultivos de pan llevar. Carretera afectada en 7.5 km. en varios tramos. |
| | | Deforestación | | | | | Deforestación por la agricultura migratoria y por incendios forestales. |
| | Río Chunchuca y/o Huallabamba | Sequía | 1996 | | | | 12 418 há. afectadas (11 998 há. en seco y 420 há. bajo riego) Canal promedio hasta 1994 18m3 y mínimo 13 m3 y el año 1995 fue de 6m3, fuente SENIMMI, propuesta reforestación de la cuenca |
| Quebrada La Huaca | | 1984 | | | Puente La Huaca | Sus bases necesitan protección. | |

Fuente: Licencias de Funcionamiento – Municipalidad Provincial de Jaén.

CUADRO N°2.13: Porcentaje de los Sectores de producción.

| CIUDAD Y DISTRITO | SECTOR PRIMARIO | | | | SECTOR SECUNDARIO | | | | SECTOR TERCIARIO | | | | | TOTAL % |
|-------------------|--------------------|-----------------|-------|-------------|---------------------|-------------|-----------|-------------|------------------|--------------------|---------------------|-----------|-------------|---------|
| | AGRICULT. GANADER. | EXPLOTAC. MINAS | PESCA | SUB TOTAL % | INDUSTRIA MANUFACT. | ELECTR. GAS | CONSTRUC. | SUB TOTAL % | COMERCIO | TRANSP. Y COMUNIC. | ESTABLEC. FINANCIE. | SERVICIOS | SUB TOTAL % | |
| | DISTRITO DE JAÉN | 40.39 | 0.03 | 0.05 | 40.47 | 9.42 | 0.25 | 4.09 | 13.76 | 21.02 | 5.18 | 0.44 | 19.13 | |
| CIUDAD DE JAÉN | 21.67 | 0.04 | 0.06 | 21.77 | 11.67 | 0.33 | 5.30 | 17.30 | 28.41 | 6.92 | 0.62 | 24.98 | 60.93 | 100 |

Fuente: Censo Nacional 1993. IX Población y IV Vivienda.

CUADRO N°2.14: Distribución del servicio de agua en Jaén a través de la EPS Marañón y comités.

| COMITES | | COMITES | | EPS MARAÑÓN | | EPS MARAÑÓN | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|--|------------|
| CANAL PROGRESO | Maglanal 1 y 2 | CANAL CHILLIQUE | Morro Solar | PLANTA DE TRATAMIENTO | Entre el límite de: | EN PROCESO DE INTEGRACION AL SERVICIO | Palmeras |
| | Almendras 1 y 2 | | San Martín | | Jr. Huamantanga (Norte), | | La Molina |
| | Orellana | | Cruz de Chalpón | | Urb. Bancarios, Jr. Diego | | Urb. |
| | Urb. Almendra | | San Luis | | Palomino (Sur) Urb. Las | | Santa |
| | Profesores | | Cruce Montegrando | | Flores, Urb. Sante Emilia, | | Eden |
| | Pueblo Nuevo | | Nuevo Horizonte | | Urb. Santa Beatriz, Calle | | Santa |
| | Los Cedros | | Montegrando | | Jorge Chávez, Psje. Sta. | | Candelaria |
| | Pueblo Libre | | Huayacan | | Teresita, Urb. Aromas, C.E. | | San Luis |
| | Estadio Municipal | | Urb. Villanueva | | Sagrado Corazón de Jesús, | | |
| | Hostal Panamá | | Pinillos | | ISP. Víctor Andres | | |
| | P.J. Miraflores 1 | | Fila Alta | | Belaunde, Hospital General, | | |
| | P.J. Miraflores 2 y 3 | | El Limón | | Universidad Nacional de | | |
| | San José del Huito | | | | Cajamarca. | | |
| | Los Sauces | | | | | | |
| | 8 de Julio | | | | | | |
| | Portada del Sol | | | | | | |
| | San Francisco (Molmo) | | | | | | |
| | Colegio Villanueva | | | | | | |
| | Pinillos | | | | | | |

Fuente: INDECI.

CUADRO N°2.15: Equipamiento Salud.

| AMBITO | TIPO DE INFRAESTRUC. | Tipo de Sistema | CENTROS DE SALUD | | | | | | | | | Observación, Afectación Fenómeno |
|--------|-----------------------------|-------------------|---------------------|---|--------------------|---|---|-------------------|-----|---|---|----------------------------------|
| | | | Mater. de Construc. | | Estado de Conserv. | | | Servicios Básicos | | | | |
| | | | L | A | B | R | M | AG | DES | E | | |
| JAÉN | Hospital II | Público (ESSALUD) | x | | x | | | | x | x | x | |
| | Hospital General | Público (MINSA) | x | | | x | | | x | x | x | Inundaciones por lluvias |
| | Centro de Salud Morro Solar | Público (MINSA) | x | | | x | | | x | x | x | |
| | Centro de Salud Magllanal | Público (MINSA) | x | | x | | | | x | x | x | |
| | Posta Médica Fila Alta | Público (MINSA) | x | | x | | | | x | | x | |

Fuente: INDECI, noviembre 2005.

CUADRO N°2.16: Equipamiento Salud.

| DISTRITO | CENTRO EDUCATIVO | NIVEL | ESTATAL | NO ESTATAL | MATER. DE CONSTRUCC. | | ESTADO DE CONSERVACION | | | SERVICIOS BASICOS | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-------|---------|------------|----------------------|---|------------------------|---|---|-------------------|-----|---|---|
| | | | | | Edific. | | Edificación | | | AG | DES | E | |
| | | | | | L | A | B | R | M | | | | |
| JAÉN | C.E.I. N° 001 | 1 | x | | x | | | x | | | x | x | x |
| | C.E.P.M. N° 17001 | 2 | x | | x | | | x | | | x | x | x |
| | C.E. N° 17514 | 2 | x | | x | | | | x | | x | | |
| | C.E.P. N° 16002 | 2 | x | | | | | | | | | | x |
| | C.E.P. N° 16003 | 2 | x | | x | | | | | | | | x |
| | C.E.P. Caritas Felices | 2 | | x | x | | | x | | | | | x |
| | E.P.M. Hermógenes Mejía | 2 | x | | x | | | | x | | x | x | x |
| | C.E. Jaén de Bracamoros | 2,3 | x | | | x | | x | | | x | x | x |
| | C.E. Alfonso Villanueva Pinillos | 2,3 | x | | x | | | x | | | | | x |
| | C.E. Ramón Castilla N° 16001 | 2,3 | x | | x | | | | x | | x | x | x |
| | C.E. Fé y Alegría N° 22 | 2,3 | x | | | | | | | | | | x |
| | C.E. Cristo Rey N° 16006 | 2,3 | x | | | | | | | | | | x |
| | C.E. Juan De Dios I.P.S.M.N. 17507 | 2,3 | x | | x | | | x | | | x | | x |
| | C.E. Sagrado Corazón de Jesús | 3 | x | | | | | | | | x | x | x |
| | C.E.I. N° 010 | 4 | x | | x | | | x | | | | | x |
| | I.S.P. Víctor Andres Belaúnde | 5 | x | | x | | | x | | | x | x | x |
| | U.N. Cajamarca | 5 | x | | x | | | x | | | | | x |
| | U.D.Chiclayo - Filial | 5 | | x | x | | | x | | | x | x | x |
| | U.S.S. - Filial | 5 | | x | x | | | x | | | x | x | x |
| | U.N.Pedro Ruíz Gallo - Filial | 5 | x | | x | | | | x | | x | x | x |
| Universidad Alas Peruanas | 5 | | | x | x | | | x | | x | x | x | |

Fuente: INDECI, noviembre 2005.

CUADRO N°2.17: Canales que captan agua del río Amojú.

| COMISIÓN DE REGANTES | CANALES | MARGEN DE LA QUEBRADA JAÉN | |
|----------------------|---|----------------------------|---------|
| | | Izquierda | Derecha |
| Chilique-Montegrande | Chilique-Montegrande | | X |
| Jaén | Progreso, Magllanal, Linderos, Principal, Julca La Esperanza, Yanayacu El Pongo, San Antonio, Luchador | X | X |
| Santa Cruz | Capillo I, Capillo II, San Francisco N.A.Y.G. Santa Cruz, La Playa, Tororrume, San Gabriel, El Amo | X | X |
| Bellavista | Bellavista Vigo, Celis Las Plazas, Pitayas, Las Juntas | X | |

Fuente: INDECI, noviembre 2005.

CUADRO N°2.18: Ciudad de Jaén: Superficie según clasificación general de uso de suelo al año 2015.

| CLASIFICACION | | SUPERFICIE | |
|----------------------------------|--|---------------|--------------|
| | | Hás. | % |
| SUELO URBANO | APTO | 201.31 | 22.8 |
| | APTO CON RESTRICCIONES | 300.29 | 33.9 |
| | SUB TOTAL | 501.60 | 56.7 |
| SUELO URBANIZABLE | DE EXPANSION URBANA | 144.63 | 16.3 |
| | DE RESERVA URBANA | 67.62 | 7.6 |
| | SUB TOTAL | 212.25 | 24.0 |
| SUELO NO URBANIZABLE | DE PROTECCION ECOLOGICA | 17.90 | 2.0 |
| | DE TRATAMIENTO ESPECIAL POR DESLIZAMIENTO | 32.20 | 3.6 |
| | DE TRATAMIENTO RECREATIVO | 78.94 | 8.9 |
| | DE PROTECCION ECOLOGICA EN QUEBRADAS Y CANALES | 10.53 | 1.2 |
| | AREA DE QUEBRADA JAEN EN CIUDAD | 31.23 | 3.5 |
| | SUB TOTAL | 170.80 | 19.3 |
| TOTAL AREA URBANA AL 2015 | | 884.65 | 100.0 |

Fuente: INDECI.

CUADRO N°2.19: Población de la ciudad de Jaén.

| | Año | Población |
|-------------|----------------|------------------|
| JAEN | 2000 | 81,218 |
| | 2001 | 82,768 |
| | 2002 | 84,273 |
| | 2003 | 85,737 |
| | 2004 | 87,167 |
| | 2005 | 88,569 |
| | 2006 | 89,946 |
| | 2007 | 91,289 |
| | 2008 | 92,593 |
| | 2009 | 93,852 |
| | 2010 | 95,074 |
| | 2011 | 96,243 |
| | 2012 | 97,371 |
| | 2013 | 98,450 |
| | 2014 | 99,476 |
| 2015 | 100,450 | |

Fuente: INDECI.

CUADRO N°2.20: DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm).

| Año | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Máximo | |
|------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|-----------|
| 1988 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.80 | 10.90 | 6.40 | 6.70 | 51.00 | 30.50 | 115.00 | 80.00 | 115.00 | noviembre |
| 1989 | 36.10 | 37.45 | 36.81 | 41.41 | 42.31 | 25.90 | 21.04 | 21.33 | 30.74 | 44.92 | 43.42 | 40.87 | 44.92 | octubre |
| 1990 | 36.10 | 37.45 | 36.81 | 41.41 | 42.31 | 25.90 | 21.04 | 21.33 | 30.74 | 44.92 | 43.42 | 40.87 | 44.92 | octubre |
| 1991 | 36.10 | 37.45 | 36.81 | 41.41 | 42.31 | 25.90 | 21.04 | 21.33 | 30.74 | 44.92 | 43.42 | 40.87 | 44.92 | octubre |
| 1992 | 36.10 | 37.45 | 36.81 | 41.41 | 42.31 | 7.00 | 70.00 | 99.00 | 127.00 | 16.00 | 11.40 | 92.40 | 127.00 | setiembre |
| 1993 | 43.00 | 32.40 | 36.40 | 45.30 | 26.20 | 66.00 | 52.00 | 80.00 | 13.60 | 71.30 | 39.10 | 60.40 | 80.00 | agosto |
| 1994 | 22.80 | 29.40 | 26.50 | 39.40 | 49.50 | 13.60 | 8.60 | 13.50 | 32.30 | 21.80 | 70.00 | 56.90 | 70.00 | noviembre |
| 1995 | 26.80 | 21.40 | 32.20 | 13.90 | 77.40 | 23.60 | 21.70 | 4.60 | 6.30 | 50.00 | 38.50 | 43.30 | 77.40 | mayo |
| 1996 | 31.20 | 37.00 | 33.40 | 57.20 | 26.90 | 30.70 | 3.80 | 24.20 | 29.40 | 41.20 | 15.40 | 17.10 | 57.20 | abril |
| 1997 | 18.50 | 32.40 | 29.40 | 47.80 | 40.60 | 53.80 | 29.60 | 11.10 | 16.50 | 61.10 | 29.50 | 27.20 | 61.10 | octubre |
| 1998 | 49.90 | 41.10 | 32.40 | 65.30 | 82.60 | 29.80 | 10.00 | 8.90 | 23.00 | 43.10 | 42.20 | 35.90 | 82.60 | mayo |
| 1999 | 44.30 | 66.80 | 44.40 | 30.80 | 36.20 | 46.00 | 34.30 | 12.40 | 41.00 | 66.40 | 53.00 | 54.40 | 66.80 | febrero |
| 2000 | 42.00 | 59.80 | 65.80 | 41.80 | 45.00 | 40.70 | 17.30 | 15.40 | 83.20 | 13.20 | 20.70 | 19.00 | 83.20 | setiembre |
| 2001 | 39.20 | 26.80 | 25.20 | 44.90 | 32.30 | 8.70 | 13.00 | 11.00 | 67.60 | 30.80 | 110.50 | 36.00 | 110.50 | noviembre |
| 2002 | 24.30 | 43.20 | 23.20 | 36.60 | 67.00 | 13.80 | 33.70 | 30.90 | 23.80 | 52.60 | 25.80 | 23.90 | 67.00 | mayo |
| 2003 | 24.80 | 31.20 | 51.50 | 36.60 | 29.50 | 30.40 | 19.00 | 15.70 | 14.10 | 55.20 | 41.80 | 33.00 | 55.20 | octubre |
| 2004 | 72.70 | 25.30 | 27.70 | 29.10 | 49.70 | 24.50 | 12.40 | 12.20 | 28.60 | 30.30 | 45.30 | 45.60 | 72.70 | enero |
| 2005 | 19.50 | 32.50 | 47.60 | 51.60 | 25.80 | 16.60 | 10.70 | 18.30 | 30.80 | 54.00 | 73.90 | 35.40 | 73.90 | noviembre |
| 2006 | 45.00 | 47.20 | 39.00 | 33.30 | 24.50 | 25.90 | 3.30 | 8.30 | 9.70 | 41.10 | 67.60 | 50.40 | 67.60 | noviembre |
| 2007 | 17.70 | 21.90 | 31.90 | 48.50 | 49.30 | 15.80 | 28.10 | 26.00 | 26.50 | 80.50 | 53.70 | 45.90 | 80.50 | octubre |
| 2008 | 36.90 | 67.90 | 41.80 | 20.20 | 42.60 | 34.00 | 28.40 | 17.30 | 8.20 | 52.50 | 38.30 | 5.20 | 67.90 | febrero |
| 2009 | 56.10 | 26.70 | 73.60 | 43.60 | 46.80 | 19.40 | 23.80 | 33.00 | 23.30 | 87.90 | 27.20 | 42.90 | 87.90 | octubre |
| 2010 | 23.80 | 50.20 | 17.70 | 66.70 | 17.70 | 14.00 | 3.80 | 11.40 | 14.20 | 38.30 | 15.60 | 36.00 | 66.70 | abril |
| 2011 | 78.60 | 34.60 | 31.70 | 83.00 | 27.70 | 16.80 | 15.60 | 10.40 | 41.50 | 32.00 | 56.00 | 53.60 | 83.00 | abril |
| 2012 | 70.30 | 49.00 | 67.30 | 61.00 | 17.70 | 25.10 | 27.40 | 12.60 | 8.20 | 27.70 | 40.50 | 47.70 | 70.30 | enero |
| 2013 | 18.30 | 44.50 | 31.10 | 14.60 | 52.20 | 30.00 | 23.30 | 29.00 | 18.10 | 80.50 | 11.00 | 38.60 | 80.50 | octubre |
| 2014 | 25.00 | 40.10 | 36.81 | 41.41 | 90.20 | 24.60 | 8.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 90.20 | mayo |
| MAX | 78.60 | 67.90 | 73.60 | 83.00 | 90.20 | 66.00 | 70.00 | 99.00 | 127.00 | 87.90 | 115.00 | 92.40 | 127.00 | |

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N°2.21: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

| Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel | | | | |
|--|------|---------------------|--------------------|---------------|
| N° | Año | Mes Max. Precip. | Precipitación (mm) | |
| | | | x_i | $(x_i - x)^2$ |
| 1 | 1988 | 316.3 | 115.00 | 1588.28818 |
| 2 | 1989 | 422.3 | 44.92 | 913.651378 |
| 3 | 1990 | 422.3 | 44.92 | 913.651378 |
| 4 | 1991 | 422.3 | 44.92 | 913.65 |
| 5 | 1992 | 616.88 | 127.00 | 2688.77 |
| 6 | 1993 | 565.7 | 80.00 | 23.55 |
| 7 | 1994 | 384.3 | 70.00 | 26.49 |
| 8 | 1995 | 359.7 | 77.40 | 5.08 |
| 9 | 1996 | 347.5 | 57.20 | 322.08 |
| 10 | 1997 | 397.5 | 61.10 | 197.31 |
| 11 | 1998 | 464.2 | 82.60 | 55.55 |
| 12 | 1999 | 530 | 66.80 | 69.67 |
| 13 | 2000 | 463.9 | 83.20 | 64.86 |
| 14 | 2001 | 446 | 110.50 | 1249.86 |
| 15 | 2002 | 398.8 | 67.00 | 66.37 |
| 16 | 2003 | 382.8 | 55.20 | 397.87 |
| 17 | 2004 | 403.4 | 72.70 | 5.99 |
| 18 | 2005 | 416.7 | 73.90 | 1.55 |
| 19 | 2006 | 395.3 | 67.60 | 56.95 |
| 20 | 2007 | 445.8 | 80.50 | 28.66 |
| 21 | 2008 | 393.3 | 67.90 | 52.51 |
| 22 | 2009 | 504.3 | 87.90 | 162.65 |
| 23 | 2010 | 309.4 | 66.70 | 71.35 |
| 24 | 2011 | 481.5 | 83.00 | 61.67 |
| 25 | 2012 | 454.5 | 70.30 | 23.49 |
| 26 | 2013 | 391.2 | 80.50 | 28.66 |
| 27 | 2014 | 266.92 | 90.20 | 226.60 |

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N°2.22: Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

| <i>Periodo Retorno</i> | <i>Variable Reducida</i> | <i>Precip. (mm)</i> | <i>Prob. de ocurrencia</i> | <i>Corrección intervalo fijo</i> |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Años</i> | <i>YT</i> | <i>XT'(mm)</i> | <i>F(xT)</i> | <i>XT (mm)</i> |
| 2 | 0.3665 | 71.6513 | 0.5000 | 80.9659 |
| 5 | 1.4999 | 89.8083 | 0.8000 | 101.4834 |
| 10 | 2.2504 | 101.8299 | 0.9000 | 115.0678 |
| 25 | 3.1985 | 117.0191 | 0.9600 | 132.2316 |
| 50 | 3.9019 | 128.2874 | 0.9800 | 144.9647 |
| 100 | 4.6001 | 139.4724 | 0.9900 | 157.6039 |
| 500 | 6.2136 | 165.3194 | 0.9980 | 186.8109 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.23: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

| Tiempo de Duración | Cociente | Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 500 años |
| 24 hr | X24 | 80.9659 | 101.4834 | 115.0678 | 132.2316 | 144.9647 | 157.6039 | 186.8109 |
| 18 hr | X18 = 91% | 73.6790 | 92.3499 | 104.7117 | 105.7853 | 131.9179 | 143.4195 | 169.9979 |
| 12 hr | X12 = 80% | 64.7728 | 81.1867 | 92.0542 | 105.7853 | 115.9718 | 126.0831 | 149.4487 |
| 8 hr | X8 = 68% | 55.0568 | 69.0087 | 78.2461 | 89.9175 | 98.5760 | 107.1706 | 127.0314 |
| 6 hr | X6 = 61% | 49.3892 | 61.9049 | 70.1913 | 80.6613 | 88.4285 | 96.1384 | 113.9547 |
| 5 hr | X5 = 57% | 46.1506 | 57.8455 | 65.5886 | 75.3720 | 82.6299 | 89.8342 | 106.4822 |
| 4 hr | X4 = 52% | 42.1023 | 52.7714 | 59.8352 | 68.7604 | 75.3817 | 81.9540 | 97.1417 |
| 3 hr | X3 = 46% | 37.2443 | 46.6824 | 52.9312 | 60.8265 | 66.6838 | 72.4978 | 85.9330 |
| 2 hr | X2 = 39% | 31.5767 | 39.5785 | 44.8764 | 51.5703 | 56.5363 | 61.4655 | 72.8563 |
| 1 hr | X1 = 30% | 24.2898 | 30.4450 | 34.5203 | 39.6695 | 43.4894 | 47.2812 | 56.0433 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.24: Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

| Tiempo de duración | | Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno | | | | | | |
|--------------------|------|--|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Hr | min | 2 años | 5 años | 10 años | 25 años | 50 años | 100 años | 500 años |
| 24 hr | 1440 | 3.3736 | 4.2285 | 4.7945 | 5.5097 | 6.0402 | 6.5668 | 7.7838 |
| 18 hr | 1080 | 4.0933 | 5.1306 | 5.8173 | 5.8770 | 7.3288 | 7.9678 | 9.4443 |
| 12 hr | 720 | 5.3977 | 6.7656 | 7.6712 | 8.8154 | 9.6643 | 10.5069 | 12.4541 |
| 8 hr | 480 | 6.8821 | 8.6261 | 9.7808 | 11.2397 | 12.3220 | 13.3963 | 15.8789 |
| 6 hr | 360 | 8.2315 | 10.3175 | 11.6986 | 13.4435 | 14.7381 | 16.0231 | 18.9924 |
| 5 hr | 300 | 9.2301 | 11.5691 | 13.1177 | 15.0744 | 16.5260 | 17.9668 | 21.2964 |
| 4 hr | 240 | 10.5256 | 13.1928 | 14.9588 | 17.1901 | 18.8454 | 20.4885 | 24.2854 |
| 3 hr | 180 | 12.4148 | 15.5608 | 17.6437 | 20.2755 | 22.2279 | 24.1659 | 28.6443 |
| 2 hr | 120 | 15.7884 | 19.7893 | 22.4382 | 25.7852 | 28.2681 | 30.7328 | 36.4281 |
| 1 hr | 60 | 24.2898 | 30.4450 | 34.5203 | 39.6695 | 43.4894 | 47.2812 | 56.0433 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.25: Cálculo de parámetros de ajuste

| Periodo de retorno para T = 2 años | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|----------|---------|---------|-----------|----------|--|---------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 | | |
| 1 | 1440 | 3.3736 | 7.2724 | 1.2160 | 8.8431 | 52.8878 | | |
| 2 | 1080 | 4.0933 | 6.9847 | 1.4093 | 9.8439 | 48.7863 | | |
| 3 | 720 | 5.3977 | 6.5793 | 1.6860 | 11.0925 | 43.2865 | | |
| 4 | 480 | 6.8821 | 6.1738 | 1.9289 | 11.9088 | 38.1156 | | |
| 5 | 360 | 8.2315 | 5.8861 | 2.1080 | 12.4077 | 34.6462 | | |
| 6 | 300 | 9.2301 | 5.7038 | 2.2225 | 12.6765 | 32.5331 | | |
| 7 | 240 | 10.5256 | 5.4806 | 2.3538 | 12.9004 | 30.0374 | | |
| 8 | 180 | 12.4148 | 5.1930 | 2.5189 | 13.0805 | 26.9668 | | |
| 9 | 120 | 15.7884 | 4.7875 | 2.7593 | 13.2100 | 22.9201 | | |
| 10 | 60 | 24.2898 | 4.0943 | 3.1901 | 13.0612 | 16.7637 | | |
| 10 | 4980 | 100.2268 | 58.1555 | 21.3927 | 119.0245 | 346.9435 | | |
| Ln (d) = | | 5.7239 | d = | | 306.0938 | n = | | -0.6164 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.26: Cálculo de parámetros de ajuste

| Periodo de retorno para T = 5 años | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|----------|---------|---------|-----------|----------|--|---------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 | | |
| 1 | 1440 | 4.2285 | 7.2724 | 1.4418 | 10.4856 | 52.8878 | | |
| 2 | 1080 | 5.1306 | 6.9847 | 1.6352 | 11.4215 | 48.7863 | | |
| 3 | 720 | 6.7656 | 6.5793 | 1.9118 | 12.5785 | 43.2865 | | |
| 4 | 480 | 8.6261 | 6.1738 | 2.1548 | 13.3032 | 38.1156 | | |
| 5 | 360 | 10.3175 | 5.8861 | 2.3338 | 13.7372 | 34.6462 | | |
| 6 | 300 | 11.5691 | 5.7038 | 2.4483 | 13.9648 | 32.5331 | | |
| 7 | 240 | 13.1928 | 5.4806 | 2.5797 | 14.1383 | 30.0374 | | |
| 8 | 180 | 15.5608 | 5.1930 | 2.7448 | 14.2534 | 26.9668 | | |
| 9 | 120 | 19.7893 | 4.7875 | 2.9851 | 14.2913 | 22.9201 | | |
| 10 | 60 | 30.4450 | 4.0943 | 3.4159 | 13.9860 | 16.7637 | | |
| 10 | 4980 | 125.6252 | 58.1555 | 23.6514 | 132.1598 | 346.9435 | | |
| Ln (d) = | | 5.9498 | d = | | 383.6606 | n = | | -0.6164 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.27: Cálculo de parámetros de ajuste

| Periodo de retorno para T = 10 años | | | | | | |
|--|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|----------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
| 1 | 1440 | 4.7945 | 7.2724 | 1.5675 | 11.3992 | 52.8878 |
| 2 | 1080 | 5.8173 | 6.9847 | 1.7608 | 12.2990 | 48.7863 |
| 3 | 720 | 7.6712 | 6.5793 | 2.0375 | 13.4050 | 43.2865 |
| 4 | 480 | 9.7808 | 6.1738 | 2.2804 | 14.0788 | 38.1156 |
| 5 | 360 | 11.6986 | 5.8861 | 2.4595 | 14.4767 | 34.6462 |
| 6 | 300 | 13.1177 | 5.7038 | 2.5740 | 14.6813 | 32.5331 |
| 7 | 240 | 14.9588 | 5.4806 | 2.7053 | 14.8268 | 30.0374 |
| 8 | 180 | 17.6437 | 5.1930 | 2.8704 | 14.9058 | 26.9668 |
| 9 | 120 | 22.4382 | 4.7875 | 3.1108 | 14.8928 | 22.9201 |
| 10 | 60 | 34.5203 | 4.0943 | 3.5415 | 14.5003 | 16.7637 |
| 10 | 4980 | 142.4411 | 58.1555 | 24.9076 | 139.4657 | 346.9435 |
| Ln (d) = | 6.0754 | d = | 435.0166 | n = | -0.6164 | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.28: Cálculo de parámetros de ajuste

| Periodo de retorno para T = 25 años | | | | | | |
|--|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|----------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
| 1 | 1440 | 5.5097 | 7.2724 | 1.7065 | 12.4104 | 52.8878 |
| 2 | 1080 | 5.8770 | 6.9847 | 1.7710 | 12.3702 | 48.7863 |
| 3 | 720 | 8.8154 | 6.5793 | 2.1765 | 14.3198 | 43.2865 |
| 4 | 480 | 11.2397 | 6.1738 | 2.4195 | 14.9372 | 38.1156 |
| 5 | 360 | 13.4435 | 5.8861 | 2.5985 | 15.2950 | 34.6462 |
| 6 | 300 | 15.0744 | 5.7038 | 2.7130 | 15.4744 | 32.5331 |
| 7 | 240 | 17.1901 | 5.4806 | 2.8443 | 15.5888 | 30.0374 |
| 8 | 180 | 20.2755 | 5.1930 | 3.0094 | 15.6278 | 26.9668 |
| 9 | 120 | 25.7852 | 4.7875 | 3.2498 | 15.5584 | 22.9201 |
| 10 | 60 | 39.6695 | 4.0943 | 3.6806 | 15.0696 | 16.7637 |
| 10 | 4980 | 162.8800 | 58.1555 | 26.1691 | 146.6514 | 346.9435 |
| Ln (d) = | 6.3018 | d = | 545.5467 | n = | -0.6336 | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.29: Cálculo de parámetros de ajuste

| Periodo de retorno para T = 50 años | | | | | | |
|--|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|----------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
| 1 | 1440 | 6.0402 | 7.2724 | 1.7984 | 13.0789 | 52.8878 |
| 2 | 1080 | 7.3288 | 6.9847 | 1.9918 | 13.9122 | 48.7863 |
| 3 | 720 | 9.6643 | 6.5793 | 2.2684 | 14.9246 | 43.2865 |
| 4 | 480 | 12.3220 | 6.1738 | 2.5114 | 15.5048 | 38.1156 |
| 5 | 360 | 14.7381 | 5.8861 | 2.6904 | 15.8362 | 34.6462 |
| 6 | 300 | 16.5260 | 5.7038 | 2.8049 | 15.9987 | 32.5331 |
| 7 | 240 | 18.8454 | 5.4806 | 2.9363 | 16.0926 | 30.0374 |
| 8 | 180 | 22.2279 | 5.1930 | 3.1013 | 16.1052 | 26.9668 |
| 9 | 120 | 28.2681 | 4.7875 | 3.3417 | 15.9985 | 22.9201 |
| 10 | 60 | 43.4894 | 4.0943 | 3.7725 | 15.4460 | 16.7637 |
| 10 | 4980 | 179.4502 | 58.1555 | 27.2173 | 152.8978 | 346.9435 |
| Ln (d) = | 6.3064 | d = | 548.0429 | n = | -0.6164 | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.30: Cálculo de parámetros de ajuste

| <i>Periodo de retorno para T = 100 años</i> | | | | | | |
|---|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|----------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
| 1 | 1440 | 6.5668 | 7.2724 | 1.8820 | 13.6869 | 52.8878 |
| 2 | 1080 | 7.9678 | 6.9847 | 2.0754 | 14.4961 | 48.7863 |
| 3 | 720 | 10.5069 | 6.5793 | 2.3520 | 15.4746 | 43.2865 |
| 4 | 480 | 13.3963 | 6.1738 | 2.5950 | 16.0209 | 38.1156 |
| 5 | 360 | 16.0231 | 5.8861 | 2.7740 | 16.3282 | 34.6462 |
| 6 | 300 | 17.9668 | 5.7038 | 2.8885 | 16.4755 | 32.5331 |
| 7 | 240 | 20.4885 | 5.4806 | 3.0199 | 16.5508 | 30.0374 |
| 8 | 180 | 24.1659 | 5.1930 | 3.1849 | 16.5393 | 26.9668 |
| 9 | 120 | 30.7328 | 4.7875 | 3.4253 | 16.3987 | 22.9201 |
| 10 | 60 | 47.2812 | 4.0943 | 3.8561 | 15.7883 | 16.7637 |
| 10 | 4980 | 195.0961 | 58.1555 | 28.0533 | 157.7593 | 346.9435 |
| Ln (d) = | 6.3899 | d = | 595.8254 | n = | -0.6164 | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.31: Cálculo de parámetros de ajuste

| <i>Periodo de retorno para T = 500 años</i> | | | | | | |
|---|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|----------|
| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
| 1 | 1440 | 7.7838 | 7.2724 | 2.0520 | 14.9233 | 52.8878 |
| 2 | 1080 | 9.4443 | 6.9847 | 2.2454 | 15.6836 | 48.7863 |
| 3 | 720 | 12.4541 | 6.5793 | 2.5220 | 16.5932 | 43.2865 |
| 4 | 480 | 15.8789 | 6.1738 | 2.7650 | 17.0705 | 38.1156 |
| 5 | 360 | 18.9924 | 5.8861 | 2.9440 | 17.3289 | 34.6462 |
| 6 | 300 | 21.2964 | 5.7038 | 3.0585 | 17.4452 | 32.5331 |
| 7 | 240 | 24.2854 | 5.4806 | 3.1899 | 17.4826 | 30.0374 |
| 8 | 180 | 28.6443 | 5.1930 | 3.3550 | 17.4221 | 26.9668 |
| 9 | 120 | 36.4281 | 4.7875 | 3.5953 | 17.2127 | 22.9201 |
| 10 | 60 | 56.0433 | 4.0943 | 4.0261 | 16.4843 | 16.7637 |
| 10 | 4980 | 231.2512 | 58.1555 | 29.7534 | 167.6464 | 346.9435 |
| Ln (d) = | 6.5600 | d = | 706.2434 | n = | -0.6164 | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.32: Resumen de aplicación de regresión potencial.

| Periodo de Retorno (años) | Término cte. de regresión (d) | Coef. de regresión [n] |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 2 | 306.09379057554 | -0.61638608809 |
| 5 | 383.66058591676 | -0.61638608809 |
| 10 | 435.01655374221 | -0.61638608809 |
| 25 | 545.54671250734 | -0.63362500463 |
| 50 | 548.04287825541 | -0.61638608809 |
| 100 | 595.82535841181 | -0.61638608809 |
| 500 | 706.24337568557 | -0.61638608809 |
| Promedio = | 502.91846501352 | -0.61884879045 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.33: regresión potencial.

| Nº | x | y | ln x | ln y | ln x*ln y | (lnx)^2 |
|------------------------|-----|---------------------|---------|-------------------|-----------|---------|
| 1 | 2 | 306.0938 | 0.6931 | 5.7239 | 3.9675 | 0.4805 |
| 2 | 5 | 383.6606 | 1.6094 | 5.9498 | 9.5758 | 2.5903 |
| 3 | 10 | 435.0166 | 2.3026 | 6.0754 | 13.9891 | 5.3019 |
| 4 | 25 | 545.5467 | 3.2189 | 6.3018 | 20.2847 | 10.3612 |
| 5 | 50 | 548.0429 | 3.9120 | 6.3064 | 24.6706 | 15.3039 |
| 6 | 100 | 595.8254 | 4.6052 | 6.3899 | 29.4268 | 21.2076 |
| 7 | 500 | 706.2434 | 6.2146 | 6.5600 | 40.7676 | 38.6214 |
| 7 | 692 | 3520.4293 | 22.5558 | 43.3071 | 142.6820 | 93.8667 |
| Ln (K) = 5.7099 | | K = 301.8358 | | m = 0.1480 | | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.34: Tabla de intensidades - Tiempo de duración.

| Frecuencia años | Duración en minutos | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| 2 | 123.53 | 80.44 | 62.59 | 52.38 | 45.63 | 40.76 | 37.05 | 34.11 | 31.71 | 29.71 | 28.01 | 26.54 |
| 5 | 141.47 | 92.12 | 71.68 | 59.99 | 52.25 | 46.68 | 42.43 | 39.06 | 36.32 | 34.03 | 32.08 | 30.39 |
| 10 | 156.75 | 102.07 | 79.42 | 66.47 | 57.90 | 51.72 | 47.01 | 43.28 | 40.24 | 37.70 | 35.54 | 33.68 |
| 25 | 179.51 | 116.89 | 90.95 | 76.12 | 66.30 | 59.23 | 53.84 | 49.57 | 46.08 | 43.18 | 40.70 | 38.57 |
| 50 | 198.90 | 129.52 | 100.78 | 84.34 | 73.46 | 65.63 | 59.65 | 54.92 | 51.06 | 47.84 | 45.10 | 42.74 |
| 100 | 220.38 | 143.51 | 111.66 | 93.45 | 81.40 | 72.71 | 66.10 | 60.86 | 56.58 | 53.01 | 49.97 | 47.35 |
| 500 | 279.65 | 182.11 | 141.69 | 118.59 | 103.29 | 92.27 | 83.87 | 77.22 | 71.79 | 67.26 | 63.41 | 60.09 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.35: Parámetros morfológicos de la cuenca Amojú.

| PARÁMETROS MORFOMETRICOS CUENCA AMOJÚ | | |
|--|-------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | UND | VALOR |
| DE LA SUPERFICIE | | |
| Área | km2 | 150.51 |
| Perímetro de la cuenca | km | 56.64 |
| COTAS | | |
| Cota máxima | msnm | 3151.66 |
| Cota mínima | msnm | 771.63 |
| CENTROIDE(PSC: WGS 1984 UTM ZONE 18S) | | |
| X centroide | m | 732798.9501 |
| Y centroide | m | 9368184.486 |
| Z centroide | msnm | 2095.6258 |
| DE LA RED HÍDRICA | | |
| Longitud del curso principal | km | 11.44 |
| Orden de la Red Hídrica | UND | 3 |
| Pendiente Promedio de la Red Hídrica | % | 1.81 |
| PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCA AMOJÚ | | |
| Tiempo de concentración | horas | 1.26 |
| pendiente del cauce principal | m/km | 0.06 |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°2.36: Parámetros morfológicos de la cuenca Amojú.

| Descripción de la corriente | Mínimo | Normal | Máximo |
|--|--------|--------|--------|
| A Cauces naturales | | | |
| A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m) | | | |
| A.1.1 Cursos en planicies | | | |
| - Limpios, rectos, sin fallas ni pozos | 0,025 | 0,030 | 0,033 |
| - Rectos con algunas piedras y pastos | 0,030 | 0,035 | 0,040 |
| - Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos | 0,033 | 0,040 | 0,045 |
| - Meandros con algunas piedras y pastos | 0,035 | 0,045 | 0,050 |
| - Meandros con muchas piedras | 0,045 | 0,050 | 0,060 |
| - Tramos sucios, con pastos y pozos profundos | 0,050 | 0,070 | 0,080 |
| - Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral | 0,075 | 0,100 | 0,150 |
| A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida | | | |
| - Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| - Cauce de cantos rodados, con grandes rocas | 0,040 | 0,050 | 0,070 |
| A.2 Cursos en planicies inundadas | | | |
| A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos | | | |
| - Pasto corto | 0,025 | 0,030 | 0,035 |
| - Pasto alto | 0,030 | 0,035 | 0,050 |
| A.2.2 Zonas cultivadas | | | |
| - Sin cultivo | 0,020 | 0,030 | 0,030 |
| - Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica | 0,025 | 0,035 | 0,045 |
| - Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| A.2.3 Zonas arbustivas | | | |
| - Escasos arbustos y pasto abundante | 0,035 | 0,050 | 0,070 |
| - Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal) | 0,035 | 0,050 | 0,060 |
| - Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa) | 0,040 | 0,060 | 0,080 |
| - Arbustos medianos a densos durante la parada invernal | 0,045 | 0,070 | 0,110 |
| - Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa | 0,070 | 0,100 | 0,160 |
| A.2.4 Zonas arbóreas | | | |
| - Sauces densos, temporada invernal | 0,110 | 0,150 | 0,200 |
| - Terreno claro con ramas sin brotes | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| - Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes | 0,050 | 0,060 | 0,080 |
| - Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas | 0,080 | 0,100 | 0,120 |
| - Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas | 0,100 | 0,120 | 0,160 |
| A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m) | | | |
| En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor, | | | |
| - Sección regular sin rocas ni arbustos | 0,025 | | 0,060 |
| - Sección irregular y rugosa | 0,035 | | 0,100 |

Fuente: hidrojing.

CUADRO N°2.37: Valores de intensidad de precipitación.

| Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Duración (minutos) | Periodo de retorno (años) | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| 5 | 123.50 | 140.94 | 155.76 | 177.75 | 196.44 | 217.08 | 273.78 |
| 10 | 80.42 | 91.78 | 101.43 | 115.75 | 127.92 | 141.36 | 178.28 |
| 15 | 62.57 | 71.41 | 78.92 | 90.06 | 99.53 | 109.99 | 138.72 |
| 20 | 52.37 | 59.77 | 66.05 | 75.38 | 83.30 | 92.05 | 116.10 |
| 25 | 45.61 | 52.06 | 57.53 | 65.65 | 72.55 | 80.18 | 101.12 |
| 30 | 40.75 | 46.50 | 51.39 | 58.65 | 64.81 | 71.63 | 90.33 |
| 35 | 37.04 | 42.27 | 46.71 | 53.31 | 58.92 | 65.11 | 82.11 |
| 40 | 34.10 | 38.92 | 43.01 | 49.08 | 54.24 | 59.94 | 75.60 |
| 45 | 31.71 | 36.18 | 39.99 | 45.63 | 50.43 | 55.73 | 70.29 |
| 50 | 29.70 | 33.90 | 37.46 | 42.75 | 47.25 | 52.21 | 65.85 |
| 55 | 28.00 | 31.96 | 35.32 | 40.30 | 44.54 | 49.22 | 62.08 |
| 60 | 26.53 | 30.28 | 33.47 | 38.19 | 42.21 | 46.64 | 58.82 |
| 65 | 25.25 | 28.82 | 31.85 | 36.35 | 40.17 | 44.39 | 55.98 |
| 70 | 24.12 | 27.53 | 30.42 | 34.72 | 38.37 | 42.40 | 53.47 |
| 75 | 23.11 | 26.38 | 29.15 | 33.27 | 36.76 | 40.63 | 51.24 |
| 80 | 22.21 | 25.34 | 28.01 | 31.96 | 35.32 | 39.04 | 49.23 |
| 85 | 21.39 | 24.41 | 26.98 | 30.79 | 34.02 | 37.60 | 47.42 |
| 90 | 20.65 | 23.56 | 26.04 | 29.72 | 32.84 | 36.29 | 45.77 |
| 95 | 19.97 | 22.79 | 25.18 | 28.74 | 31.76 | 35.10 | 44.26 |
| 100 | 19.34 | 22.07 | 24.39 | 27.84 | 30.77 | 34.00 | 42.88 |
| 105 | 18.77 | 21.42 | 23.67 | 27.01 | 29.85 | 32.99 | 41.61 |
| 110 | 18.23 | 20.81 | 23.00 | 26.25 | 29.00 | 32.05 | 40.42 |
| 115 | 17.74 | 20.25 | 22.37 | 25.53 | 28.22 | 31.18 | 39.33 |
| 120 | 17.28 | 19.72 | 21.79 | 24.87 | 27.48 | 30.37 | 38.31 |
| 125 | 16.85 | 19.23 | 21.25 | 24.25 | 26.80 | 29.61 | 37.35 |
| 130 | 16.44 | 18.77 | 20.74 | 23.67 | 26.16 | 28.90 | 36.45 |
| 135 | 16.06 | 18.33 | 20.26 | 23.12 | 25.55 | 28.24 | 35.61 |
| 140 | 15.71 | 17.93 | 19.81 | 22.61 | 24.98 | 27.61 | 34.82 |
| 145 | 15.37 | 17.54 | 19.38 | 22.12 | 24.45 | 27.02 | 34.07 |
| 150 | 15.05 | 17.18 | 18.98 | 21.66 | 23.94 | 26.46 | 33.36 |
| 155 | 14.75 | 16.83 | 18.60 | 21.23 | 23.46 | 25.92 | 32.69 |
| 160 | 14.46 | 16.50 | 18.24 | 20.81 | 23.00 | 25.42 | 32.06 |
| 165 | 14.19 | 16.19 | 17.89 | 20.42 | 22.57 | 24.94 | 31.45 |
| 170 | 13.93 | 15.90 | 17.57 | 20.05 | 22.15 | 24.48 | 30.88 |
| 175 | 13.68 | 15.61 | 17.25 | 19.69 | 21.76 | 24.05 | 30.33 |
| 180 | 13.44 | 15.34 | 16.96 | 19.35 | 21.38 | 23.63 | 29.80 |

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N°2.38: Hietograma para periodo de retorno 50 años.

| HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 50 AÑOS | | | | | | |
|---|-------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Duración de la tormenta (h) | 3 | 180 min | | | | |
| Intesidad de lluvia (mm/h) | 21.38 | | | | | |
| Precipitación en 24 horas (mm) | 64.15 | | | | | |
| Intervalos de tiempo (min) | 5 | | | | | |
| Instante (min) | Intensidad (mm/h) | Precipitación acumulada (mm) | Precipitación (mm) | Intensidad parcial (mm/h) | Precipitación Alternada (mm) | Int. Parcial Alternada (mm) |
| 5 | 196.44 | 16.37 | 16.37 | 196.44 | 0.70 | 8.37 |
| 10 | 127.92 | 21.32 | 4.95 | 59.40 | 0.72 | 8.68 |
| 15 | 99.53 | 24.88 | 3.56 | 42.76 | 0.75 | 9.03 |
| 20 | 83.30 | 27.77 | 2.88 | 34.60 | 0.78 | 9.42 |
| 25 | 72.55 | 30.23 | 2.46 | 29.58 | 0.82 | 9.85 |
| 30 | 64.81 | 32.41 | 2.18 | 26.11 | 0.86 | 10.34 |
| 35 | 58.92 | 34.37 | 1.96 | 23.53 | 0.91 | 10.90 |
| 40 | 54.24 | 36.16 | 1.79 | 21.53 | 0.96 | 11.55 |
| 45 | 50.43 | 37.82 | 1.66 | 19.93 | 1.03 | 12.31 |
| 50 | 47.25 | 39.37 | 1.55 | 18.60 | 1.10 | 13.21 |
| 55 | 44.54 | 40.83 | 1.46 | 17.48 | 1.19 | 14.31 |
| 60 | 42.21 | 42.21 | 1.38 | 16.52 | 1.31 | 15.69 |
| 65 | 40.17 | 43.51 | 1.31 | 15.69 | 1.46 | 17.48 |
| 70 | 38.37 | 44.76 | 1.25 | 14.96 | 1.66 | 19.93 |
| 75 | 36.76 | 45.95 | 1.19 | 14.31 | 1.96 | 23.53 |
| 80 | 35.32 | 47.10 | 1.14 | 13.73 | 2.46 | 29.58 |
| 85 | 34.02 | 48.20 | 1.10 | 13.21 | 3.56 | 42.76 |
| 90 | 32.84 | 49.26 | 1.06 | 12.74 | 16.37 | 196.44 |
| 95 | 31.76 | 50.28 | 1.03 | 12.31 | 4.95 | 59.40 |
| 100 | 30.77 | 51.28 | 0.99 | 11.91 | 2.88 | 34.60 |
| 105 | 29.85 | 52.24 | 0.96 | 11.55 | 2.18 | 26.11 |
| 110 | 29.00 | 53.17 | 0.93 | 11.21 | 1.79 | 21.53 |
| 115 | 28.22 | 54.08 | 0.91 | 10.90 | 1.55 | 18.60 |
| 120 | 27.48 | 54.97 | 0.88 | 10.61 | 1.38 | 16.52 |
| 125 | 26.80 | 55.83 | 0.86 | 10.34 | 1.25 | 14.96 |
| 130 | 26.16 | 56.67 | 0.84 | 10.09 | 1.14 | 13.73 |
| 135 | 25.55 | 57.49 | 0.82 | 9.85 | 1.06 | 12.74 |
| 140 | 24.98 | 58.29 | 0.80 | 9.63 | 0.99 | 11.91 |
| 145 | 24.45 | 59.08 | 0.78 | 9.42 | 0.93 | 11.21 |
| 150 | 23.94 | 59.85 | 0.77 | 9.22 | 0.88 | 10.61 |
| 155 | 23.46 | 60.60 | 0.75 | 9.03 | 0.84 | 10.09 |
| 160 | 23.00 | 61.34 | 0.74 | 8.85 | 0.80 | 9.63 |
| 165 | 22.57 | 62.06 | 0.72 | 8.68 | 0.77 | 9.22 |
| 170 | 22.15 | 62.77 | 0.71 | 8.52 | 0.74 | 8.85 |
| 175 | 21.76 | 63.47 | 0.70 | 8.37 | 0.71 | 8.52 |
| 180 | 21.38 | 64.15 | 0.69 | 8.22 | 0.69 | 8.22 |

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N°2.39: Hietograma para periodo de retorno 100 años.

| HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 100 AÑOS | | | | | | |
|--|-------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Duración de la tormenta (h) | | 3 | | | | |
| Intensidad de lluvia (mm/h) | | 23.63 | | | | |
| Precipitación en 24 horas (mm) | | 70.90 | | | | |
| Intervalos de tiempo (min) | | 5 | | | | |
| Instante (min) | Intensidad (mm/h) | Precipitación acumulada (mm) | Precipitación (mm) | Intensidad parcial (mm/h) | Precipitación Alternada (mm) | Int. Parcial Alternada (mm) |
| 5 | 217.08 | 18.09 | 18.09 | 217.08 | 0.77 | 9.25 |
| 10 | 141.36 | 23.56 | 5.47 | 65.64 | 0.80 | 9.60 |
| 15 | 109.99 | 27.50 | 3.94 | 47.25 | 0.83 | 9.98 |
| 20 | 92.05 | 30.68 | 3.19 | 38.24 | 0.87 | 10.41 |
| 25 | 80.18 | 33.41 | 2.72 | 32.69 | 0.91 | 10.89 |
| 30 | 71.63 | 35.81 | 2.40 | 28.85 | 0.95 | 11.43 |
| 35 | 65.11 | 37.98 | 2.17 | 26.01 | 1.00 | 12.05 |
| 40 | 59.94 | 39.96 | 1.98 | 23.80 | 1.06 | 12.76 |
| 45 | 55.73 | 41.80 | 1.83 | 22.02 | 1.13 | 13.60 |
| 50 | 52.21 | 43.51 | 1.71 | 20.55 | 1.22 | 14.60 |
| 55 | 49.22 | 45.12 | 1.61 | 19.32 | 1.32 | 15.82 |
| 60 | 46.64 | 46.64 | 1.52 | 18.26 | 1.44 | 17.34 |
| 65 | 44.39 | 48.09 | 1.44 | 17.34 | 1.61 | 19.32 |
| 70 | 42.40 | 49.46 | 1.38 | 16.53 | 1.83 | 22.02 |
| 75 | 40.63 | 50.78 | 1.32 | 15.82 | 2.17 | 26.01 |
| 80 | 39.04 | 52.05 | 1.26 | 15.18 | 2.72 | 32.69 |
| 85 | 37.60 | 53.26 | 1.22 | 14.60 | 3.94 | 47.25 |
| 90 | 36.29 | 54.44 | 1.17 | 14.08 | 18.09 | 217.08 |
| 95 | 35.10 | 55.57 | 1.13 | 13.60 | 5.47 | 65.64 |
| 100 | 34.00 | 56.67 | 1.10 | 13.17 | 3.19 | 38.24 |
| 105 | 32.99 | 57.73 | 1.06 | 12.76 | 2.40 | 28.85 |
| 110 | 32.05 | 58.76 | 1.03 | 12.39 | 1.98 | 23.80 |
| 115 | 31.18 | 59.77 | 1.00 | 12.05 | 1.71 | 20.55 |
| 120 | 30.37 | 60.75 | 0.98 | 11.73 | 1.52 | 18.26 |
| 125 | 29.61 | 61.70 | 0.95 | 11.43 | 1.38 | 16.53 |
| 130 | 28.90 | 62.63 | 0.93 | 11.15 | 1.26 | 15.18 |
| 135 | 28.24 | 63.53 | 0.91 | 10.89 | 1.17 | 14.08 |
| 140 | 27.61 | 64.42 | 0.89 | 10.64 | 1.10 | 13.17 |
| 145 | 27.02 | 65.29 | 0.87 | 10.41 | 1.03 | 12.39 |
| 150 | 26.46 | 66.14 | 0.85 | 10.19 | 0.98 | 11.73 |
| 155 | 25.92 | 66.97 | 0.83 | 9.98 | 0.93 | 11.15 |
| 160 | 25.42 | 67.78 | 0.82 | 9.78 | 0.89 | 10.64 |
| 165 | 24.94 | 68.58 | 0.80 | 9.60 | 0.85 | 10.19 |
| 170 | 24.48 | 69.37 | 0.78 | 9.42 | 0.82 | 9.78 |
| 175 | 24.05 | 70.14 | 0.77 | 9.25 | 0.78 | 9.42 |
| 180 | 23.63 | 70.90 | 0.76 | 9.09 | 0.76 | 9.09 |

Fuente: Elaboración propia.

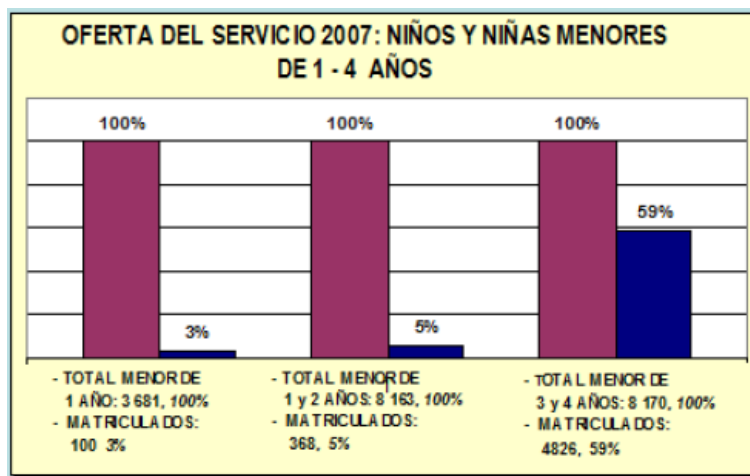
CUADRO N°2.40: Hietograma para periodo de retorno 500 años.

| HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 500 AÑOS | | | | | | |
|--|-------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Duración de la tormenta (h) | | 3 | | | | |
| Intensidad de lluvia (mm/h) | | 29.80 | | | | |
| Precipitación en 24 horas (mm) | | 89.41 | | | | |
| Intervalos de tiempo (min) | | 5 | | | | |
| Instante (min) | Intensidad (mm/h) | Precipitación acumulada (mm) | Precipitación (mm) | Intensidad parcial (mm/h) | Precipitación Alternada (mm) | Int. Parcial Alternada (mm) |
| 5 | 273.78 | 22.82 | 22.82 | 273.78 | 0.97 | 11.66 |
| 10 | 178.28 | 29.71 | 6.90 | 82.79 | 1.01 | 12.10 |
| 15 | 138.72 | 34.68 | 4.97 | 59.59 | 1.05 | 12.59 |
| 20 | 116.10 | 38.70 | 4.02 | 48.23 | 1.09 | 13.13 |
| 25 | 101.12 | 42.13 | 3.44 | 41.22 | 1.14 | 13.73 |
| 30 | 90.33 | 45.17 | 3.03 | 36.39 | 1.20 | 14.42 |
| 35 | 82.11 | 47.90 | 2.73 | 32.80 | 1.27 | 15.20 |
| 40 | 75.60 | 50.40 | 2.50 | 30.01 | 1.34 | 16.10 |
| 45 | 70.29 | 52.71 | 2.31 | 27.77 | 1.43 | 17.15 |
| 50 | 65.85 | 54.87 | 2.16 | 25.92 | 1.53 | 18.41 |
| 55 | 62.08 | 56.91 | 2.03 | 24.36 | 1.66 | 19.95 |
| 60 | 58.82 | 58.82 | 1.92 | 23.03 | 1.82 | 21.87 |
| 65 | 55.98 | 60.65 | 1.82 | 21.87 | 2.03 | 24.36 |
| 70 | 53.47 | 62.38 | 1.74 | 20.85 | 2.31 | 27.77 |
| 75 | 51.24 | 64.05 | 1.66 | 19.95 | 2.73 | 32.80 |
| 80 | 49.23 | 65.64 | 1.59 | 19.14 | 3.44 | 41.22 |
| 85 | 47.42 | 67.18 | 1.53 | 18.41 | 4.97 | 59.59 |
| 90 | 45.77 | 68.65 | 1.48 | 17.75 | 22.82 | 273.78 |
| 95 | 44.26 | 70.08 | 1.43 | 17.15 | 6.90 | 82.79 |
| 100 | 42.88 | 71.47 | 1.38 | 16.60 | 4.02 | 48.23 |
| 105 | 41.61 | 72.81 | 1.34 | 16.10 | 3.03 | 36.39 |
| 110 | 40.42 | 74.11 | 1.30 | 15.63 | 2.50 | 30.01 |
| 115 | 39.33 | 75.38 | 1.27 | 15.20 | 2.16 | 25.92 |
| 120 | 38.31 | 76.61 | 1.23 | 14.79 | 1.92 | 23.03 |
| 125 | 37.35 | 77.81 | 1.20 | 14.42 | 1.74 | 20.85 |
| 130 | 36.45 | 78.98 | 1.17 | 14.06 | 1.59 | 19.14 |
| 135 | 35.61 | 80.13 | 1.14 | 13.73 | 1.48 | 17.75 |
| 140 | 34.82 | 81.25 | 1.12 | 13.42 | 1.38 | 16.60 |
| 145 | 34.07 | 82.34 | 1.09 | 13.13 | 1.30 | 15.63 |
| 150 | 33.36 | 83.41 | 1.07 | 12.85 | 1.23 | 14.79 |
| 155 | 32.69 | 84.46 | 1.05 | 12.59 | 1.17 | 14.06 |
| 160 | 32.06 | 85.49 | 1.03 | 12.34 | 1.12 | 13.42 |
| 165 | 31.45 | 86.50 | 1.01 | 12.10 | 1.07 | 12.85 |
| 170 | 30.88 | 87.49 | 0.99 | 11.88 | 1.03 | 12.34 |
| 175 | 30.33 | 88.46 | 0.97 | 11.66 | 0.99 | 11.88 |
| 180 | 29.80 | 89.41 | 0.95 | 11.46 | 0.95 | 11.46 |

Fuente: Elaboración propia.

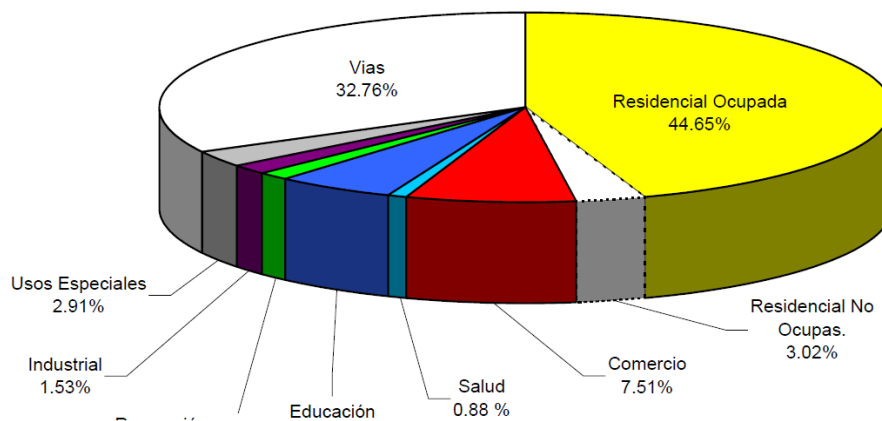
ANEXO N° 03: GRÁFICOS

GRÁFICOS N°3.1. : Escolaridad - Exclusión desde el contexto social



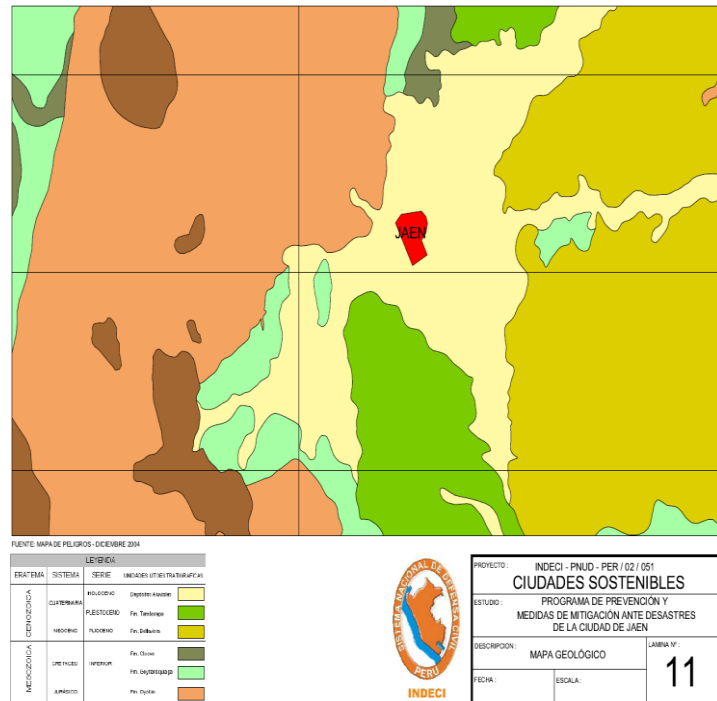
Fuente: Municipalidad Provincial De Jaén.

GRÁFICOS N°3.2. : Ciudad de Jaén-Uso de suelo año 2005.



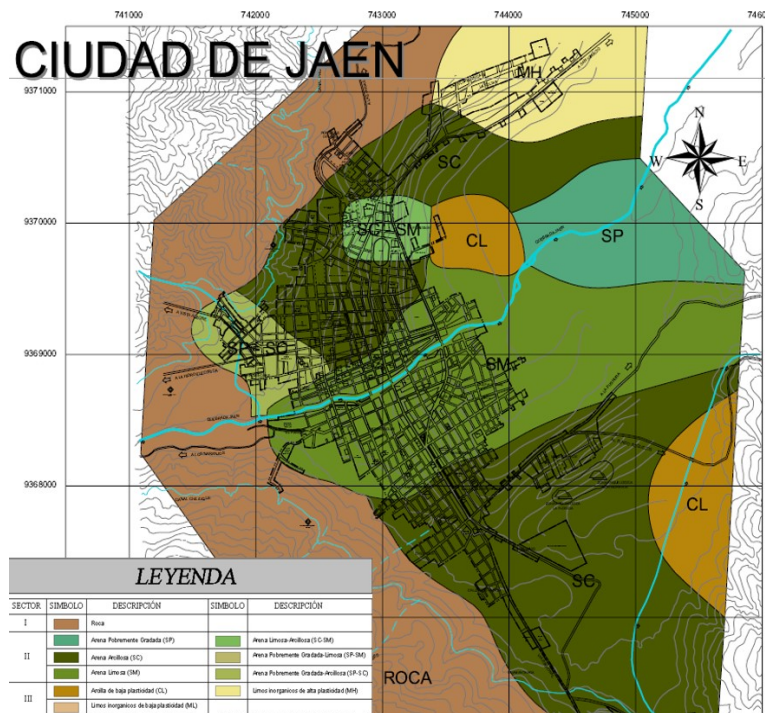
Fuente: INDECI

GRÁFICOS N°3.3. : Mapa Geológico.



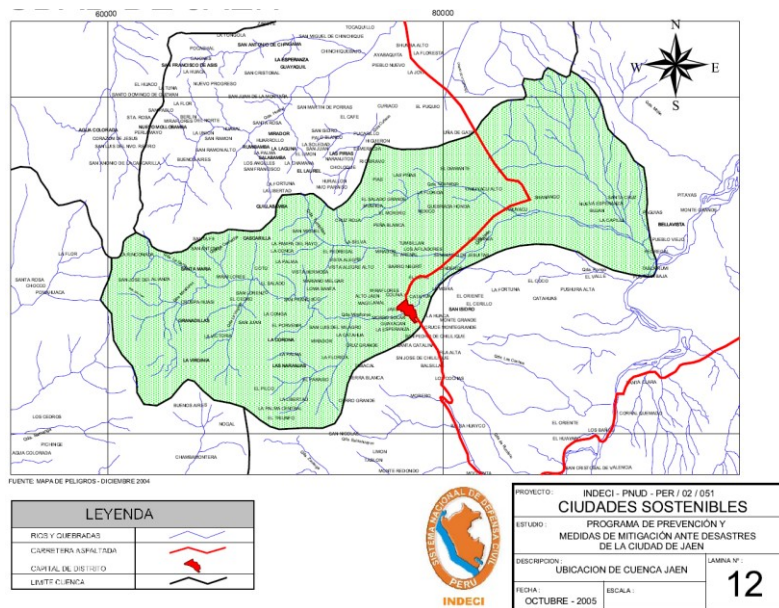
Fuente: INDECI

GRÁFICOS N°3.4. : Descripción del tipo de suelo en el ambito del proyecto.



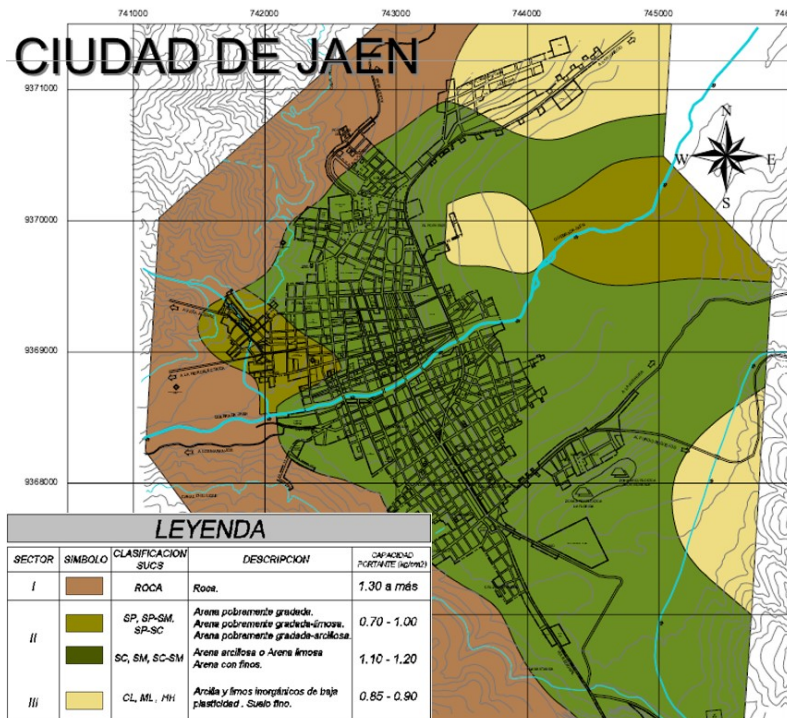
Fuente: INDECI, noviembre 2005.

GRÁFICOS N°3.5. : Mapa Geológico.



Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.6. : Mapa geotécnico.



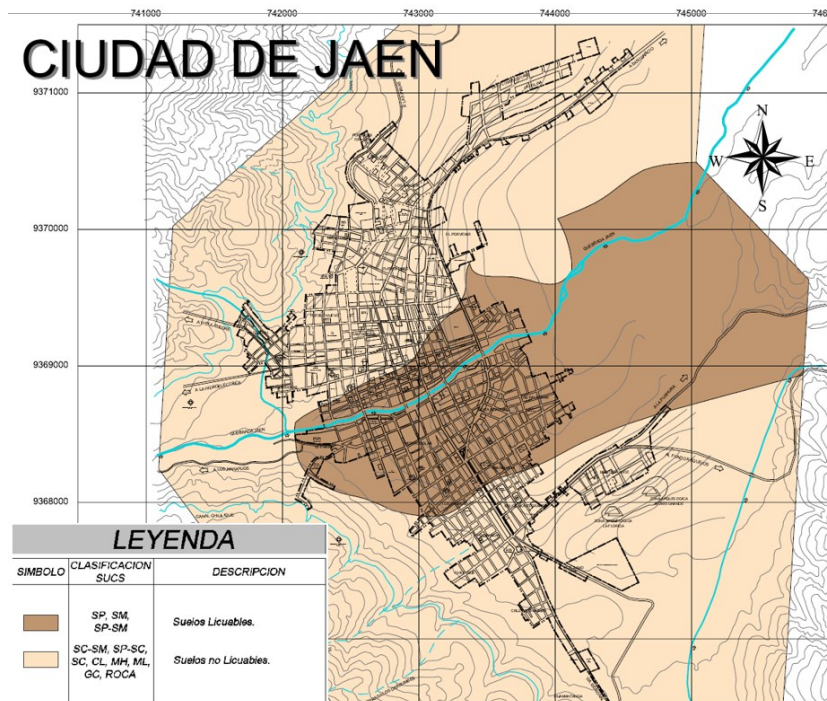
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.7. :Mapa de suelos expansivos.



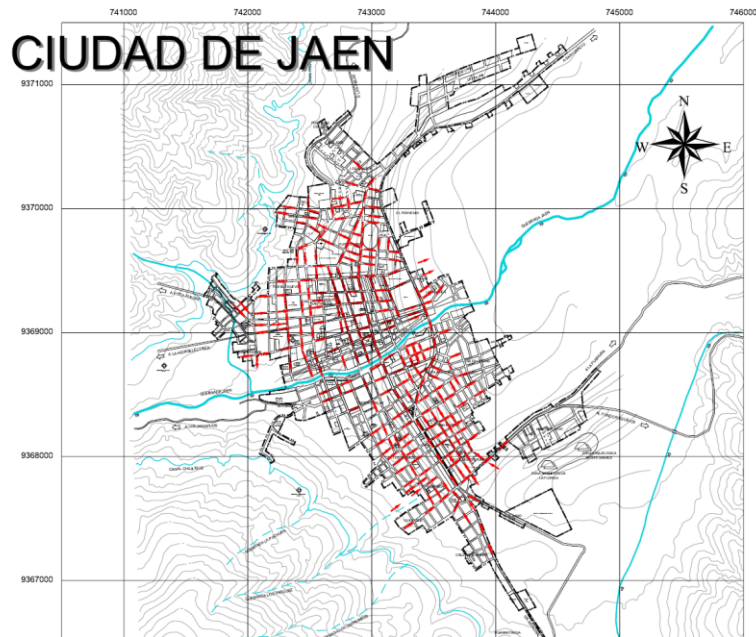
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.8. :Mapa de licuación de suelos.



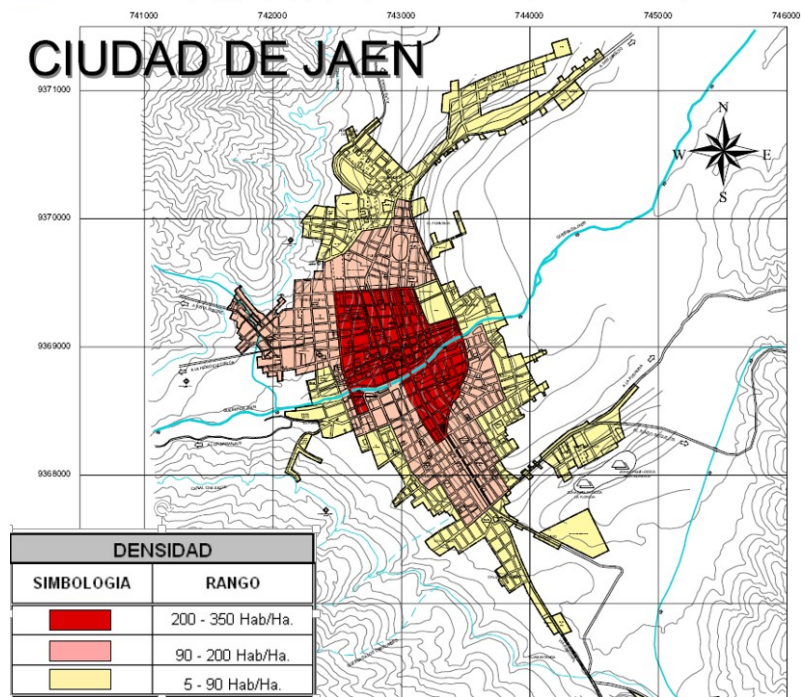
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.9. :Mapa de dirección de flujos.



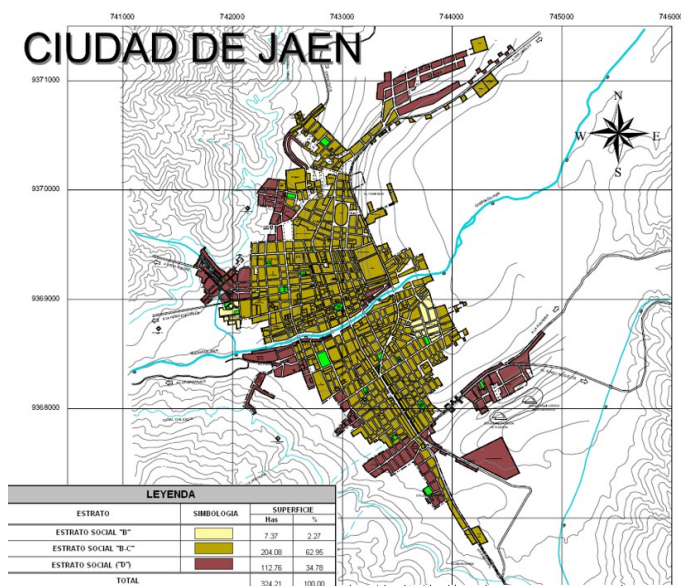
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.10. :Densidades urbanas.



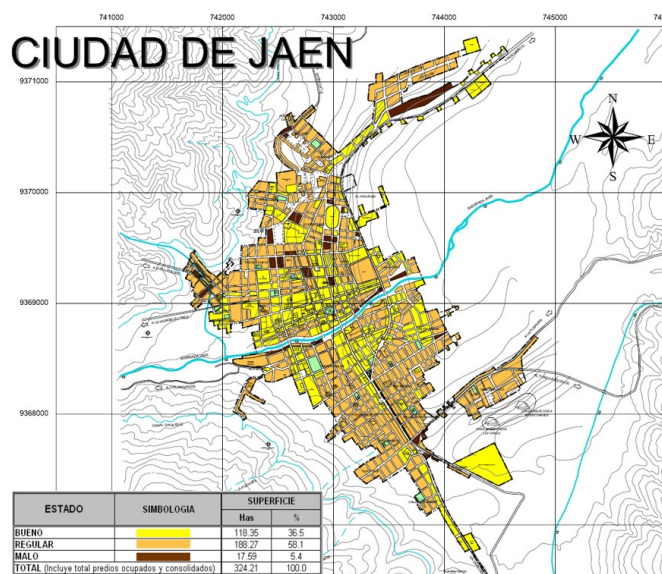
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.11. : Estratificación Social.



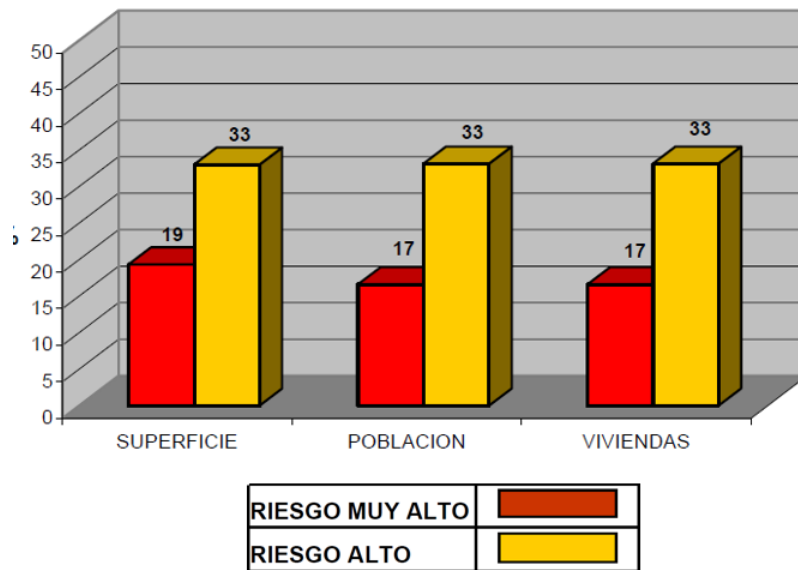
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.12. : Estado de conservación



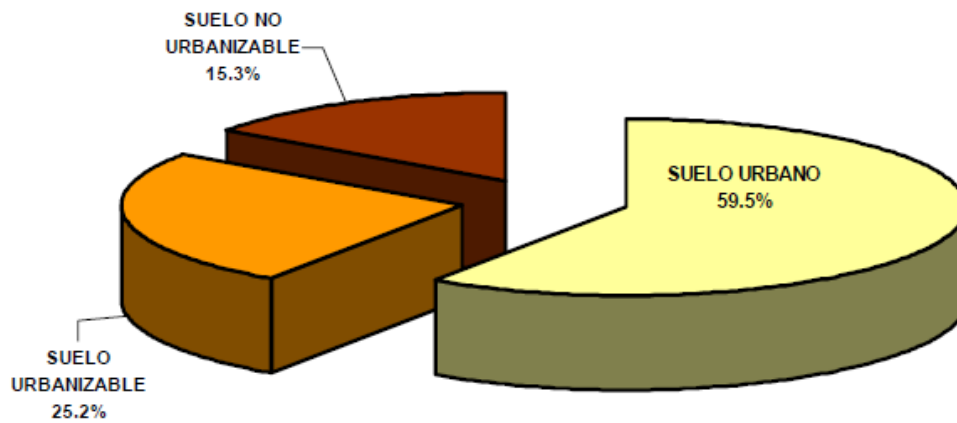
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.13. : Ciudad de Jaén: Escenario de sectores de riesgo muy alto y alto ante fenómenos de origen geológico y geológico climático.



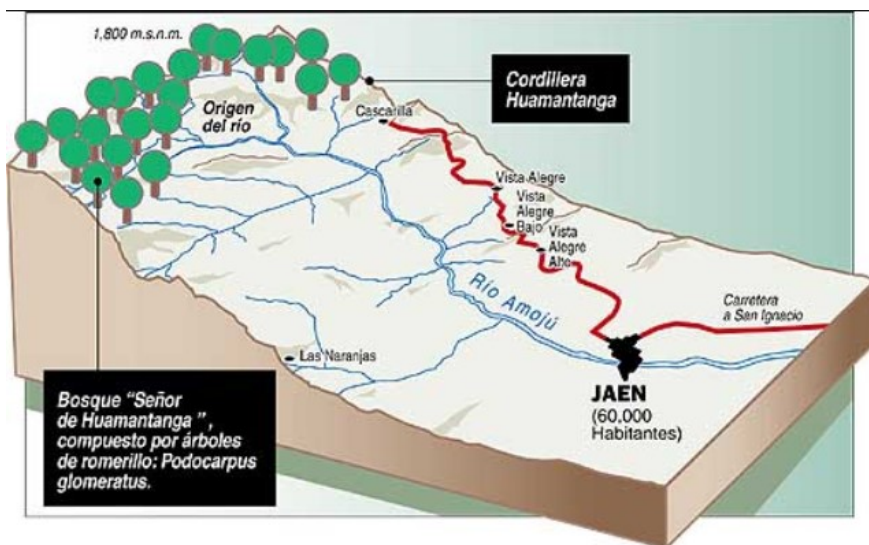
Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.14. : Ciudad de Jaén: Superficie según clasificación general de uso del suelo al año 2015.



Fuente: INDECI.

GRÁFICOS N°3.15: Recorrido del río Amojú desde su naciente.



Fuente: Municipalidad Provincial de Jaén.

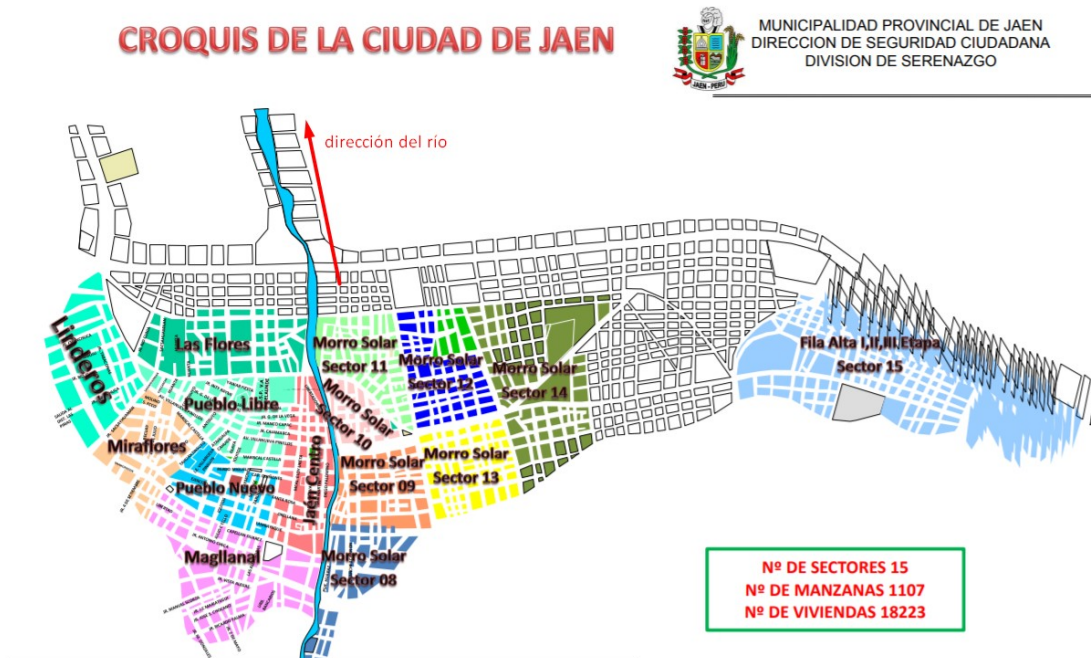
GRÁFICOS N°3.16: Perjudicados y daños materiales.



*Cifras desde el 12/2016 al 19/03/17 a las 14:00 horas.

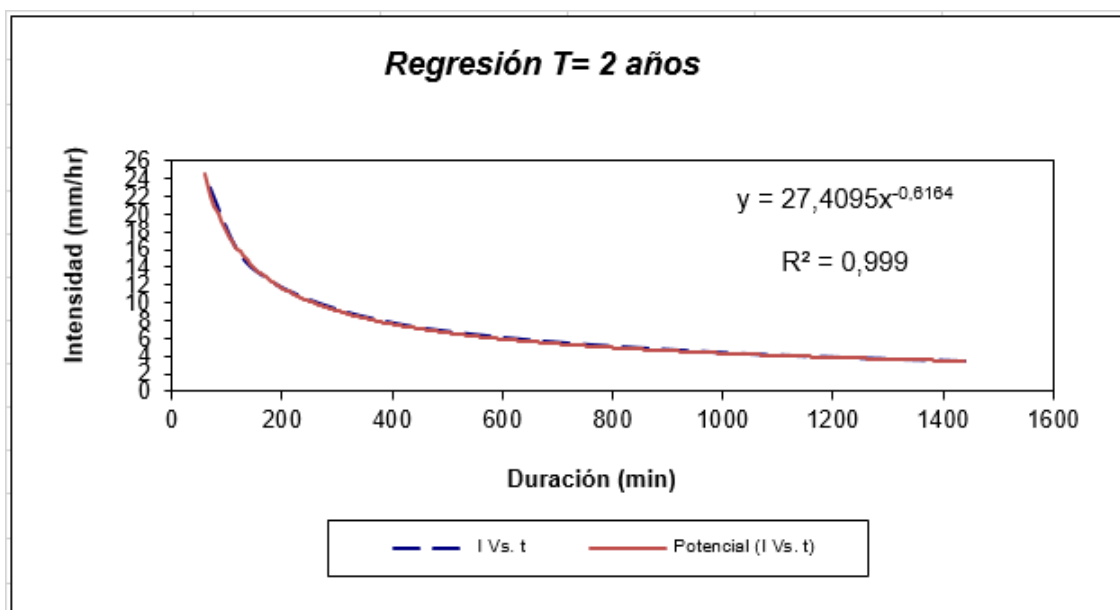
Fuente: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (OEN).

GRÁFICOS N°3.17: Croquis de la ciudad de Jaén.



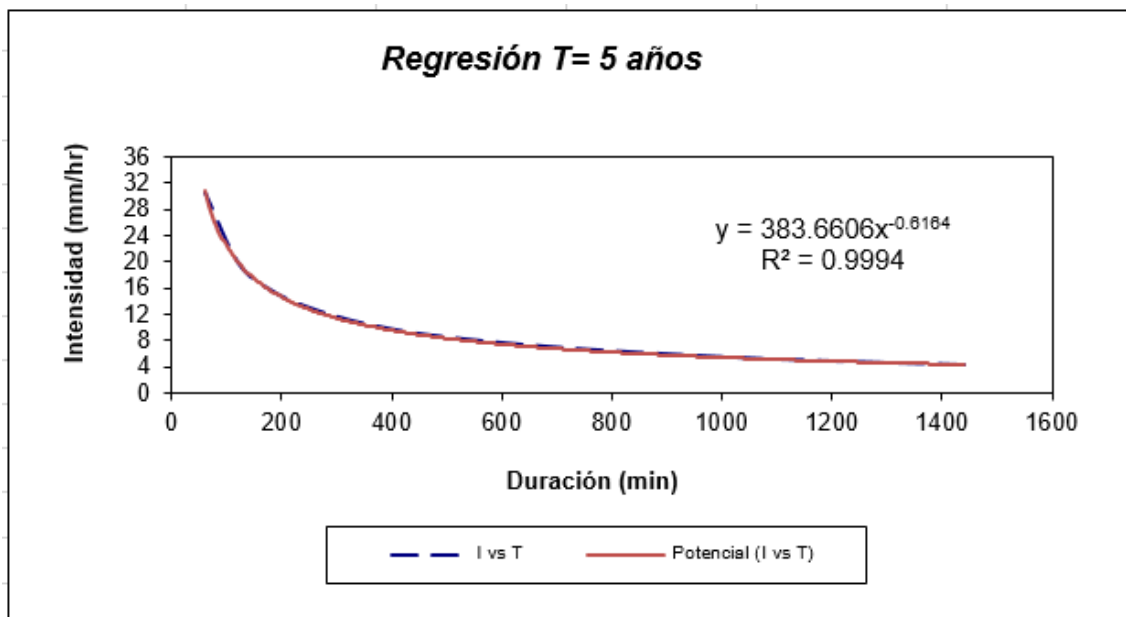
Fuente: Municipalidad Provincial de Jaén.

GRÁFICOS N°3.18: Potencial intensidad vs duración.



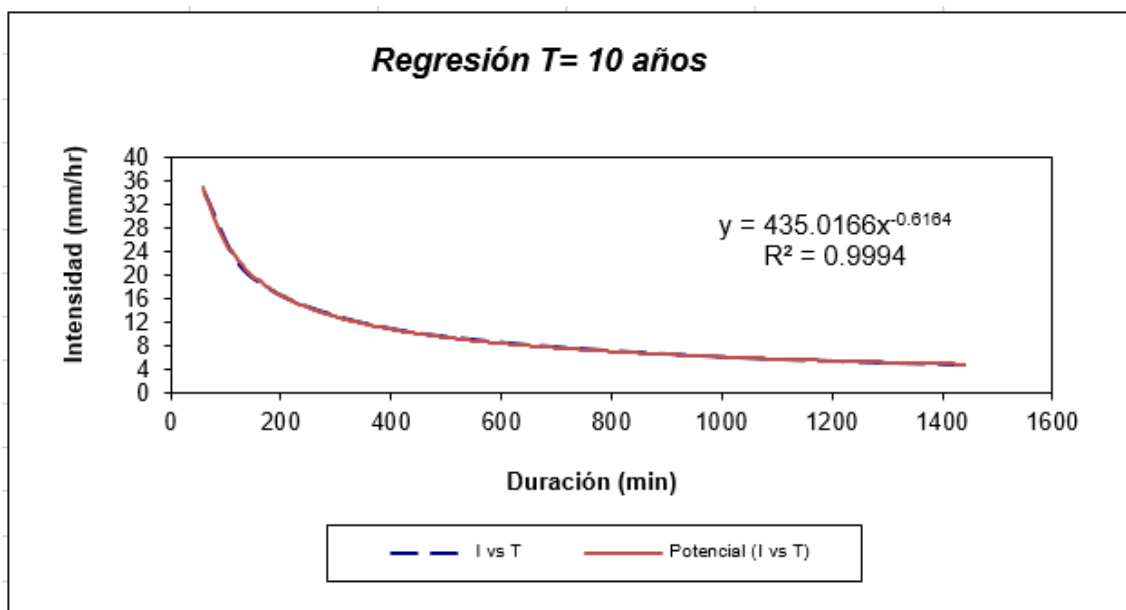
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.19: Potencial intensidad vs duración.



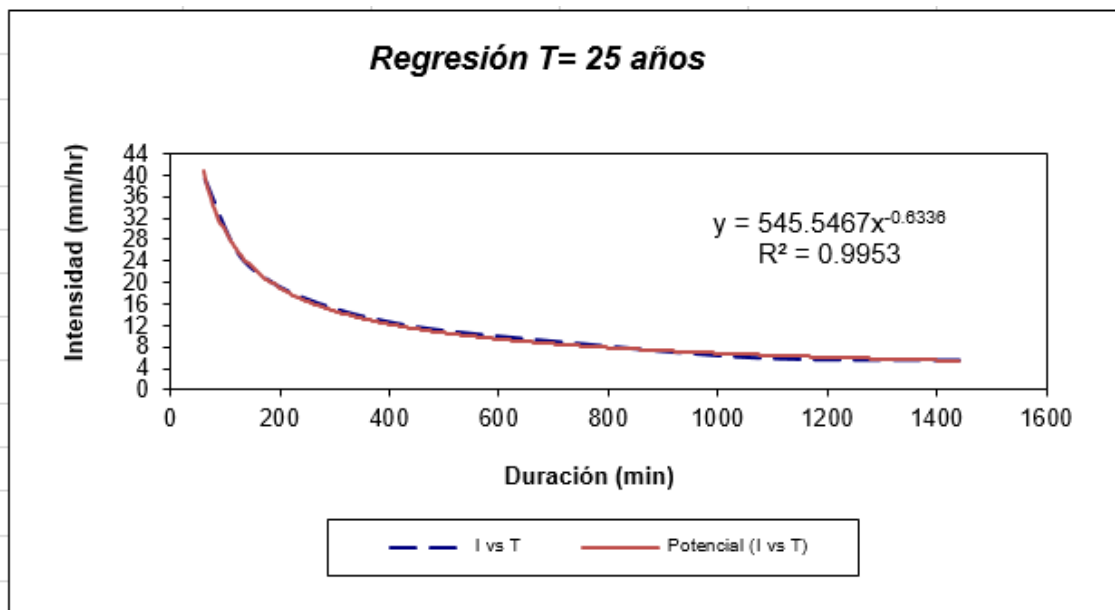
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.20: Potencial intensidad vs duración.



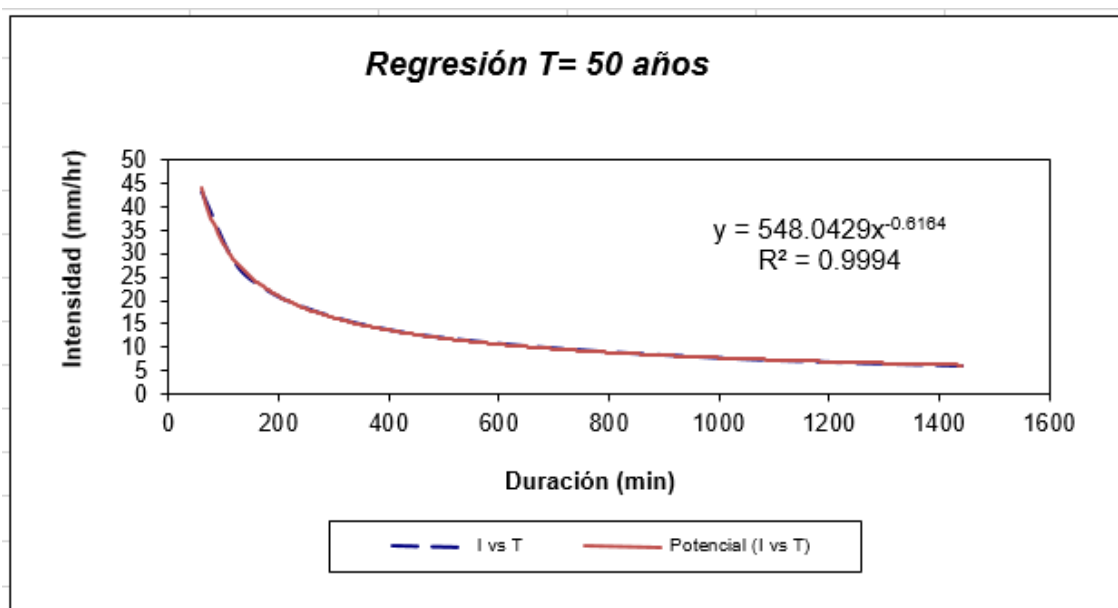
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.21: Potencial intensidad vs duración.



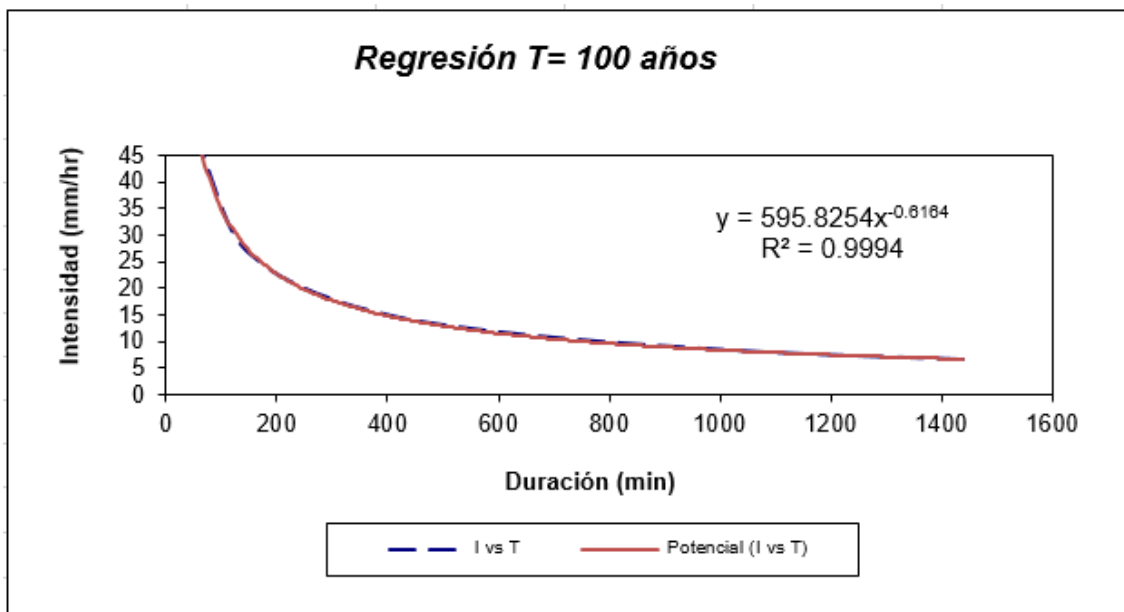
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.22: Potencial intensidad vs duración.



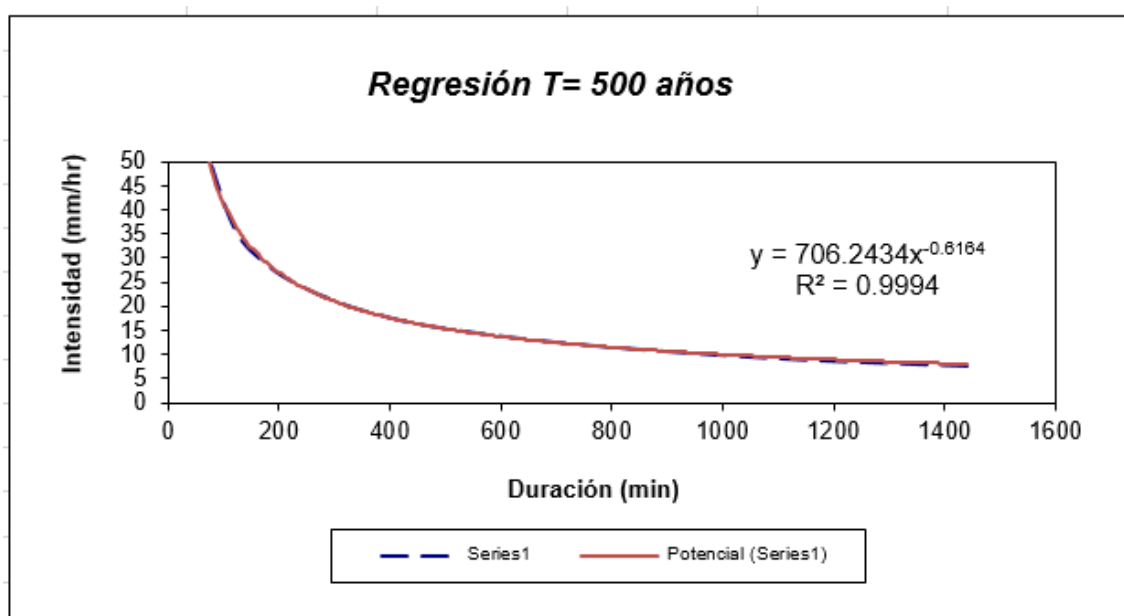
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.23: Potencial intensidad vs duración.



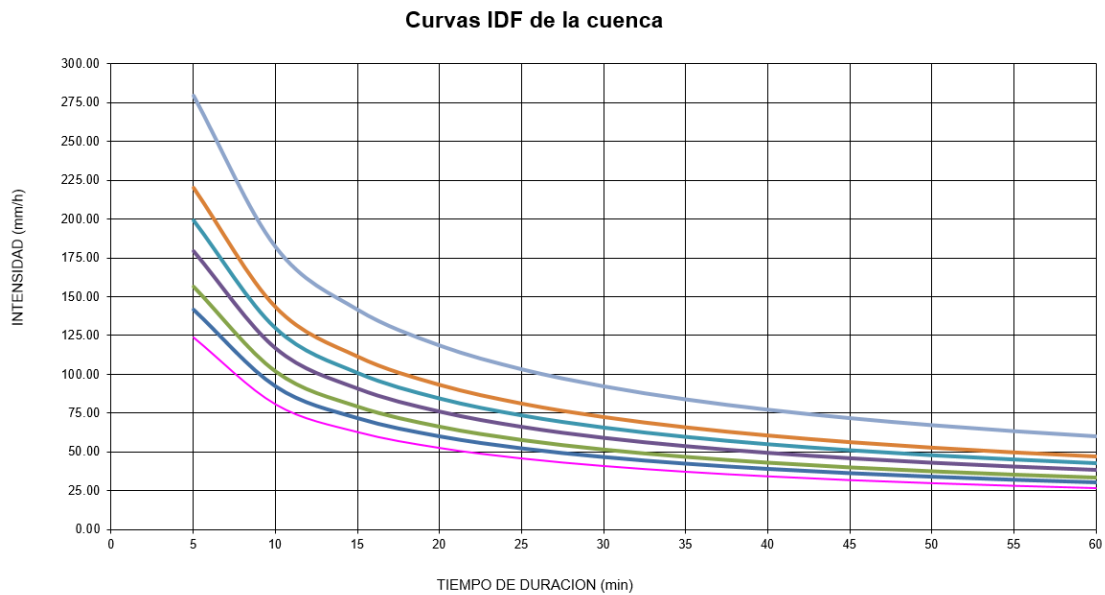
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.24: Potencial intensidad ves duración.



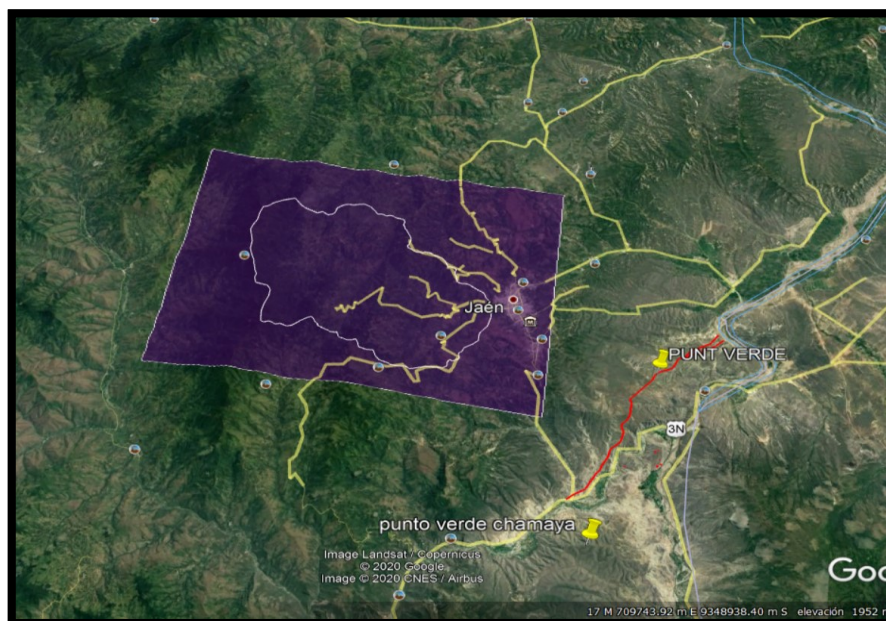
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.25: Curvas IDF.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.26: Ubicación de la zona de estudio, para ellos se realizó una poligonal de color violeta en el programa Google earth.



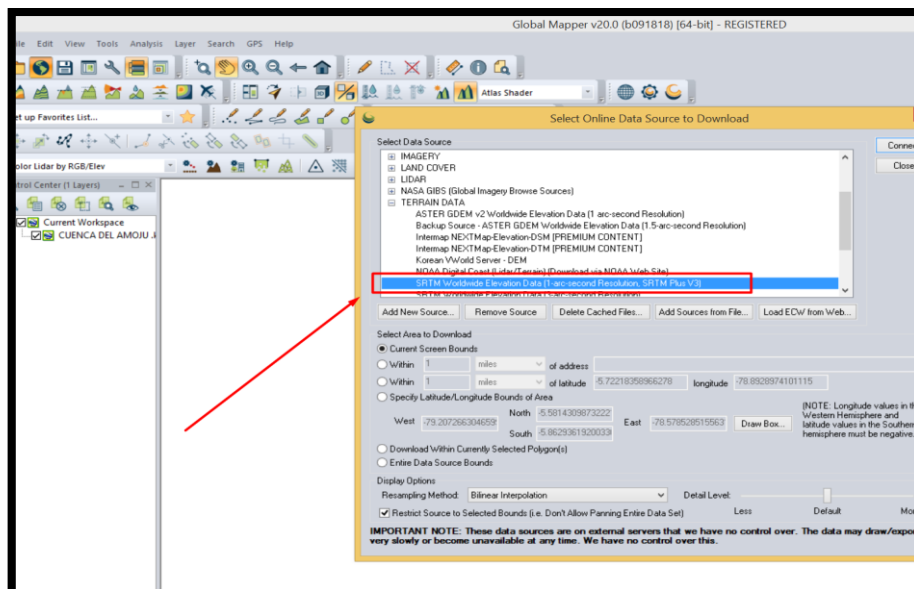
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.27: Vista de la ciudad de Jaén dentro de la poligonal creada en el programa Google earth.



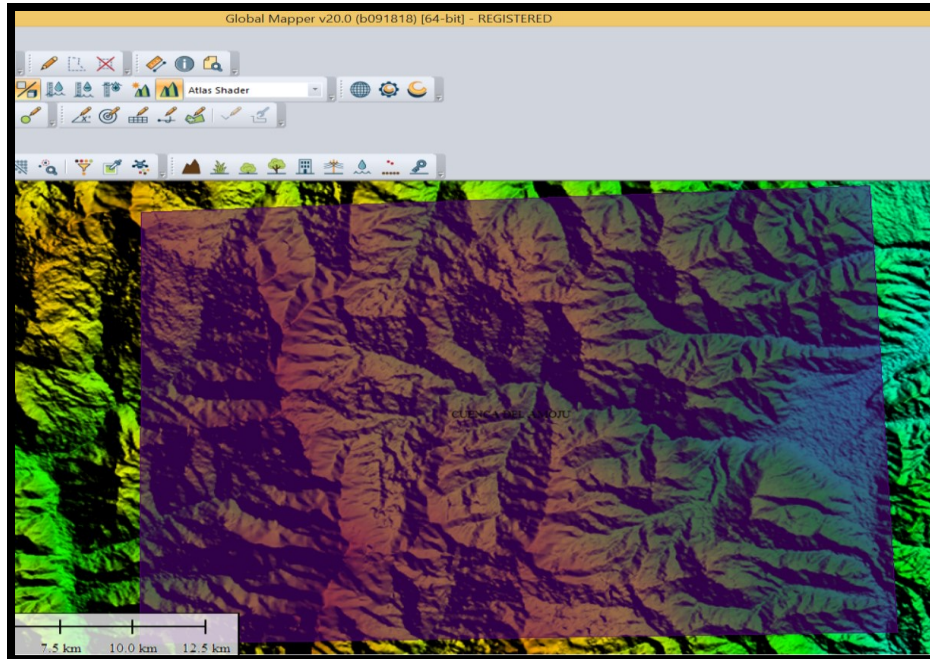
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.28: Elección de datos del terreno.



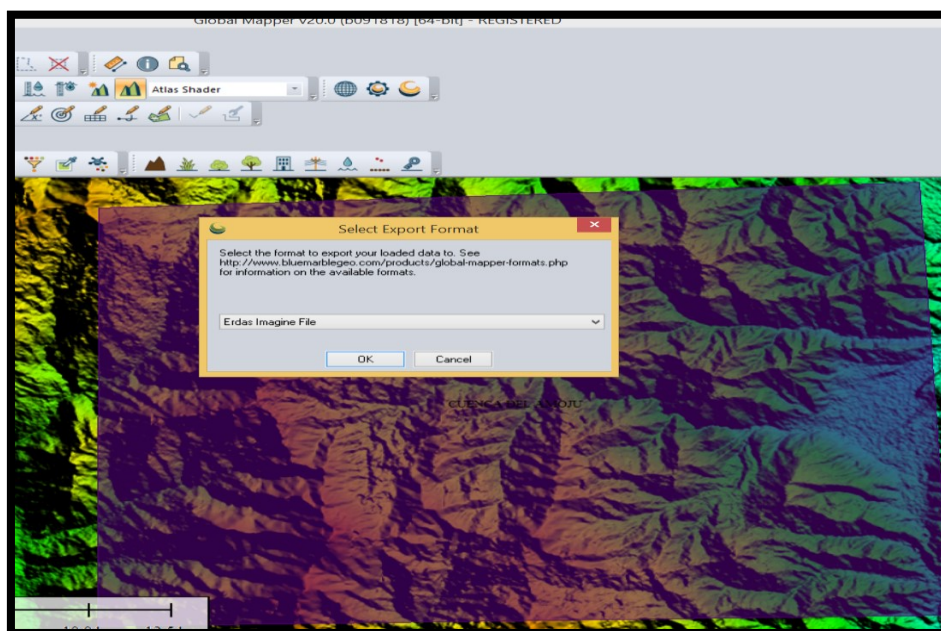
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.29: Exportamos el polígono creado en Google Earth al programa Global Mapper: Creamos el archivo DEM. Podemos apreciar el polígono exportado sobrepuesto en la imagen del satélite.



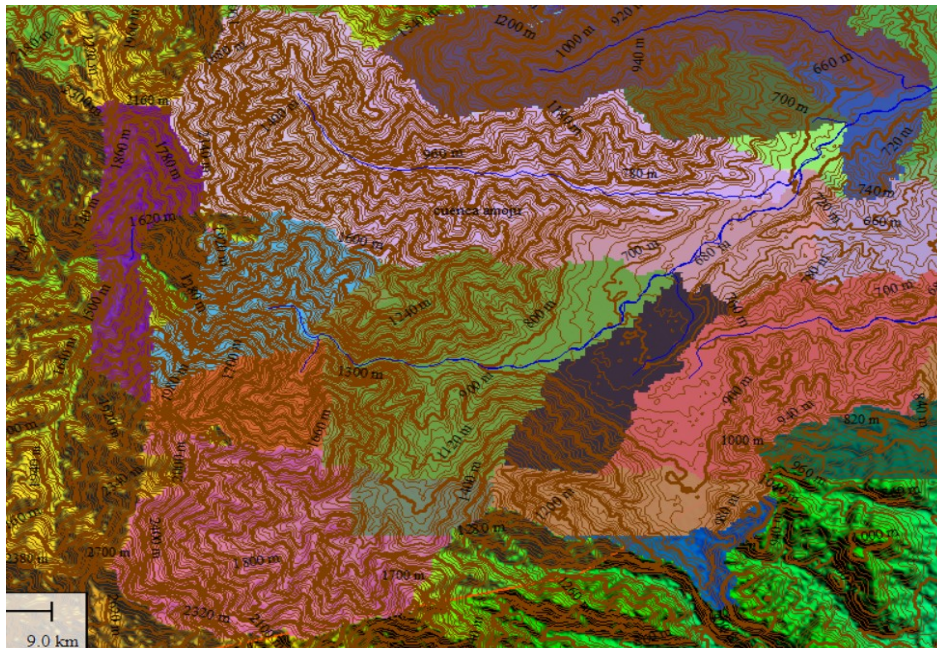
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.30: Guardamos el archivo DEM exportando en formato Erdas Imagine File.



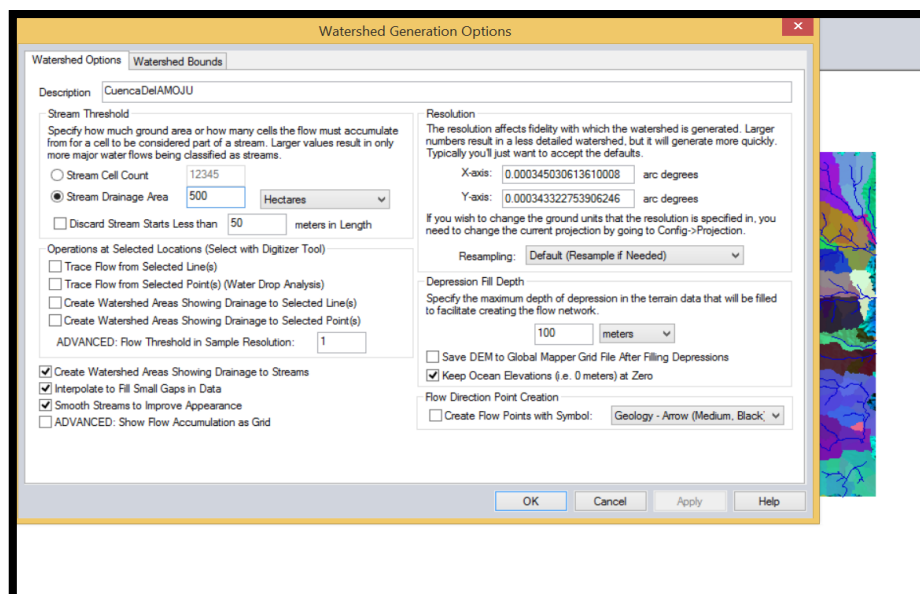
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.31: Creación de curvas de nivel en Global Mapper.



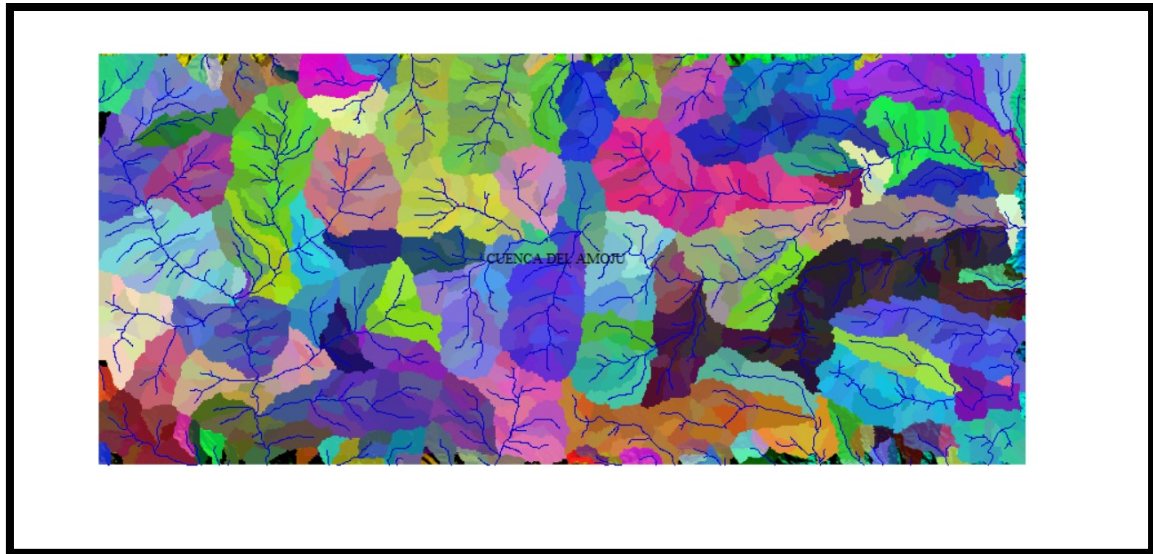
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.32: Herramienta Watershed para crearlas subcuencas de la cuenca.



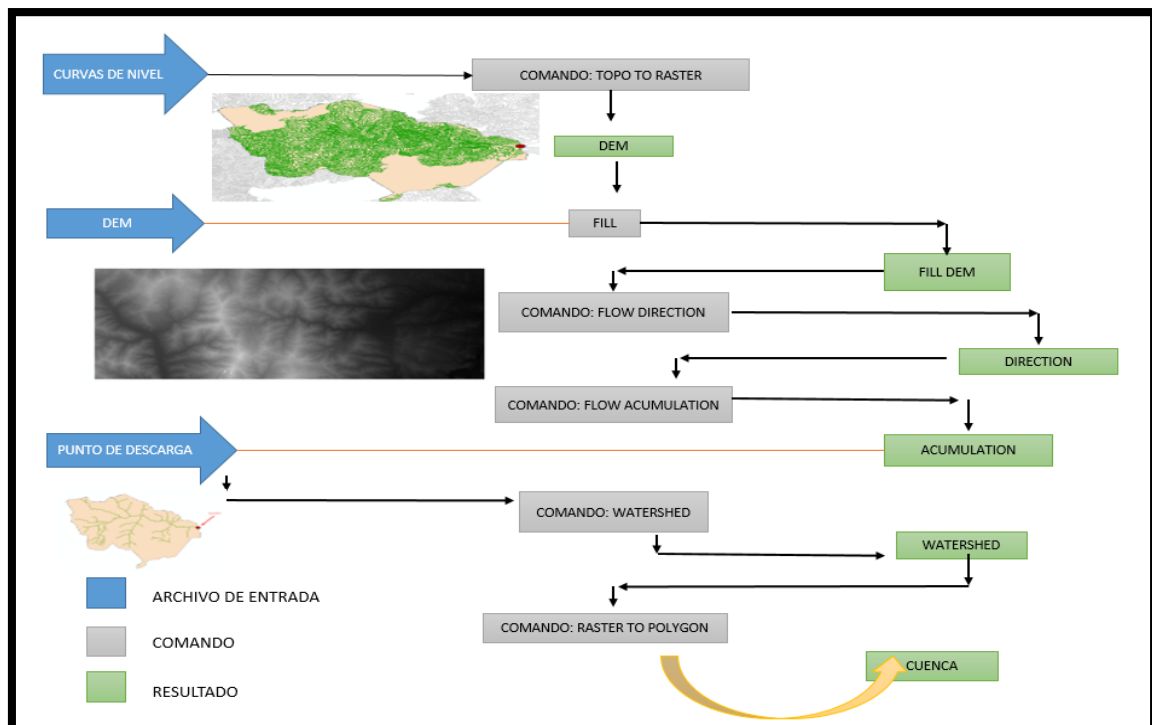
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.33: Sub-cuencas en general. Se puede apreciar la cuenca del Amojú con su cuenca vecina a lado izquierdo.



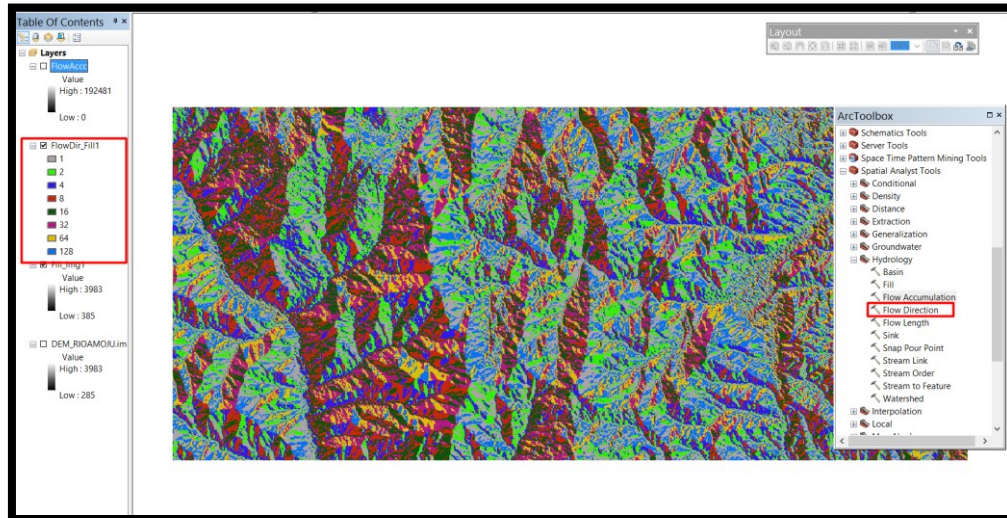
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.34: Delimitación de la cuenca en el programa ArcGis. Gráfico de procedimientos hasta obtener la cuenca delimitada.



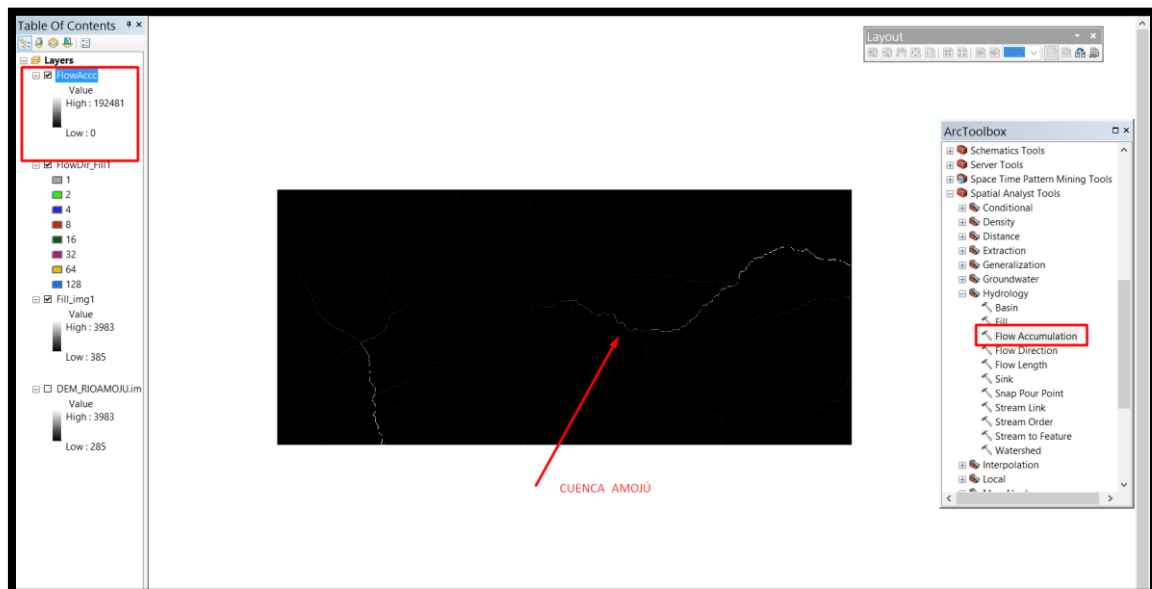
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.35: Creación de flow direction en ArcGis.



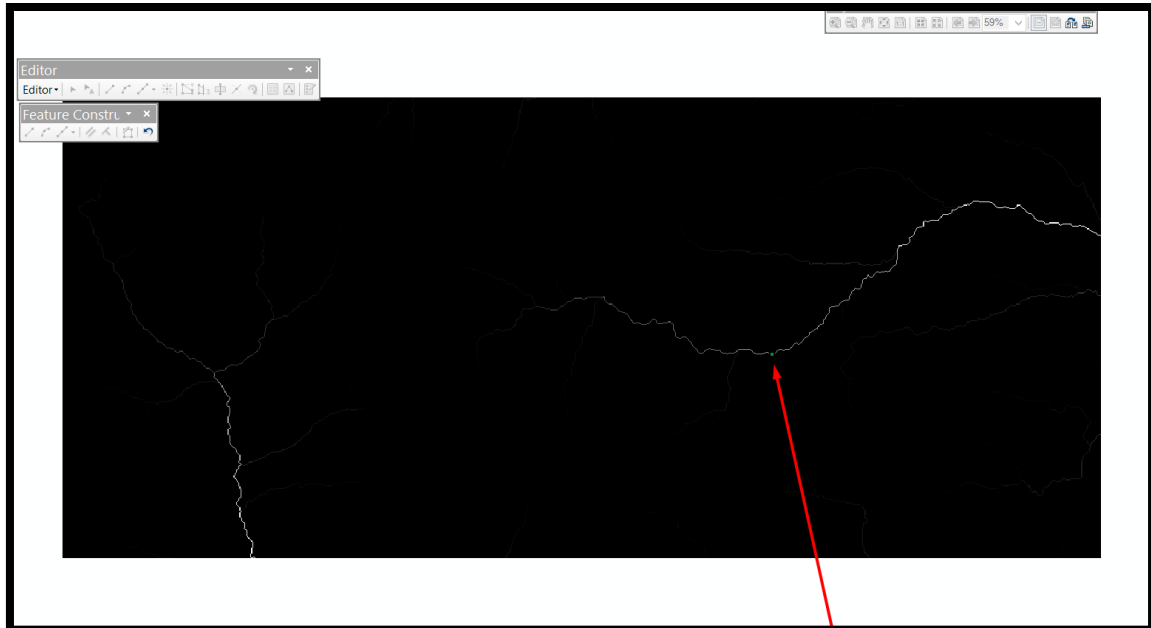
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.36: Con la herramienta flow accumulation determinamos el archivo del flujo acumulado.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.37: Editamos el punto de Aforo aguas abajo de la cuenca justo en el inicio de la ciudad de Jaén.



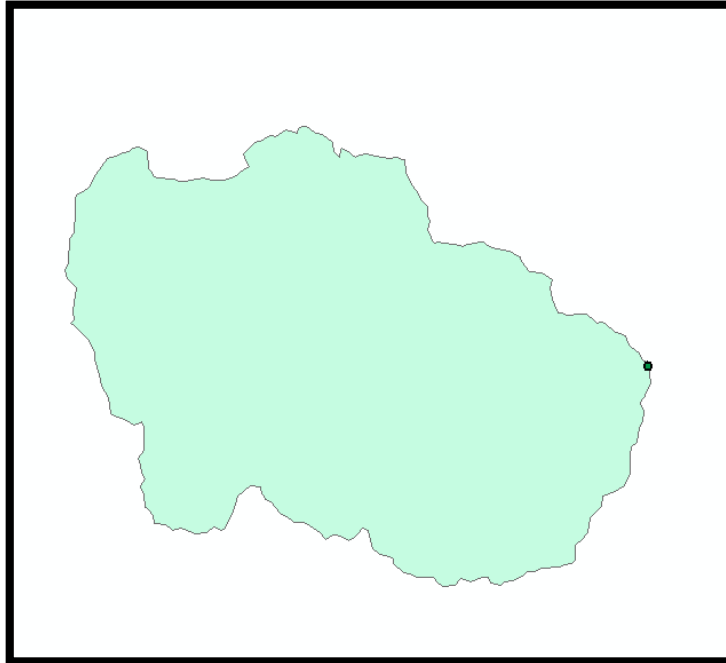
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.38: Herramienta watershed para demilitar la cuenca.



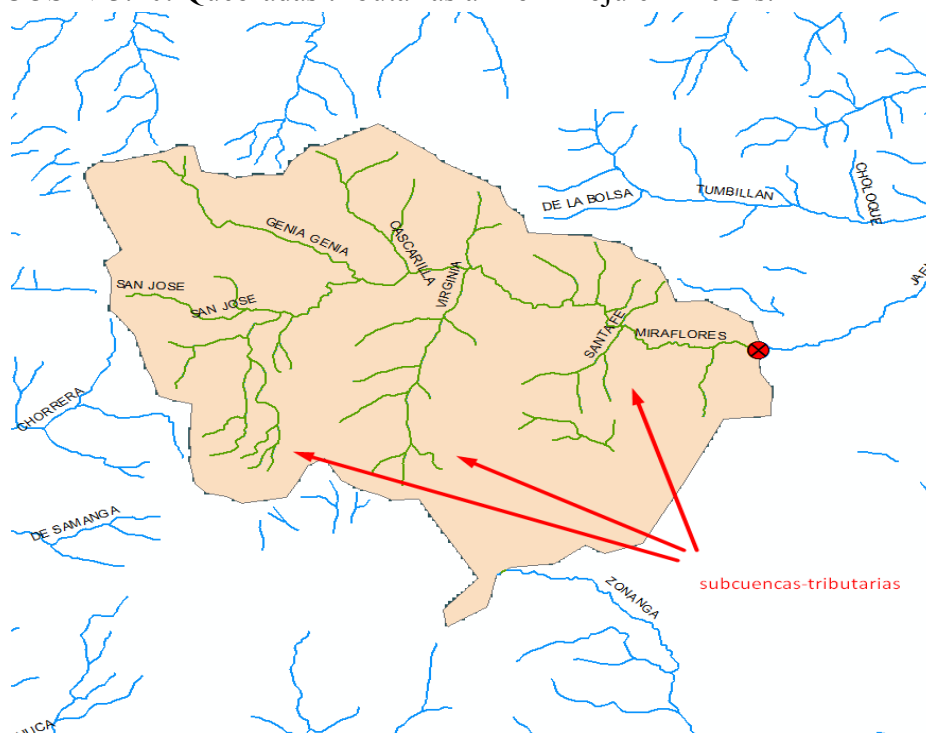
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.39: Cuenca delimitada.



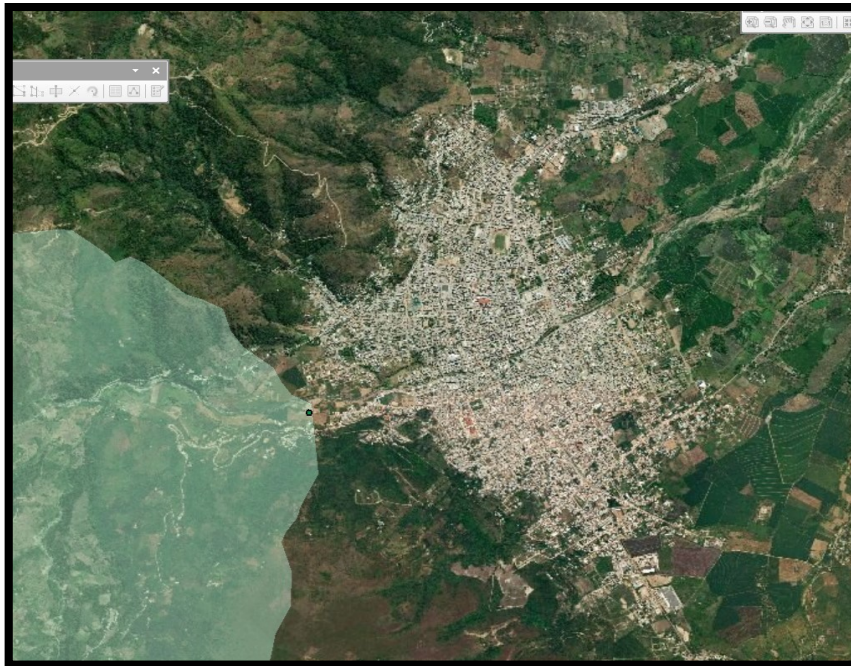
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.40: Quebradas tributarias al río Amojú en ArcGis.



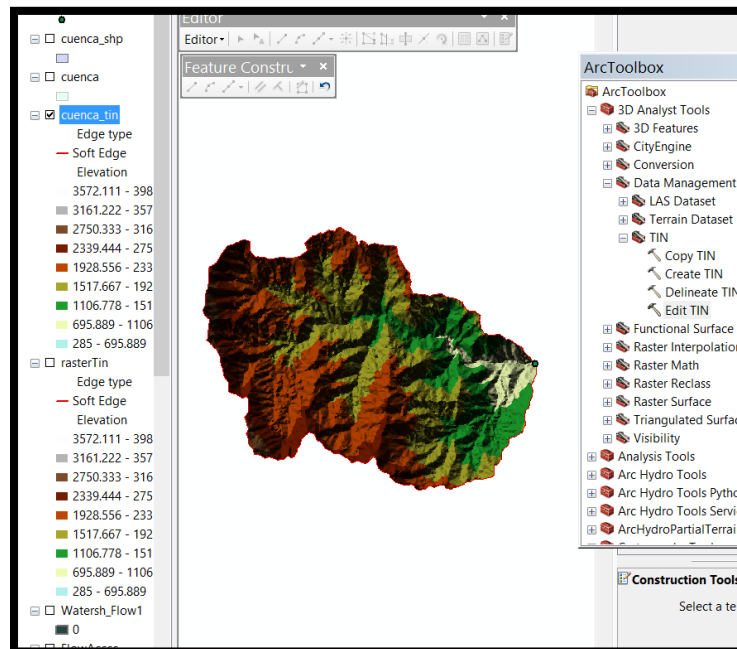
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.41: Cuenca delimitada y sobrepuesta sobre la imagen satelital en ArcGis.



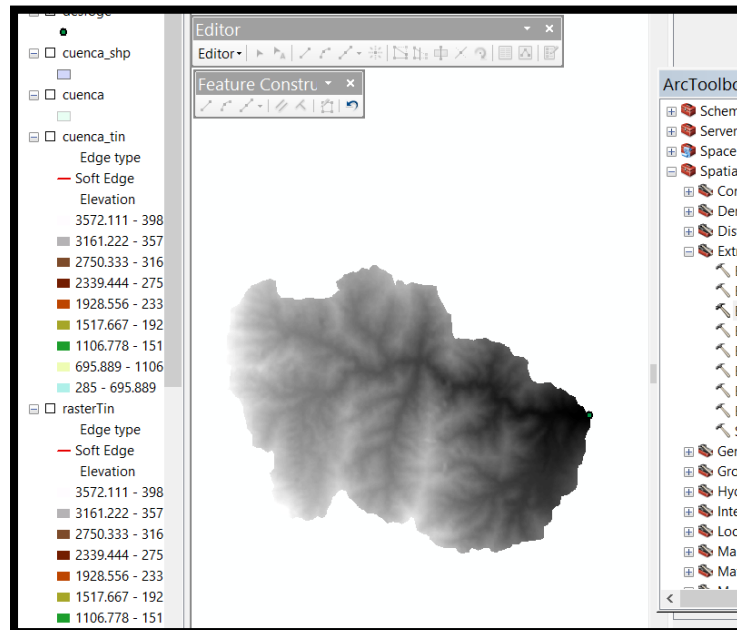
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.42: Creación de archivo TIN.



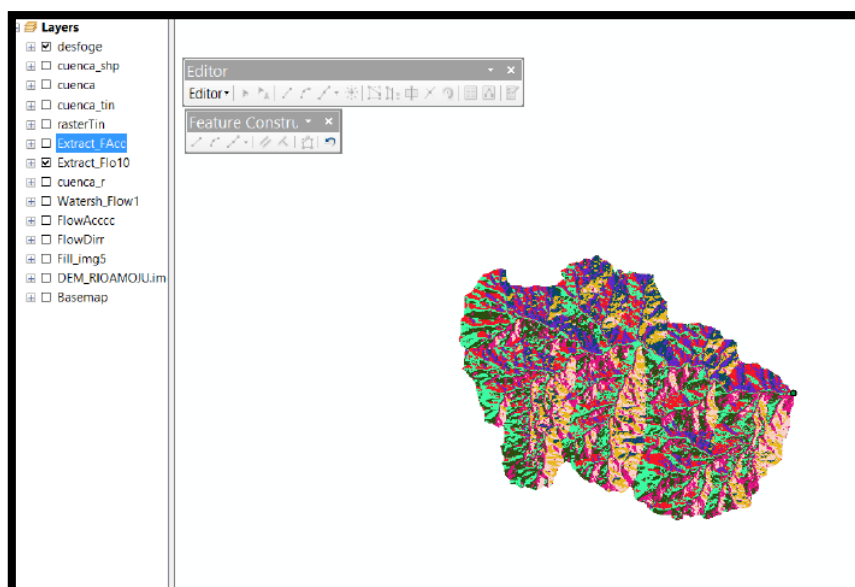
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.43: Creación de archivo DEM desde un archivo TIN.



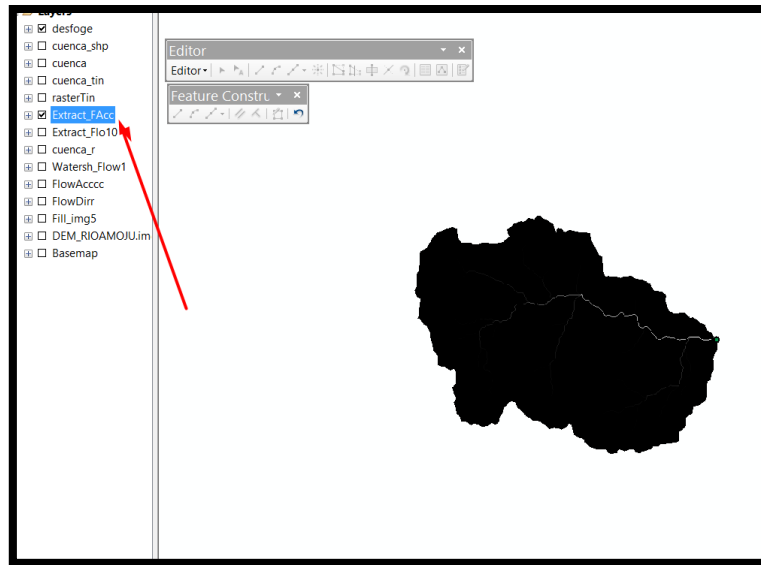
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.44: Creación de archivo flow direction desde un archivo TIN que representa la dirección del flujo.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.45: Creación de archivo flow accululation desde un archivo TIN que representa el flujo acumulado.



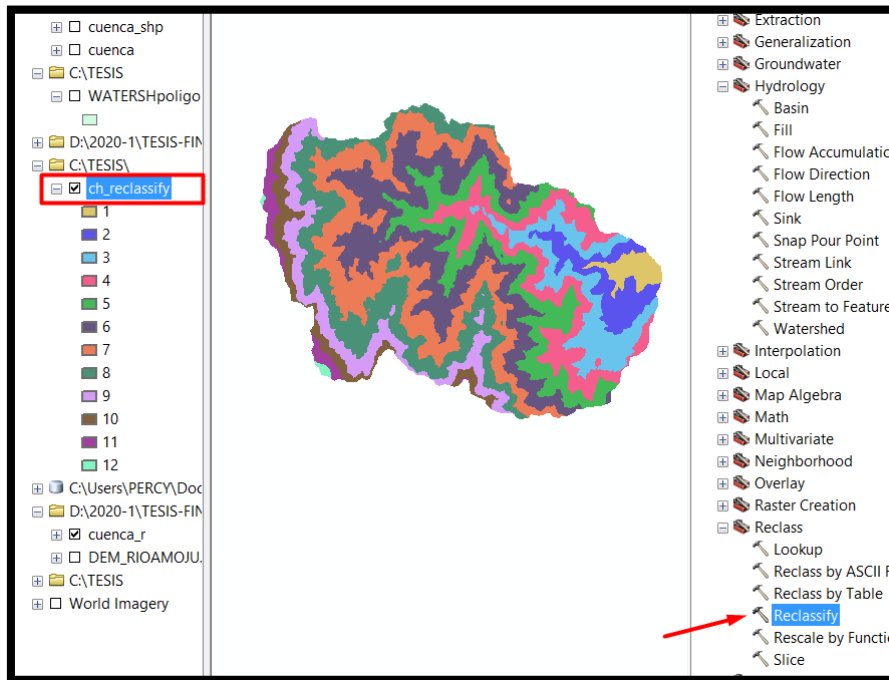
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.46: Tabla de características de la cuenca creados en ArcGis.

| code | Área | Perimetro | Z_máx | Z_min | X_centroid | Y_centroid | Z_centroid |
|------|------------|-----------|-------------|------------|---------------|---------------|-------------|
| 0 | 150.510017 | 56.647145 | 3151.665283 | 771.630676 | 732799.950161 | 9368184.48621 | 2095.625821 |

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.47: Determinación de las curvas de nivel en ArcGis.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.48: Determinación de Áreas de las curvas de nivel en ArcGis.

CuencaAmojuJaen - ArcMap

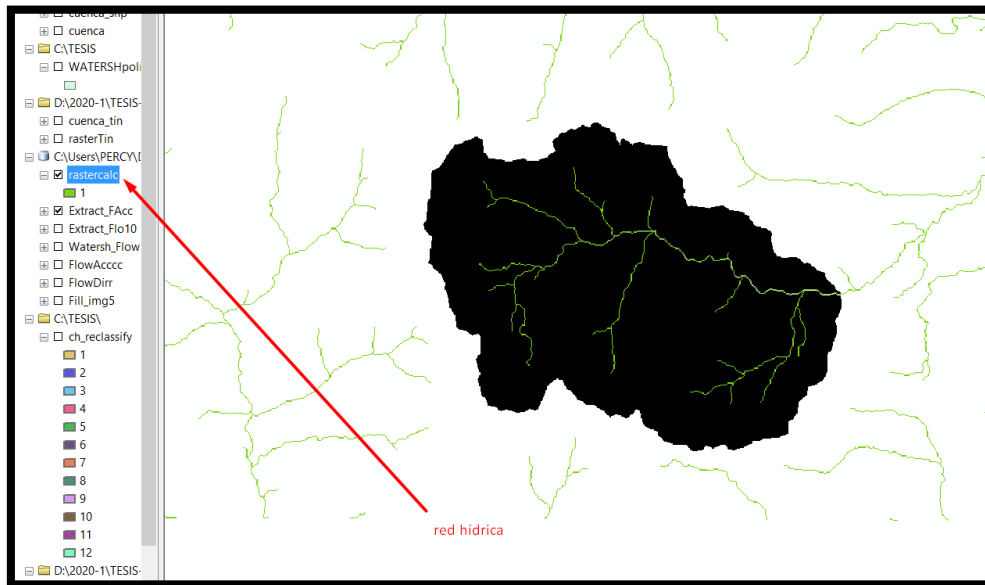
Table

area_entre_curvas

| Rowid | VALUE | COUNT | AREA | MIN | MAX | RANGE | MEAN | STD | SUM | VARIETY | MAJORITY | MINORITY | MEDIAN |
|-------|-------|-------|----------|------|------|-------|-------------|-----------|----------|---------|----------|----------|--------|
| 1 | 1 | 1972 | 0.000232 | 772 | 969 | 197 | 887.314402 | 53.700606 | 1749784 | 197 | 963 | 772 | 892 |
| 2 | 2 | 4798 | 0.000566 | 970 | 1166 | 196 | 1078.319608 | 54.354972 | 5173777 | 197 | 1147 | 983 | 1081 |
| 3 | 3 | 8229 | 0.00097 | 1167 | 1364 | 197 | 1270.320087 | 56.140298 | 10453464 | 198 | 1354 | 1174 | 1271 |
| 4 | 4 | 10148 | 0.001196 | 1365 | 1561 | 196 | 1465.593122 | 57.312285 | 14872839 | 197 | 1554 | 1448 | 1467 |
| 5 | 5 | 12553 | 0.00148 | 1562 | 1758 | 196 | 1664.879232 | 57.028101 | 20899229 | 197 | 1724 | 1593 | 1667 |
| 6 | 6 | 18972 | 0.002236 | 1759 | 1955 | 196 | 1863.348672 | 56.087597 | 35351451 | 197 | 1943 | 1767 | 1866 |
| 7 | 7 | 18627 | 0.002196 | 1956 | 2153 | 197 | 2050.537821 | 57.816475 | 38195368 | 198 | 1960 | 2083 | 2048 |
| 8 | 8 | 15025 | 0.001771 | 2154 | 2350 | 196 | 2244.031481 | 56.783781 | 33716573 | 197 | 2167 | 2336 | 2240 |
| 9 | 9 | 7857 | 0.000926 | 2351 | 2548 | 197 | 2439.018709 | 57.060664 | 19163370 | 198 | 2388 | 2511 | 2433 |
| 10 | 10 | 3898 | 0.000459 | 2549 | 2745 | 196 | 2630.880708 | 55.877178 | 10255173 | 197 | 2562 | 2743 | 2623 |
| 11 | 11 | 1883 | 0.000222 | 2746 | 2942 | 196 | 2823.424854 | 50.642941 | 5316509 | 196 | 2815 | 2919 | 2818 |
| 12 | 12 | 222 | 0.000026 | 2943 | 3140 | 197 | 3022.963964 | 56.313701 | 671098 | 134 | 2954 | 2948 | 3014 |

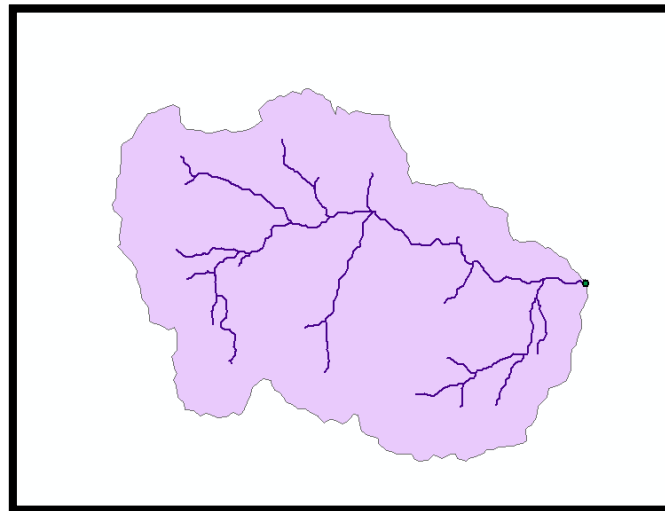
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.51: Determinación de la red hídrica.



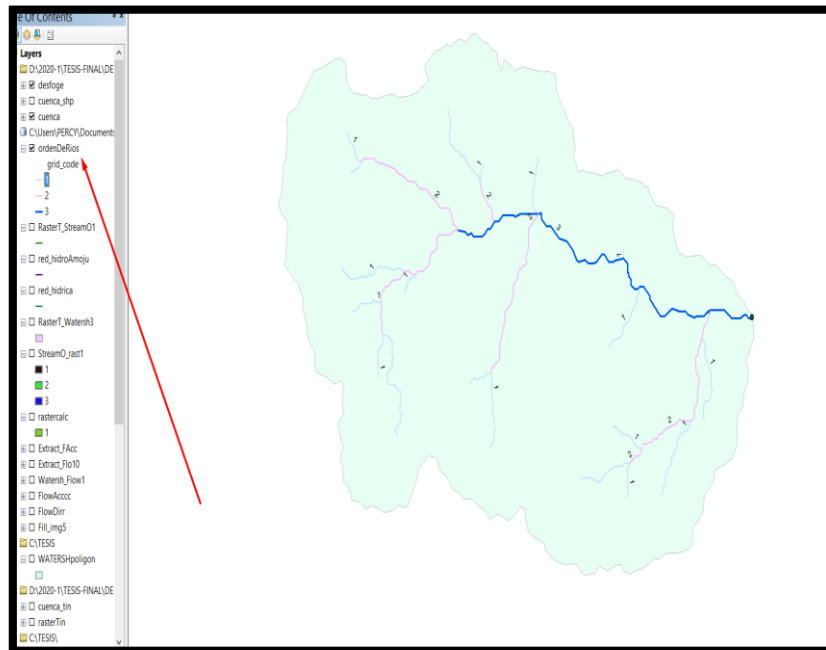
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.52: Delimitación de la red hídrica.



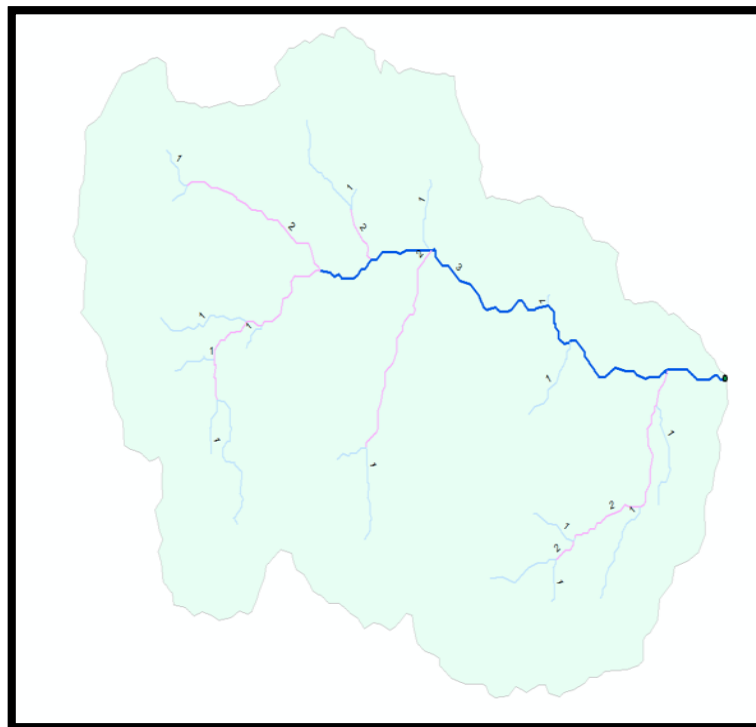
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.53: Determinación de la orden de ríos.



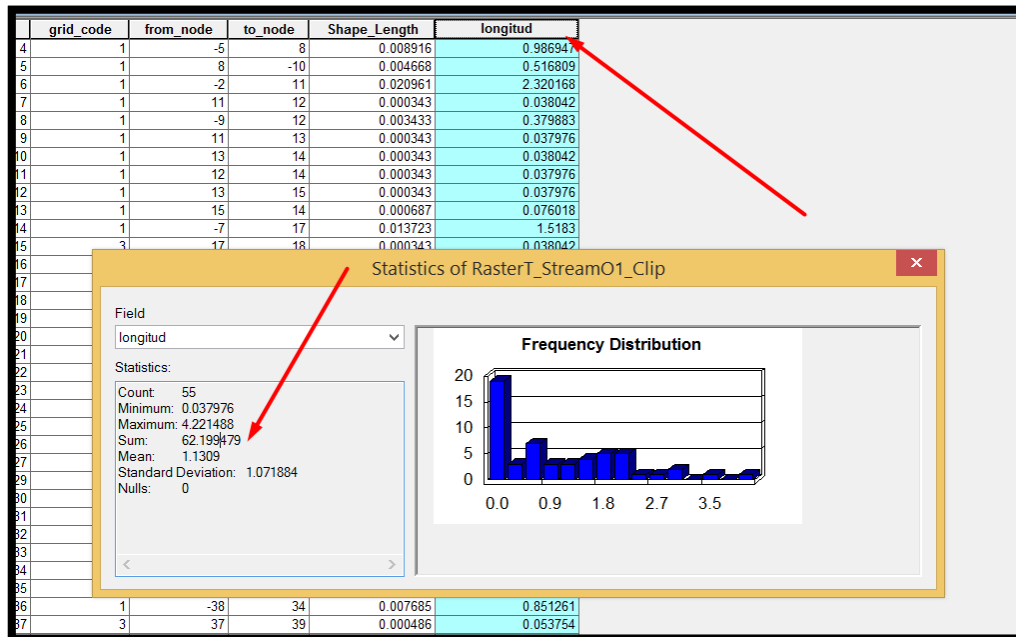
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.54: Orden de ríos.



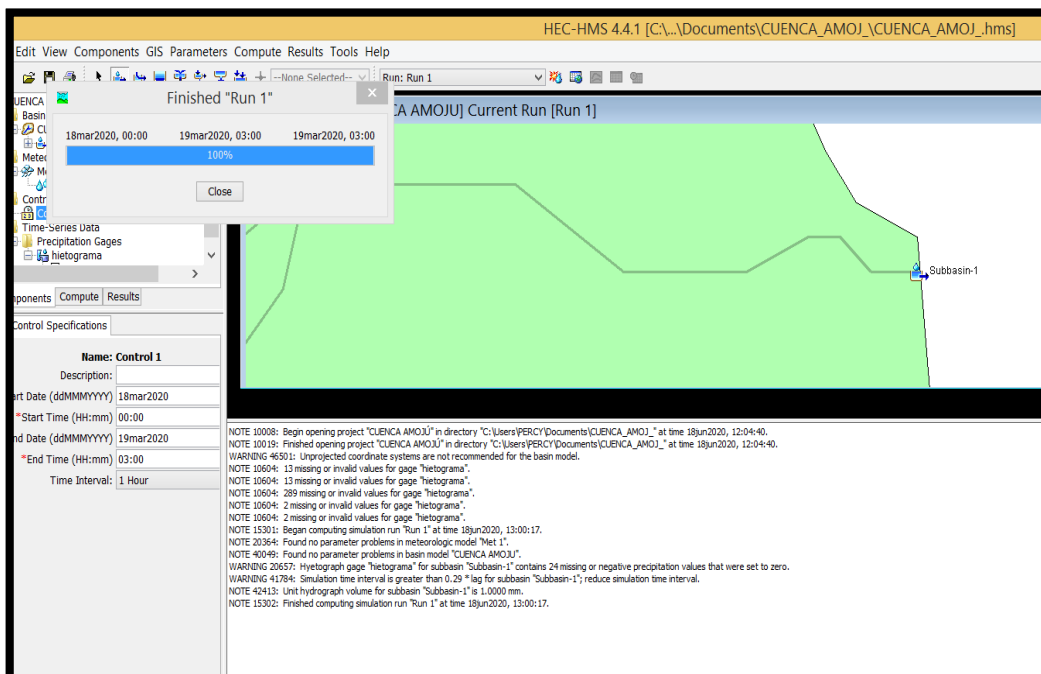
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.55: Longitud total de los cauces de la cuenca.



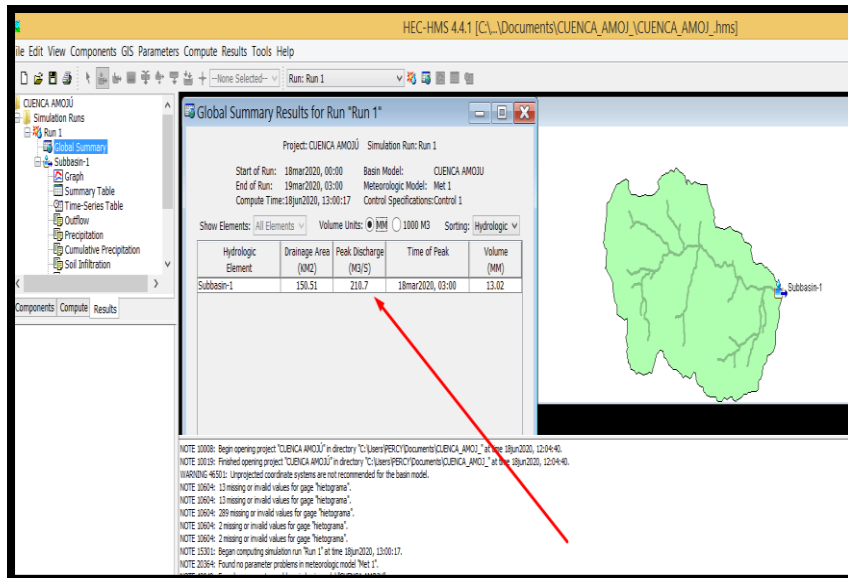
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.56: Exportar archivo DEM al programa HEC-HMS 4.4.1.



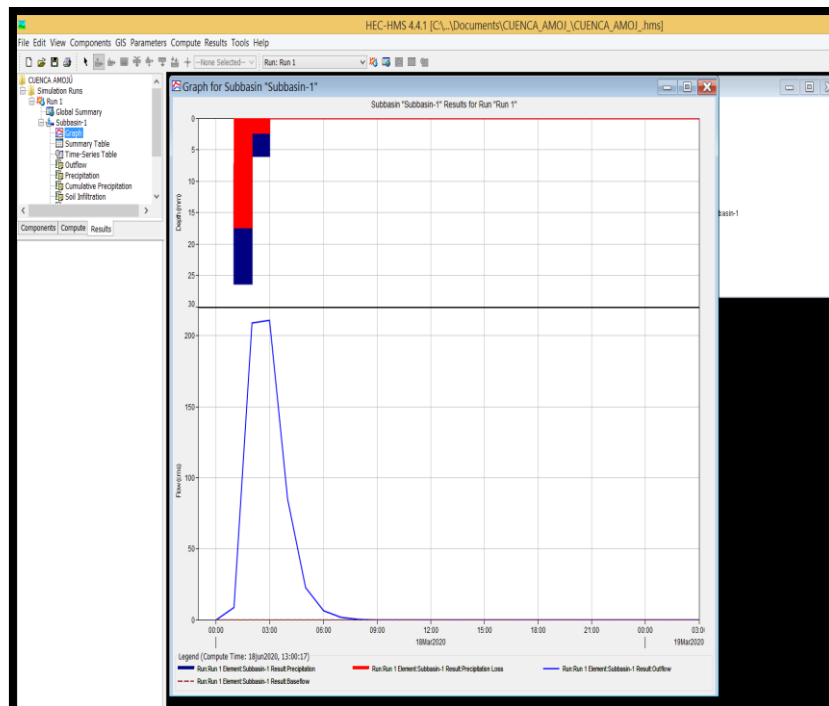
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.57: Cálculo del caudal máximo de una cuenca mediante HEC-HMS 4.4.1.



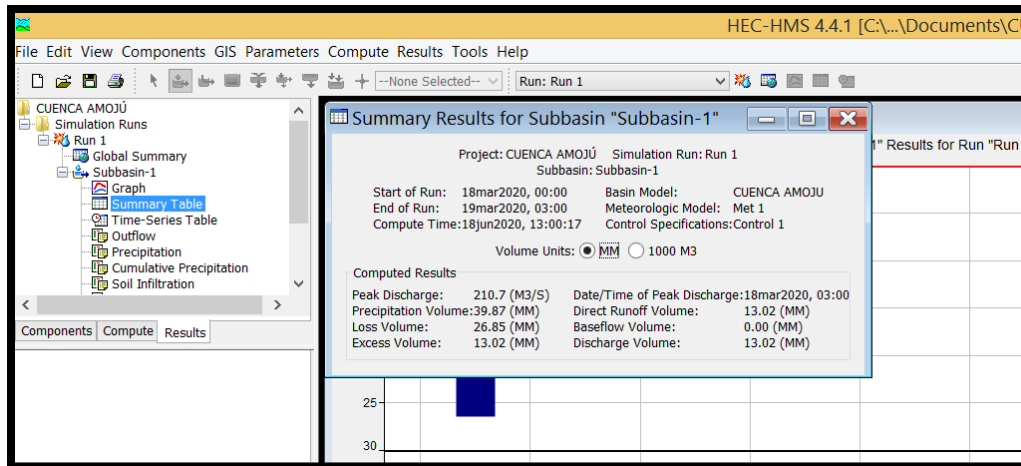
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.58: Cálculo del Hidrograma de la cuenca mediante HEC-HMS 4.4.1.



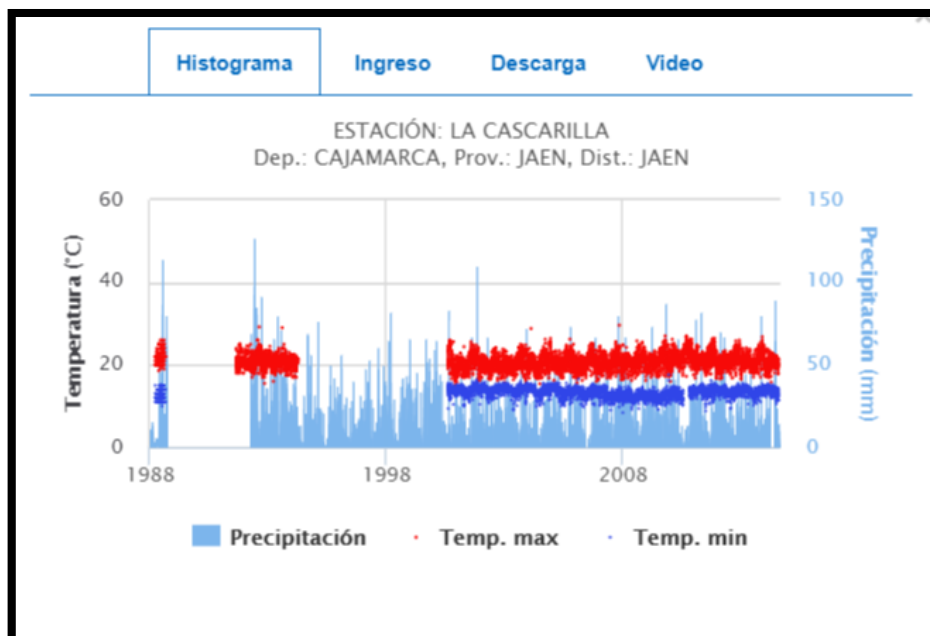
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.59: Tabla de caudal máximo, volumen de precipitación mediante HEC-HMS 4.4.1.



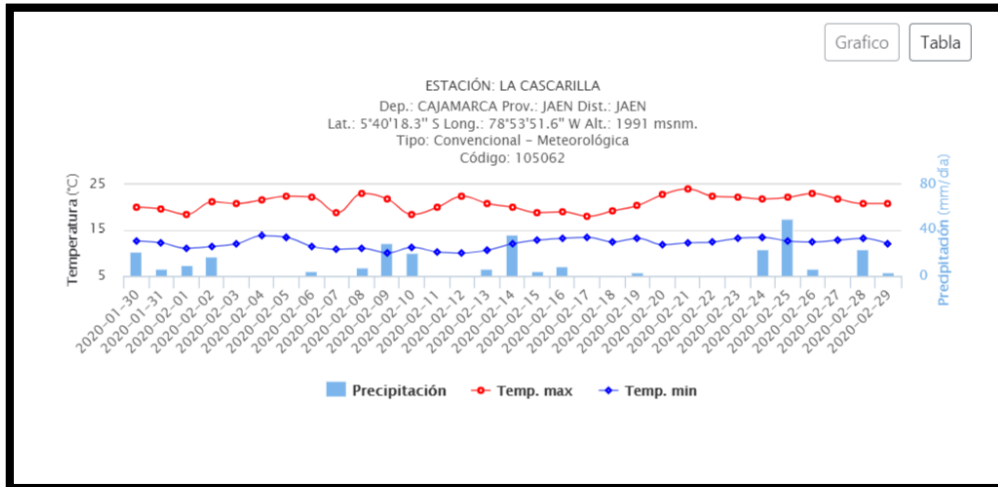
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.60: Histograma.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.61: Registro de precipitación y temperatura.



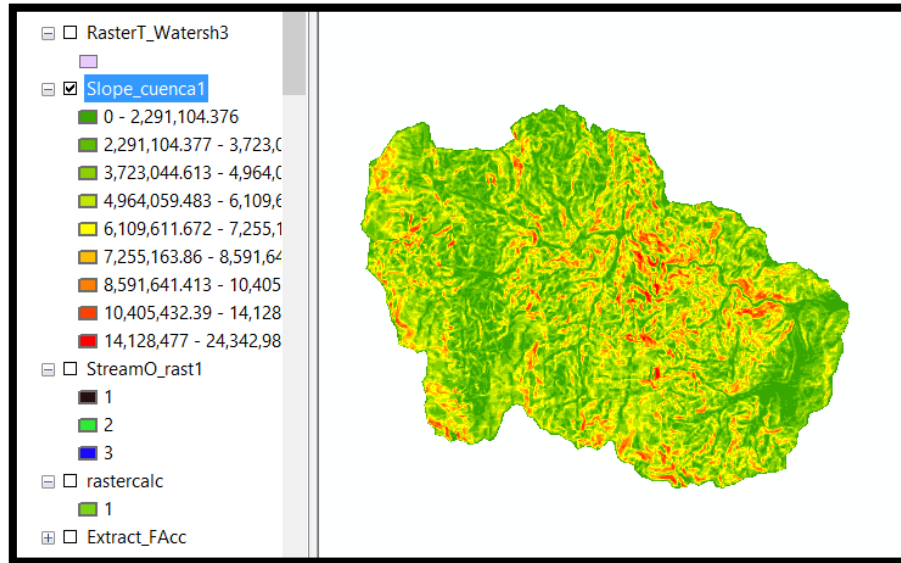
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.62: Ubicación de la estación la cascarilla.



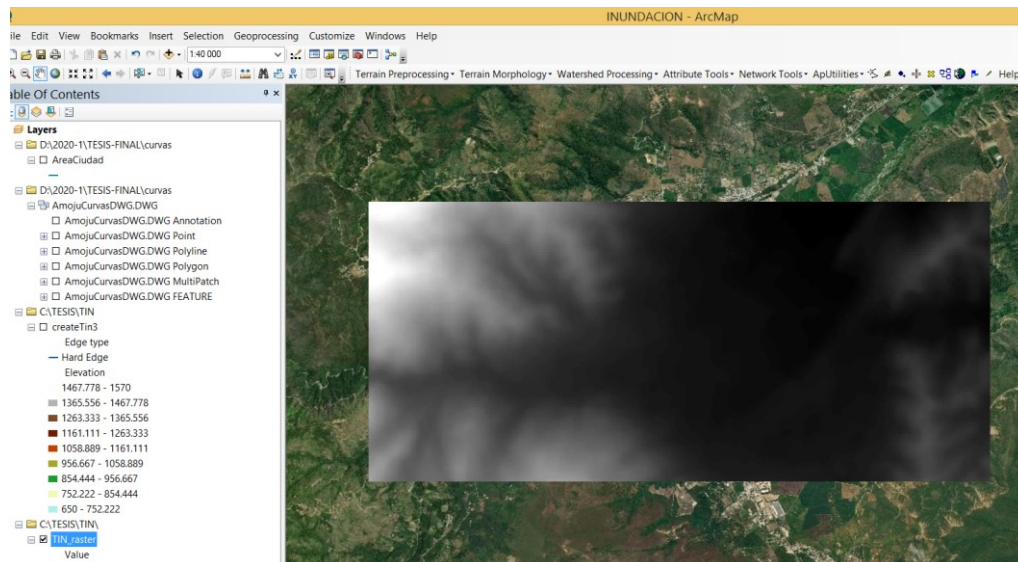
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.63: Pendiente de la cuenca Amojú.



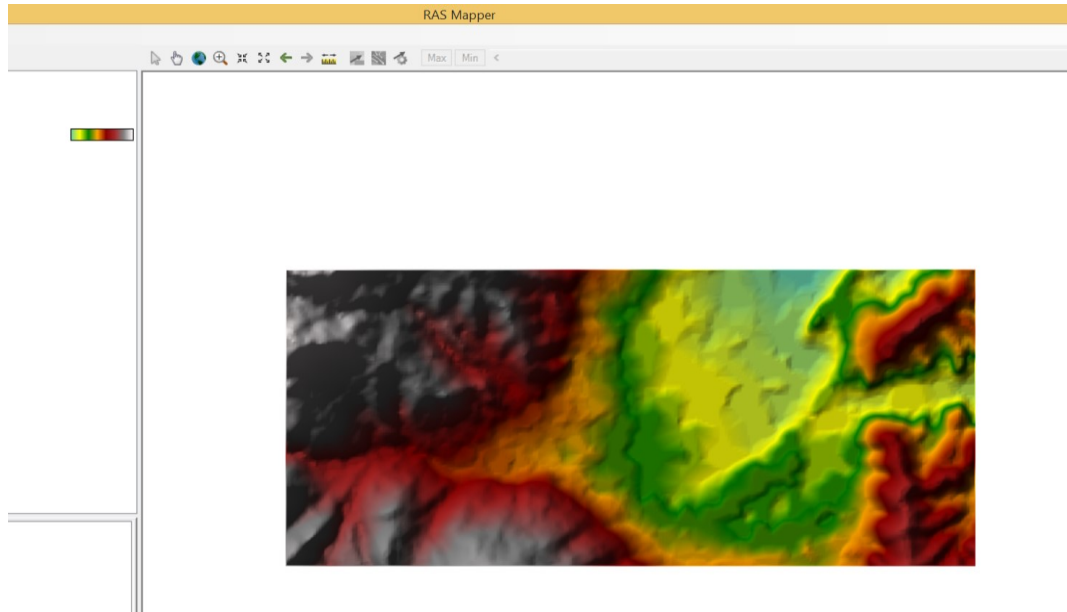
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.64: Archivo DEM.



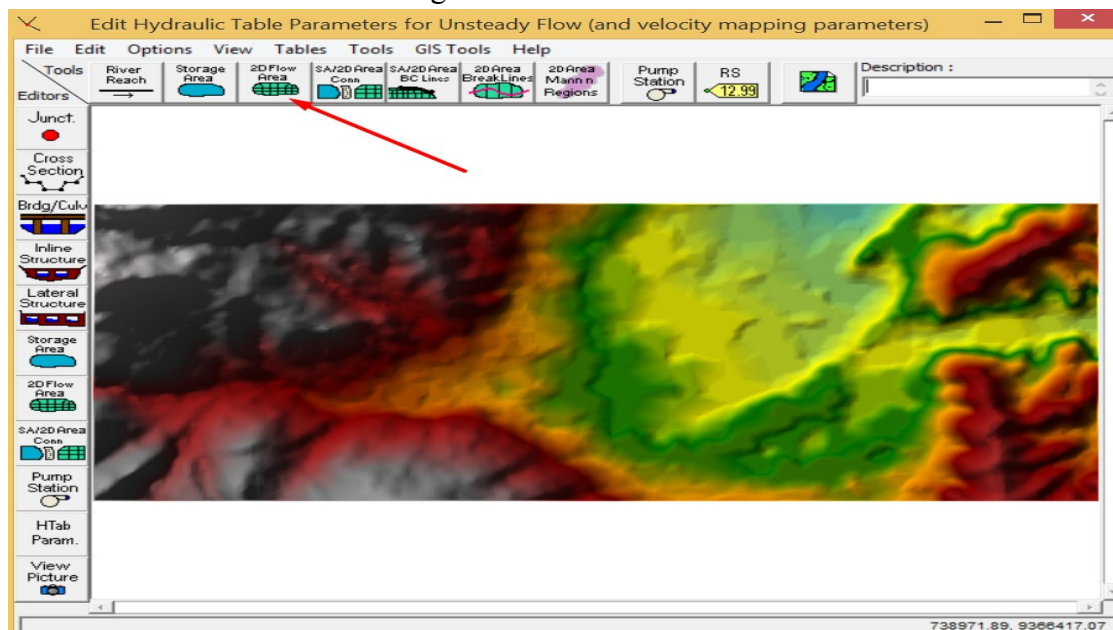
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.65: Archivo TIN visualizada en la herramienta Ras Mapper de HEC-RAS 5.0.1.



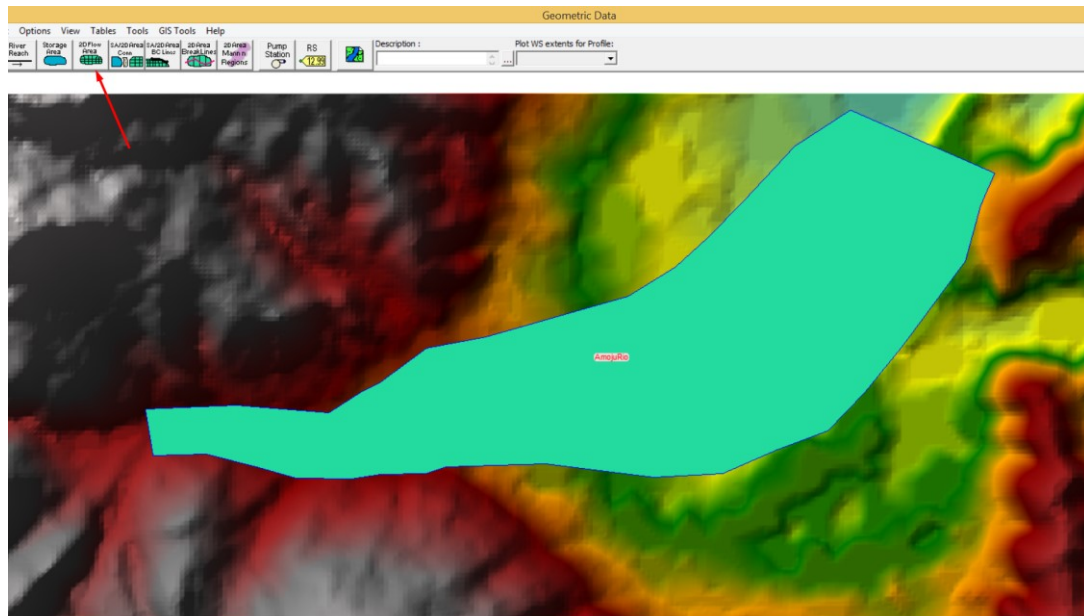
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.66: Editor de la geometría de la cuenca.



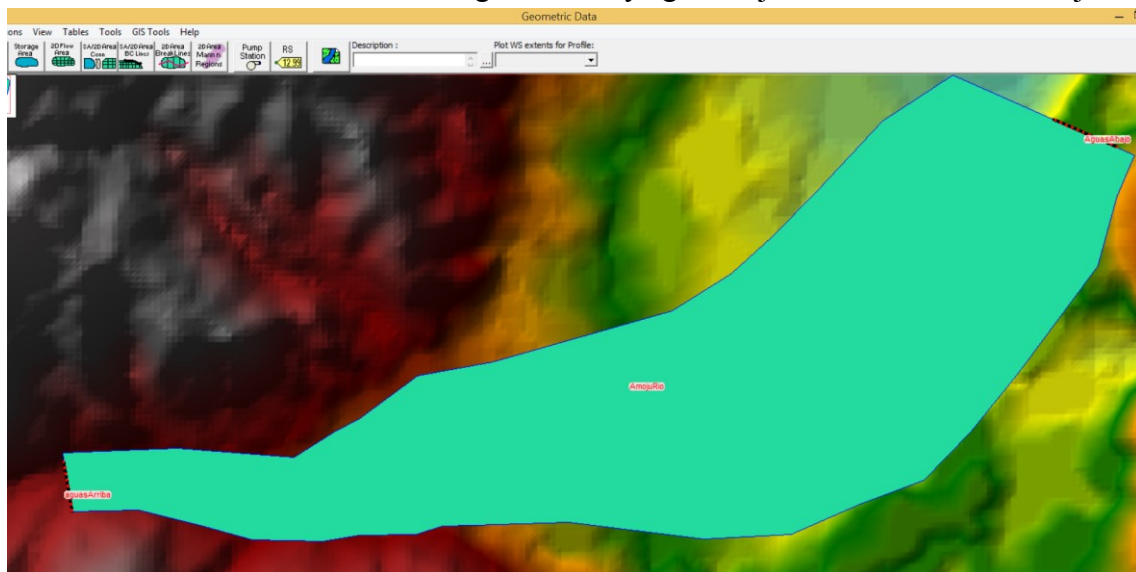
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.67: Herramienta para la ubicación de aguas arriba y agua abajo del cauce del río Amojú.



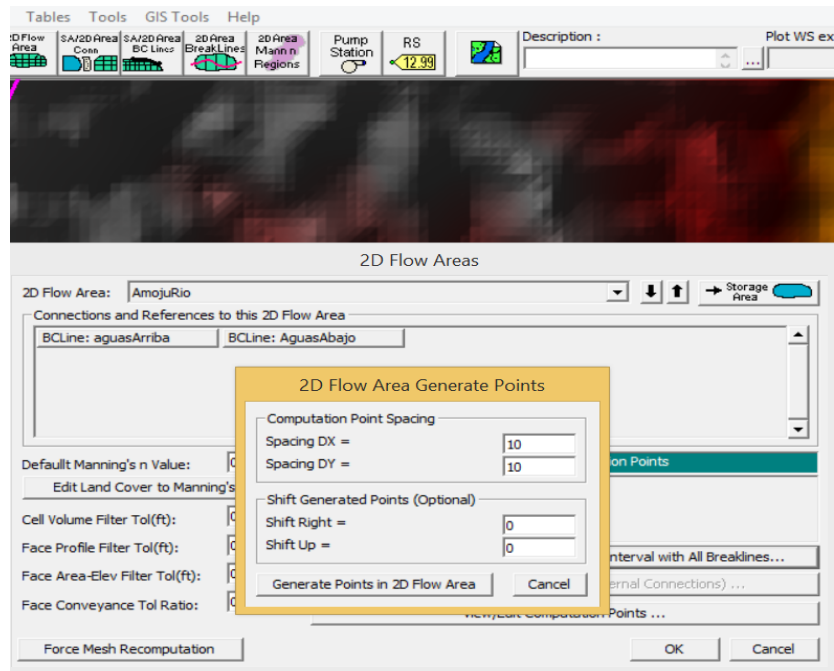
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.68: Ubicación de aguas arriba y agua abajo del cauce del río Amojú.



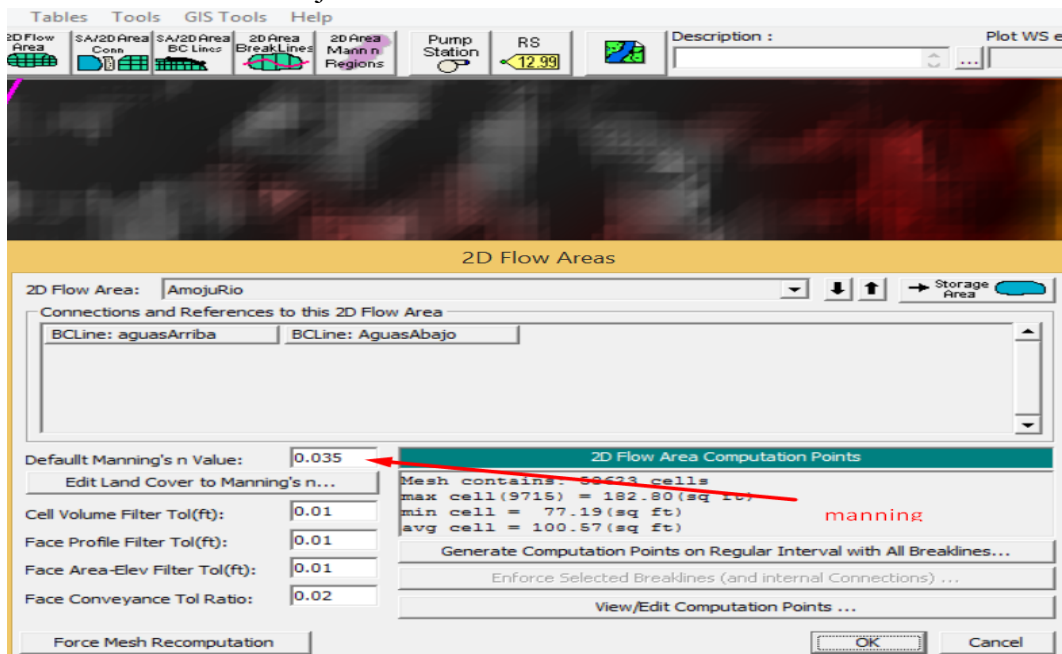
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.69: Creación de la grilla de la cuenca.



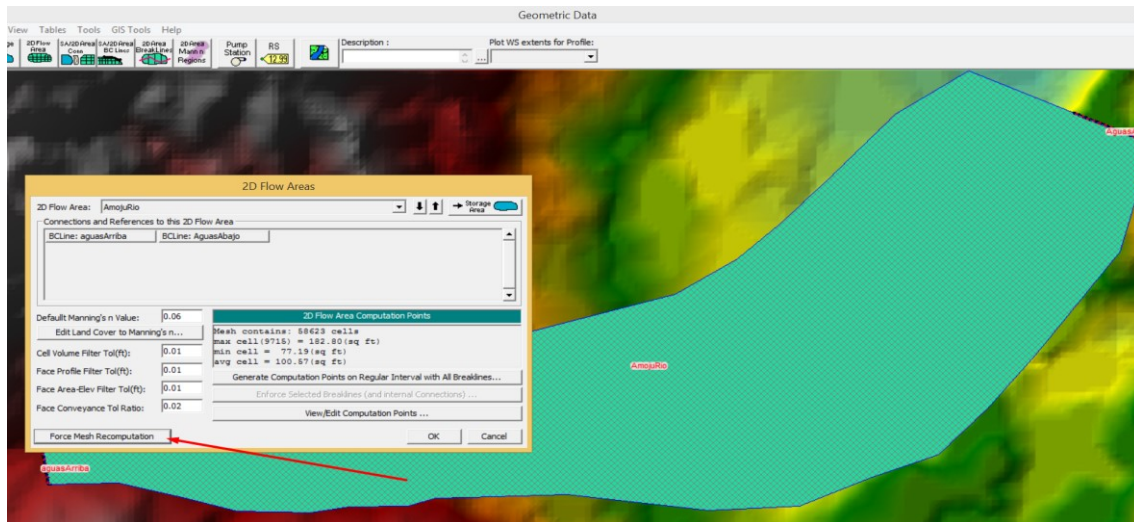
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.70: Colocación del coeficiente de manning en el software HEC-RAS 5.0.1 de la cuenca del Amojú.



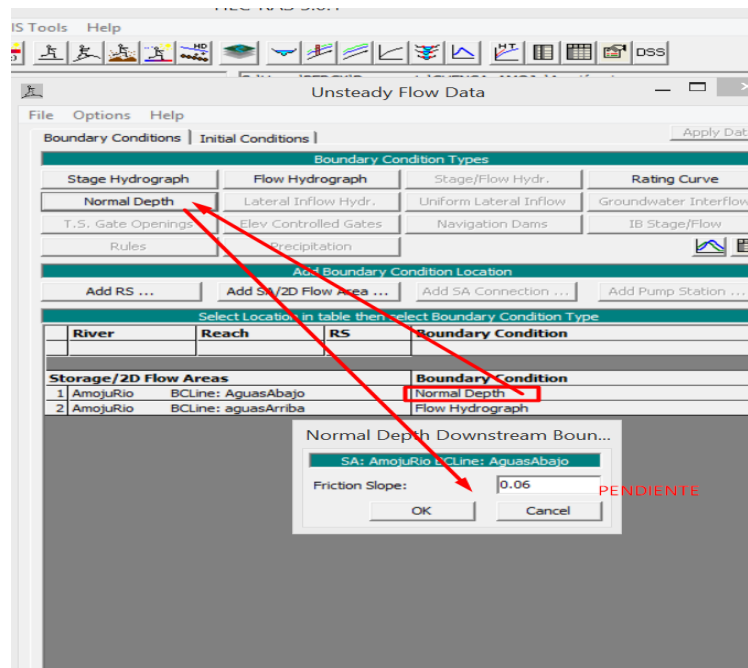
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.71: Click en Force mesh recomputacion para terminar de editar la geometría.



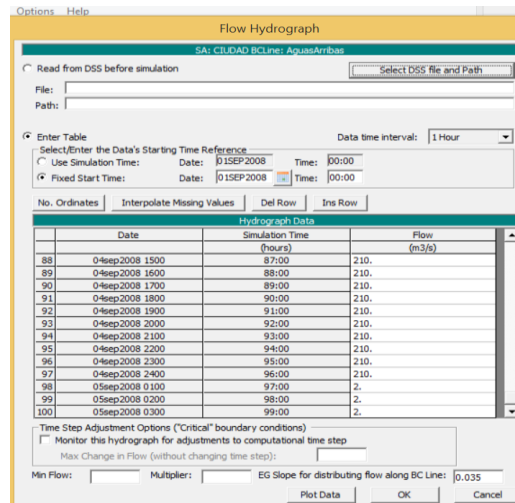
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.72: En el comando Unsteady Flow Data estarán los datos de aguas arriba y aguas abajo: Ahí se colocará Normal depth para aguas abajo y una pendiente de 0.06 donde la ventana friction slope. (la pendiente 0.06 aparece por defecto en el programa así que tenemos que cambiar esos datos por los obtenidos en el estudio hidrológico)



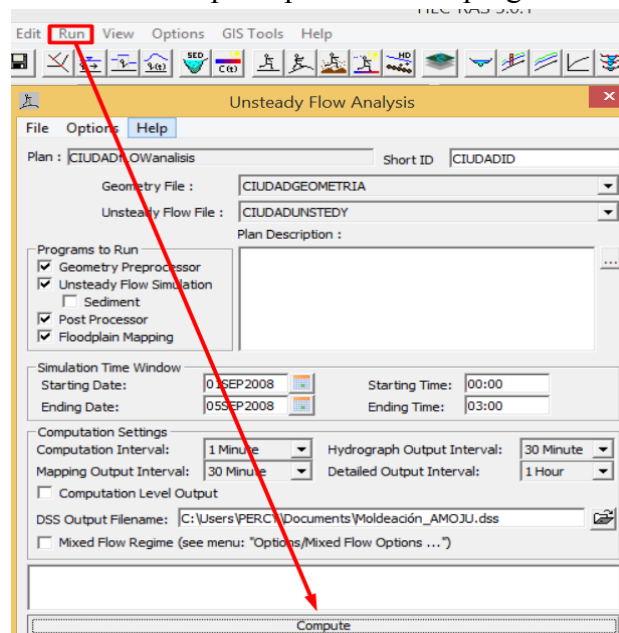
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.73: Insertamos los valores de los caudales en aguas arriba en este caso se observa el valor 210 m³/s que es el caudal máximo calculado para un periodo de retorno de 500 años.



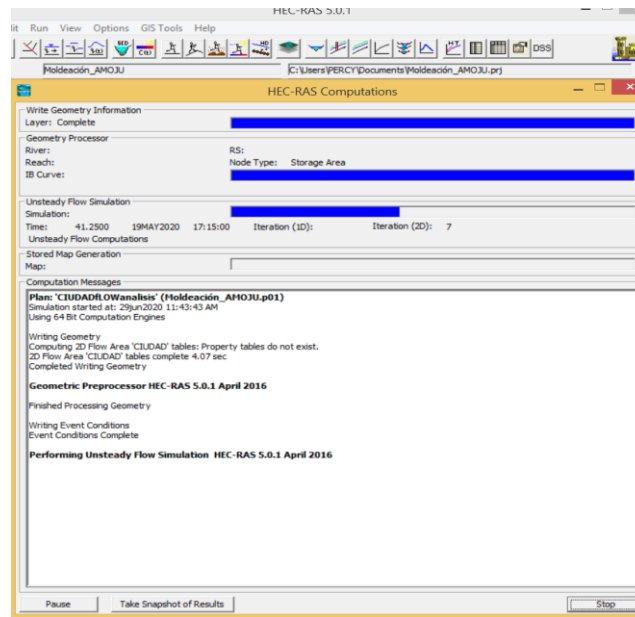
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.74: Procesamiento de datos con la herramienta Unsteady flow Analysis, luego hacer click en computer para correr el programa.



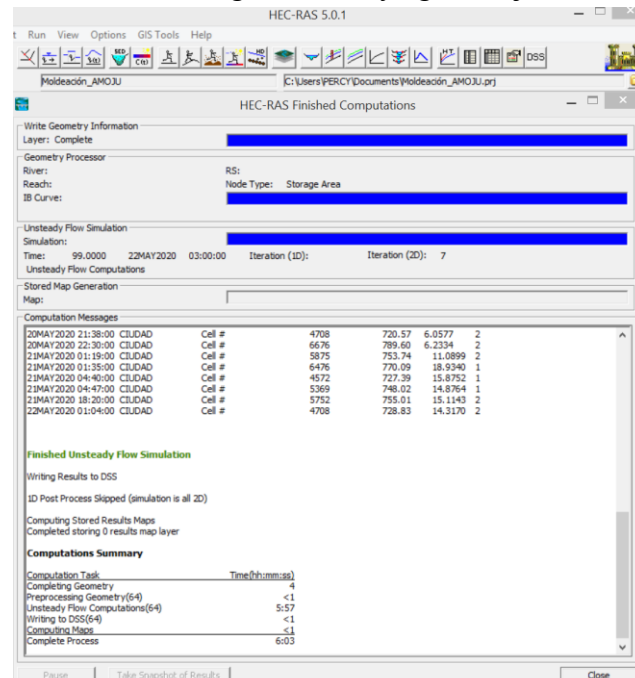
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.75: Procesamiento de datos.



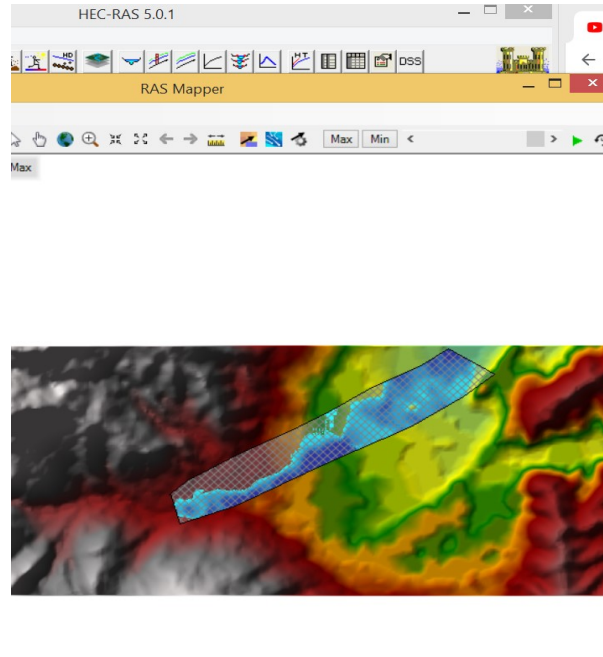
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.76: Ubicación de aguas arriba y agua abajo del cauce del río Amojú.



Fuente: Elaboración propia.

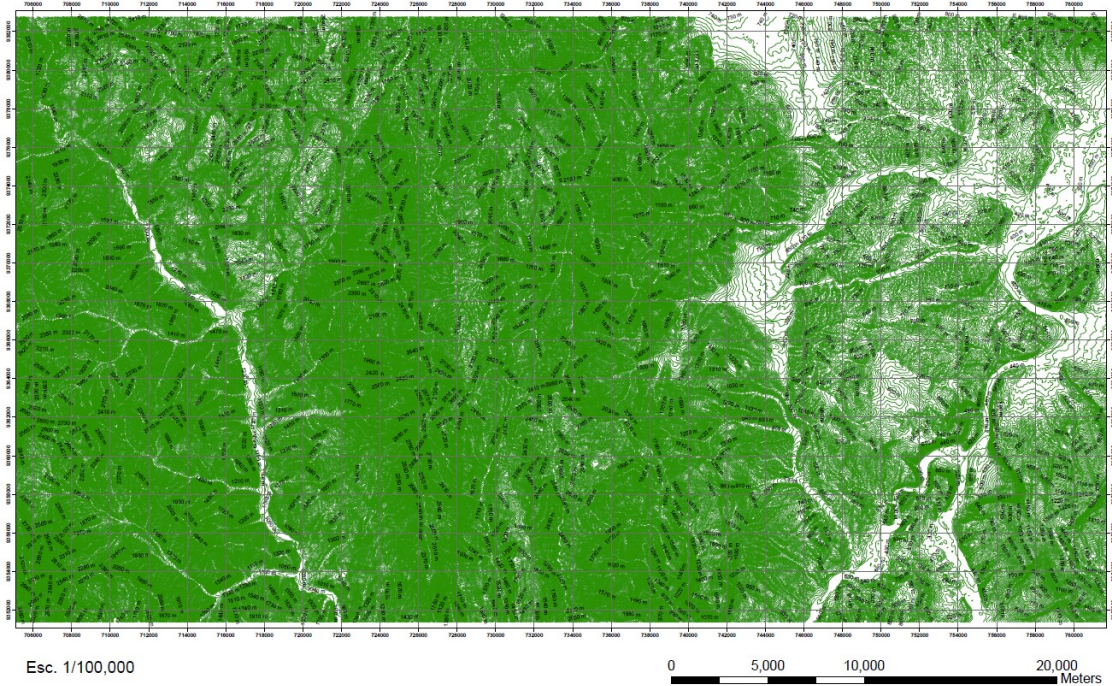
GRÁFICOS N°3.77: Modelamiento finalizado, podemos apreciar la inundación con un desborde que se encuentra en la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

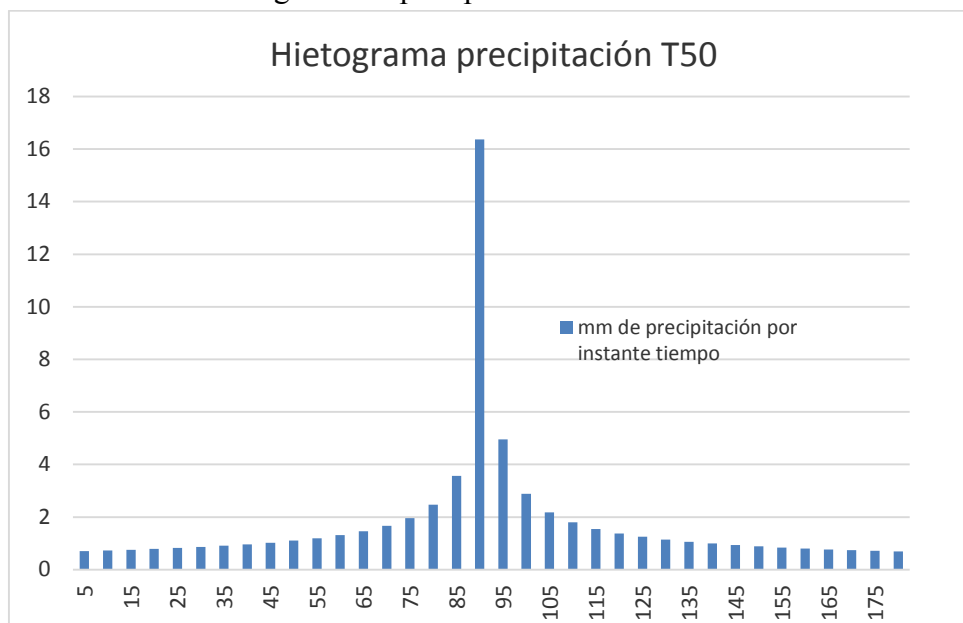
GRÁFICOS N°3.78: Mapa de curvas de nivel.

CURVAS DE NIVEL DE LA ZONA DE ESTUDIO



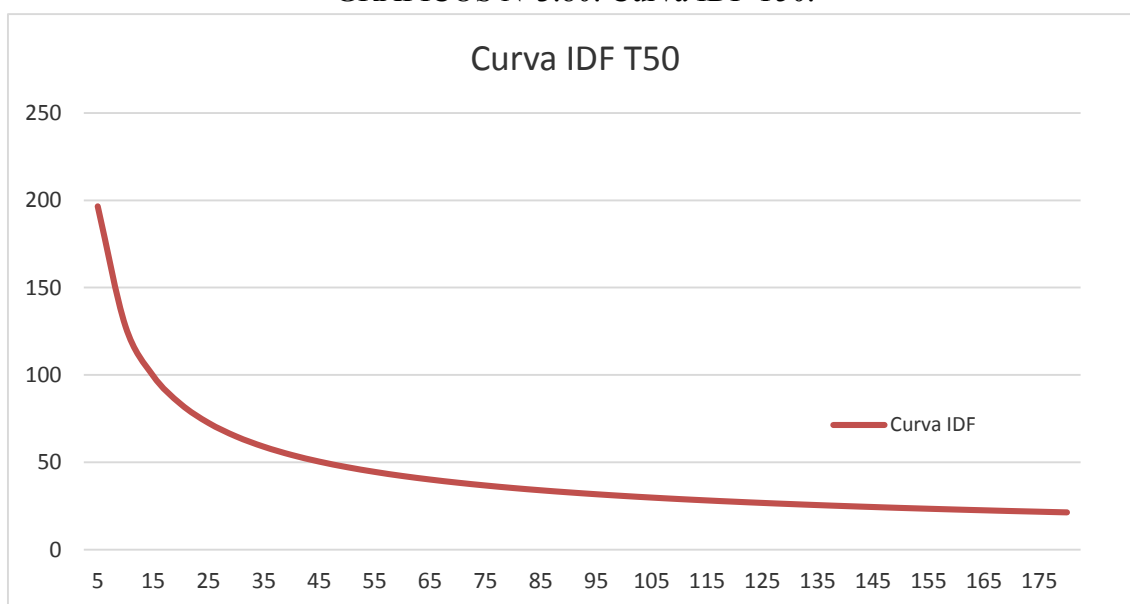
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.79: Hietograma de precipitación T50.



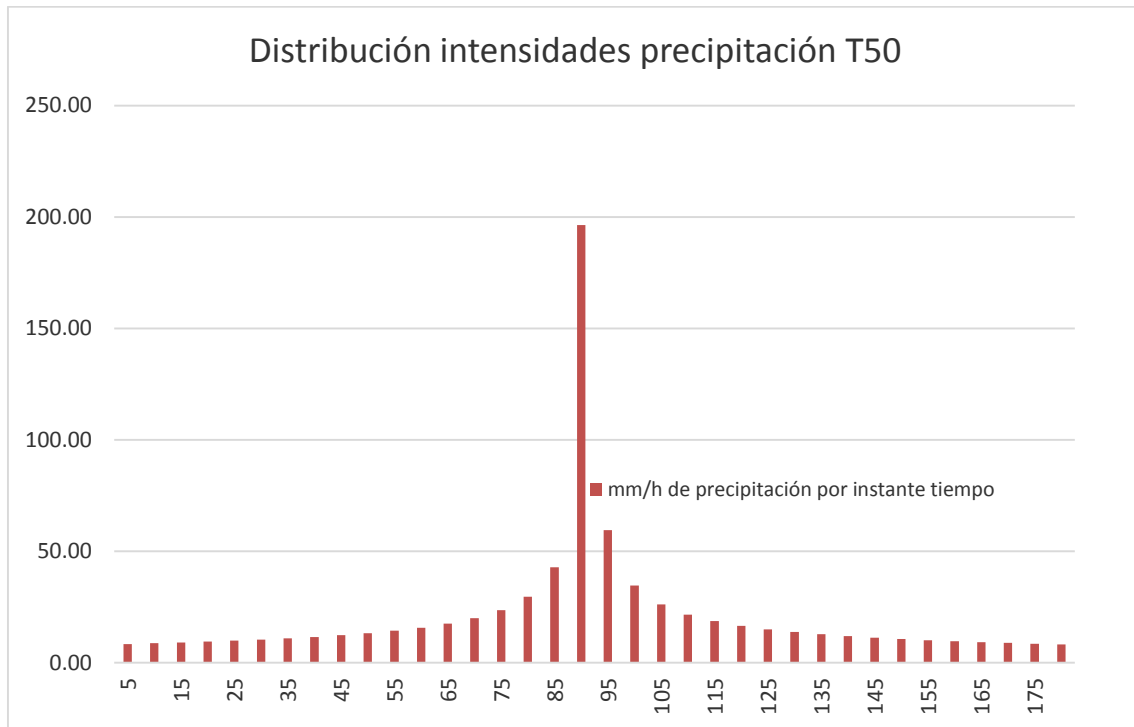
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.80: Curva IDF T50.



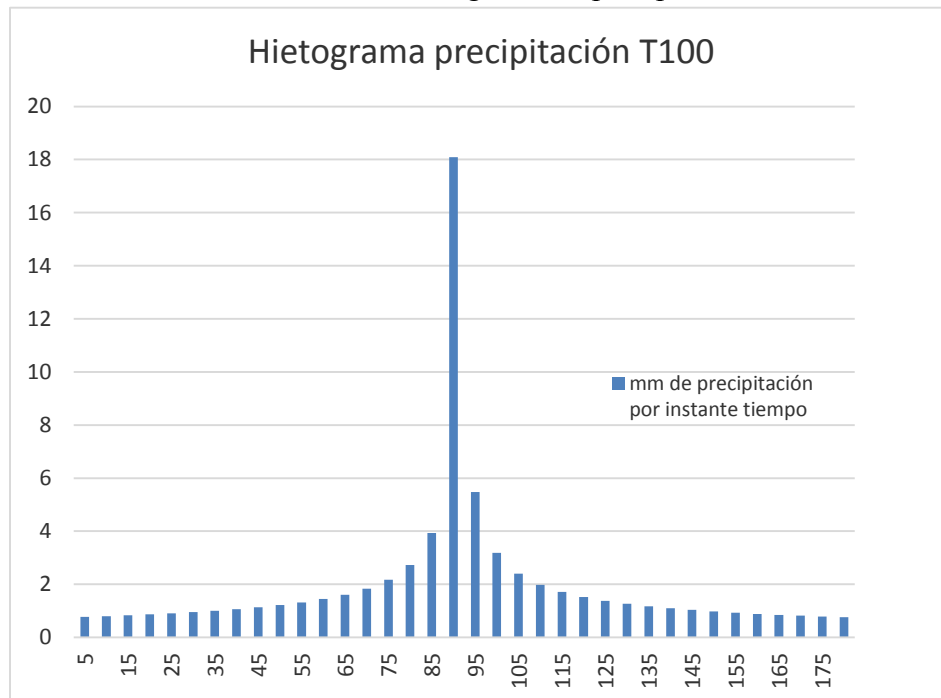
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.81: Distribución de intensidades de precipitación T50.



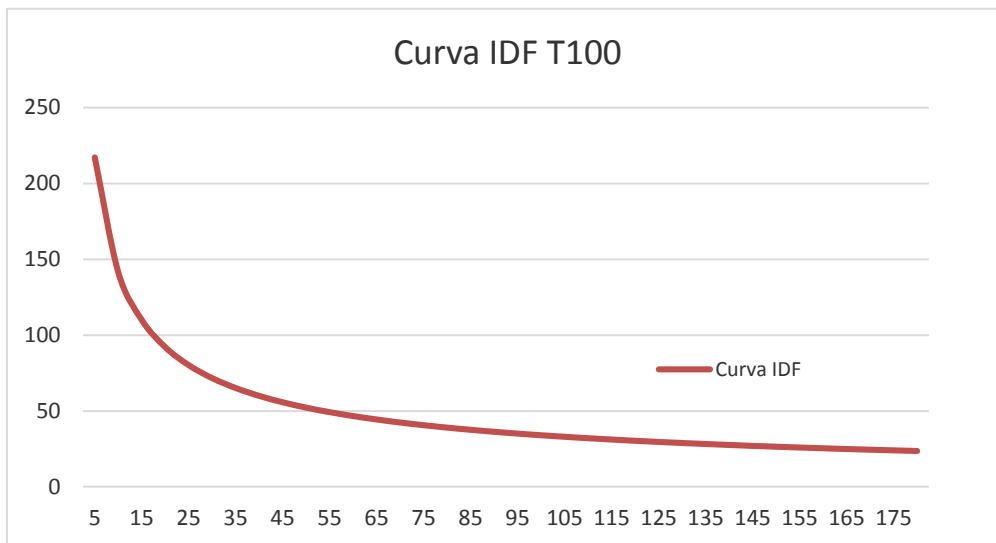
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.82: Hietograma de precipitación T100.



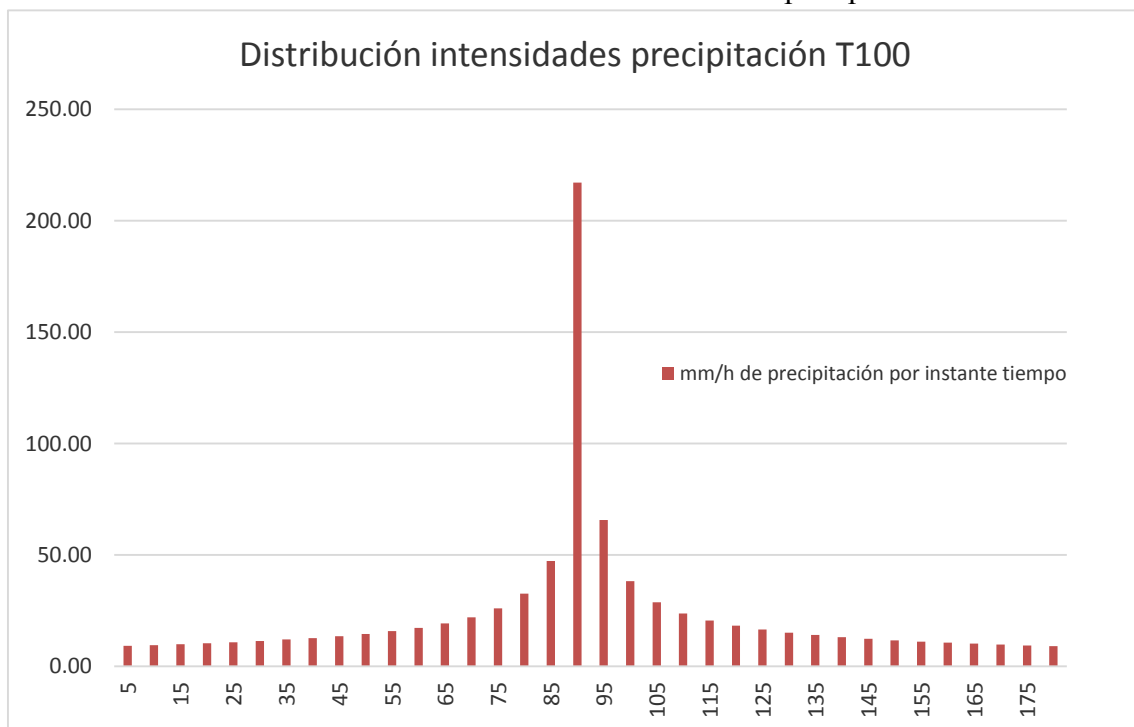
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.83: Curva IDF T100.



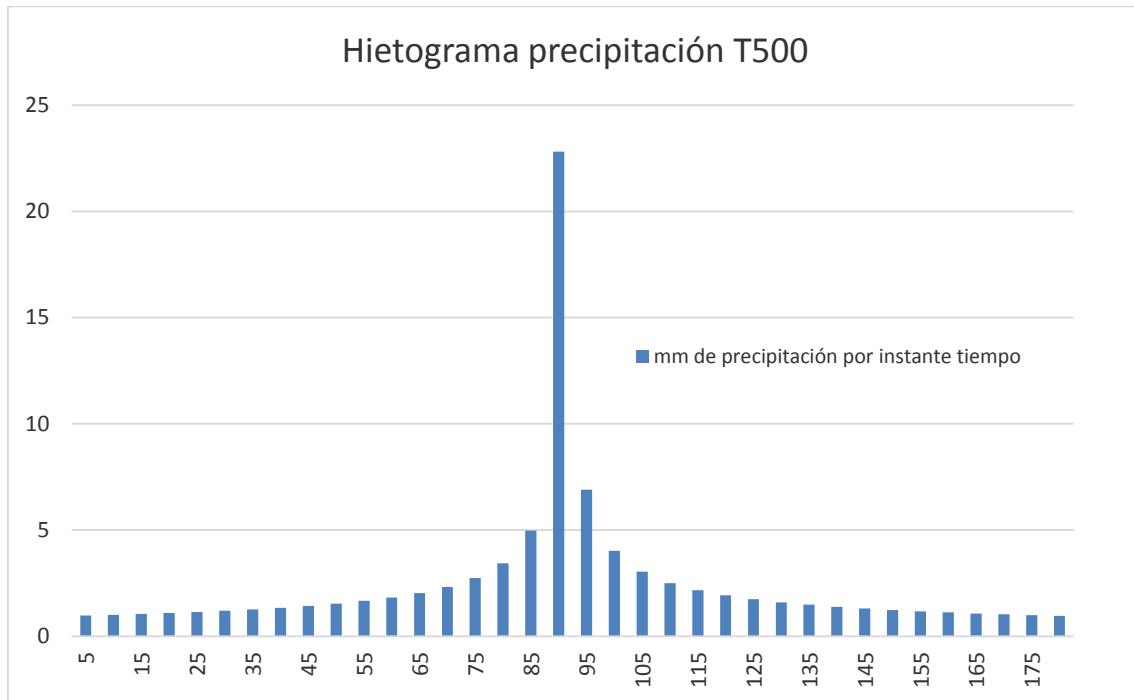
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.84: Distribución de intensidades de precipitación T100.



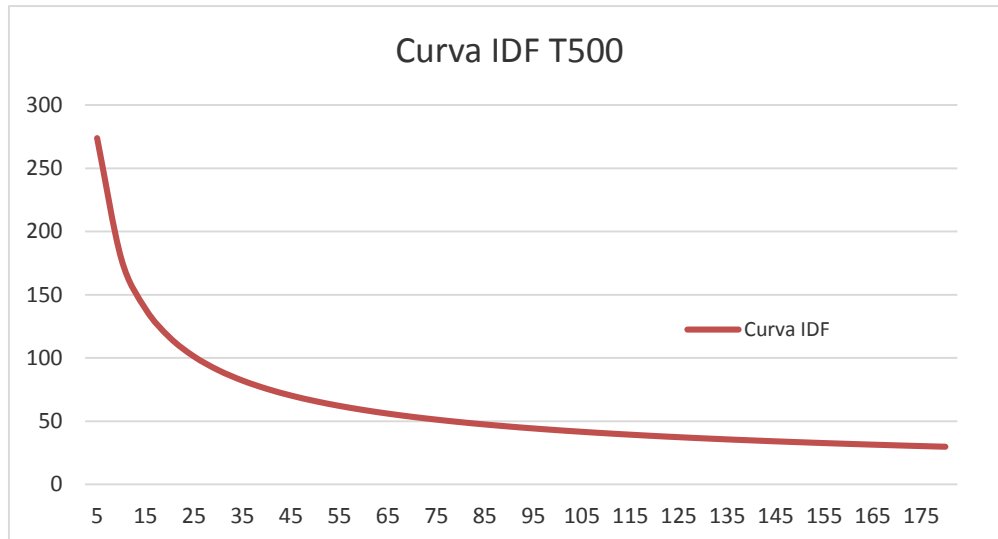
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.85: Hietograma de precipitación T500.



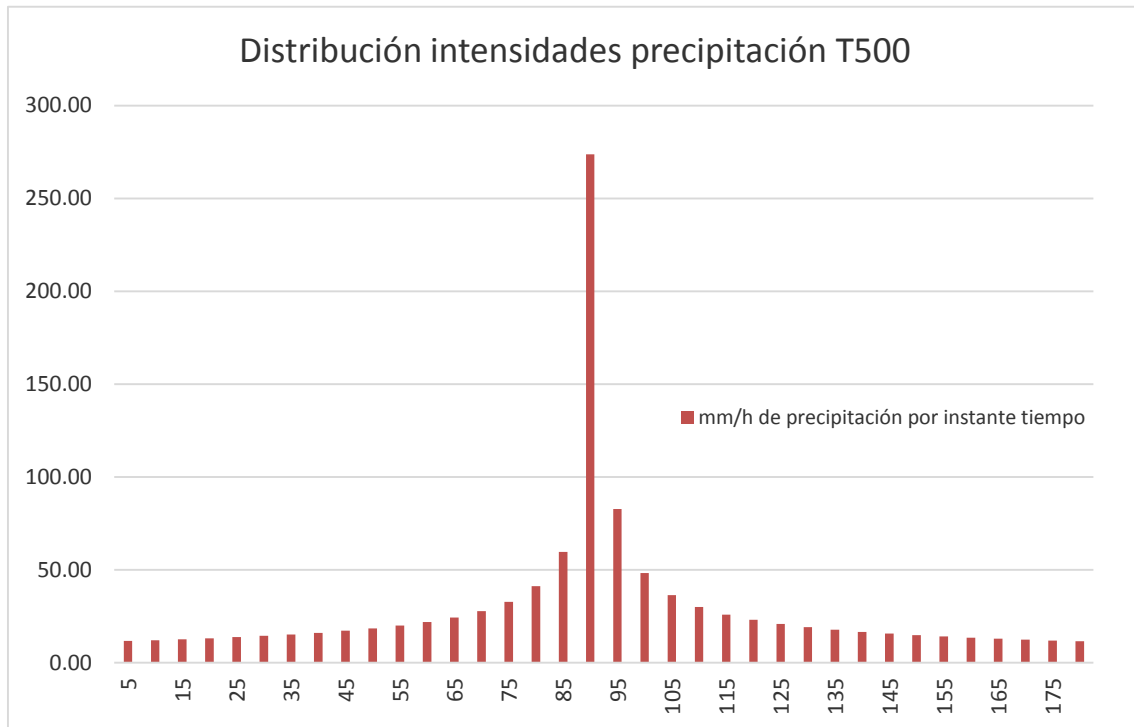
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.86: Curva IDF T500.



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.87: Distribución de intensidades de precipitación T500.



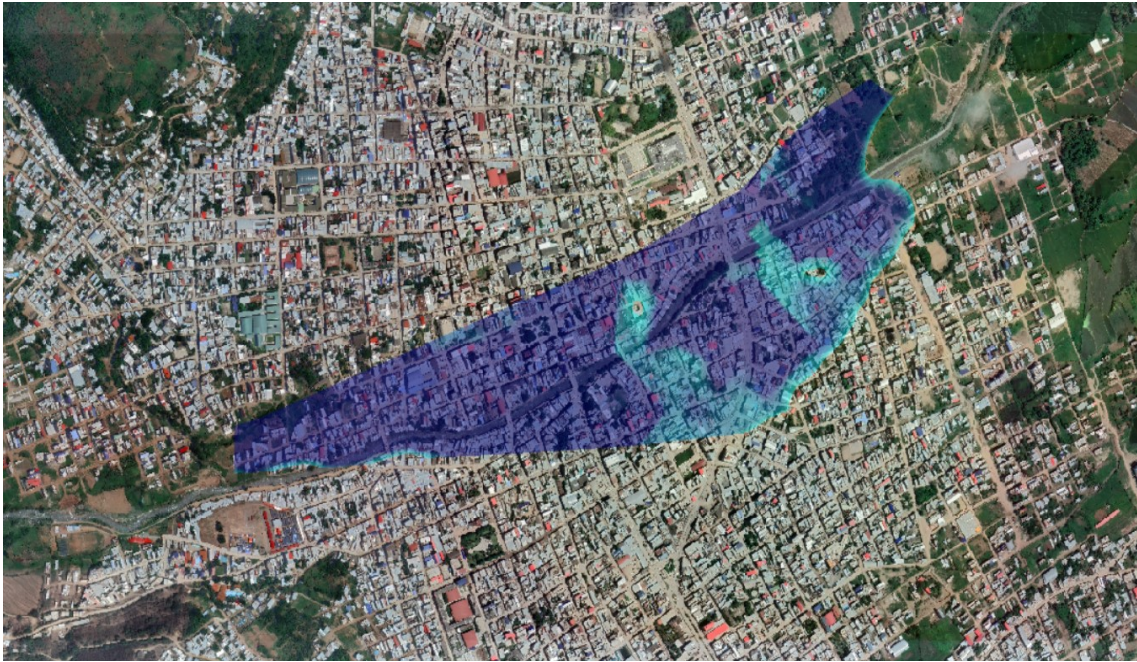
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICOS N°3.88: Mapa de inundación del río Amojú en la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

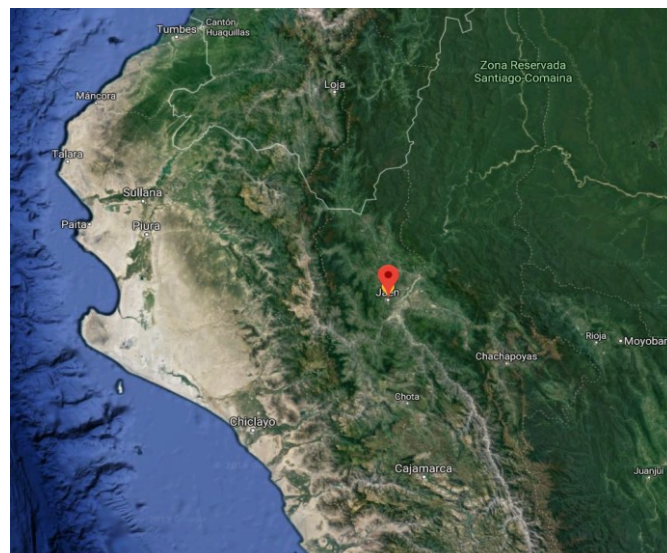
GRÁFICOS N°3.89: Mapa de inundación del río Amojú en la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 05: FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N°5.1: Ubicación geográfica del Proyecto: Ubicado en la parte nororiental del país.



Fuente: Google Earth

FOTOGRAFÍA N°5.2: Mapa Local del Proyecto: Vista completa del casco urbano de la ciudad de Jaén por donde atraviesa el río Amojú de izquierda a derecha por la parte central de la ciudad.



Fuente: Google Earth

FOTOGRAFÍA N°5.3: Vista Satelital: El río Amojú hace su recorrido desde las montañas que se aprecian en la parte superior central de la imagen, pasando por el centro de la ciudad.



Fuente: Google Earth.

FOTOGRAFÍA N°5.4: Vista Satelital: Recorrido de 2 km aproximadamente del río Amojú por la ciudad de Jaén.



Fuente Google Earth.

FOTOGRAFÍA N°5.5: Acciones realizadas para contrarrestar el riesgo de inundación: Con la intervención de maquinaria pesada luego de que el río Amojú se desbordara afectando a varias familias.



Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca.

FOTOGRAFÍA N°5.6: El alcalde de la ciudad de Jaén visitando las zonas afectadas en la parte alta de la ciudad-sector el Parral.



Fuente: Municipalidad Provincial de Jaén.

FOTOGRAFÍA N°5.6: Inicio del recorrido del río Amojú por la ciudad de Jaén desde la parte alta.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.7: La parte central derecha fue afectada por la inundación del río Amojú en el 2014, dejando una pampa desolada en el sector el Parral.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.8: Desborde de río Amojú en el año 2014, afectando directamente al sector el Parral en la parte alta de Jaén.



Fuente: INDECI.

FOTOGRAFÍA N°5.9: Río Amojú desde el puente Orellana: Los muros de contención no tienen la suficiente altura para evitar el desborde del río.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.10: Vista del puente Orellana es el primer puente que atraviesa el río Amojú durante su recorrido por la ciudad de Jáen.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.11: Puente Pardo y Miguel es el segundo puente que atraviesa el río Amojú durante su recorrido por la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.12: Característica de la ribera del río en su paso por el centro de la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.13: Vista desde el puente Villanueva Pinillos que conecta al centro de la ciudad, este es el tercer puente que atraviesa el río Amojú en su recorrido por la ciudad de Jaén.



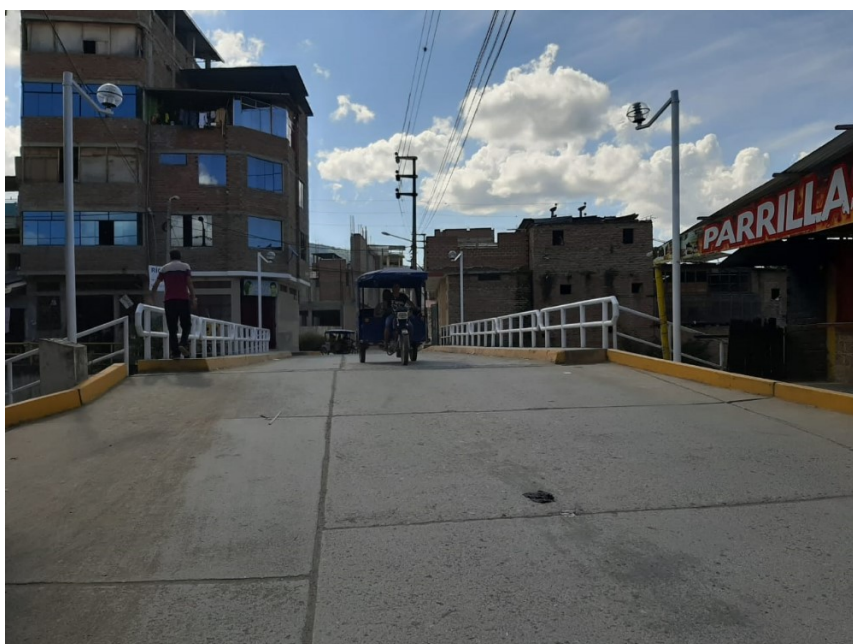
Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.14: Vista desde el puente Villanueva Pinillos, la altura de la defensa ribereña es mínima.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.15: Puente Manco Capac es el cuarto puente que atraviesa el río Amojú tras su paso por la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.16: Vista del Puente Pakamuros, es el quinto y último puente que atraviesa el río Amojú tras su paso por la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.17: Rampas de acceso al río Amojú en el Puente Pakamuros.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.18: Vegetación y zona urbana característica cerca al puente Pakamuros.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.19: Características del río Amojú en la parte baja-Sector San Camilo.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.20: Características de la zona urbana en la parte baja de la ciudad.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.21: Se observa que en la parte baja de la ciudad no presenta defensa ribereña al lado izquierdo del cauce.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.22: Viviendas cerca del cauce del río en la parte baja de la ciudad- Sector San Camilo.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.23: Fin de la defensa ribereña en la parte baja-Sector San Camilo.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.24: Inexistencia de defensa ribereña en la parte baja de la ciudad y presencia de zona urbana.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.25: Noticias nacionales informan sobre los daños ocasionados por las inundaciones causadas por el desborde del río amojú.



Fuente: RPP Noticias.

FOTOGRAFÍA N°5.26: Noticias nacionales informan sobre los daños ocasionados por las inundaciones causadas por el desborde del río amojú.



Fuente: RPP Noticias.

FOTOGRAFÍA N°5.27: Carretera hacia el puente la Corona que se encuentra en el cauce de la cuenca del río Amojú.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.28: Puente La Corona, atrás se aprecia el cerro la Pelota y su hidroeléctrica.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.29: Vista del cauce del río Amojú.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.30: Ingreso a la Hidroeléctrica la Pelota.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.31: Vista de la cuenca desde el cerro la Pelota, atrás la ciudad de Jaén.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.32: Caída de la tubería de la hidroeléctrica La Pelota.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.33: Canal perteneciente a la Hidroeléctrica La Pelota.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.34: Parte alta de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA N°5.35: Parte baja de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.