

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA
DEL RIO HUANTA - HUANTA - AYACUCHO - 2016**

**Tesis para obtener el título de:
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Presentado por:
YANETH ORÉ HUAMÁN**

AYACUCHO – PERÚ

2016

**CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
HUANTA - HUANTA - AYACUCHO - 2016**

Recomendado : 06 de julio de 2016

Aprobado : 27 de julio de 2016



Dr. JORGE EDMUNDO PASTOR WATANABE
Presidente del Jurado



M.Sc. SANDRA DEL ÁGUILA RÍOS
Asesor



Ing. EDUARDO PACORI QUISPE
Miembro del Jurado



Ing. ALFREDO ACHATÁ SALAS
Miembro del Jurado



Dr. ANTONIO JERÍ CHÁVEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

A mis padres Juvenal Oré Cabrera y Serafina Huamán Chocce, por darme la vida y que a pesar de las dificultades siempre me apoyaron y motivaron para seguir adelante.

A mis hermanas Catherine, Zelmira y Zeyka, por haberme brindado su tiempo y comprensión.

A Wilian Vega Tineo por ser mi compañero de la vida y mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A Dios que me dio el cuidado, la inteligencia necesaria para culminar mis estudios y derramar muchas bendiciones a mi persona, familiares y amigos.
- Mi gratitud a mi Alma Mater, forjador de grandes hombres Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Mis agradecimientos a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haberme albergado en sus aulas y brindarme una formación profesional en INGENIERÍA AGRICOLA.
- A los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haberme transmitido sus conocimientos y guiarnos para ser mejor cada día frente a los desafíos de un mundo de constante cambio.
- A la MSc. Ingeniera Sandra del Águila Ríos, asesora de la presente tesis por su aporte y apoyo incondicional.

	INDICE GENERAL	Pág.
Caratula		i
Dedicatoria		ii
Agradecimiento		iii
Indice de contenido		iv
Lista de Figuras		vii
Lista de Tablas		viii
RESUMEN		x
INTRODUCCIÓN		1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA		4
1.1. Antecedentes		4
1.2 Fundamento Teórico		10
1.2.1 Estudio de la Cuenca Hidrográfica		10
1.2.1.1 Cuenca Hidrográfica		10
1.2.1.2 Delimitación de una Cuenca		10
1.2.1.3 Características Morfométricas y Fisiográficas de Una Cuenca		10
1.2.1.4 Análisis de Consistencia		24
1.2.1.5 Determinación de la disponibilidad hídrica		25
1.2.1.6 Modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Scholz		25
1.2.1.7 Ingreso de Datos		34
1.2.1.8 Calibración del Modelo		34
1.3 Simulación		34
II. MATERIALES Y METODOLOGÍA		49
2.1. Descripción de la zona		49
2.1.1 Ubicación Política		49
2.1.2 Acceso y Vías de Comunicación		50
2.1.3 Ubicación Hidrográfica.		51
2.1.4 Flora		54
2.1.5 Fauna		54
2.1.6 Principales cultivos		55
2.1.7 Condiciones Climáticas		56
2.1.8 Topografía		57

2.1.9 Fisiografía	57
2.1.10 Suelos	59
2.1.11 Geología	63
2.1.12 Geología Regional	64
2.1.13 Geología Local	68
2.1.14 Suelos	71
2.1.15 Geomorfología Local	72
2.1.16 Cordillera Oriental	72
2.1.17 Laderas	73
2.1.18 Depresiones	73
2.1.19 Valles	74
2.1.20 Cono Volcánico	74
2.1.21 Aspectos Estructurales	75
2.1 Materiales y Equipos	76
2.3 Metodología	
A. Fase campo	76
B. Fase de gabinete	77
2.3.3 Geomorfología de la cuenca principal.	78
D. Tratamiento de la data hidrometeorológica	91
D.1 Información Hidrometeorológica	91
D.1.1 Fuentes De Información	92
D.1.2 Red Hidrometeorológica	92
D.1.3 Tratamiento de la Información Pluviométrica Total Mensual	92
E. Generación de caudales medios en el área de estudio	93
E.1 Método De Lutz Schölz	93
E.2 Calibración	94
E.3 Generación de Descargas	95
E.3.1 Información Básica Para el Modelo	95
E.3.2 Sección a ser Evaluada	95
F. Generación de Caudales Máximos	96
F.1 Análisis estadístico de la PP Max en 24 horas de la estación meteorológica	96

F.2 Análisis de las distribuciones	99
F.3 Pruebas de ajuste	99
F.3.1 Prueba de CHI cuadrado(X ²)	99
F.3.2. Método del error cuadrático mínimo	101
F.3.3. Prueba de Smirnov – Kolmogorov	102
F.3.4. Selección de la función de distribución	102
F.3.5. Curvas de intensidad duración y frecuencia	103
F.3.6 Método de Dyck Peschke	103
III. RESULTADOS	105
IV. DISCUSIONES	141
V. CONCLUSIONES	143
VI. RECOMENDACIÓN	145
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	147
ANEXO	149

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 1.1: Curva Hipsométrica	16
Figura 2.1: Mapa de Ubicación Política de la Provincia de Huanta	49
Figura 2.2 : Modelo de elevación Digital del área del rio Huanta	77
Figura 2.3 : Imagen de la red hidrográfica del rio Huanta	78
Figura 2.4 : Archivo tipo shapefile y tabla de atributos	79
Figura 2.5: Imagen de elevación de la microcuenca del rio Huanta	80
Figura 2.6: Mirocuenca del Rio Huanta en formato SHP	81
Figura 2.7: Imagen en formato TIN de la Microcuenca Huanta	82
Figura 2.8: Imagen de elevación de la Microcuenca del rio Huanta	83
Figura 2.9 : Imagen de dirección de flujo	84
Figura 2.10 : Imagen de flujo acumulado	85
Figura 2.11 : Reclasificación del raster de órdenes de jerarquía	86
Figura 2.12 : Calculo de Órdenes de Jerarquía	86
Figura 2.13 : Resultado de la conversión de raster a shapefile	87
Figura 2.14 : Mapa de pendientes en porcentaje de elevación	88
Figura 2.15 : Mapa de los aportantes a la microcuenca	89
Figura 3.1 : Polígono de frecuencias del rio Huanta	108
Figura 3.2 : Caudales Generados	116
Figura 3.3 : Canal de aforo	118
Figura 3.4 : Vista panorámica del afluente del rio	118
Figura 3.5 : Hietograma para unTR:5 Años	123
Figura 3.6 : Hietograma para unTR:10 Años	124
Figura 3.7 : Hietograma para unTR:5 Años	126
Figura 3.8 : Hietograma para unTR:10 Años	127
Figura 3.9 : Aportantes a la microcuenca del rio Huanta	127
Figura 3.10 : Solución de las ecuaciones de escorrentía	135

ÍNDICE DE TABLAS	Pag
Tabla 1.1: Valores del coeficiente de Compacidad	11
Tabla 1.2 : Valores del Índice pendiente global	18
Tabla 1.3 : Valores de Densidad de Drenaje	21
Tabla 1.4 : Coeficiente para el Cálculo de Precipitación Efectiva	27
Tabla 1.5 : Abastecimiento de la Retención	32
Tabla 2.1 : Leyenda Fisiografica	56
Tabla 2.2 : Ubicación de las Estaciones Meteorologicas	91
Tabla 2.3 : Distribución de probabilidades para la microcuenca baja	96
Tabla 2.4 : Distribución de probabilidades para la microcuenca alta	97
Tabla 2.5 : Prueba del Chi Cuadrado para la parte baja	99
Tabla 2.6 : Prueba del Chi Cuadrado para la parte alta	100
Tabla 2.7 : Análisis de la estación de la Microcuenca baja	101
Tabla 2.8 : Análisis de la estación de la Microcuenca alta	102
Tabla 3.1: Calculo de la Altitud Media	107
Tabla 3.2 : Areas Parciales	108
Tabla 3.3 : Valor de KC para determinar la forma de la cuenca	109
Tabla 3.4 : Areas parciales para calcular el ancho de la Microcuenca	110
Tabla 3.5: Calculo de Indice de Pendientes	112
Tabla 3.6 : Precipitacion mensual de la Microcuenca	114
Tabla 3.7 : Calculo de coeficiente de Escorrentia	114
Tabla 3.8 : Resumen de Caudal Generado	115
Tabla 3.9 : Calculo de Caudales Generados	115
Tabla 3.10 : Generacion de caudales mensuales (mm/mes)	116
Tabla 3.11 : Generacion de caudales mensuales (m3/seg)	117
Tabla 3.12 : Disponibilidad Hidrica de la Microcuenca	117
Tabla 3.13 : Resumen de precipitación máxima de 24 horas (mm)	119
Tabla 3.14 : Tabla de puntuación de la Microcuenca baja	120

Tabla 3.15 : Tabla de puntuación de la Microcuenca alta	120
Tabla 3.16 : Generación de datos para la Microcuenca baja	121
Tabla 3.17 : Precipitación (mm) para diferentes tiempos de retorno	122
Tabla 3.18 : Análisis de la estación para un TR= 5 Años	122
Tabla 3.19 : Análisis de la estación para un TR= 10 Años	123
Tabla 3.20 : Análisis de la estación Quinua para la Microcuenca alta	124
Tabla 3.21 : Precipitación (mm) para diferentes tiempos de retorno	125
Tabla 3.22 : Análisis de la estación para un TR= 5 Años	125
Tabla 3.23 : Análisis de la estación para un TR= 10 Años	126
Tabla 3.24 : Análisis del tiempo de concentración (Tc) para el rio Huanta	128
Tabla 3.25 : Análisis del tiempo de concentración (Tc) SC 02	128
Tabla 3.26 : Análisis del tiempo de concentración (Tc) SC 03	129
Tabla 3.27 : Análisis del tiempo de concentración (Tc) SC 04	129
Tabla 3.28 : Análisis del tiempo de concentración (Tc) SC 05	130
Tabla 3.29 : Números de Curva de escorrentía (CN)	134
Tabla 3.30 : Grupo Hidrologico del Suelo	137
Tabla 3.31 : Clasificación de antecedentes de humedad (AMC)	138

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito determinar las características principales de la microcuenca del río Huanta; haciendo uso de una herramienta, muy empleada en la actualidad, pero poco difundida en nuestro medio como son los Sistemas de Información Geográfica y para lo cual se analizó toda la información disponible de los estudios realizados por la INDECI en la provincia de Huanta el cual es genérico pero se tomó como base para el planteamiento de este estudio. En primer lugar toda la información disponible se convirtió a formato digital, paso siguiente fue delimitar el microcuenca, las cartas nacionales que se emplearon se encuentran a escala 1:100,000 y con la información procesada de precipitaciones se procedió a elaborar los cálculos de los caudales máximos para diferentes tiempos de retorno con el propósito de que el documento sirva como insumo para realizar estudios hidráulicos y otros comprendiéndose que el río pasa por el medio de la población y es un peligro latente. Posteriormente se procedió hacer el tratamiento de los datos meteorológicos específicamente con la PP máx. 24 horas para luego alimentar al HMS para determinar los caudales máximos en cada punto de aforo de los 05 afluentes en que se ha dividido la microcuenca, se tiene como resultado un producto que permitirá manejar la información disponible de una manera mucho más práctica y sencilla, que nos permitirá tener presentaciones de modo gráfico. En la zona de estudio se hace referencia a los 05 cursos como el río Huanta, Quebrada Chula, Quebrada Huaraco, río Chacacocha y el río Pampacocha , siendo el río Huanta el más importante para la Población porque es el río que pasa por el centro de la población y que muchas veces causa daños materiales y humanos en los meses de lluvia , cabe mencionar que el río Huanta es alimentado por el nevado Razuhuilca sus aguas son captados para todo los usos de tal manera que es la fuente principal para la población beneficiaria, también cabe indicar que es un afluente para el Río Cachi.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis estudia las características principales de la microcuenca del río Huanta, haciendo uso de una herramienta que hoy en día es indispensable para realizar trabajos de ordenamiento, planificación, recuperación, el Sistema de Información Geográfica (SIG) cada día es más utilizada porque una de las ventajas es el ahorro de tiempo, con el apoyo del Sistema de Información Geográfica se determinó los parámetros morfométricos de la microcuenca la aplicación de ellos es referido a la disponibilidad hídrica de desarrollo sostenible de los recursos hídricos. También se hace referencia a la estructura, la clasificación de acuerdo a su formato, así como las principales funciones de los SIG, como son la entrada de datos, el almacenamiento y organización de la base de datos, análisis y transformaciones y finalmente la representación visual (Hynd, S.1995).

Los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación serán aquellos que se ingresarán a la base de datos de nuestro SIG, y trata sobre la ubicación, descripción y caracterización de la microcuenca, los parámetros geomorfológicos y las precipitaciones que se producen, además de los caudales máximos de la microcuenca del río Huanta. Se presentan los resultados del SIG desarrollado en el presente trabajo, la cuál es el alcance del producto.

El Problema principal son los impactos sociales, económicos y ambientales que se producen por la inadecuada planificación de los recursos hídricos cada día son más significativos y con muy poca atención y prioridad por parte de las instancias gubernamentales, como de los propios actores involucrados en la problemática. Sólo cuando ocurren inundaciones, falta de agua para las poblaciones, falta de agua para los cultivos, efectos de la sedimentación o contaminación, deslizamientos masivos de tierras entre otros; tanto autoridades, como la población en general; manifiestan su preocupación y se toman ciertas medidas de mitigación (ZEE – OT,2013).

- Las características de la microcuenca del río Huanta son muy importantes, para plasmar en un documento las potencialidades y

dificultades que presenta la microcuenca respecto al desarrollo sostenible de los recursos hídricos.

También se considera los problemas secundarios

- No se tiene estudios referidos a la caracterización morfométrica de la microcuenca por ende no hay un ordenamiento de la población ya que la caracterización morfométrica de una cuenca nos permite identificar aspectos sociales, económicos y ambientales.
- Carencia de estudios hidrológicos de la microcuenca del río Huanta teniendo en cuenta que el río pasa por el casco urbano del distrito presentando grandes problemas en la población con el crecimiento del río en los meses de lluvia, generando grandes pérdidas económicas para la población.
- Los estudios hidrológicos de precipitación y máximas avenidas son de importancia a razón de que se pueda pronosticar eventos probables de descarga de máximas avenidas.

El objetivo general que se plantea en la tesis es lo siguiente:

- Realizar la caracterización de la microcuenca del río Huanta, para obtener una base que permita elaborar el plan para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

Los objetivos específicos planteados son:

- Determinar parámetros morfométricos de la microcuenca del río Huanta que permitan elaborar el plan para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.
- Determinar las características hidrológicas de la microcuenca del río Huanta que permita elaborar el plan para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.
- Calcular las precipitaciones máximas (PPmax) a diferentes tiempos de retorno y los caudales máximos (Qmax.) asociados a ellos.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes

Se tiene como antecedente el estudio denominado SIG de la cuenca del río Puyango – Tumbes presentado en la Universidad de Piura en la Facultad de Ingeniería en el año 2002, para la gestión de los recursos hídricos estudia las características principales de la cuenca empleando como herramienta los sistemas de información geográfica. Los Sistemas de Información geográfica se han convertido hoy en día en herramientas muy efectivas de la ingeniería en sus diferentes ramas y esto se debe al desarrollo del mundo de la informática que ha permitido la creación de numerosos programas con aplicaciones específicas; esta herramienta está siendo empleada con mucha frecuencia en la actualidad hoy en día tiene mucha difusión en nuestro medio debido principalmente a que es una herramienta de mucha importancia para la rama de la Ingeniería.

El Gobierno Regional de Ayacucho realizó la Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial en la Región Ayacucho (ZEE - OT), con el fin de tratar un tema de gran importancia para la región, ya que sus resultados servirán como herramientas para una adecuada toma de decisiones que involucran el desarrollo de nuestra región este estudio fue aprobado en el año 2013.

Mapa de peligros de la ciudad de Huanta presentado por la INDECI el presente Informe ha sido realizado dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles, 2004 ,con la finalidad de establecer un documento técnico para el área de estudio, que comprende los

distritos de Huanta y sus zonas de expansión urbanística, de la provincia de Huamanga departamento de Ayacucho, en donde se presenta como producto final, la zonificación de Peligros Físicos asociado a la ocurrencia de diversos fenómenos naturales; fundamentalmente de origen geológico, geológico climático, geotécnico y climático; identificando las áreas más seguras y los Proyectos de mitigación ante los efectos de los peligros naturales.

El área de estudio se encuentra al este de la Ciudad de Huanta, presenta 05 Cursos de agua: Huanta, Chula, Huaraco y Chacacocha; siendo el de mayor importancia el río Huanta que es alimentado por lagunas del nevado Razuhuilca; pues ha sido el que ya ha causado inundaciones por desborde de sus aguas en el año 1956 y el 2006.

El recurso agua, es la línea base para el desarrollo de la vida, pero escasea en la medida que la demanda se vaya incrementando y por una mala gestión. Después del aire, el agua es el elemento más indispensable para la existencia del ser humano. En la actualidad, es preocupante que su obtención y conservación se esté convirtiendo en un problema crucial; que se traduce en conflictos sociales que no permiten implementar una adecuada gestión de este recurso. (Plan de Desarrollo Concertado Regional 2007-2024).

Observamos que la variabilidad climática y los impactos que se esperan con el cambio climático, están alertando el comportamiento del régimen de la precipitación, ocasionando la generación de eventos extremos entre los cuales podemos citar: Sequías, inundaciones, desbordes, huaycos y otros que ocasionan pérdidas socio-económico.

Estos aspectos adversos, nos obligan a planificar nuestro accionar con la naturaleza, por ello la necesidad de generar documentos técnicos que orienten y sirvan de guía para el aprovechamiento óptimo y responsable de nuestros recursos naturales. Uno de ellos es el Balance Hídrico Superficial, que permitirá evaluar las condiciones hidrometeorológicas de la Región Ayacucho, con el fin de caracterizar las variables del ciclo hidrológico y determinar el Balance Hídrico Superficial de la cuenca que nos dará una

idea general de la disponibilidad del recurso agua, para su adecuado uso en la zona.

Es por ello que la elaboración, desarrollo y culminación de este estudio, es uno de los pilares para poder desarrollar y elevar el nivel de vida de las poblaciones ubicadas en esta región.

En el estudio se identifican los suelos predominantes, los usos actuales y se determinan los destinos de este recurso; enfocándose a diversas líneas de investigación, en el ámbito de la ecología del paisaje para el análisis territorial, evaluación de los recursos naturales y otras más. En este sentido, el territorio resulta ser un sistema donde interactúan diversos componentes ambientales como son distintas unidades geoecológicas, que detectan ciertas relaciones y diferencias que las asocian y homologan, que permite integrar su contenido, organización, dinámica y comportamiento.

Este modelo conceptual ecogeográfico permite comprender su funcionamiento, integrado por los subsistemas: natural abiótico, natural biótico y sociocultural; en este último se consideran los usos actuales del suelo y la densidad poblacional, incluidas las organizaciones socioeconómicas, que se contemplan como eje de las actividades económicas locales a mayor escala (García y Muñoz, 2002).

Los procesos de degradación del suelo suelen traducirse en una reducción de la productividad de los cultivos y los recursos hídricos. Los efectos negativos de un suelo degradado sobre la economía de una región son más severos en las zonas que más dependen de la agricultura para obtener ingresos (Mintegui Aguirre & López Unzú, 1990; Gaspari et al., 2006).

La conservación y rehabilitación de tierras constituye una parte esencial del desarrollo agrícola sustentable. La degradación de los suelos se acentúa en presencia de riesgos ambientales, que se consideran producto de la conjunción de un fenómeno natural extremo y acciones antrópicas, relacionados dentro de un espacio y tiempo determinado.

Las intensas precipitaciones, alta densidad de drenaje y altas pendientes, en áreas con condiciones de descomposición de rocas originales del sustrato geológico pueden originar desprendimientos por procesos de

erosión superficial o por movimientos de masa. Dichos procesos pueden acelerarse por deforestación de las vertientes, falta de implementación de medidas de conservación de suelos y por eventos extremos, tales como lluvias intensas. (Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú, ANA, 2009).

La Gestión del Agua en el Perú.- La influencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente Peruana y el anticiclón Pacífico Sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas del Perú. En términos generales, el clima de la franja costera longitudinal que se extiende entre el Océano Pacífico y los contrafuertes occidentales de la Cordillera de Los Andes, es de tipo tropical y subtropical árido, con escasa o casi nula precipitación; presenta extensas áreas donde no llueve en ninguna época del año; las lluvias que caen en la época del verano austral sobre la vertiente occidental de Los Andes, dan nacimiento a pequeños ríos de régimen torrencial que cortan transversalmente la franja costera y originan los distintos valles costeros, separados entre sí por grandes planicies desérticas. En la vertiente del Atlántico, la precipitación media es de 2 400 mm anuales, alcanzando valores de hasta 4000 mm en la selva baja y; en la vertiente del lago Titicaca de 700 mm. En general el Perú cuenta con importantes recursos hídricos, provenientes de fuentes naturales como glaciares, lagos, lagunas, humedales, ríos, acuíferos y; de fuentes alternativas como aguas desalinizadas provenientes del mar y aguas residuales tratadas. El Perú concentra el 71% de los glaciares tropicales de los Andes Centrales, observándose en los últimos cuarenta años, un sostenido retroceso atribuible al calentamiento global, que repercute en la provisión de recursos hídricos para el consumo humano, la agricultura, la industria y la generación de energía. Asimismo, crecen el riesgo y la exposición de la población asentada en las zonas alto andinas a desbordes de lagunas, glaciares y aludes, entre otros, además de afectar la belleza escénica natural y por tanto, el turismo. Los glaciares tropicales andinos del Perú tienen importancia económica, social y ambiental considerable; sus aguas de deshielo aportan recursos hídricos para satisfacer la demanda

poblacional e industrial de las principales ciudades (Huaraz, Chimbote, Trujillo, Lima) y generan gran parte de la electricidad que se consume a nivel nacional. Desde 1932 a la fecha han desaparecido áreas nevadas que alcanza en algunos casos a un kilómetro y medio de extensión. En la cordillera Blanca, se ha registrado en los últimos 67 años, una pérdida aproximada de 50MMC de nevados en sólo uno de sus glaciares. El retroceso glaciar amenaza una futura alteración de los caudales en los ríos, que incrementaría el proceso de desertificación. En más de una década de observación de la evolución de glaciares, realizada por la Ex - Intendencia de Recursos Hídricos del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) se concluye que el retroceso de los glaciares en los Andes Tropicales se ha intensificado desde fines de la década de 1970) la magnitud del retroceso depende del tamaño del glaciar, aquellos considerados "grandes" han perdido entre 400 y 600 mm de agua equivalente por año desde el inicio de las observaciones (1991-1995), mientras que los "pequeños" han disminuido a tasas mayores (entre 1,000 y 1,300 mm de equivalente agua por año), la contribución de los eventos cálidos del Pacífico (Fenómeno de "El Niño") a la recesión de los glaciares tropicales en los Andes ha sido determinante; algunos eventos fríos pueden restaurar parte de la masa de hielo, pero sólo en glaciares con grandes áreas de acumulación ubicadas por encima de los 5 400 msnm. Los glaciares pequeños no recuperan masa, sólo reducen su déficit durante estos eventos fríos; la tasa de retroceso glaciar en los Andes Centrales es fuerte pero no parece ser excepcionalmente alta en comparación con el resto del mundo. Teniendo en cuenta que los glaciares tropicales de los Andes son sensibles a la evolución de la atmósfera y al clima a escala regional, mantener una red de observación es trascendente para monitorear el clima y su evolución. Los ecosistemas de humedales son patrimonio de la nación; el Estado ejerce derechos soberanos sobre su protección, conservación y aprovechamiento sostenible. La gestión de los ecosistemas de humedales es global y transectorial, compartida por los distintos entes gubernamentales y la sociedad civil, en el nivel local, regional, nacional y

transfronterizo. Desde la época de las culturas Precolombinas, la supervivencia de un grupo importante de la población rural está estrechamente ligada a la conservación y el aprovechamiento sostenible de los humedales; éstos proveen riqueza ictiológica para el consumo humano e insumos como la totora para la producción artesanal. Sin embargo, aún no han sido debidamente aprovechados, existiendo un gran potencial de producción de algas para la alimentación o el desarrollo del ecoturismo para observadores de aves. Desde 1991, nuestro país cuenta con la “Estrategia Nacional de Conservación de Humedales”, cuyo objetivo es establecer el marco de políticas y proponer actividades que promuevan el uso sostenible y la protección de los humedales y sus recursos como aporte al desarrollo sostenible de la nación. En materia de investigación, se requiere generar **información básica** para evaluar los aspectos culturales y socioeconómicos; **establecer sistemas** de clasificación y priorización de humedales; evaluar su deterioro; diseñar, desarrollar y recuperar tecnologías para su manejo; e implementar un sistema de monitoreo en los mismos. En relación a su manejo, se promueven técnicas tradicionales apropiadas de uso; se priorizan actividades para la recuperación y mantenimiento de especies amenazadas y en peligro y; se promueve la valoración económica. Son de uso múltiple, por lo que su regulación está sujeta a las directrices del Estado mediante el Ministerio del Ambiente. (MINAG).

1.2 Fundamento Teórico

1.2.1 Estudio de la Cuenca Hidrográfica

1.2.1.1 Cuenca Hidrográfica

Chereque (1991), define cuenca el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

1.2.1.2 Delimitación de una Cuenca

Chereque (1991), indica que la delimitación de una cuenca se hace sobre un plano a curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium acuarium o líneas de las altas cumbres.

1.2.1.3 Características Morfométricas y Fisiográficas de Una Cuenca

Área de la Cuenca

Se refiere al área proyectada sobre un plano horizontal, medida dentro de los límites de la cuenca siguiendo la línea de divortium acuarium. Desde el punto de vista hidrológico es más importante esta proyección horizontal que la superficie real de la cuenca. Las gotas de lluvia caen verticalmente y no ortogonales a la ladera, igualmente el crecimiento de los arboles es vertical, etc.

Perímetro de la Cuenca

Es el contorno que delimita el área de la cuenca, igual a la longitud de la línea de divortium acuarium.

Parámetros Asociados a la Longitud

a. Longitud del Cauce Principal (L_c)

El desarrollo longitudinal del colector principal es una magnitud característica útil y de efecto importante en la respuesta hidrológica de la cuenca, ya que en un río corto los efectos de la precipitación se reflejan más rápidamente que en un río largo. La longitud del cauce principal es la distancia medida a lo largo del curso fluvial de mayor orden, desde las nacientes hasta el final del mismo.

b. Longitud Máxima de la Cuenca (L_m)

Es la longitud medida entre los puntos extremos de la cuenca a través de una línea recta paralela al cauce principal que no necesariamente coincide uno de ellos con el desagüe.

c. Longitud Máxima entre el Extremo de la Cuenca

Es la distancia medida desde el desagüe hasta el límite más extremo de la cuenca a través de una línea recta paralela al cauce principal.

d. Ancho Máximo de la Cuenca (A_m)

Es la longitud medida a partir de los extremos transversales de la cuenca perpendiculares al curso principal.

e. Ancho Promedio de la Cuenca (A_p)

Es un parámetro promedio que se obtiene a partir del cociente entre el área de la cuenca y la longitud máxima (L_m) de la misma.

$$A_p = \frac{A}{L_m}$$

Dónde:

A_p : Ancho promedio de la cuenca (km)

A : Área de la cuenca (km²)

L_m : Longitud máxima de la cuenca (km)

f. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (K_c)

Definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca. La peligrosidad de una cuenca aumenta si el coeficiente K se acerca a la unidad, o a una forma redonda ya que indica que las distancias relativas de los puntos de la divisoria en relación a uno central, no tienen diferencias mayores y es menor el tiempo de concentración y la posibilidad de que las ondas decrecidas sean continuas es mayor. Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres en el caso de cuencas muy alargadas. En general K_c es mayor a 1.

$$K_c = 0.2821 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

K_c : Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

P : Perímetro de la cuenca (km)

A : Área de la cuenca (km²)

Se dice que las cuencas grandes tienen forma de pera y las menores tienen forma de abanico, pero la forma se distingue basándose en la cuantificación.

Tabla 1.1
Valores del coeficiente de compacidad

K_c	Forma de la Cuenca	Tendencia Crecidas
1.00 – 1.25	De casi redonda a oval redonda	Alta
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga	Media
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular	Baja

Fuente: Sánchez (1987)

g. Factor de Forma

Este factor, como los otros que se utilizan en este trabajo, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente. Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor de forma tiende a uno. Este coeficiente definido por Horton afecta

los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. El factor de forma está definido por la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{A}{L_c^2}$$

Dónde:

F_f : Factor de forma

A : Área de la cuenca (km²)

L_c : Longitud del cauce principal (km)

h. Rectángulo Equivalente

Para poder comparar el comportamiento hidrológico de dos cuencas, se utiliza la noción de rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius. Se trata de una transformación puramente geométrica en virtud de la cual se asimila la cuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y superficie y por tanto, igual al índice de Gravelius (coeficiente de compacidad, K_c). Así, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo, y el desagüe de la cuenca, que es un punto, queda convertido en el lado menor del rectángulo. Se definen los lados del rectángulo equivalente con las siguientes expresiones:

$$A = L * l$$

$$P = 2 * (L + l)$$

$$L = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A}}{2} * \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right)$$

$$l = \frac{K_c * \sqrt{\pi * A}}{2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi * K_c^2}} \right)$$

Dónde:

L : Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (km)

L : Longitud del lado menor del rectángulo equivalente (km)

A : Área de la cuenca (km²)

K_c : Coeficiente de compacidad

Para que esta representación sea posible es necesario que se cumpla la condición:

$$K_c \geq 1.12$$

i. Radio de Elongación (Re)

Definido por S. A. Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima de la cuenca (L_m).

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}$$

Dónde:

Re : Radio de elongación

A : Área de la cuenca (km²)

L_m : Longitud máxima de la cuenca (km)

El valor de Re se acerca a la unidad cuando la cuenca es plana; para cuencas con relieve pronunciado, el valor resultante se encuentra entre 0.6 y 0.8.

j. Radio de Circularidad (R_c)

Este coeficiente es el cociente entre el área de la cuenca y la del círculo cuya circunferencia es equivalente al perímetro de la cuenca. Se calcula con la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Dónde:

Re : Radio de circularidad

A : Área de la cuenca (km²)

P : Perímetro de la cuenca (km)

k. Polígono de Frecuencias

El polígono de frecuencias o diagrama de frecuencias altimétricas es un gráfico de barras que indica las superficies expresadas en porcentaje del total comprendidas en intervalos constantes de altura (msnm). Sirve para encontrar el área parcial más frecuente para el posible desarrollo de proyectos agrícolas y/o habilitaciones poblacionales.

l. Altitudes Representativas

Altitud Media de la Cuenca (Hm)

La altitud media de una cuenca es aquella para la cual el 50% del área de la misma está situado por encima de dicha altitud y el 50% se encuentra por debajo, se determina a partir de la curva hipsométrica.

Altitud de Frecuencia Media de la Cuenca

Se determina a partir del polígono de frecuencias y representa la altitud media del mismo.

Altitud más Frecuente

Como su nombre lo indica es el rango de altitudes que más se presentan en el polígono de frecuencias.

m. Parámetros de Relieve

La influencia del relieve sobre la respuesta hidrológica de la cuenca es importante, puesto que a mayores pendientes corresponden mayores velocidades del agua en las corrientes y menor será el tiempo de concentración de la cuenca. Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores, entre los más utilizados destacan los siguientes:

n. Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica sugerida por Langbein et al. (1947), proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa

gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en km² o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca. La siguiente ilustración muestra tres curvas hipsométricas correspondientes a otras tantas cuencas que tienen potenciales evolutivos distintos.

Su valor es unitario para una cuenca circular, para el caso de una cuenca cuadrada, corresponde a un valor de 0.785. Si los resultados obtenidos indican que la cuenca en estudio está cercana a una simetría en sus dimensiones cartesianas, hidrológicamente implicaría hidrogramas casi simétricos en su desembocadura.

o. Parámetros de Relieve

La influencia del relieve sobre la respuesta hidrológica de la cuenca es importante, puesto que a mayores pendientes corresponden mayores velocidades del agua en las corrientes y menor será el tiempo de concentración de la cuenca. Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores, entre los más utilizados destacan los siguientes:

p. Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica sugerida por Langbein et al. (1947), proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en km² o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca. La siguiente ilustración muestra tres curvas hipsométricas correspondientes a otras tantas cuencas que tienen potenciales evolutivos distintos.

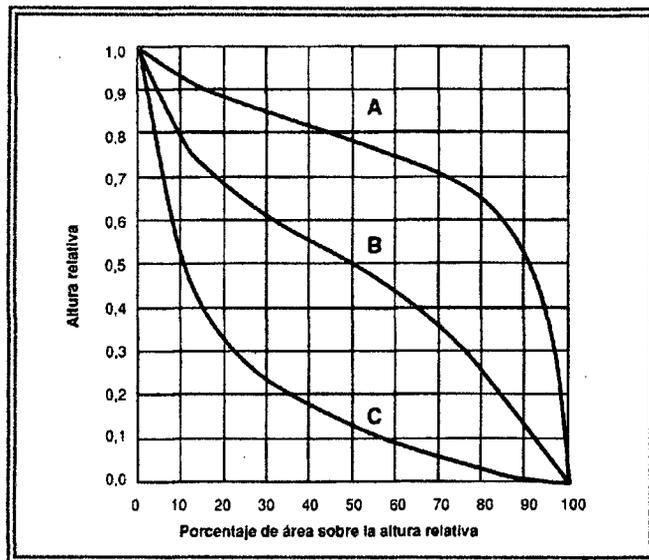


Figura 1.1 : Curvas hipsométricas (según Strahler)

Fuente : Llamas, J., Hidrología general

La curva superior (curva A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo; la curva intermedia (curva B) es característica de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior (curva C) es típica de una cuenca sedimentaria. Quedarían, así, representadas distintas fases de la vida de los ríos:

- Curva A: fase de juventud
- Curva B: fase de madurez
- Curva C: fase de vejez

Scheidegger (1987), rechaza esta clasificación aduciendo que el levantamiento (uplifting) tectónico es un proceso continuo y que, a lo largo de la historia de la cuenca, hay una tendencia a equilibrar las fuerzas antagónicas de construcción tectónica y degradación por erosión u otros mecanismos. Si un paisaje muestra un carácter permanente, estos dos procesos opuestos están en equilibrio dinámico. Scheidegger entonces atribuye las diversas formas de la curva hipsométrica a los niveles de actividad de los ya citados procesos. Así, la curva A se corresponde con una alta actividad, la curva B con una actividad media y la curva C con una actividad baja. El nivel de actividad no tiene por qué estar relacionado con la edad de la cuenca.

q. Pendiente Media de la Cuenca (Sp)

La pendiente de la cuenca tiene una relación importante con los fenómenos de infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y con la contribución del agua subterránea de los cauces. Para el cálculo de la pendiente media de las cuencas en estudio se utilizó un Modelo Digital del Terreno. Una actividad baja. El nivel de actividad no tiene por qué estar relacionado con la edad de la cuenca.

r. Perfil Longitudinal y Pendiente Media del Cauce (Sc)

El perfil longitudinal es un gráfico que representa las distintas elevaciones del fondo del río desde su nacimiento hasta la desembocadura de la cuenca. La forma del perfil puede variar entre lineal, exponencial o logarítmica. La pendiente media del cauce establece la inclinación promedio que tiene los drenajes desde el nacimiento hasta su desembocadura. Se convierte en una base para determinar aspectos importantes como la capacidad de arrastre de sedimentos de distintos tamaños, área de posible inundación en crecidas, tiempo de concentración, etc. Para el cálculo de la pendiente media del cauce se utilizó un Modelo Digital del Terreno.

s. Índice de Pendiente de la Cuenca (Ip)

El índice de pendiente de la cuenca es un parámetro que permite determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos y se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_p = \left(\frac{H_M - H_m}{1000 L_c} \right)^{0.5}$$

Dónde:

Ip : Índice de pendiente

HM: Altitud máxima (msnm)

Hm: Altitud mínima (msnm)

t. Índice de Pendiente Global de la Cuenca (I_g)

Permite caracterizar el relieve utilizando información tomada de la curva hipsométrica y del rectángulo equivalente, se expresa en m/km.

$$I_g = \frac{(H_5 - H_{95})}{L}$$

I_g : Índice de pendiente global (m/km)

H₅ : Altura sobre la que está el 5% de la superficie (msnm)

H₉₅ : Altura sobre la que está el 95% de la superficie (msnm)

L : Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (km)

Tabla 1.2

Valores del índice de pendiente global

Tipo de Relieve	I_g (m/km)
Muy Débil	< 2
Débil	2 a 5
Débil Moderado	5 a 10
Moderado	10 a 20
Moderado Fuerte	20 a 50
Fuerte	50 a 100
Muy Fuerte	100 a 200
Extremadamente Fuerte	> 200

Fuente: Apuntes de Clase, Universidad Técnica Particular de Loja

u. Parámetros de la Red de Drenaje

- **Régimen.-** El régimen de un drenaje está definido por la disponibilidad de agua en su cauce, en función de las épocas de lluvia, y del grado de alteración del terreno.

De esta forma se clasifican los drenajes en permanentes, si el flujo de agua por su cauce es continuo en cualquier época del año y a lo largo de todo el curso, semipermanentes si el flujo hídrico está influenciado directamente tanto por las épocas de lluvia como por los cambios presentes a lo largo del cauce por uso del suelo principalmente, que hacen profundizar el flujo y presentar discontinuidad superficial, y finalmente intermitentes cuando se presenta flujo superficial de agua solo en épocas de lluvia.

- **La Estructura de la Red de Drenaje**

El análisis cuantitativo de redes hidrográficas se basa en el método de Horton (1945) de clasificación de la red de canales, basado en el sistema de Gravelius. Strahler (1952, 1957), revisó y perfeccionó el esquema de Horton dando lugar al esquema de ordenación o de clasificación de Horton – Strahler, hoy en día el más utilizado en hidrología. Las redes de drenaje pueden ser modeladas o representadas como árboles, los cuales están conformados por un conjunto de nodos conectados unos a otros por segmentos de recta de manera que cada nodo tiene solo una ruta hacia la salida. Los nodos que se conectan a un solo segmento son llamados fuentes y los que conectan a más de uno son llamados uniones. Además los segmentos que se conectan a una fuente y a una unión se los denomina tramos exteriores o externos y a aquellos que se conectan a dos uniones se les denomina tramos interiores o internos. Se considera que la cuenca tiene una única salida o punto de desagüe; Los puntos en los que se unen dos segmentos de canal son los nudos internos; Los nudos externos son aquellos a partir de los cuales se origina un segmento de canal (es decir, la cabecera de todos los tributarios de la cuenca). Según Strahler una corriente puede tener uno o más segmentos. Un canal es una unión arbitraria de segmentos. Strahler ordena las corrientes de acuerdo los siguientes criterios: Los segmentos que se originan en un nudo externo son definidos como tramos de primer orden. Los segmentos que están unidos a una fuente (los que no tienen tributarios), son definidos como de primer orden. Cuando dos segmentos del mismo orden, i , se unen en un nudo interior dan lugar a un

segmento de orden superior, $i+1$, aguas abajo. Cuando se unen dos corrientes de orden ω crean una corriente de orden $\omega + 1$. Cuando se unen dos tramos de distinto orden en un nudo interior dan lugar a un tramo que conserva el mayor de los órdenes. Cuando se unen dos tramos de distinto orden, el orden del segmento resultante es el máximo orden de los segmentos que la preceden. El orden de la cuenca, es el de la corriente de mayor orden.

- **Densidad de Drenaje (Dd)**

Horton (1945) definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de los canales de flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca:

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

Dónde:

Dd : Densidad de drenaje (km^{-1})

LT : Longitud total de ríos (km)

A : Área de la cuenca (km^2)

Este parámetro es, en cierto modo, un reflejo de la dinámica de la cuenca, de la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de esorrentía de superficie, así como de la respuesta de la cuenca a un chubasco. La densidad de drenaje es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo pico del hidrograma. La red de drenaje toma sus características, influenciada por las lluvias y la topografía. Por esto se tiene que para un valor alto de Dd corresponden grandes volúmenes de escurrimiento, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas, lo que producirá ascensos de las corrientes.

La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca. Con el fin de catalogar una cuenca bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar los valores de la siguiente tabla.

Tabla 1.3
Valores de densidad de drenaje

Características Drenaje	D_d
Regular Drenaje	0.0 a 1.0
Normal Drenaje	1.0 a 1.5
Buen Drenaje	> 1.5

Fuente: Apuntes de Clase, Universidad Técnica Particular de Loja

- **Coefficiente de Estabilidad de Río (C)**

La constante de estabilidad de un río, es propuesta por Schumm (1956) como el valor inverso de la densidad de drenaje:

$$C = \frac{A}{L_T} = \frac{1}{D}$$

Dónde:

C : Coeficiente de estabilidad de río (km)

LT: Longitud total de ríos (km)

A : Área de la cuenca (km²)

Representa, físicamente, la superficie de cuenca necesaria para mantener condiciones hidrológicas estables en una unidad de longitud de canal. Puede considerarse, por tanto, como una medida de la erosionabilidad de la cuenca. Así, regiones con suelo rocoso muy resistente, o con suelos altamente permeables que implican una elevada capacidad de infiltración, o regiones con densa cobertura vegetal, tienen valores altos de la constante de estabilidad y bajos de densidad de drenaje. Por el contrario, una baja

constante de estabilidad, o una elevada densidad de drenaje, es característica de cuencas con rocas débiles, escasa o nula vegetación y baja capacidad de infiltración del suelo.

- Coeficiente de Torrencialidad (Ct)

El coeficiente de torrencialidad se obtiene multiplicando la densidad de drenaje por el número de cursos de orden 1, en relación con la superficie, entendiendo que a mayor número de cursos de primer orden y menor superficie, la torrencialidad de la cuenca será mayor.

$$C_t = \frac{D_d \times NO_1}{A}$$

Dónde:

C_t : Coeficiente de torrencialidad de río (km⁻³)

D_d : Densidad de drenaje (km⁻¹)

A : Área de la cuenca (km²)

NO₁ : Número de ríos de orden 1

- Tiempo de Concentración

También denominado tiempo de respuesta o de equilibrio, Llamas (1993) lo define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto de la cuenca más alejado (según el recorrido de drenaje) del desagüe en llegar a éste. Esto no se corresponde con el fenómeno real, pues puede haber puntos de la cuenca en los que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado. Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante; depende de la intensidad del chubasco, aunque

muy ligeramente. Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de características morfológicas y geométricas de la cuenca. A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas en el presente estudio:

a. Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.305}}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración (h)

L : Longitud del cauce (m)

S : Pendiente de la cuenca (m/m)

b. Formula de U.S. Corps of Engineers

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L^{0.76}}{S^{0.19}} \right)$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración (h)

L : Longitud del cauce (km)

S : Pendiente de la Cuenca (m/m)

1.2.1.4 Análisis de Consistencia

Villón (2002), dice que la inconsistencia y no homogeneidad en secuencias hidrológicas o series hidrológicas representa unos de los temas más importantes del estudio hidrológico contemporáneo, particularmente relacionada a la conservación, el desarrollo y control de los recursos hidráulicos, ya que cuando no se ajustan a las condiciones adecuadas, la

inconsistencia y no homogeneidad de la muestra, ocasionan errores significativas en los resultados que se infiere en los análisis que se efectúan a las series hidrológicas. Esta inconsistencia y no homogeneidad se observa con la presencia de saltos y/o tendencias en la serie hidrológica afectando sus características estadísticas como la media y desviación estándar. El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

- Análisis gráfico
- Análisis estadístico

1.2.1.5 Determinación de la disponibilidad hídrica

El uso de los modelos matemáticos en hidrología es muy amplio, tanto así que, prácticamente en cada especialidad hidrológica, se han desarrollado modelos matemáticos para la solución de problemas generales y específicos. En los últimos años las técnicas de simulación hidrológica han tenido una amplia difusión, algunos modelos son de aplicación específica, mientras que otros son de aplicación más general.

Existen asimismo una amplia variedad de formulaciones matemáticas adoptadas por diferentes modelos para describir los diversos componentes de los procesos de precipitación-escorrentía, pudiendo diferir éstas, no sólo en términos conceptuales sino también en nivel de complejidad, Planificadores o diseñadores, quienes requieren información hidrológica, tendrán que elegir entre una amplia variedad de modelos disponibles. Dado que no existe un modelo universal, apropiado para la solución de todos los problemas hidrológicos, la opción de realizar uno que satisfaga los problemas de la hidrología aplicada en cualquier caso, se hace muy difícil.

La transformación de la Precipitación en Escorrentía, se ha realizado aplicando el método de "Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz", desarrollado por el Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones – Plan Meris II en 1980.

1.2.1.6 Modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Scholz

Este modelo hidrológico es combinado por que cuenta con una estructura determinístico para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico) y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico).

Fue desarrollado por el experto en hidrología, Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979 - 1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris. Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

- Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo, a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra

peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

Ecuación del Balance Hídrico

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$Qm_i = P_i - D_i + C_i - A_i$$

Dónde:

Qm_i : Caudal mensual en mm/mes.

P_i : Precipitación total mensual sobre la cuenca en mm/mes

D_i : Déficit de escurrimiento en mm/mes

C_i : Gasto de la retención en la cuenca (Aporte)

A_i : Abastecimiento de la retención (Retención).

Asumiendo que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor, es decir $G = A$ y que para el año promedio, una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación; luego reemplazando $(P-D)$ por $(C*P)$, y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/s) la ecuación se convierte en:

$$Q = c^*C * P * AR$$

Que es la expresión básica del método racional, donde:

Q = Caudal (m³/s)

$c1$ = Coeficiente de conversión del tiempo (mes/s)

C = Coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

AR = Área de la cuenca (m²)

Precipitación Efectiva

Para el cálculo de la Precipitación Efectiva, se supone que los caudales promedios observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al

coeficiente de escorrentía. A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

Dónde:
$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente del polinomio

Límite superior para la Precipitación Efectiva.

Curva I: PE = P- 120.6 para P > 177.8 mm/mes

Curva II: PE = P-86.4 para P > 152.4 mm/mes

Curva III: PE = P -59.7 para P > 127.0 mm /mes

Tabla 1.4
Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva

Descripción	Valor del Coeficiente		
	Curva I	Curva II	Curva III
a ₀	-0.01800	-0.02130	-0.0280
a ₁	-0.01850	0.13580	0.2756
a ₂	0.001105	-0.002296	-0.004103
a ₃	-1.20E-05	4.35E-05	5.53E-05
a ₄	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a ₅	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

Dónde:
$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación Total anual

$$\sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P} = \text{Suma de la precipitación efectiva mensual}$$

Retención de la Cuenca

Bajo la suposición de que para un año promedio exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$\begin{aligned} Ri &= CM_i - P_i \\ CM_i &= PE_i + G_i - A_i \end{aligned}$$

Dónde:

CM_i = Caudal mensual (mm/mes)

PE_i = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

R_i = Retención de la cuenca (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención (mm/mes)

A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

$R_i = G_i$ para valores mayores que cero (mm/mes)

$R_i = A_i$ para valores menores que cero (mm/mes)

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año).

Relación entre descargas y retención

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-at}$$

Dónde:

Q_t : Descarga en el tiempo t.

Q_0 : Descarga inicial.

a : Coeficiente de agotamiento.

t : Tiempo.

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación.

Coeficiente de Agotamiento

Mediante la fórmula anterior se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente.

Con fines prácticos se puede despreciar la variación del coeficiente "a" durante la estación seca empleando un valor promedio.

El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca.

$$a = f(\ln A)$$

El análisis de las observaciones disponibles muestran, además, cierta influencia del clima, de la geología y de la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

$$a = 3.1249 \times 10^{67} A^{-0.144} EP^{-19.336} T^{-3.369} R^{-1.429} ; \quad r = 0.86$$

Dónde:

a : Coeficiente de agotamiento por día.

A : Área de la cuenca en Km².

EP : Evapotranspiración potencial anual en mm/año.

T : duración de la temporada seca en días.

R : Retención total de la cuenca en mm/año.

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para la determinación del coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas:

- Cuencas con agotamiento muy rápido, debido a temperaturas elevadas (>10°C) y retención que va de reducida (50mm/año) a mediana (80 mm/año).

$$a = -0.00252 \ln A + 0.034$$

- Cuencas con agotamiento rápido, cuya retención varía entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).

$$a = -0.00252 \ln A + 0.030$$

- Cuencas con agotamiento mediano, cuya retención es alrededor de 80 mm/año y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$$a = -0.00252 \ln A + 0.026$$

- Cuencas con agotamiento reducido por alta retención (>100mm/año) y vegetación mezclada.

$$a = -0.00252 \ln A + 0.023$$

Dónde:

a = coeficiente de agotamiento por día

AR = área de la cuenca (km²)

EP = evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T = duración de la temporada seca (días)

R = retención total de la cuenca (mm/año)

Almacenamiento Hídrico

Tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

- Acuíferos
- Lagunas y pantanos

- **Nevados**

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenamientos está dado por:

Acuíferos

Siendo:

$$L_A = -750 I + 3.15 \quad (mm/año)$$

LA = Lámina específica de acuíferos

I = Pendiente de desagüe: $I \leq 15 \%$

- **Lagunas y Pantanos**

$L_L = 500$ (mm/año).

Siendo:

L_L = Lámina específica de lagunas y pantanos

Nevados

$L_N = 500$ (mm/año)

Siendo:

L_N = lámina específica de nevados

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. Los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

Abastecimiento de la Retención

El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En la región del Cuzco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80 % del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20% restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los

coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 1.5: Abastecimiento de la Retención

Mes	Cuzco	Huancavelica	Junín	Cajamarca
	1	5	3	4
Enero	40.0	30.0	30.0	20.0
Febrero	20.0	20.0	30.0	25.0
Marzo	-	5.0	5.0	35.0
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre	-	10.0	10.0	25.0
Noviembre	5.0	-	-	5.0
Diciembre	35.0	35.0	25.0	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

La lámina de agua A_i que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva PE_i . Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right)$$

Siendo:

A_i = abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

a_i = coeficiente de abastecimiento (%)

R = retención de la cuenca (mm/año)

g) Determinación del Caudal mensual para el año promedio

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Dónde:

$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

x = variable independiente

x_0 = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

1.4.2 Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{2\pi}\sigma_y} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2}$$

Para: $x_0 < x < \infty$

Dónde:

μ_y , σ_y son la media y la desviación estándar de los logaritmos naturales de x , es decir de $\ln x$, y representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de la distribución.

1.4.3 Distribución Gamma 2 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Valido para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Dónde:

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

$\Gamma(\gamma)$: función gamma completa, definida como:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx.$$

Que converge si $\gamma > 0$

1.4.4 Distribución Gamma 3 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Valido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Dónde:

x_0 : origen de la variable x , parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

1.4.5 Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln(x)-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln(x)-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Valido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Dónde:

x_0 : parámetro de posición.

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala.

1.4.6 Distribución Gumbel I

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel I o Doble exponencial, tiene como función de densidad.

1.4.7 Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log Gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln(x) - \mu}{\alpha}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log Gumbel es:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Se ha realizado la extrapolación de resultados para diferentes periodos de retorno, con la finalidad de obtener precipitaciones máximas en 24 horas, para luego aplicar modelos lluvia escorrentía y obtener caudales máximos en los diferentes puntos de interés.

1.5 Análisis de máximas avenidas

1.5.1 Conceptos básicos

ONERN (1976), Indica que las máximas avenidas son procesos naturales e inevitables los cuales son caudales excesivamente altos en un río, caudales no habituales que está ligado a frecuencia en el tiempo y daño a personas o bienes.

Partiendo, como principio general básico, que el caudal evacuado por un río es igual al producto de su sección por la velocidad media de sus aguas y dado que este caudal puede ser considerablemente variable en el tiempo, debemos admitir que lo mismo tiene que ocurrir con su sección y, en consecuencia, con el área que inunda.

1.5.2 Métodos Estadísticos en la Determinación del Caudal Máximo

Ven Te Chow (2000), dice que los métodos estadísticos para la determinación del caudal máximo en un sistema hidrológico es afectado eventualmente por eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes, etc. La magnitud de este evento extremo está relacionada con su frecuencia de ocurrencia mediante una distribución de probabilidades.

Los métodos estadísticos se apoyan en la existencia de series de datos de caudales en el lugar de interés, las cuales son sometidas a un análisis de frecuencias. Esto implica efectuar el ajuste de varias distribuciones teóricas a una determinada muestra, para comparar y concluir cuál de ellas se aproxima mejor a la distribución empírica.

Las distribuciones teóricas más utilizadas para el análisis de máximas avenidas son: Gumbel I, Log Normal y Log Pearson III.

1.5.3 Periodo de retorno

Villón, (2002) dice que El periodo de retorno es uno de los parámetros, más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas, como por ejemplo; el vertedero de una presa, los diques para control de inundaciones; o una obra que requiera cruzar un río o arroyo con seguridad como por ejemplo un puente.

El periodo de retorno, generalmente expresado en años, puede ser entendido como el número de años en que se espera que mediamente se repita un cierto caudal, o un caudal mayor. Así podemos decir que el periodo de retorno de un caudal de $100\text{m}^3/\text{s}$, para una sección específica de un río determinado, es de 20 años, sí. Caudales iguales o mayores de $100\text{m}^3/\text{s}$ se producen, en media a cada 20 años

Por otro lado, si un evento tiene un periodo de retorno real de t_p años, la probabilidad de P de dicho evento se presente o sea superado en un año determinado es:

$$p = \frac{1}{t_p}$$

1.5.4 Curva Intensidad Duración y Frecuencia

La curva IDF, es una relación entre las Intensidades promedio máximas esperadas, para cada duración de precipitación, para una frecuencia determinada o periodo de retorno en promedio. Sintetiza el comportamiento pluviométrico de una zona. Las más comunes son los tipos Talbot o Montana.

$$I_{mm/h} = \frac{a}{b + D_{\min}} \quad I = aD^b$$

Es una curva Tipo Talbot, que propone el ajuste a una hipérbola, siendo a y b , los parámetros de ajuste, mientras que el tipo montana se ajusta a una función potencial.

1.6 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Smith Hynd (1995), indica que el uso de sistemas de información geográfica (SIG) es un sistema para la captura, almacenamiento, análisis y despliegue de datos que se encuentran espacialmente referidos a la tierra desde esta definición, no es un simple sistema de computación para confeccionar mapas, un SIG es una herramienta analítica la mayor ventaja de semejantes herramientas es que nos permite identificar las relaciones espaciales entre las características de los mapas. Esta habilidad es fundamental para que un SIG investigue modelamientos disponibles de agua. Cada característica es un mapa SIG es el enlace, con sus atributos almacenados en una base de dato.

1.6.1 ArcGis

1.6.1.1 ArcGis 10.2

Es un completo sistema de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos, mapas y globos en 3D, poniéndolos a

disposición de todos los usuarios según las necesidades de la organización cómo sistema de información. ArcGis es accesible principalmente desde clientes de escritorio, navegadores web y terminales móviles que se conectan a servidores departamentales, corporativos o arquitecturas de computación de la nube. Para los desarrolladores proporciona herramienta que les permiten crear sus propias aplicaciones.

La información dentro de ArcGis es trabajada de manera sistémica, lo que representa una diferencia sustancial a lo relacionado al trabajo con información planos y mapas permitiendo explorar , ver y analizar los datos según parámetros, relaciones y tendencias que presenta la información , teniendo como resultado nuevas capas e información , mapas y nuevas bases de datos.

El ámbito de acción de ArcGis va desde el apoyo en la planificación de un negocio en particular, hasta el análisis espacial de enfermedades de una ciudad su arquitectura está elaborada de tal manera que sus herramientas entregan sistemas inteligentes de información geográfica, permitiendo la construcción de un SIG completo basado en un conjunto de librerías comunes de los componentes compartidos del software SIG llamados Arc Objetos.

En general, ArcGis es un conjunto de productos de software de SIG producido y comercializado por Environmental Systems Research Institute. (ESRI, 2010). Bajo este nombre genérico se agrupa un conjunto de aplicaciones para la captura, edición, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Como se puede ver el ArcGis es un poderoso software en esta oportunidad usaremos el ArcGis desktop.

1.6.1.2 Los Sistemas de Información Geográfica en el Mundo

Los primeros SIG se desarrollaron en los años sesenta, como respuesta a las crecientes necesidades de información sobre el territorio. Canadá resultó pionero en el nacimiento de estos programas, si bien se extendieron rápidamente a su vecino del Sur y otros países anglosajones, a finales de

esa década ya existían varios SIG operativos como DIME (U.S. Bureau of Census) o el GRDSR (Statistic Canada).

El creciente interés por la planificación medio ambiental permite que los SIG se consoliden en la década de los años setenta, paralelamente al vertiginoso desarrollo de los equipos informáticos. En estos años aparecen los primeros planes de estudios universitarios sobre esta técnica, así como algunas empresas privadas dedicadas a su desarrollo y explotación.

En los años ochenta, se conjugó la versatilidad lograda en el manejo gráfico de los mapas con las capacidades de las bases de datos, de tal forma que se podían consultar los datos adheridos a un lugar o hacer una búsqueda de los que cumplían alguna condición "queries"; o también, efectuar la superposición de mapas y cálculos iterativos de distancias, permitiendo el ahorro de esfuerzo y tiempo. Los siguientes desarrollos se hicieron en el aspecto de la entrada de información, utilizando imágenes de satélites, tableros digitalizadores y scanners; dando inicio además a la teoría del "análisis espacial".

En la actualidad, el mejoramiento de los SIG se ha enfocado hacia las operaciones analíticas estadísticas y modelación espacial, centrándose el interés y la inversión de un amplio abanico de profesionales.

1.6.1.3 Los Sistemas de Información Geográfica en el Perú

La planificación de un país para el desarrollo socioeconómico y social requiere de mucha información. Cuanto mejor y más fácil es el acceso y la manipulación de los datos, se tendrá mayor posibilidad de producir planes integrales para el desarrollo del país, en sus diversos aspectos.

Así pues, la necesidad de interpretación del espacio geográfico y el aumento de las necesidades de información, tales como la acción del hombre sobre la naturaleza, generó en los últimos años el surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica, significando una contribución efectiva en los diferentes niveles del ordenamiento espacial y apareciendo además, el uso de los sensores remotos que han permitido respuestas inmediatas en materia de evaluación y monitoreo del medio ambiente. En nuestro país, los

primeros antecedentes de esta tecnología se remontan a finales de la década de los ochenta, en el ámbito de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, a través del curso de Planeamiento Rural, con la enseñanza de la técnica de las áreas homogéneas. Entre 1980 y 1981 se extiende su aplicación en el Sector Público en estudios específicos realizados por el Proyecto Especial Plan Selva, el Proyecto Especial Pichis - Palcazú y el Proyecto Especial Madre de Dios. En todos los casos el proceso fue manual, sin la asistencia de la informática.

A partir de 1985, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) puso en operación el primer SIG con equipamiento, consolidación y asistencia técnica, con fondos de donación de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID). El SIG de la ONERN utilizaba el formato de búsqueda de salida y entrada de datos, orientado a la producción cartográfica tipo celular o malla cuadrada. En 1988 el Proyecto Especial de Apoyo a las Políticas de Desarrollo de la Selva Alta (APODESA) del INADE, inicia la implementación del SIG ARC-INFO para el manejo de las cuencas hidrográficas y el desarrollo de proyectos de la selva alta, constituyéndose en una de las instituciones con mayor experiencia en el desarrollo de proyectos SIG. En la actualidad, el uso y aplicación de los SIG se viene extendiendo a universidades, instituciones públicas, empresas privadas, Municipalidades y las Fuerzas Armadas.

1.6.1.4 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica

Comas y Ruiz (1993), dice que como ya es conocida la mayor parte de las **actividades** que lleva a cabo el hombre tiene una clara componente **geográfica**. Cada vez con mayor frecuencia se tiende a estudiar **detalladamente** esa componente espacial de los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor y la forma en que las personas se ven involucradas en ellos. Por este motivo, la presencia constante de información geográfica requiere para su manejo herramientas como las que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica para su adecuado tratamiento. De

este modo, el uso y, por lo tanto, los métodos y las técnicas de estos sistemas, como herramientas idóneas para tratar esa información, se extienden en multitud de ámbitos, especialmente entre los profesionales y científicos. A consecuencia de esto, como si se tratase de un efecto de retroalimentación, se generan multitud de nuevas posibilidades de utilización de dichas herramientas aplicadas al tratamiento de la información geográfica.

1.6.1.5 Aplicaciones al medio ambiente

Comas y Ruiz (1993), indica que las aplicaciones al medio ambiente representan el conjunto de casos donde el uso de los SIG es más frecuente y se encuentra más extendido. Intentar reconocer cuál es el motivo de la gran proliferación del uso de los SIG en este grupo suele ser complicado ya que es habitual encontrar más de una circunstancia que lleva a esa aplicación de los sistemas. Un primer intento por delimitar esos motivos nos hace reflexionar acerca del hecho evidente que no existe nada tan "geográfico" como el propio territorio y los elementos físicos que en él se localizan. Es habitual que las relaciones entre los elementos del medio físico alcancen niveles de complejidad muy elevados, por lo que es necesario disponer de herramientas capaces de reflejar y recoger toda esa diversidad. Unido a esto, y como factor realmente clave, encontramos que en la actualidad existe una gran preocupación por todo nuestro entorno, por su estado, por su nivel de conservación y por los recursos que tenemos a nuestra disposición.

1.6.1.7 Usos del suelo

Dentro de los usos del suelo, los agrícolas adquieren gran importancia en todos los niveles territoriales, desde una escala local hasta un escala global. La información acerca de la situación agrícola que se da en un determinado territorio constituye una información totalmente imprescindible en nuestros días. Es seguramente por este motivo que, por regla general, siempre se ha procurado disponer de datos fiables y actualizados acerca

del uso agrícola de un determinado territorio (Aranoff, 1989). Ha sido habitual durante muchos años que todos esos datos estuviesen limitados a una mera y a veces incluso escueta recopilación de datos estadísticos, debido por lo general a la falta de herramientas adecuadas para tratar convenientemente la información disponible. La consecuencia de este enfoque suponía disponer de sólo una visión parcial y no integradora de la realidad.

1.6.1.8 Gestión de recursos naturales

Comas y Ruiz (1993), dice que la gestión de recursos naturales es el conjunto de casos englobados bajo el epígrafe de gestión de recursos naturales hace referencia a todas aquellas aplicaciones cuyo objetivo principal es tratar la información espacial que describe el tipo y la distribución de dichos recursos en la superficie de nuestro planeta, como, por ejemplo, los recursos minerales, la localización de zonas ricas en agua o las zonas con suelos adecuados para la formación de bolsas petrolíferas. Suelen contemplar también otros datos, como los indicadores del tamaño de una población, de manera que sea posible establecer el potencial de impacto ambiental de las actividades humanas sobre el medio, los datos reflejan cambios en aspectos medioambientales producidos por la acción antrópica del hombre o incluso datos catastrales con el fin de conocer quién posee cierto territorio y, por tanto, también los recursos que en él se encuentran. Contar con este gran volumen de datos, a menudo variables en un corto periodo de tiempo, supone disponer de una información privilegiada. Las herramientas de análisis espacial que proporciona los SIG (superposición topológica de capas de información, análisis de proximidad, etc.) toman un papel clave para poder llevar a buen término estos objetivos, brindado a los especialistas en el estudio de los recursos naturales la posibilidad de tener a su alcance la manera de hacer más efectivos sus estudios.

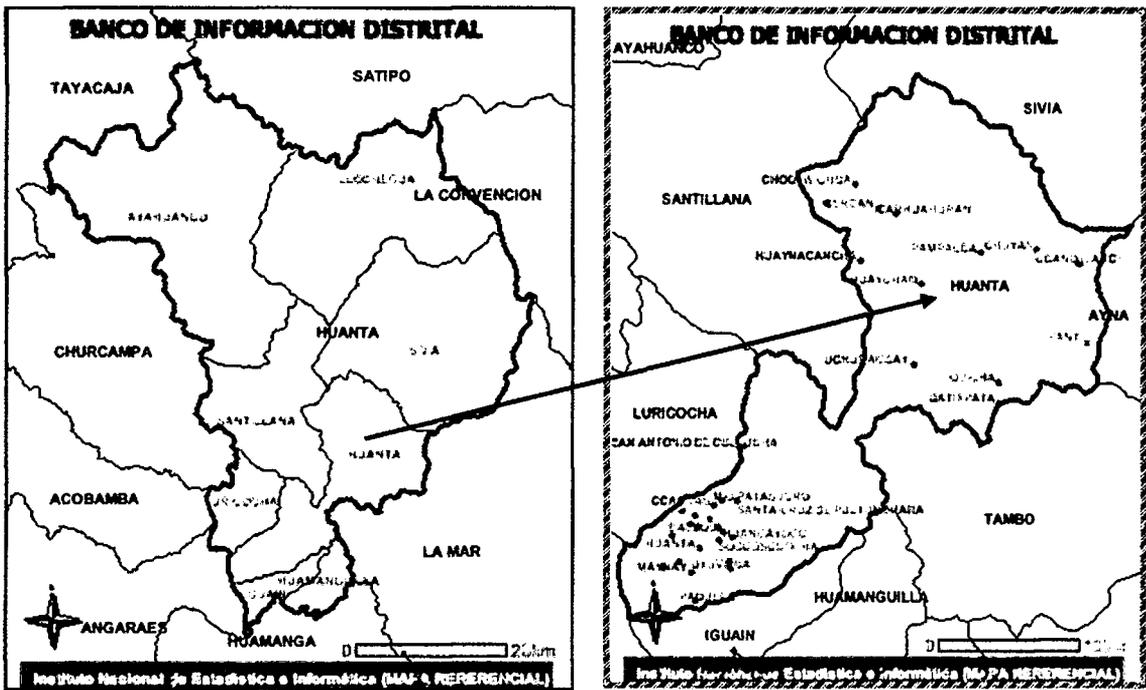
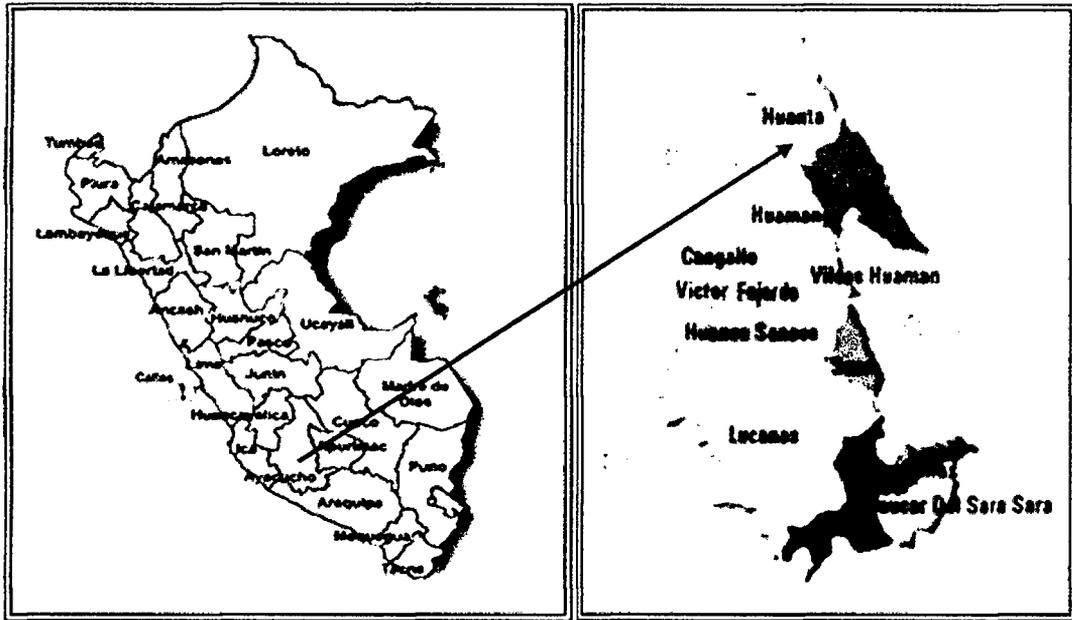


Figura 2.1 : Mapa de Ubicación Política de la Provincia de Huanta

Fuente : PDC de la provincia de Huanta

2.1.2 Acceso y Vías de Comunicación

El acceso al área de estudio se realiza desde Ayacucho se continúa el viaje por 45 minutos, a través de la carretera asfaltada Ayacucho - Huanta de 44 Km. Estando ya en la ciudad de Huanta se puede acceder a los diferentes

barrios, urbanizaciones, asociaciones, áreas de expansión urbana, etc., que conforman el distrito, utilizando diversos caminos, vías asfaltadas, calles avenidas y arterias que conducen a dichos lugares específicos.

2.1.3 Ubicación Hidrográfica.

La microcuenca del río Huanta está conformada por las quebradas de Chula, Chacacocha, Pampacocha, Chula Huarracco y Huanta.

Descripción de principales cursos de agua

Los principales cursos de agua que cruzan el área de estudio; lo hacen cortando de Este a Oeste el casco urbano de la ciudad de Huanta llevando sus aguas al río Cachimayo del cual son afluentes.

- Huantachaca

Esta quebrada se ubica al SE de la ciudad de Huanta, su dirección predominante es de Este hacia el Oeste y desemboca finalmente al río Huanta o Accoscca muy abajo de la ubicación del casco urbano de Huanta, en su recorrido recibe agua de manantiales, agua cargada de sedimentos que aporta el cerro Ichu Punta. La ubicación del río se puede visualizar en el anexo del plano de la red hidrográfica de la cuenca.

- Huanta (Accoscca)

Este río que comúnmente es conocido como Accoscca por los pobladores de Huanta tiene su origen en las lagunas que se ubican en la parte alta del cerro Razhuillca, presenta una dirección predominante de Este a Oeste. Las lagunas que dan origen a este río son las siguientes: Morococha, Pampacocha, Yanacocha, San Antonio, Chacacocha y Jarjarcocha. En su recorrido, aparte de las aguas de las lagunas, recibe agua de manantiales, agua cargada de sedimentos que aportan el cerro Ichu Punta y Calvario. Asimismo recibe las aguas que descarga el río Asnacchuaycco, aguas abajo de la entrega de aguas de la quebrada Huantachaca. Las aguas de la Red Hidrográfica de Huanta fluyen a la vertiente del Atlántico. La cordillera

Central con una disposición longitudinal permite que sus deshielos, en ambas vertientes de la línea divisoria drenen sus aguas hacia dos colectores mayores: los ríos Mantaro y Apurímac. La disponibilidad y potencialidad de agua, se caracteriza por presentar declives topográficos, por el que discurre aguas subterráneas de puquiales con caudales variables, notándose fuentes de brotes ubicados en diferentes altitudes.

Sin embargo, dichos brotes ofrecen caudales bajos, limitando la expansión de la superficie agrícola; motivo por el cual se han construido obras de envergadura tales como es el sistema hidráulico Irrigación Razuhuillca, donde se han construido represas para el almacenamiento de aguas de las lagunas.

Las lagunas del sistema hidráulico Razuhuillca son de origen glaciar formadas por deshielos y lluvias de las nevadas de Razuhuillca, siendo la fuente de abastecimiento para la producción de agua potable de la ciudad de Huanta y para el riego. Las principales lagunas del sistema hidráulico Razuhuillca se encuentran en ambos flancos de la Cordillera Central, son depresiones excavadas sobre rocas volcánicas por antiguos glaciares. Entre los principales podemos mencionar las lagunas de Ccarccarccochoa a 4,225 m.s.n.m., San Antonio a 4100 m.s.n.m., Chacaccocha a 4074 m.s.n.m., Yanaccocha a 4200 m.s.n.m. y Pampaccocha a 4087 m.s.n.m.

Estos dos sistemas de lagunas, constituyen la parte alta de la cuenca y tienen como límite en la parte Norte la 1cordillera Razuhuillca. Las lagunas del Sistema Pampaccocha y Chacaccocha; presentan las características siguientes Fuente: INDECI.

LAGUNA CHACACCOCHA

- Área de la Cuenca : 4.831 Km
- Área máxima de espejo de agua : 150 000 m
- Área mínima de espejo de agua : 462 500 m
- Volumen útil : 4.15 m³
- Volumen de reserva : 1.5 m³
- Volumen total : 5.65 m³

LAGUNA JARJARCCOCHA

- Nivel mínimo normal agua : 4,275 m.s.n.m
- Nivel máximo normal de agua : 4,293.5 m.s.n.m
- Volumen útil : 800,000 m³
- Volumen de reserva : 125,000 m³
- Volumen total : 925,000 m³

LAGUNA PISCOCCOCHA

- Área de la cuenca : 1.4 Km
- Volumen útil : 620,000 m³
- Volumen de reserva : 380,000 m³
- Volumen total : 1.0 m³
- Nivel máximo normal de agua : 4,298.35 m.sn.m

LAGUNA YANACCOCHA

- Nivel mínimo normal de agua : 4,185.0 m.s.n.m.
- Nivel máximo normal de agua : 4,200.6 m.s.n.m.
- Volumen útil : 4.2 m³
- Volumen de reserva : 3.8 m³
- Área de la cuenca : 2.9 Km
- Volumen total : 8.0 m³

LAGUNA PAMPACCOCHA

- Área de la cuenca propia : 2.9 Km
- Nivel máximo normal de agua : 4,087.15 m.s.n.m.
- Nivel mínimo normal de agua : 4,082.40 m.s.n.m.
- Volumen útil : 525,000 m³
- Volumen de reserva : 55,000 m³
- Volumen total : 580,000 m³

2.1.4 Flora

La mayoría de especies vegetales a 2,000 – 3,000 m.s.n.m. se desarrollan en las laderas de los ríos, debido a la gran abundancia de uso de tierras para cultivos. Encontramos una gran abundancia de Alisos, los cuales son aprovechados por su madera, entre las especies más representativas tenemos la tuna, la tara, guarango, maguey, etc. En Luricocha se tiene la producción de palta, lúcuma y diversas variadas de frutas a menor escala. La vegetación a 3,000 – 4,000 m.s.n.m. es, mayormente secundaria. Aunque quedan aún relictos de vegetación en las zonas completamente inaccesibles. La mayoría de especies de esta zona son indicadoras de hábitats perturbados. La vegetación predominante es de tipo Matorral Bajo Espinoso. Las especies que predominan son el Aliso, Mutuy, Sauco y varias especies espinosas. Se identifican diversas plantaciones de Eucalipto, el cual es una de las especies introducidas con mayor abundancia en todo el país. La calidad ambiental en esta zona, en cuanto condiciones favorables para el desarrollo de vegetación silvestre, es baja por haber sido perturbada por la mano del hombre. A mayor altitud se tiene predominancia de formaciones vegetales tipo pastizal y pajonal. Se tiene un marcado predominio por parte del Ichu, así como de la Festuca. La vegetación en esta zona es característica de Puna, no es muy abundante encontrándose formaciones rocosas en las cuales no crece vegetación. La ubicación del río se puede visualizar en el anexo del plano de la red hidrográfica de la cuenca.

2.1.5 Fauna

Los mamíferos silvestres más representativos de Huanta son: el venado, la vizcacha, zorro andino, y el conejo silvestre. Existe gran cantidad de sapos en el río Cachi, muchas ranas son comestibles por los pobladores. Los reptiles como el Lagarto enano y Lagartija de puna se encuentran dentro de los 3,000 – 4,000 m.s.n.m. Las aves más representativas son el Cóndor andino y el Pato cordillerano que habitan las partes altas mayor a 4,000 m.s.n.m. de altitud (lagunas). A menor escala se tiene Lechuzas, Picaflor, Perdiz, Águila negra. En cuanto a peces se tiene la Tila pía, Carpa común,

Carpa forrajera, pejerrey, Trucha arco iris. La gran cantidad de insectos se presentan a menor altitud, puesto que el clima es cálido, siendo característico para estas poblaciones de fauna la langosta, libélula (Cachi Cachi), mariposa amarilla, avispa y grillo. Como animales domésticos que existen son: el vacuno, porcino, ovino, equino, gallinas y pollos. Las principales enfermedades que atacan a estos animales mayores son: la fiebre aftosa, sarcocistiosis. En menor escala se tiene caprinos, alpaca, llama, conejos, cuyes.

2.1.6 Principales cultivos

Los principales cultivos son el maíz amiláceo o blanco 68% y el frijol 21%; seguidos por el Trigo 8%, linaza 1%, arveja 1%, alfalfa 1% y frutales 1%. Los cuales son sembrados en la campaña grande.

El maíz, especie de enorme importancia por su valiosa participación en un sistema de rotación de cultivos, no es considerado como tal, por lo que su producción obedece al intenso monocultivo y a las labores culturales de tecnología tradicional.

La cebada y el trigo, son especies que requieren riegos oportunos y abonamiento adecuado. Su producción baja se debe a que es sembrada en terrenos de secano, causando, además de su bajo rendimiento la disminución de su calidad en peso hectolítrico.

La papa se siembra mayormente en terrenos de las partes altas y de secano; y por lo tanto está expuesta a las inclemencias del medio ambiente. Mayormente utilizan semillas no recomendadas susceptibles al ataque de enfermedades, agravándose el estado de los cultivares al realizar la siembra los surcos en sentido de la pendiente. Sin embargo, existen particularidades de ciertos productores que van mejorando la tecnología a un sistema semi-intensivo. La quinua a pesar de ser un producto rico en proteínas y utilizarse mucho en la agroindustria, es sembrada en menor escala, y en algunos casos solos como cobertura de otros cultivos. En cuanto a la fruticultura, la

mayoría de los agricultores conservan patrones de sus ancestros tales como la lúcuma, paca, chirimoyo y palto, plantados de una manera desuniforme y sin mantener el espacio recomendado entre plantas sin injertar. Por sus características propias la actividad agrícola convoca la participación familiar incluidos los niños. La mujer y el hombre participan en la preparación del terreno, la siembra y la cosecha. En consecuencia la agricultura es la actividad principal del distrito y se caracteriza por estar conducida principalmente por productores rurales organizados en comunidades campesinas caracterizados por la utilización de tecnología tradicional, abonamiento con desechos de corral, trabajo basado en sistemas andinos colectivos: tales como el Ayni y la Minka, básicamente de autoconsumo y subsistencia.

2.1.7 Condiciones Climáticas

El área de estudio goza de un clima templado, moderado y lluvioso a cálido que se caracteriza por tener un invierno seco, templado en el día y frígido en la noche con una temperatura ambiental media anual del orden de 17° C, precipitación promedio multianual de 550.0 mm., humedad relativa media anual de 55% y valores de evaporación total media anual de alrededor de 1,800.00 mm. , acorde a la información meteorológica registrada en la Estación Climatológica de Huanta y que se puede considerar representativa para el área de interés. Usualmente no se suelen suceder heladas, sin embargo, las temperaturas extremas mínimas ocurren durante los meses de Mayo y Junio con valores hasta de alrededor de 5° C pero que no tienen mayores efectos dañinos en los cultivos de tipo agrícola, ni en la salud de los pobladores. El clima del área de estudio es propicio para la vida humana y para una agricultura intensiva, pudiéndose cultivar papa, maíz, frutales, hortalizas y otros. La vegetación es abundante y consiste en especie espinosa-montano, del tipo molle, sauce, huarango y cactáceas. También existe una agricultura de bajo riego, consistente en trigo, cebada, maíz, papa, hortalizas, etc., y árboles frutales como lúcuma, palta, chirimoya, naranja, etc.

2.1.8 Topografía

Topográficamente la zona de estudio corresponde a una zona comprendida entre los 2,300 msnm y 4,800 msnm y que está conformada por una sucesión de elevaciones de cerros de relieve moderadamente accidentado, que a su vez se encuentran cortados por algunas quebradas que drenan sus aguas a la cuenca del río Huanta, por otra parte dentro de la Microcuenca existen, bofedales y nevados.

2.1.9 Fisiografía

En el área de estudio se ha diferenciado predominancia de laderas montañosas con relieve moderadamente empinado a muy empinado, con ocurrencia poco frecuente de laderas fuertemente inclinadas. Adyacentes al cauce del río Huanta, entre las laderas montañosas, se encuentra el valle intermontañoso que por la naturaleza de su formación y configuración del relieve es muy angosto.

En el siguiente cuadro, se presenta las características más saltantes de las unidades fisiográficas identificadas en el área de estudio.

Tabla 2.1
Leyenda fisiográfica

Leyenda Fisiográfica					
Gran Paisaje	Paisaje	Sub Paisaje	Elemento de Paisaje	Símbolo	Pendiente
Montañoso	Montaña Alta	Denedacional	Cima Fuertemente Inclinada	<u>CMaC</u>	8-15%
			Cima Moderadamente Empinada	<u>CMaD</u>	15-25%
			Ladera Moderadamente Empinada	<u>LMaD</u>	15-25%
			Ladera Empinada	<u>LMaE</u>	25-50%
			Ladera Muy Empinada	<u>LMaF</u>	50-75%
			Ladera Extremadamente Empinada	<u>LMaG</u>	>75%
			Valle <u>Intermontañoso</u>	<u>VImfi</u>	4-15%

Fuente: INDECI – Huanta

A continuación se presenta una breve descripción de las unidades fisiográficas del área de estudio:

- **Valle Intermontañoso (VImfi)**

Corresponde a las formaciones de fondo de valle en interacción con la parte baja de las laderas montañosas. Estas geoformas son origen coluvio aluvial con relieves predominantemente ondulados o inclinados y cuya pendiente varía de moderada a fuertemente inclinadas (4-15%). En el área de estudio, su ocurrencia es restringida, y solo se observa en los márgenes del río Huanta.

- **Cima de Montaña Fuertemente Inclinada (CMaC)**

Se presenta en el margen izquierdo del río Huanta, en la parte central del área de estudio. Esta unidad corresponde al relieve de apariencia ondulada de cima de montaña, caracterizada por una topografía fuertemente inclinada, con pendientes de menor grado de inclinación respecto a la horizontal y que varían de 8 a 15%. Estas geoformas presentan ligeros procesos de erosión generalmente laminar e incisionamiento poco evidente.

- **Cima de Montaña Moderadamente Inclinada (CMaD)**

Se presenta en el margen derecho del río Huanta la parte sur del área de estudio. Esta unidad corresponde al relieve de apariencia ondulada de cima de montaña, caracterizada por una topografía moderadamente empinada, con pendientes predominante de 15 a 25%. Estas geoformas presentan ligeros procesos de erosión generalmente con incisionamiento poco evidente.

- **Ladera de Montaña Moderadamente Empinada (LMaD)**

Esta unidad ocurre irregularmente en la parte oeste del área de estudio. Se trata de geoformas de laderas montañosas caracterizadas por una topografía moderadamente empinada, con pendientes de 15 a 25%. Considerando las características topográficas, presenta ligero riesgo de erosión hídrica y escorrentía superficial. En estas formas de tierra se presentan afloramientos rocosos poco frecuentes.

- **Ladera de Montaña Empinada (LMAE)**

Esta unidad ocurre con mayor frecuencia en el área de estudio, especialmente en la parte sur y norte. Se trata de geoformas de laderas montañosas caracterizadas por una topografía compleja con relieve empinado a abrupto con presencia de afloramientos rocosos frecuentes coexistiendo intrincadamente. La pendiente predominante varía de 25 a 50%. Debido a estas características, el riesgo de erosión hídrica y escorrentía superficial se incrementa. Es frecuente su distribución en ambos flancos del río Huanta, los cuales son la principal red de drenaje del área de estudio.

- **Ladera de Montaña Muy Empinada (LMAF)**

Se trata de geoformas de laderas montañosas caracterizadas por una topografía compleja y escarpada. El relieve es muy empinado (50-75%) acompañado con afloramientos rocosos. Por las características morfológicas de estas laderas, la erosión hídrica y escorrentía superficial es mayor.

- **Ladera de Montaña Extremadamente Empinada (LMAg)**

En el área de estudio, la ocurrencia de esta unidad es poco frecuente, especialmente en la margen derecha del río Huanta. Se trata de geoformas de laderas montañosas caracterizadas por una topografía escarpada y abrupta, se presenta en forma intrincada con afloramientos rocosos. El relieve es extremadamente empinado y abrupto con pendiente predominante mayor a 75%. Por las características morfológicas de estas laderas, la erosión hídrica y escorrentía superficial es mayor.

2.1.10 Suelos

SUELO TIPO I : Se trata de un afloramiento masivo de rocas del Granito Palta Orcco Chico, Grupo Mitu y Grupo Copacabana de origen volcánico y volcánico-sedimentario. Estas rocas se encuentran mayormente en las laderas bajas hasta las partes altas de la cordillera del nevado Razuhuilca.

SUELO TIPO II : Se trata de una Grava limosa de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y limo-arenoso de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°) con buena capacidad portante (1.50 Kg/cm a 2.00 Kg/cm), media amplificación sísmica, y nivel freático poco profundo a profundo (mayor a 3.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Luricocha y sus alrededores hasta Betania y en Quinrapa y alrededores.

SUELO TIPO III : Se trata de una Grava arcillosa de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°) con buena capacidad portante (1.50 Kg/cm² a 2.00 Kg/cm²), media amplificación sísmica, y nivel freático poco profundo (entre 3.0 m. a 10.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Huanta en el Cercado, Barrio Hospital y Lotización Tupín.

SUELO TIPO IV : Se trata de una Grava arcillosa de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente suave (5° a 10°) con buena capacidad portante (1.50 Kg/cm² a 2.00 Kg/cm²), media amplificación sísmica, y nivel freático poco profundo a superficial (entre 0.0 m. a 10.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Huanta en Hospital Baja.

SUELO TIPO V : Se trata de una Grava arcillosa de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°) con buena capacidad portante (1.50 Kg/cm² a 2.00 Kg/cm²), media amplificación sísmica, y nivel freático poco profundo a superficial (entre 0.0 m. a 10.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito Huanta a lo largo de los caminos Hospital Baja-Ichpico y Hospital Baja-Quinrapa.

SUELO TIPO VI : Se trata de una Grava arcillosa a Grava limosa de consistencia firme a suave, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa a limo-arenoso de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm² a 1.50 Kg/cm²), media a alta amplificación sísmica, y nivel freático mayormente superficial a poco profundo (entre 0.0 m. a 10.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos son los que se encuentran en mayor proporción en el área de estudio y comprende zonas del distrito de Huanta y Luricocha, tales como: Palmayocc, Maynay, Camino Huanta-Luricocha, Impao, San Miguel, Allpa Pilar, Lucma Pata, Cedrocucho, Socoscocha, Mariscal Cáceres y San Luis.

SUELO TIPO VII : Se trata de una Grava arcillosa de consistencia firme a suave, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente suave (5° a 10°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm² a 1.50 Kg/cm²), media a alta amplificación sísmica, y nivel freático

mayormente superficial a poco profundo (entre 0.0 m. a 10.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Huanta en el Camino Socosccochoa-Huancayocc.

SUELO TIPO VIII : Se trata de una Grava arcillosa de consistencia firme a suave, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente media (10° a 15°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm² a 1.50 Kg/cm²), media a alta amplificación sísmica, y nivel freático poco profundo a profundo (mayor a 3.0 m.), poca a media erosionabilidad por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Huanta en Castropampa, Nueva Jerusalén y Tres Estrellas.

SUELO TIPO IX : Se trata de un suelo arcilloso de consistencia suave, inestable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad media, de baja a media plasticidad, sin presencia de gravillas, sobre terrenos de pendiente muy suave (0° a 5°) con baja capacidad portante (menor a 1.00 kg/cm²), media a alta amplificación sísmica, y nivel freático superficial (entre 0.0 m. a 3.0 m.), erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos se encuentran aisladamente en la Pampa de Maynay y en la Mojada de Quinuaorcco.

SUELO TIPO X : Se trata de terrenos de cultivo: Grava arcillosa de consistencia firme a suave, estable ante cambios en el contenido de humedad, compresibilidad baja a media, formada por la mezcla de piedras subangulosas a subredondeadas de origen volcánico y arcilla-limosa de baja a media plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave a suave (0° a 10°) con regular capacidad portante (1.00 Kg/cm²

a 1.50 Kg/cm), media a alta amplificación sísmica, y nivel freático mayormente superficial a poco profundo (entre 0.0 m. a 10.0 m.), poco erosionable por acción hídrica, sin problemas de lixiviación y baja a despreciable agresividad química al concreto. Estos suelos comprenden las áreas agrícolas del Proyecto de Riego Razuhuilca que se encuentran ubicadas alrededor del Distrito de Huanta y Luricocha, hasta el curso principal del río Cachimayo. Los fenómenos de origen geológico-geotécnico de mayor incidencia en el área de estudio son: falla por escasa capacidad portante y amplificación local de ondas sísmicas; siendo este último el de mayor importancia y el que determina finalmente el mayor grado de peligro. Los fenómenos de origen climático de mayor incidencia en el área de estudio son: Inundación por ocurrencia de lluvias en áreas planas u hondonadas, inundación por desborde de ríos, erosión por altas velocidades del flujo de escorrentía superficial y transporte de sedimentos del flujo de escorrentía superficial; siendo los dos primeros los de mayor importancia y los que determinan finalmente el mayor grado de peligro.

Los fenómenos de origen geológico-climático de mayor incidencia en el área de estudio, son por deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, avenidas y aluviones; los cuales se ven favorecidos por la presencia de agua subterránea mayormente superficial a poco profunda y por la presencia de una falla que corre de SE a NW y que determina prácticamente el contacto de los depósitos aluviales y la formación rocosa volcánica y volcánica-sedimentaria y que es donde precisamente los fenómenos son más intensos y determinan finalmente el mayor grado de peligro.

2.1.11 Geología

El objetivo del presente estudio ha sido determinar las diferentes formaciones geológicas existentes entre las localidades de Huanta y Luricocha, tipificando sus características litológicas, estructurales, geomorfológicas y geodinámicas que, sumados a otros aspectos técnicos, permitan seleccionar áreas de menor y mayor amenaza con la finalidad de

confeccionar el Plano de Peligros de la ciudad de Huanta. (Fuente: INDECI - HUANTA)

2.1.12 Geología Regional

Las unidades estratigráficas que afloran en la región, están comprendidas entre el paleozoico y el cuaternario reciente. De la más antigua a las más recientes son como siguen:

2.1.12.1 Grupo Copacabana

Se trata de una secuencia calcárea pelítica, compuesta por una sucesión de calizas gris azuladas fosilíferas, con algunas intercalaciones de limo arcillitas gris oscuras y gris verdosas. Las calizas se presentan en estratos gruesos bien definidos, como también macizos y en algunos casos nodulares, formando conjuntos de 10.0 a más de 170.0 m. de espesor. Las limoarcillitas aparecen en capas laminadas con grosores de 0.40 m. en promedio. La proporción de calizas es mucho mayor que las de limoarcillitas. El grupo Copacabana, está expuesto sobre el sector occidental de la cordillera oriental siguiendo una dirección andina y se estima una potencia de 330.0 m. en el cerro Razhuilca. Yace concordantemente sobre el grupo Tarma e infrayace en discordancia angular al grupo Mitu. Por su posición estratigráfica, a las rocas del grupo Copacabana se les asigna una edad del Permeano inferior.

2.1.12.2 Grupo Mitu

Flora principalmente a lo largo de la cordillera oriental, teniendo su mayor exposición en el cerro Razhuilca. Se caracteriza por presentar una secuencia inferior sedimentaria, clástica y de color rojizo, y otra secuencia superior compuesta por rocas volcánicas. La secuencia inferior sedimentaria, está conformada por brechas, areniscas y conglomerados con rodados de cuarcitas, andesitas y calizas, que en conjunto presentan una coloración rojiza, gris verdosa y rosada. La matriz de los conglomerados es areniscosa y a veces tufácea que, por lo general, adhiere fuertemente a los elementos que engloba. La secuencia superior volcánica, está compuesta por una

sucesión de lavas, piroclásticos e ignimbritas. Las lavas por lo general son de composición andesítica a riolítica y de textura porfírica. Los piroclásticos están constituidos por tobas y brechas volcánicas de naturaleza riolítica a dacítica. Se estima que el grupo Mitu debe tener una potencia mayor de 700.0 m. en el sector del cerro Razuhuillca. Yace en forma discordante sobre el grupo Copacabana, e infrayace también en forma discordante al miembro Mayocc de la formación Huanta, por lo que se asigna una edad comprendida entre el Permeano superior y el Triásico inferior.

2.1.12.3 Formación Huanta – Miembro Mayocc

Se trata de una secuencia volcano-sedimentaria que se expone al Oeste de Huanta, a manera de una gruesa franja con dirección NW-SE. La formación Huanta ha sido dividida en tres miembros denominados Mayocc, Tingrayoc y Tancas, siendo el primero el de mayor exposición en la región. El miembro Mayocc, está conformado predominantemente por limoarcillitas, que se intercalan con cantidades menores de areniscas, limonitas, conglomerados y algunas calizas, que en conjunto presenta una coloración amarilla verdosa, con algunas variaciones a rojizas. Las limoarcillitas resaltan por su color beige a amarillo verdoso suave y por su estructura principalmente laminar. Las areniscas se caracterizan por ser de naturaleza arcósica, tener color gris a beige, textura fina a gruesa y por presentarse en estratos de 0.10 a 0.40 m. de espesor. Los conglomerados son de naturaleza polimíctica y están expuestos en la parte inferior de la secuencia, en capas de aproximadamente 1.0 m. de espesor. La potencia total del miembro Mayocc es estimada en 400.0 m., y por su posición estratigráfica y dataciones radiométricas, tendría una edad del Mioceno medio a superior.

2.1.12.4 Formación Molinoyocc

Se describe con este nombre a una secuencia de lavas oscuras que constituyen un cono volcánico, cuyo punto más alto se denomina señal Molinoyocc, ubicada al Oeste de Pacaycasa.

Este volcánico se expone al Sur de Huanta y es una alternancia de flujos

lávicos, brechas y cantidades menores de tobas. Las lavas son de naturaleza traquiandesítica, textura afanítica a porfirítica, color gris oscuro, y se presentan en capas mayores de 0.60 m. Las brechas se disponen hacia las partes inferiores, con bloques angulosos de vulcanitas, con dimensiones que superan los 1.5 m. de longitud. La secuencia se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular al miembro Mayocc de la formación Huanta, y por mediciones radiométricas se le asigna una edad del Mioceno superior.

2.1.12.5 Formación Ayacucho

Es una secuencia piroclástica que aparece al Sur de Huanta y se extiende en esa dirección hasta la ciudad de Ayacucho. La secuencia está conformada en su base por tobas macizas en gruesos estratos, de color blanquecino y de naturaleza riolítica a riodacítica. Contiene litoclastos de andesitas y de pómez pobremente soldados, por lo que presentan un aspecto terroso. En la parte superior, la secuencia contiene tobas, tufos y diatomitas. Los tufos y diatomitas se presentan con estructura laminar, mientras que las tobas lo hacen con una estructura maciza. En la parte inferior de la secuencia, existen conglomerados intercalados con areniscas de grano grueso a medio, los mismos que se presentan en forma de capas lenticulares con estratificación cruzada. La formación Ayacucho sobreyace discordantemente al grupo Mitu, a la formación Molinoyocc y al miembro Mayocc de la formación Huanta, y se le considera una posible edad del Mioceno superior.

2.1.12.6 Depósitos Morrenicos

Estos depósitos están confinados a las zonas altas, principalmente del sector oriental, donde aparecen formando morrenas laterales, frontales y de fondo, que se componen de arenas brechosas y gravas mal clasificadas, principalmente.

2.1.12.7 Depósitos Glaciofluviales

Se hallan aflorando en terrenos de gran altitud, como los de la cordillera de Razuhuillca. Sus sedimentos están compuestos de gravas, arenas, limos y arcillas, relacionadas íntimamente con antiguas zonas glaciadas.

2.1.12.8 Depósitos Coluviales

Se trata de sedimentos que generalmente se ubican en las partes bajas de laderas de alta pendiente. Están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado, con bloques angulosos de diferente tamaño en una matriz arenosa limosa, acumulados principalmente por acción de la gravedad.

2.1.12.9 Depósitos Aluviales

Agrupan diferentes depósitos tanto aluviales como fluviales, los cuales se caracterizan por componerse de gravas, arenas, limos y arcillas dispuestos en diversas proporciones. Los depósitos aluviales conforman llanuras y algunos presentan cierto grado de litificación y constituyen terrazas erosionadas por quebradas actuales. Generalmente tienen mala selección y estratificación y su permeabilidad es media a alta. Los depósitos fluviales se hallan tapizando los fondos de ríos y quebradas, generalmente son inconsolidados y tienen alta permeabilidad.

2.1.12.10 Rocas Intrusivas

Se trata de un segmento plutónico irregular y de forma alargada, que se expone en el cerro del mismo nombre y se extiende en una longitud de 21.0 Km. y un ancho que varía desde 400.0 m. hasta 5.5 Km.

Se caracteriza por ser de naturaleza sienogranítica, color rosáceo, textura gruesa a media, compuesto por más del 50% de ortoza, seguido por cuarzo y plagioclasas y en menor proporción biotita. El plutón de Palta Orcco Chico, intruye a los grupos Tarma y Copacabana, e infrayace en forma discordante al miembro Mayocc de la formación Huanta.

2.1.13 Geología Local

Este trabajo se ha desarrollado utilizando como información base el Plano topográfico a escala 1:5000 del área de estudio; el cual ha permitido ir delineando en base a las observaciones de campo en sitios tales como cortes de quebradas, afloramientos rocosos, zanjas de cimentación, zanjas de drenaje y trincheras artificiales, el límite de contorno de las formaciones geológicas. Previamente a este trabajo, el Plano topográfico ya contenía en forma expeditiva la información referida a la clasificación SUCS de los suelos encontrados en cada una de las "calicatas" de investigación; de manera que ha permitido de una manera fácil y rápida confirmar la información mediante indicadores geológicos de campo y toma de muestras para su estudio y comprobación en gabinete; además de reconocer y complementar la misma en las áreas nuevas de expansión urbanística. Como resultado del levantamiento geológico de las localidades de Huanta y Luricocha y de áreas adyacentes, se pudo determinar que las rocas existentes son de origen sedimentario e ígneo (volcánicas e intrusivas), cuyas edades oscilan entre Paleozoico y el Cuaternario reciente. Las unidades litológicas, de la más antigua a la más reciente, se distribuyen en el área de estudio tal como se detalla en el estudio geológico, de acuerdo a la descripción siguiente:

2.1.12.11 Riolitas y Conglomerados

Pertenecientes al grupo Mitu, cuyos afloramientos se levantan con pendientes empinadas a partir de la cota 2,800 m.s.n.m. hacia el Este de la ciudad de Huanta, dejando una escarpa casi vertical con respecto a la superficie inferior de baja pendiente. Los cursos altos del río Huanta, de la quebrada Ulluchuaycco y de otras menores, cortan las rocas del grupo Mitu formando valles angostos y profundos. La observación de campo ha permitido diferenciar la secuencia de rocas del grupo Mitu, en la base el miembro sedimentario conformado por conglomerados y areniscas, y en la parte superior el miembro volcánico constituido principalmente por riolitas. Los conglomerados, en general, se caracterizan por englobar a fragmentos redondeados a semiredondeados, de diferente tamaño, de riolita, andesita y

áreas que las circundan, hecho que se ha podido comprobar en los poblados de Quinrapa, San Luis, Maynay y otros ubicados en las partes bajas de Huanta, y en los poblados de Pampay, Yuracrajay y otros, ubicados alrededor de Luricocha. El material aluvial en la zona, ha resultado de la meteorización física y química de las rocas superiores, y se caracteriza por estar compuesto de fragmentos de pequeño tamaño y diferente composición, dependiendo de la fuente de origen, es decir riolitas, granitos, calizas, limoarcillitas, englobados en una matriz arenosa, limosa y a veces arcillosa, con coloraciones marrón a rojiza en su mayor parte y a veces pardo amarillenta. A través de la observación de las calicatas, hechas con fines de ensayos de mecánica de suelos, se ha podido comprobar la secuencia del material aluvial en profundidad y verificar lo mapeado en superficie.

2.1.12.18 Fluviales

Son depósitos de material inconsolidado, constituidos por bloques, cantos, gravas y arenas, que generalmente se hallan tapizando los cauces de los ríos Huanta, Opancay y Luricocha y de las quebradas adyacentes que desembocan en ellos. El material existente en los ríos y quebradas mencionadas, está mal seleccionado y tiene diferente composición de acuerdo a la roca de origen de donde provienen.

2.1.14 Suelos

En Huanta, los suelos con vocación agrícola alcanzan el 19.57% del total del territorio, los pastos naturales el 74.46%, y los montes, y bosques el 5.97%. Tiene vegetación permanente en la parte baja y es en donde están los canales de riego. Existe una topografía variada, con terrenos ondulados y partes semiplanos, y en conjunto se distinguen cuatro zonas fisiográficas definidas: Zona de tierras bajas: Terrenos que se encuentran en las riberas del río Huanta, conformando terrazas con inclinaciones de 2 a 10° de pendiente, paisaje de laderas erosionables con pendientes moderadamente empinadas que se encuentran cubiertos con materiales coluviales. Zona de

lomadas o colinas: Terrenos que se encuentran en laderas y colinas bajas con pendientes de 10 a 25° paisaje valle aluvio-coluviol de fondo plano, con presencia de erosión lateral que socava terrazas. Zona de cerros bajos: Terrenos ubicados en colinas altas con pendientes de 25 a 30°. Paisaje de laderas erosionables medias, con pendientes moderadamente inclinadas. Las vertientes están cubiertas por afloramiento rocoso. Zona de cerros altos: Terrenos que se encuentran con pendientes superiores a 40° con paisaje de relieve moderado formado por colinas y laderas de cerros ubicados en la parte alta del distrito de Huanta.

2.1.15 Geomorfología Local

El área de estudio de la ciudad de Huanta, corresponde a nivel regional a la unidad geomorfológica denominada Penillanura Disectada y a nivel local en unidades que se encuentran en función de las características predominantes de cada ubicación específica. En el área en estudio se encuentran en mayor proporción los depósitos aluviales recientes del Cuaternario y se encuentran en menor proporción depósitos volcánicos del Grupo Mitu y el intrusivo Granito Palta de Orcco Chico que suprayacen a los depósitos sedimentarios.

2.1.16 Cordillera Oriental

El macizo rocoso de la cordillera oriental aparece, de manera natural, bifurcado por el profundo valle del río Mantaro, dejando dos bloques separados denominados cordillera de Razuhuilca y cordillera de Yanaorcco, siendo la primera de ellas la que se ubica al Este de las localidades de Huanta y Luricocha. La cordillera Razuhuilca es uno de los rasgos más impresionantes de la zona, tanto por su gran desarrollo geográfico como por su altitud. Conforman un alargado promontorio de dirección NW-SE con pendientes abruptas y elevadas cadenas de cerros y picos, siendo la cumbre del cerro Razuhuilca la de máxima elevación con 4,954 m.s.n.m. La unidad se distingue, además, por estar conformada por rocas predominantemente paleozoicas, en las que la erosión y la degradación han actuado para dar

lugar a los amplios depósitos coluviales y aluviales que constituyen los suelos de Huanta y Luricocha.

2.1.17 Laderas

Esta unidad está referida a las pendientes de los valles y la cordillera. El origen de las laderas es debido tanto a la erosión de los ríos como a escarpas de fallas. En la zona de estudio, se han dado por la erosión de los ríos Huanta, Opancay, Luricocha y quebradas accesitarias, así como también, a la escarpa de falla que ha dado lugar a la depresión de Huanta. Dentro de las más conspicuas, se menciona a las laderas de Calvario ubicada al Este de Huanta, que representa una gran escarpa de falla que enlaza las partes bajas de la depresión de Huanta con las altas cumbres de la cordillera de Razuhuillca. Se caracteriza por conformar terrenos abruptos de pendientes altas, con desniveles mayores a 1,500 m, y están marcadamente surcadas por las quebradas de la zona en forma transversal.

2.1.18 Depresiones

Entre la agreste y conspicua geografía de la cordillera Razuhuillca, se presentan terrenos con pendientes suaves denominadas depresiones, que rompen el carácter abrupto característico de la cordillera. Representan cuencas intramontañosas. Estas depresiones conforman genéticamente, fosas tectónicas formadas en rocas paleozoicas, producto de la acción de grandes fallas regionales. La que está relacionada con la zona de estudio, es la denominada depresión de Huanta. La depresión de Huanta es una gran cuenca que abarca las localidades Macachacra, Huanta, Luricocha, Mayocc y La Merced, y se caracteriza por conformar una morfología muy suave, similar a la de un pedimento, sobre la cual se hallan algunas colinas no muy pronunciadas. Esta depresión tiene un ancho promedio de 7.0 Km. y una longitud de más de 30.0 Km. y se extiende con una dirección NW-SE. Sus altitudes van desde los 2,200 a 2,700 m.s.n.m. y representa el nivel de base relativo de los cursos hidrográficos de la cordillera de Razuhuillca.

La depresión de Huanta, ha sufrido un relleno paulatino de materiales sedimentarios y volcánicos durante el Cuaternario.

2.1.19 Valles

Estas geoformas corresponden a las incisiones desarrolladas por los ríos y sus afluentes sobre la cordillera, siguiendo sus cursos los patrones geológicos, tales como litología, estructura y estratigrafía. En la zona de estudio, de acuerdo a su génesis y su morfología, se pueden distinguir dos tipos de valles: glaciales y fluviales.

Los valles glaciales están restringidos a los cursos altos de los ríos Huanta, Opancay y Luricocha, por encima de los 3,900 m.s.n.m., los que se distinguen claramente en la cordillera Razuhuillca. Se caracterizan por conformar incisiones de laderas rectas, con una típica sección transversal en U, y que generalmente presentan en su cabecera circos y lagunas glaciares, como es el caso de la laguna Chacacocha en la naciente del río Huanta. Los valles fluviales, están representados por las partes bajas, menos de 3,900.000 m.s.n.m., de los cursos de los ríos Huanta, Opancay y Luricocha, y también por los cursos de quebradas accesitarias. Se caracterizan por su típica sección transversal en V, y su ancho y profundidad están relacionados con la consistencia del material que atraviesan. En roca dura se forman valles encañonados, angostos y profundos, y en terreno blando (coluvial y aluvial) son anchos y poco profundos. El cambio es notorio al pasar de las laderas de la cordillera Razuhuillca a la depresión o llanura de Huanta.

2.1.20 Cono Volcánico

Esta Unidad geomorfológica se sitúa en el cerro Molinoyoc al sur de Huanta. Se caracteriza por conformar un cono volcánico, relativamente simétrico con laderas de pendientes moderadas a altas, que se eleva unos 600.0 m. sobre el llano de la depresión de Huanta.

2.1.21 Aspectos Estructurales

La deformación tectónica en la región, ha originado un sistema de grandes fallas que ha dividido al terreno en alargados megabloques de dirección NW-SE, que aparecen como pilares y fosas.

El área de Huanta, obedece a un modelo estructural en donde han actuado dos grandes fallas normales de dirección NW-SE en rocas del paleozoico, dando lugar a dos megapilares que constituyen la cordillera occidental hacia el Oeste y la cordillera oriental hacia el Este, dejando entre ellas un bloque hundido (fosa tectónica) que corresponde a la depresión donde se asientan las localidades de Huanta y Luricocha.

Producto del hundimiento del bloque central, ha quedado una escarpa de falla (desnivel de 25 m en promedio), que se manifiesta en el límite de la cordillera oriental, que se levanta con pendientes abruptas, y la depresión de pendientes suaves, hacia la parte baja. En muchos sectores la escarpa de falla ha sido cubierta con material coluvial reciente. Las calizas del grupo Copacabana, presentan una marcada estratificación y un fuerte fracturamiento, desprendiendo grandes bloques rocosos que tienden a deslizarse hacia las partes bajas por acción de la gravedad. Las Limoarcillitas del miembro Mayocc de la formación Huanta, se presentan estratificadas en capas laminares, fácilmente disgregables por la erosión, las que son susceptibles de deslizamiento en pequeños fragmentos de forma tabular y laminar. Las riolitas del grupo Mitu, tienen una marcada seudoestratificación y alta competencia en la mayoría de sus afloramientos, sin embargo en algunos sectores se halla con cierto grado de alteración y fracturamiento. Los conglomerados Mitu y el granito de Palta Orcco Chico, se presentan en forma masiva, siendo el granito el que ofrece mejores condiciones físico mecánicas y resistencia a la erosión. El Plegamiento en la zona de estudio es poco conspicuo, sin embargo a la depresión de Huanta se le considera como un gran Sinclinatorium.

2.1 Materiales y Equipos

- Carta Nacional Digitalizada (Esc. 1/50000)
- Uso del programa AutoCad civil 2013
- Uso del software ArcGis 10.2
- Uso del programa Google Earth
- Procesamientos de datos automatizados (Microsoft Word, Microsoft Excel)
- Libreta de campo, Lápiz, etc
- 01 GPS Garmin Map 76S
- Cámara fotográfica
- Laptop Intel core i7
- Impresora

2.3 Metodología

La metodología utilizada para este trabajo de investigación es tipo aplicada de nivel de Investigación descriptiva y diseño de investigación no experimental.

A. Fase campo

En esta fase se realizó la línea de base del proyecto que consistió en percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que previamente han sido definidos como los parámetros morfológicos, físicos, ambientales de la cuenca del río Huanta. La ventaja principal de esta técnica en el campo de las ciencias del hombre radica en que los hechos son percibidos directamente, sin ninguna clase de intermediación, colocándonos ante la situación estudiada tal como ésta se da naturalmente. La observación directa de la realidad es importante porque nos presenta los escenarios y las situaciones tal como se muestra en el área de estudio de la cuenca del río Huanta por tal razón nos proporcionaran la mayor información posible para dar curso a la propuesta.

B. Fase de gabinete

Uso de la carta nacional digitalizada del Perú

El acopio de información cartográfica se eligió siguiendo los criterios básicos de ubicación, orografía, altitud, etc. Contándose para ello con las cartas nacionales de escala 1:100,000 de los cuadrantes que involucran el ámbito del área de estudio. La información fue digitalizada para un mejor desarrollo del estudio y para la facilidad del procesamiento utilizando para ello programas como, Autocad Civil 3D 2013, del mismo modo ArcGis 10.2, como instrumento principal para poder iniciar la ubicación de la microcuenca del río Huanta y la delimitación correspondiente.

Uso y empleo del software ArcGis 10.2 y el Autocad Civil 3D 2013

Se utilizó el software software Arc Gis 10.2 y mediante su componente Arc Map se delimitó y se generó sus parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Huanta, así mismo con la ayuda del Autocad Civil 3D 2013 se generó las coordenadas topográficas y la configuración de planos topográficos. Se detalla el procedimiento de la obtención de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca del río Huanta. Los sistemas de información se han convertido en herramientas muy efectivas de la ingeniería y de las ciencias básicas. El desarrollo vertiginoso del mundo de la informática ha permitido la creación de numerosos programas con aplicación específica y en los cuales se ve contenido todo el conocimiento y el estado del arte en las diferentes áreas del saber y los Sistemas de Información Geográfica son una prueba de este progreso. El tratamiento de datos georeferenciados y la computarización de la información se aplican de forma práctica a la resolución de problemas complejos. El gran interés de estos sistemas reside en su capacidad para simplificar datos y análisis de difícil lectura mediante imágenes gráficas que agilizan la comprensión de la información. Los Sistemas de Información Geográfica traen consigo una nueva filosofía que contribuye al análisis, planificación y gestión del territorio.

2.3.3 Geomorfología de la cuenca principal.

2.3.3.1 Procesamiento de la Información Geográfica

Para el presente estudio se utilizó como herramienta el software ArcGis10.2, que es un programa computacional desarrollado por el instituto de investigación en sistema medio ambiental (ESRI). Con sus extensiones aplicadas a la hidrología, que fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros hidrológicos de los estados unidos (HEC HMS).A continuación se detallan los pasos que se realizó para determinar los cálculos geomorfológicos de la Microcuenca.

Calculo de Parámetros Morfometricos de la Microcuenca del Rio Huanta

Como primer requisito, debemos tener a nuestra disposición un archivo en formato raster, que contenga la información de elevación de nuestra área de interés, este archivo puede ser generado a partir de levantamientos planialtimétricos, vectorización de curvas de nivel u obtenidas a partir de sensores remotos. La calidad del análisis estará fuertemente influenciada por el tamaño de la celda del raster usado, este es uno de los aspectos que deben tener en cuenta al momento de iniciar este tipo de análisis.

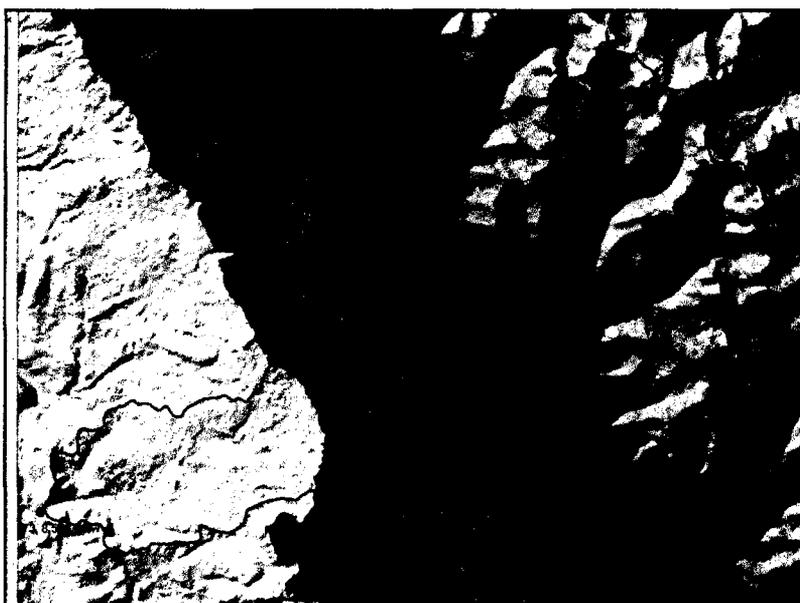


Figura 2.2 : Modelo de elevación Digital del área del rio Huanta

ArcToolbox ◊ Conversion Tools ◊ From Raster ◊ raster To polygon. Este procedimiento transformara en polígono la cuenca, y le asignara un valor en la tabla de atributos.

b.3. Para este caso, seleccionaremos el polígono que represente el área de captación de la cuenca de interés (Cuenca del rio Huanta), y se exportara individualmente (Comando: Analysis Tools ◊ Extract ◊ Select [seleccionaremos el Gridcode=144, (figura 2.4) el cual corresponde a la cuenca deseada, el valor fue observado.

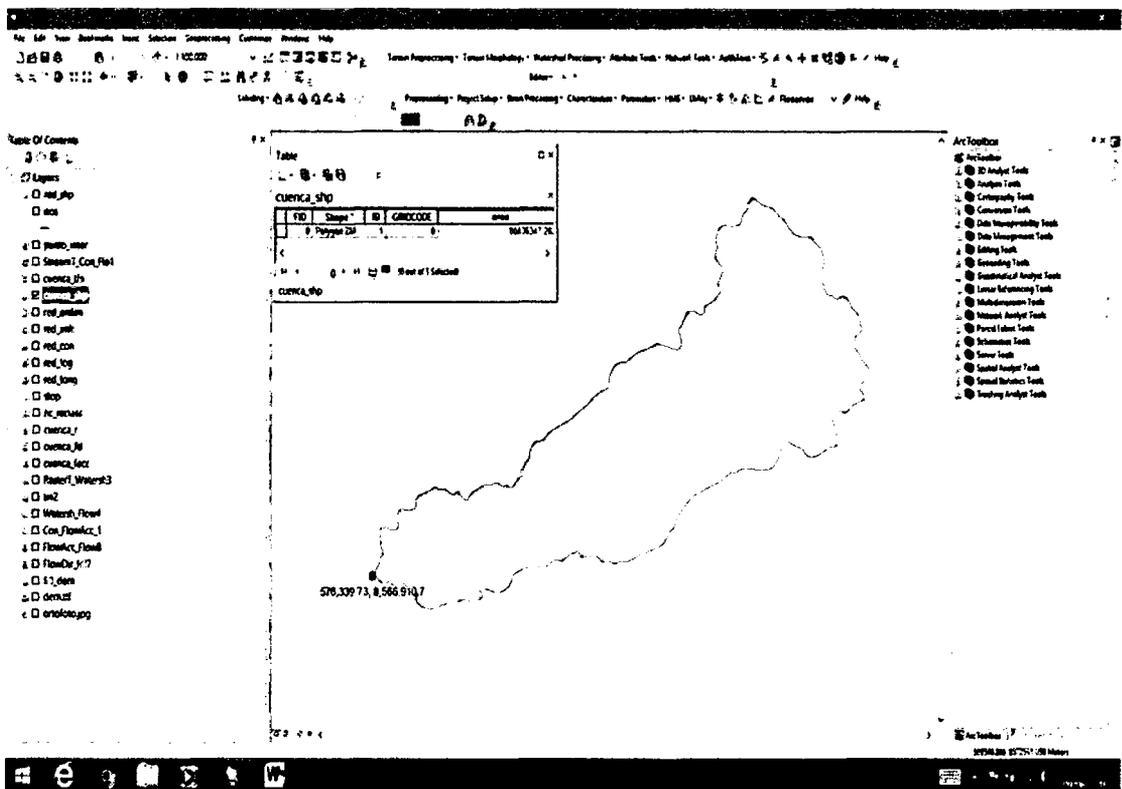


Figura 2.4 : Archivo tipo shapefile y tabla de atributos

b.4. Finalmente, se procede a extraer del archivo de elevación digital, el área de interés, que en este caso corresponde a la cubierta por el archivo vectorial extraído anteriormente. Este procedimiento se conoce como mascara, o blanqueado en algunos casos, y servirá para obtener un MDT exclusivo del área estudiada. Comando: ArcToolBox ◊ Spatial Analyst Tools ◊ Extraction-> Extraction By mask.

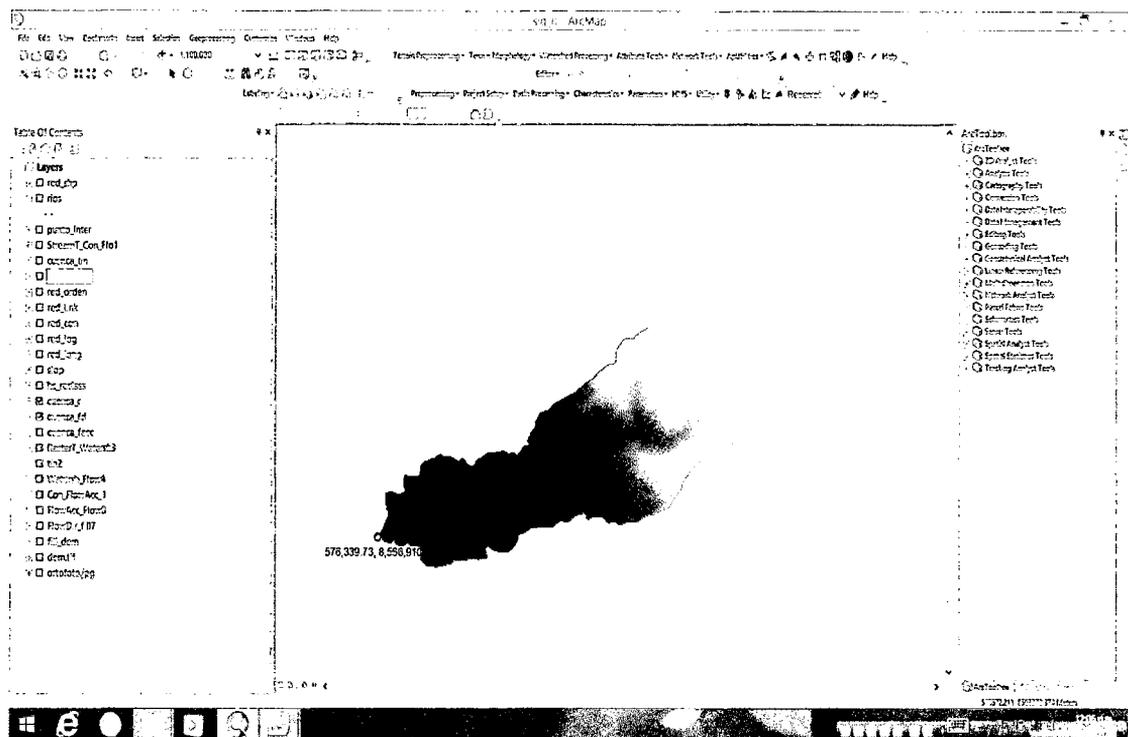


Figura 2.5 : Imagen de elevación de la microcuenca del rio Huanta

b.5. Microcuenca del rio Huanta en SHp.-Un shapefile es un formato de almacenamiento de datos vectoriales de Esri para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas. Se almacena como un conjunto de archivos relacionados y contiene una clase de entidad.

Los shapefiles suelen contener grandes entidades con muchos datos asociados y tradicionalmente se han utilizado en aplicaciones de escritorio de SIG, como ArcGIS for Desktop y ArcGIS Explorer Desktop. Si tienes una pequeña cantidad de datos en un shapefile (normalmente menos de 1000 entidades), este formato contiene los archivos .shp, .shx, .dbf y .prj a un mapa creado con el visor de mapas.

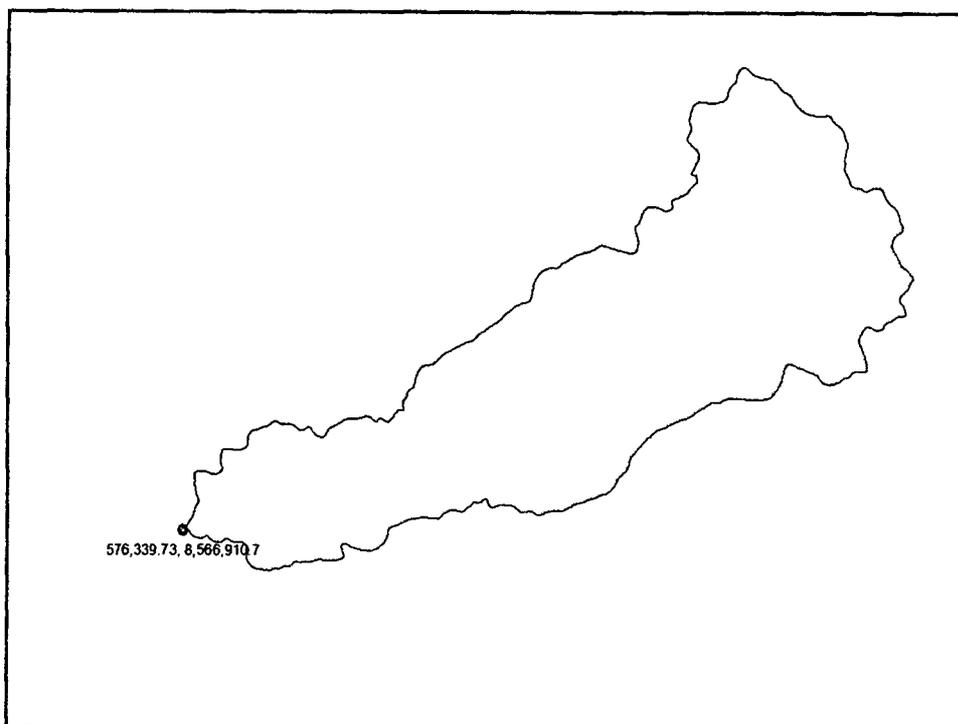


Figura 2.6 : Mirocuenca del Rio Huanta en formato SHP

b.6. Imagen TIN de la cuenca en estudio

Constituye una forma de representación de la superficie del terreno en formato Raster. Explicado de forma más sencilla, es una representación digital de una variable continua sobre una superficie bidimensional, por medio de un conjunto de valores Z referenciados (veremos ejemplos en imágenes posteriores). En ArcMap es posible levantar un MDT a partir de datos de elevación del terreno en formato vectorial (curvas de nivel y puntos de elevación), utilizando redes irregulares de triángulos conocidos como TIN.

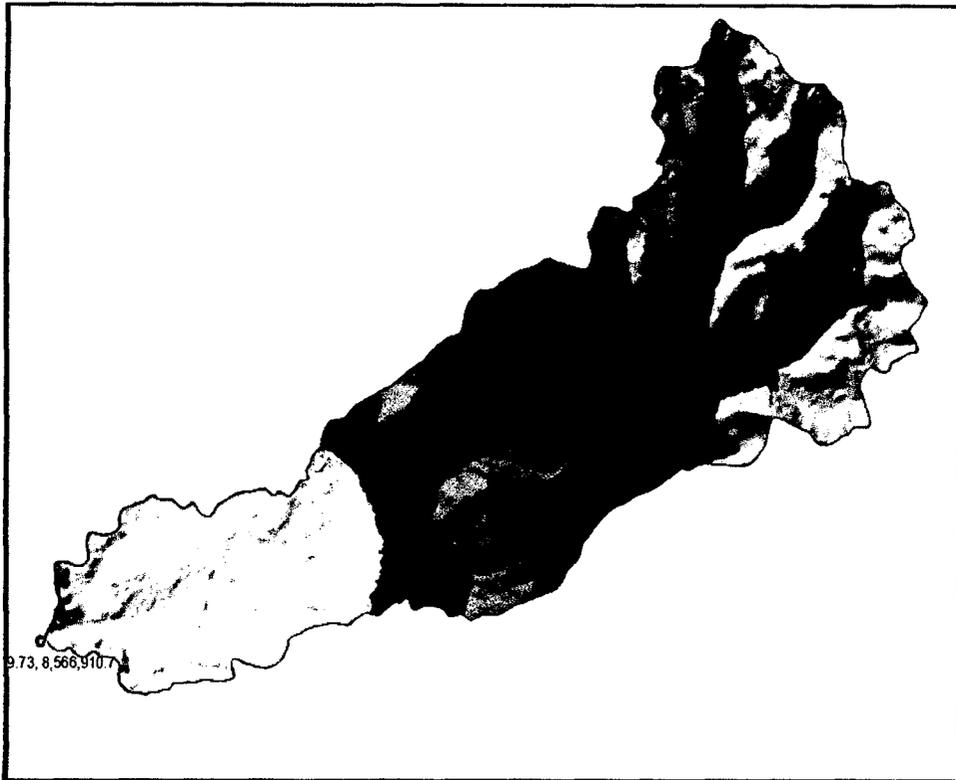


Figura 2.7: Imagen en format TIN de la Microcuenca Huanta

b.7. Imagen de elevación de la cuenca en estudio

La visualización de los datos de elevación de superficie es importante. Visualizar datos en 3D, codificado por colores con elevación, sombreado solar, combinado con datos de atributos e incluso con imágenes superpuestas, es cada vez más habitual. Existen tres regiones principales para visualizar y trabajar con datasets de elevación: las vistas de mapa 2D, las escenas 3D y las vistas de globo 3D. ArcGis proporciona aplicaciones que permiten que grandes datasets se guarden y visualicen mediante vistas específicas. Los rásteres, TIN y datasets de terreno proporcionan un método para almacenar y visualizar datos de terreno en 3D. Grandes volúmenes de datos de superficie se pueden consumir en ArcGis mediante un dataset de terreno. El data set de terreno tiene un nivel de detalle de comportamiento predefinido cuando se construye, lo que permite el almacenamiento de números en masa de mediciones de superficie.

Los datasets de terreno se pueden visualizar en un mapa 2D en ArcMap y en un globo 3D en ArcGlobe mediante una capa de terreno. Este tipo de

capa es similar a las capas TIN en algunos aspectos: Soporta renderizadores múltiples. Puede visualizar los triángulos coloreados por rango de elevación, pendiente, orientación y sombreado. Puede ver también líneas de corte, aristas de triángulo y nodos de la superficie de triángulos. En cuanto a diferencias, los terrenos tienen la capacidad de nivel de detalle (LOD) que ayuda acelerar la visualización, particularmente a pequeña escala, cuando están implicados grandes volúmenes de datos.

Los datasets de terreno tienen la particularidad exclusiva de poder incorporar o hacer referencia a datos de origen. Por medio de la indexación de cada medición de puntos, se genera un conjunto de niveles de pirámide, cada uno con un número sucesivamente inferior de puntos de origen. Esto permite a ArcMap o ArcGlobe generar una superficie TIN al vuelo a la resolución que sea necesaria para la escala del visor. Las visualizaciones a pequeña escala de los datos requieren un número menor de puntos y, por lo tanto, un TIN de menor resolución se representa.

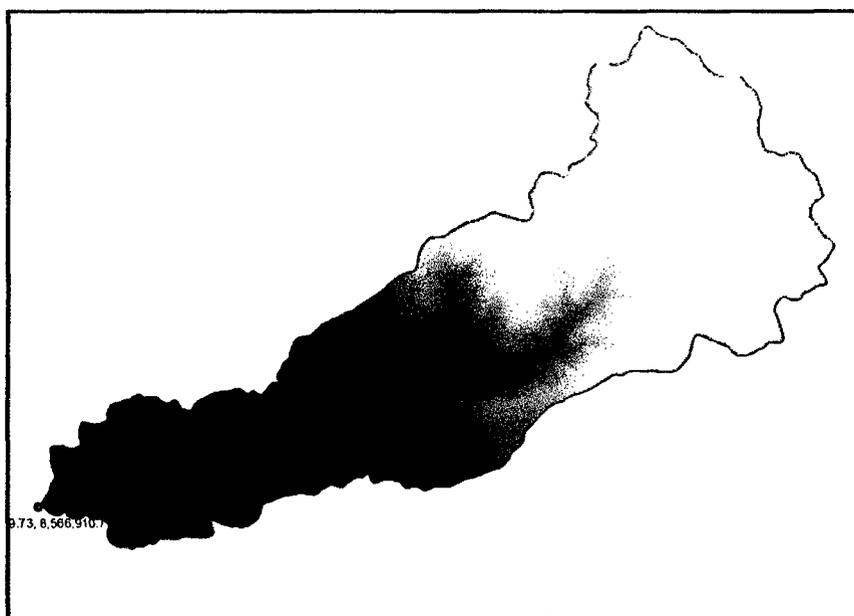


Figura 2.8 : Imagen de elevación de la Microcuenca del rio Huanta

b.8. Imagen de dirección de flujo

Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción Ráster de eliminación de salida, se creará un ráster de

salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes. Si se elige la opción Forzar todas las celdas de eje para que se desplacen hacia fuera, todas las celdas en el eje del ráster de superficie se desplazan hacia fuera desde el ráster de superficie.

Existen ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas adyacentes hacia donde puede ir el flujo. Este enfoque comúnmente se denomina el modelo de flujo de ocho direcciones (D8) y sigue un acercamiento presentado en Domingue (1988).



Figura 2.9 : Imagen de dirección de flujo

b.9. Imagen de flujo acumulado

La herramienta Acumulación de flujo calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. Si no se proporciona un ráster de peso, se aplica un peso de 1 a cada celda, y el valor de celdas en el ráster de salida es el número de celdas que fluye en cada celda.

En el siguiente gráfico siguiente, la imagen superior izquierda muestra la dirección de viaje desde cada celda y la superior derecha el número de celdas que fluyen hacia cada celda.

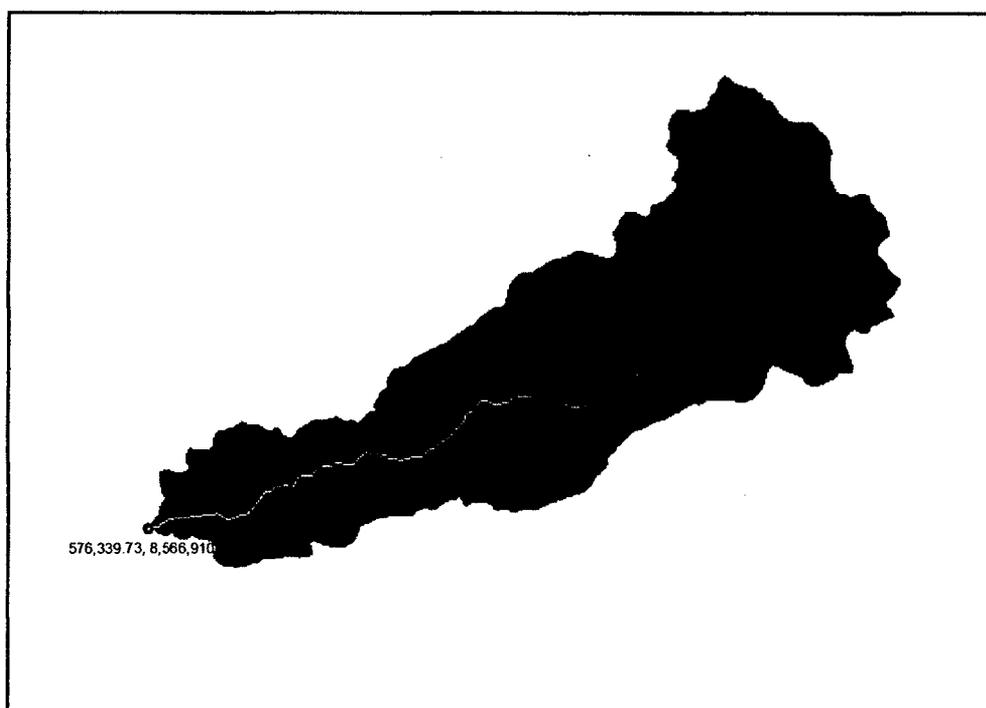


Figura 2.10 : Imagen de flujo acumulado

b.10. Cálculo de órdenes de jerarquía de afluentes

En matemáticas, el número de Strahler o número de Horton-Strahler, es una forma numérica que expresa la complejidad de una ramificación. Este número fue desarrollado por primera vez en hidrología por Robert E. Horton y por Arthur Newell Strahler; en este campo se conoce como el orden de secuencia de Strahler y se usa para definir el tamaño de una corriente, basándose en la jerarquía de los afluentes. También es usado en el análisis de otro tipo de estructuras jerárquicas en otros campos como por ejemplo la biología, el estudio de árbol y en los sistemas respiratorio y circulatorio, así como en la asignación de registros para la compilación de lenguajes de alto nivel de programación y en el análisis de las redes sociales. En el sistema de información geográfico ArcGIS 10.2, es posible realizar este cálculo, mediante la herramienta Hydrology de la extensión Spatial Analyst Tool. Es necesario contar previamente con archivos de topografía de la cuenca y el

raster derivado, dirección de flujo. Comando: ArctoolBox > Spatial Analyst Tools > Hidrology > Stream Order

Se genera un archivo del tipo raster, cuyos valores corresponderán al orden de cada uno de los afluentes detectados por el programa (figura 6).

En algunos casos será conveniente realizar una reclasificación de este raster, con el fin de asignarle a la zonas que no presentan afluentes el valor "NO DATA". La reclasificación puede ser realizada con los comandos: ArctoolBox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify.

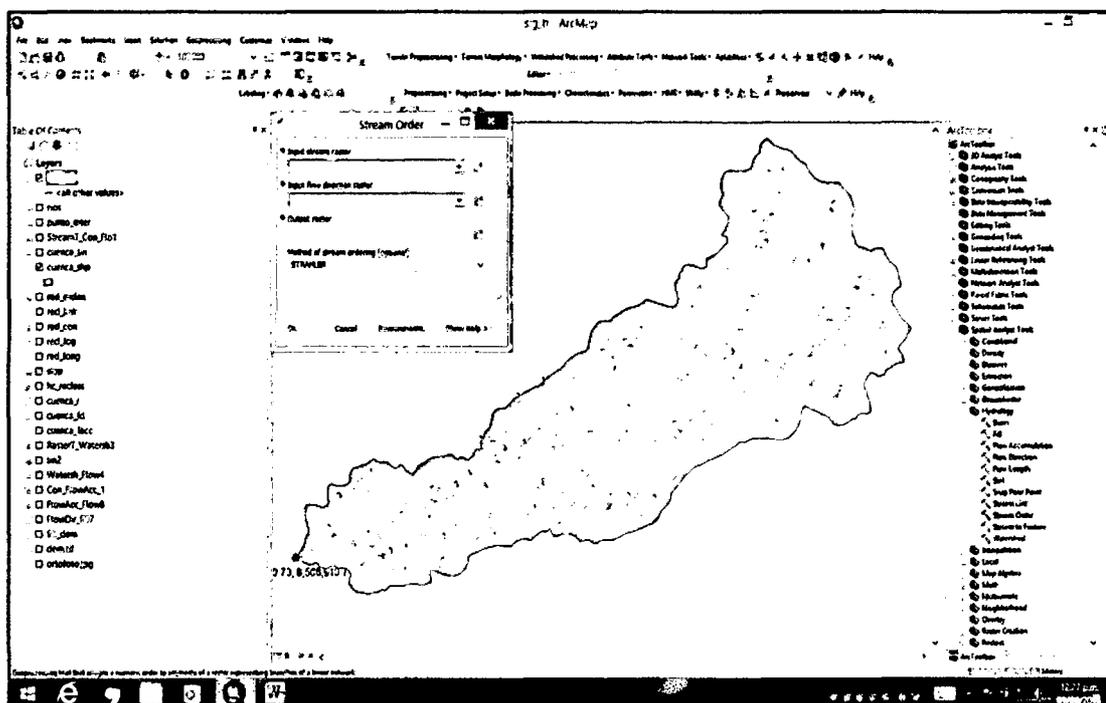


Figura 2.11 : Reclasificación del raster de órdenes de jerarquía

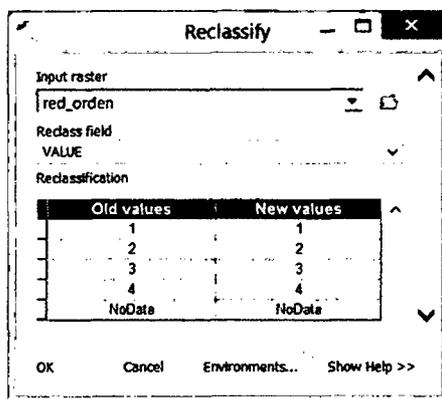


Figura 2.12 : Calculo de Órdenes de Jerarquía

Finalmente, se deben transformar los datos contenidos en archivos raster a datos tipo shapefile. Esto se realiza siguiente el siguiente grupo de comandos: ArcToolBox > Spatial Analyst Tools > Hidrology > Stream to feature.

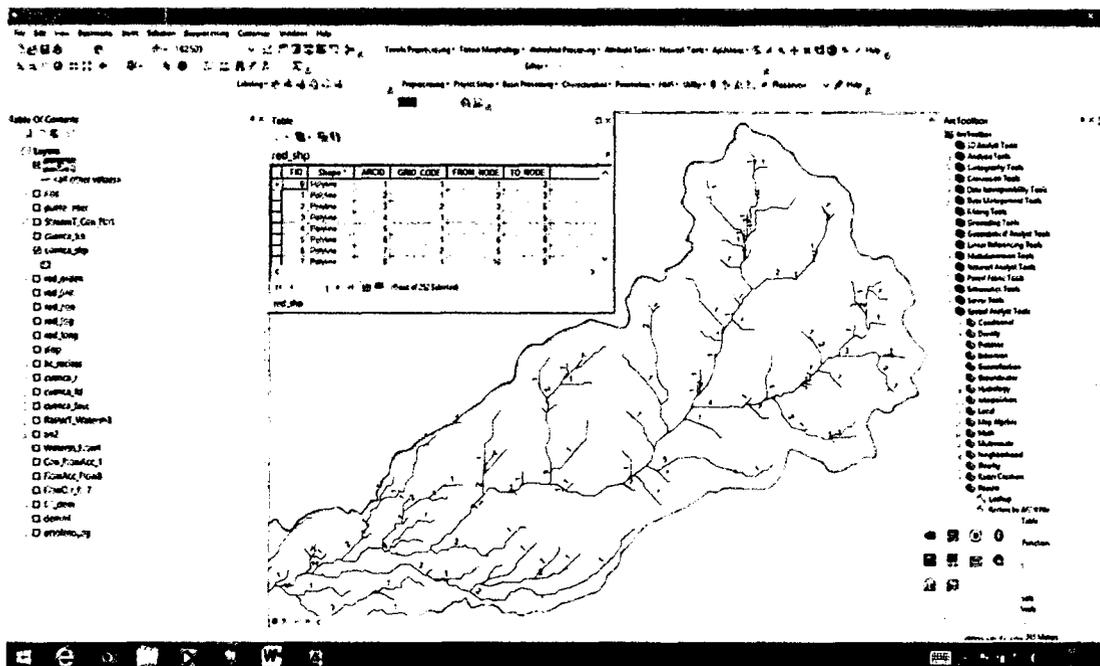


Figura 2.13 : Resultado de la conversión de raster a shapefile

b.11. Cálculo de Pendientes

El análisis de las pendientes del terreno siempre es un aspecto de gran importancia al evaluar las características morfológicas de una cuenca, usando la extensión 3D analyst del paquete ArcGis 10.2 es posible generar un mapa de distribución y/o zonificación de las pendientes del terreno. La línea de comando para elaborar un mapa de pendientes se muestra a continuación: ArcToolbox > 3D Analyst > Raster Surface > Slope. Es posible seleccionar entre un archivo de pendientes en grados (Degree) o uno en porcentaje (Percent_rise). Un mapa de pendientes elaborado y reclasificado se puede ver en la figura. El análisis de la cuenca principal, contempla, el Río Huanta, el mismo que se forma superficialmente desde la cota 2,308 msnm, hasta la cota 4858 msnm, desde donde se inicia el estudio. Las características principales de cada una de las aportantes en estudio como: área, longitud del curso principal, cota más alta, cota más baja y el tiempo de concentración.

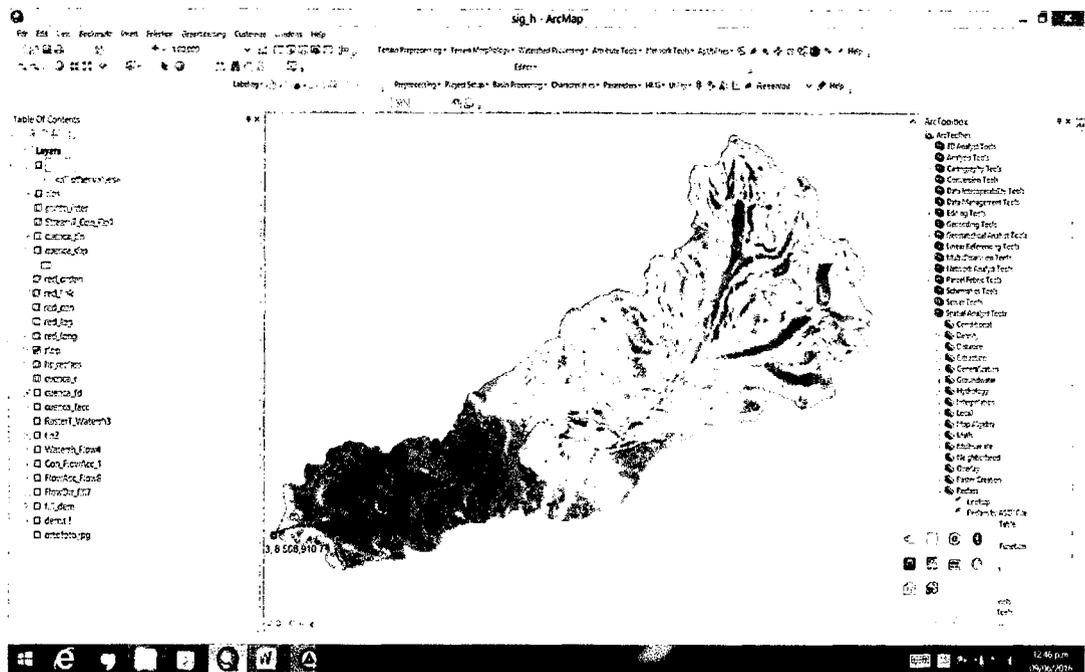


Figura 2.14 : Mapa de pendientes en porcentaje de elevación

C. Uso de la hoja de cálculos

Teniendo los datos de área, perímetro, perímetro, longitud del río, etc. de la cuenca del río Huanta se procedió a calcular los parámetros geomorfológicos de la cuenca haciendo uso de las hojas de cálculo de excell calculando los siguientes parámetros:

- los parámetros de forma
- el factor de relieve
- el perfil longitudinal del río
- los parámetros relacionados con la red hidrográfica
- otros parámetros

También se obtuvo la precipitación máxima de 24 horas de la microcuenca del río Huanta a partir de las estaciones meteorológicas de Huanta y Quinoa los cuales son monitoreados por el SENHAMI tomándose los datos de precipitación de la estación Huanta ubicada a 2,682 msnm que se encuentra dentro de la microcuenca que comprende las quebradas de Huanta, Chula y Huaraco mientras que para las quebradas de Huantachaca y Chacacocha, la estación meteorológica de Quinoa que está ubicada a 3,316 msnm, la sub división de una microcuenca se realiza con el fin de estudiar a detalle cada

sub cuenca y proporcionar datos específicos que sirvan para hacer una propuesta de desarrollo sostenible de los recursos hídricos con los datos de la estación meteorológica se obtiene el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de correlación (R), en función a la relación entre las precipitaciones medias anuales y las altitudes de cada estación meteorológica a utilizar generado por las ecuaciones de regresión. Se obtiene los caudales máximos para diferentes tiempos de retorno por medio de la distribución de precipitación Gumbel para la parte baja y para la parte alta con la distribución Log Gumbel y finalmente el método del número de curvas el cual nos sirve para el diseño hidráulico de las obras de arte que se pudieran plasmar, teniendo en cuenta que para el diseño de puentes se utiliza datos de $Tr= 100$ años, para cunetas y alcantarillas un $Tr= 5$ años y para defensas ribereñas $Tr= 100$ años.

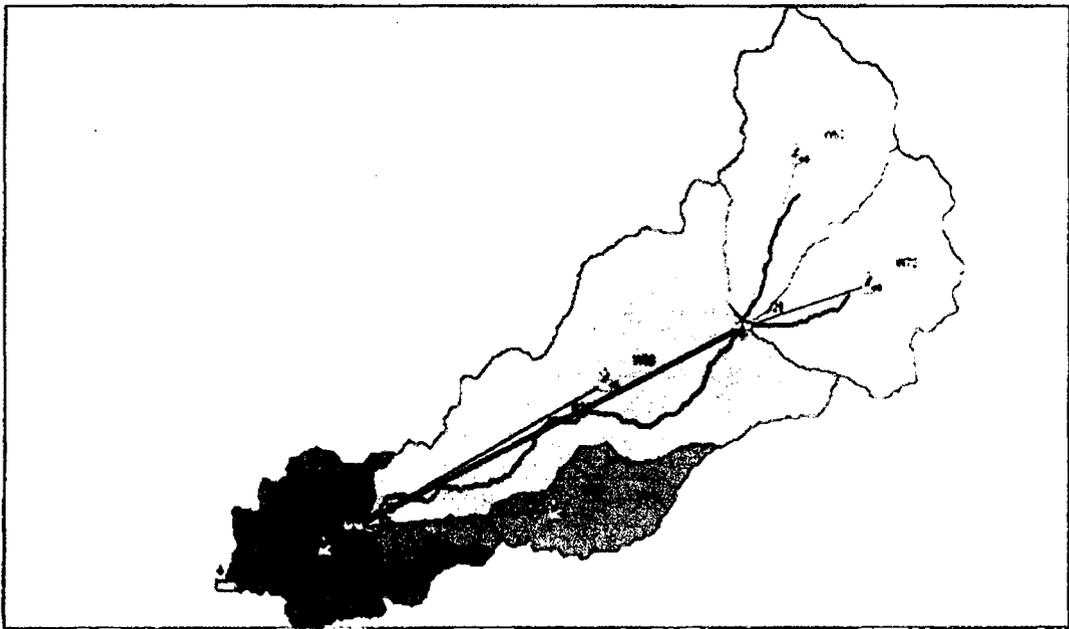


Figura 2.15 : Mapa de los aportantes a la microcuenca

Se realizó el estudio geomorfológico e hidrológico de la cuenca del río Huanta, teniendo el área total de 80.45 km² y un perímetro de 53.87 km, así mismo obteniéndose las características de la cuenca como: pendiente, elevación media de la cuenca y la longitud del río más largo de la microcuenca.

D. Tratamiento de la data hidrometeorológica

Una de las áreas más descuidadas en el análisis de series hidrometeorológicas es el tratamiento de los datos históricos registrados por medición directa, por lectura o por conteo. Aquí tratamiento significa el ajuste de los datos históricos a una condición homogénea, incluyendo la corrección de los posibles errores sistemáticos, la completación y extensión de los mismos y la reducción de los datos a condiciones naturales. Por ello, la confianza de la hidrología como una disciplina científica está realmente basada sobre la disponibilidad de suficientes datos (en cantidad y calidad) para verificar las teorías alrededor del fenómeno natural. Nunca o no siempre hay suficientes datos disponibles en el lugar y en la forma correcta que cubran su necesidad. Para obviar estos inconvenientes, antes que todo se debe prestar la mayor importancia y fijarse en el tipo de datos disponibles para examinar sus características y confiabilidad de la información. La primera pregunta se soluciona realizando un análisis de consistencia de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir. Las otras dos preguntas restantes se solucionan realizando los procesos de completación y extensión de datos mediante metodologías confiables, pero recordando que nada puede sustituir al dato original y directo, verificando cada vez que la acumulación de nuevos datos permita mejorar los cálculos.

D.1 Información Hidrometeorológica

Las Estaciones Climatológicas ubicadas en el área de estudio y consideradas para el análisis, son de tres tipos: Climatológica Principal (CP), Climatológica Ordinaria (CO) y Pluviométricas (PLU). La información registrada es muy variada, correspondiendo a las Climatológicas Principales y Climatológicas Ordinarias las mejor implementadas las cuales registran la precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, vientos, horas de sol, nubosidad, entre otros; las estaciones Pluviométricas registran la precipitación que se enmarcan en la parte alta, media y baja de la cuenca.

Para el análisis hidrológico, se ha considerado un total de 02 estaciones meteorológicas, las cuales fueron tratadas, corregidas, completadas y extendidas al periodo 1996-2012; obteniendo finalmente una ecuación de correlación de precipitación y altura de la estación, que permita determinar con mayor precisión la precipitación areal de cada micro cuenca, necesario para el modelo hidrológico. Para la calibración del modelo hidrológico, se tomó el registro de las descargas del río Cachimayo en la estación hidrométrica Cobriza, con la finalidad de determinar el hidrograma promedio de las descargas mensuales. , la estación de Huanta nos ayudara a determinar las ofertas de la microcuenca de la parte baja, y la estación de Quinua nos permitirá determinar la oferta en la microcuenca alta.

D.1.1 Fuentes De Información

La información utilizada para la realización del análisis hidrológico del área de estudio, ha sido obtenida de documentos correspondientes a las siguientes instituciones: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

D.1.2 Red Hidrometeorológica

Las estaciones utilizadas para desarrollar el estudio se detallan a continuación:

Tabla 2.2
Ubicación de las estaciones meteorológicas

CODIGO	NOMBRE	TIPO	UBICACIÓN			COORDENADAS GEOGRAFICAS		
			DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
660	Huanta	CO	Ayacucho	Huanta	Huanta	12°56'55"S	74°514'13"O	2682
663	Quinua	CO	Ayacucho	Quinua	Quinua	13°02'02"S	74°08'07"O	3316

Fuente: SENAMHI

D.1.3 Tratamiento de la Información Pluviométrica Total Mensual

La no homogeneidad e inconsistencia en secuencias hidrológicas representa uno de los aspectos más importantes del estudio en la hidrología ya que cuando no se identifica puede introducirse un error significativo en todos los

análisis futuros que se realicen obteniendo resultados altamente sesgados. Los medios ambientes hidrológicos son afectados grandemente por factores hechos por el hombre tales como obras de regadío, drenaje, etc., o por cambios inesperados naturales y lentos procesos tales como incendios, derrumbamientos, llenados de lagos por sedimentos y similares, las que producen inconsistencia en la toma de información. La inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias y la no homogeneidad es definida como los cambios de los datos vírgenes en el tiempo. Así por ejemplo, la no homogeneidad en los datos de precipitación es creada por tres fuentes principales: Movimiento de las estaciones en una distancia horizontal; Movimiento de las estaciones en una distancia vertical; Cambios en el medio ambiente circundante a la estación. El tratamiento consiste en efectuar un análisis de consistencia y homogeneidad de los registros que se tienen, para poder eliminar aquellos valores que no son confiables. Estos análisis son de carácter físico estadísticos que permiten evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

E. Generación de caudales medios en el área de estudio

Uno de los principales parámetros en hidrología es el caudal, pero en el área de estudio o cerca de ella no existen estaciones hidrométricas, por lo que se han generado sintéticamente mediante la implementación del modelo Lutz Schölz. El modelo de generación de caudales ha sido calibrado con mediciones de caudal in situ, realizadas durante las visitas de campo, de tal manera de asegurar la efectividad del modelo para predecir el comportamiento hidrométrico del río en estudio en estudio. Adicionalmente se realizó el análisis de los caudales generados de tal manera de identificar aquellos posibles lugares de donde se pueda extraer el recurso hídrico.

E.1 Método De Lutz Schölz

El modelo hidrológico de Lutz Schölz, ha sido estudiado y calibrado en 19 cuencas de la sierra peruana, ubicadas en las regiones de Cuzco, Huancavelica, Junín y Cajamarca, y es aplicable generalmente para

pequeñas y medianas unidades hidrográficas con escasa información hidrométrica. Para el presente estudio ha sido seleccionado por que la zona de estudio tiene las características y condiciones para las cuales ha sido establecido el modelo. El modelo de precipitación – escorrentía de Lutz Schölz, fue propuesta por la Misión Técnica Alemana en 1980 para el Ex-Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones – Plan Meris II. El modelo hidrológico se basa fundamentalmente en el balance hídrico y en parámetros parciales de tipo determinístico. Este método permite combinar los factores que producen e influyen en los caudales, tales como, la precipitación, evaporación, el almacenamiento y la función de agotamiento natural de la cuenca, para el cálculo de las descargas en forma de un modelo matemático.

E.2 Calibración

Durante los trabajos de campo se realizaron mediciones de caudales en varios puntos de las quebradas estudiadas, con la finalidad de calibrar los resultados del modelo. En la calibración se modificaron los valores del coeficiente de escorrentía, el valor del almacenamiento y el coeficiente de agotamiento, de tal manera de encontrar la mejor combinación de estos parámetros. El escurrimiento de las aguas en las microcuencas durante el período de avenidas tiene su origen principalmente en la precipitación estacional, y durante la época de estiaje de las descargas provienen de las lagunas y aportes subterráneos de la cuenca. Para la calibración del modelo, ha sido necesario determinar el valor de cuatros parámetros, como son: el valor del coeficiente de retención R , el coeficiente de escorrentía C , el gasto de retención (b_i) que está en función del coeficiente w y el coeficiente de almacenamiento a_i para el periodo seco.

Para esto ha sido necesario iterar con distintos valores en una hoja de cálculo, preparada para este fin, hasta obtener series de caudales promedios mensuales generados, que comparados visualmente con las series mensuales de caudales aforados sea lo más semejante posible. Sin embargo, esto no ha sido suficiente, por que nuevamente se realiza una

segunda comparación de los caudales promedios mensuales que se generaban estocásticamente, con los caudales promedios mensuales aforados, ya que en el proceso de iteración se observa una diferencia entre su parte determinística y estocástica del modelo. También, indicar que los valores de los parámetros obtenidos caen fuera del rango de los valores en donde el modelo Lutz Scholz ha sido recomendado, sin embargo en la estación calibrada muestra una variación espacial razonable. Concluidas todas las comparaciones de los caudales el modelo queda calibrado y validado.

E.3 Generación de Descargas

Se procedió a realizar los cálculos necesarios para el desarrollo de la metodología planteada anteriormente a fin de generar las descargas medias mensuales en la zona del proyecto. Se presenta a continuación los parámetros básicos utilizados para las distintas microcuencas en estudio:

E.3.1 Información Básica Para el Modelo

La información básica para la calibración del modelo consta de lo siguiente: Parámetros físicos. Las características Fisiográfica y Morfológica de los micros cuencas establecidas.

E.3.2 Sección a ser Evaluada

Para la generación de caudales en las secciones de interés, fue preciso utilizar: las series de precipitación areal mensual según procedimiento descrito, los parámetros físicos de las cuencas aportantes desde las secciones de interés, y luego poder reproducir descargas sintéticas haciendo uso del modelo Lutz Scholz calibrado. Los parámetros del modelo Lutz Scholz, para cada punto de interés fueron asumidos según su ubicación dentro de la cuenca y su proximidad a las secciones calibradas. Los caudales medios mensuales generados para cada sección de interés, se adjuntan en los anexos respectivos.

F. Generación de Caudales Máximos

F.1 Análisis estadístico de la PP Max en 24 horas de la estación meteorológica

Las precipitaciones máximas en 24 horas disponibles en la zona de estudio, para este parámetro se han considerado la información de la estación meteorológica de Huanta para la parte baja de la microcuenca y la estación meteorológica de quinua para la parte alta de la microcuenca , se divide en 02 zonas para determinar datos con precisión ya que la microcuenca baja es muy distinto a la alta .Para la extensión de las precipitaciones máximas a las microcuencas en estudio se ha considerado un factor por influencia altitudinal, definido como la relación entre la altitud del punto de interés y de la estación. Análisis estadístico de la PP Max en 24 horas de la estación meteorológica Huanta para la parte baja de la microcuenca del rio Huanta y la estación meteorológica de Quinua para la parte alta de la microcuenca.

Precipitaciones máximas (mm) de las estaciones utilizadas

Estación Huanta

AÑO	Ppmax 24h
1994	25.00
1995	23.70
1996	22.40
1997	27.90
1998	23.70
1999	23.90
2000	24.40
2001	19.11
2002	24.20
2003	27.28
2004	24.00
2005	27.10
2006	25.20
2007	26.20
2008	21.80
2009	24.70
2010	29.10
2011	21.50
2012	25.80

Estación Quinua

AÑO	Ppmax 24h (X)
1994	25.7
1995	24.3
1996	31.1
1997	30.7
1998	34.9
1999	26.9
2000	25.8
2001	20.6
2002	27.3
2003	27.0
2004	36.8
2005	31.6
2006	20.8
2007	24.2
2008	21.1
2009	30.5
2010	25.4
2011	27.5
2012	34.7

Se ha realizado la extrapolación de resultados para diferentes periodos de retorno, con la finalidad de obtener precipitaciones máximas en 24 horas, para luego aplicar modelos lluvia escorrentía y obtener caudales máximos en los diferentes puntos de interés.

Tabla 2.3

Distribución de probabilidad de la zona baja de la Microcuenca del rio Huanta

T (Años)	DISTRIBUCION GAUSSIANA				DISTRIBUCION GAMMA					LOG - PEARSON III		GUMBEL		
	F(Z)	Z (Tabla)	Normal	Log- Normal II	1-F(Z)	X2 (Tabla)	Gamma II	X2	Gamma III	K (Tabla)	Log - Pearson III	Y	Gumbel I	Log Gumbel
5	0.800	0.84161	28.65	28.56	0.200	34.37	11.56	45.46	17.09	0.833	28.52	1.500	28.25	28.10
10	0.900	1.28155	30.08	30.18	0.100	37.90	12.75	49.50	18.13	1.296	30.30	2.250	30.16	30.34
15	0.933	1.50000	30.79	31.02	0.067	40.14	13.50	52.07	18.79	1.464	30.98	2.674	31.23	31.68
20	0.950	1.64485	31.27	31.59	0.050	41.30	13.89	53.40	19.13	1.632	31.66	2.970	31.99	32.65
25	0.960	1.75070	31.61	32.01	0.040	42.58	14.32	54.78	19.49	1.800	32.37	3.199	32.57	33.42
30	0.967	1.83838	31.90	32.36	0.033	43.48	14.63	55.74	19.74	1.866	32.65	3.384	33.04	34.06
40	0.975	1.96000	32.29	32.86	0.025	44.00	14.80	56.84	20.02	1.999	33.22	3.676	33.78	35.09
50	0.980	2.05375	32.60	33.24	0.020	44.50	14.97	58.27	20.39	2.131	33.80	3.902	34.35	35.91
71	0.986	2.07000	32.65	33.31	0.014	46.00	15.47	60.00	20.84	2.300	34.56	4.256	35.25	37.22
100	0.990	2.32630	33.49	34.40	0.010	48.30	16.25	61.14	21.13	2.433	35.16	4.600	36.12	38.56
140	0.993	2.42360	33.80	34.82	0.007	79.20	26.64	62.00	21.35	2.670	36.27	4.938	36.98	39.91
200	0.995	2.57571	34.30	35.49	0.005	51.00	17.16	64.18	21.92	3.037	38.06	5.296	37.89	41.39
300	0.997	2.74778	34.86	36.26	0.003	52.08	17.52	65.40	22.23	3.641	41.19	5.702	38.92	43.15
500	0.998	2.87833	35.28	36.86	0.002	52.62	17.70	66.00	22.39	4.849	48.24	6.214	40.22	45.46

Tabla 2.4
Distribución de probabilidades de la parte alta de la microcuenca del río Huanta

T (Años)	DISTRIBUCION GAUSSIANA				DISTRIBUCION GAMMA					LOG - PEARSON III		GUMBEL		
	F(Z)	Z (Tabla)	Normal	Log- Normal II	1-F(Z)	X2 (Tabla)	Gamma II	X2	Gamma III	K (Tabla)	Log - Pearson III	Y	Gumbel I	Log Gumbel
5	0.800	0.84161	31.73	31.54	0.200	34.37	13.21	45.46	9.25	0.833	31.56	1.500	31.15	30.95
10	0.900	1.28155	33.82	33.99	0.100	37.90	14.56	49.50	10.60	1.296	34.17	2.250	33.93	34.22
15	0.933	1.50000	34.86	35.28	0.067	40.14	15.42	52.07	11.46	1.464	35.17	2.674	35.50	36.22
20	0.950	1.64485	35.55	36.16	0.050	41.30	15.87	53.40	11.91	1.632	36.20	2.970	36.60	37.68
25	0.960	1.75070	36.05	36.82	0.040	42.58	16.36	54.78	12.37	1.800	37.26	3.199	37.44	38.85
30	0.967	1.83838	36.47	37.37	0.033	43.48	16.71	55.74	12.69	1.866	37.68	3.384	38.13	39.83
40	0.975	1.96000	37.05	38.15	0.025	44.00	16.91	56.84	13.06	1.999	38.55	3.676	39.21	41.42
50	0.980	2.05375	37.49	38.76	0.020	44.50	17.10	58.27	13.54	2.131	39.44	3.902	40.05	42.69
71	0.986	2.07000	37.57	38.87	0.014	46.00	17.68	60.00	14.12	2.300	40.60	4.256	41.36	44.76
100	0.990	2.32630	38.79	40.60	0.010	48.30	18.56	61.14	14.50	2.433	41.54	4.600	42.64	46.88
140	0.993	2.42360	39.25	41.28	0.007	79.20	30.43	62.00	14.79	2.670	43.26	4.938	43.89	49.05
200	0.995	2.57571	39.97	42.36	0.005	51.00	19.60	64.18	15.52	3.037	46.08	5.296	45.21	51.45
300	0.997	2.74778	40.79	43.62	0.003	52.08	20.01	65.40	15.93	3.641	51.12	5.702	46.72	54.33
500	0.998	2.87833	41.41	44.60	0.002	52.62	20.22	66.00	16.13	4.849	62.90	6.214	48.61	58.18

F.2 Análisis de las distribuciones

Para un mejor análisis de los datos hidrológicos es necesario conocer el tipo o forma de distribución teórica que puede representar aproximadamente a la distribución empírica (método estadístico) de estos datos. Para averiguar cuan aproximada es esta distribución empírica a la teórica, es necesario realizar algunas pruebas estadísticas conocidas como prueba de ajuste.

F.3 Pruebas de ajuste

Consisten en comprobar gráfica y estadísticamente si la frecuencia empírica de la serie de registros analizados se ajustan a un determinado modelo probabilístico adoptado a priori, con los parámetros estimados en base a los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas tienen por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población. Es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria se distribuye según un modelo probabilístico.

Los ajustes más comunes son:

- Chi cuadrado
- Smirnov - Kolmogorov
- Método del error cuadrático mínimo

F.3.1 Prueba de CHI cuadrado(X²)

La prueba de Chi cuadrado fue propuesta por Karl Pearson. Para aplicar **la prueba es necesario**

Seguir el siguiente procedimiento:

- Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número NC de intervalos.

$$NC = 1 + 1.33 * Ln(N) ..$$

N = longitud de registros (número de datos).

-Posteriormente se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^{NC} \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde, θ_i es el número observado de eventos en el intervalo i y e_i es el número de eventos Esperados en el mismo intervalo.

$$e_i = N * [F(S_i) - F(I_i)]$$

Donde, $F(S_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite superior del intervalo i , $F(I_i)$

es la misma función en el límite inferior, N es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución X^2 para $V = NC - 1 - m$ grados de libertad y un nivel de significancia α , donde m es el número de parámetros estimados a partir de los

Datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D < X^2$$

El valor de X^2 , se obtiene de tablas

Tabla 2.5

Prueba del Chi Cuadrado para la parte baja de la Microcuenca del río

Funciones de distribución	m	v	X ²	D	Decisión
Normal				4.06	OK
Log - Normal II				2.32	OK
Gamma II	2	2	5.99	2.53	OK
Gumbel I				22.04	OK
Log - Gumbel				21.76	OK
Gamma III				3.08	OK
Log - Pearson III	3	1	3.81	-----	-----

Tabla 2.6

Prueba del Chi Cuadrado para la parte alta de la Microcuenca del río

Funciones de distribución	m	v	X2	D	Decisión
Normal				4.06	OK
Log - Normal II				2.32	OK
Gamma II	2	2	5.99	2.53	OK
Gumbel I				1.48	OK
Log - Gumbel				0.92	OK
Gamma III				3.08	OK
Log - Pearson III	3	1	3.81	-----	-----

- La serie de datos se ajusta a la mayoría de las distribuciones de probabilidades teóricas
- Si existe varias funciones de distribución que se aceptan, entonces se elige la que tiene menor valor de D.
- La función de distribución con el menor valor de D, es la función Gamma III, según esta prueba, esta función sería la preferible.

Para la parte baja el que se ajusta, mas es la distribución normal y en la parte alta es la distribución Gumbel.

F.3.2. Método del error cuadrático mínimo

Este método consiste en calcular, para cada función de distribución, el error cuadrático.

$$C = \left[\sum_{i=1}^n (x_{ei} - x_{oi})^2 \right]^{1/2}$$

Donde

x_{ei} : Es el i-esimo dato estimado.

x_{oi} : Es el i-esimo dato calculado con la función de distribución bajo análisis.

n: Numero de datos.

F.3.3. Prueba de Smirnov – Kolmogorov

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia Δ que hay entre la función de distribución observada $P(x)$ y la estimada F

$$\Delta = \max |P(X) - F(Z)| \dots$$

Con un valor crítico Δ que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionada.

Si $\Delta_{max} < \Delta_t$, se acepta la hipótesis. Esta prueba tiene la ventaja sobre la X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de Probabilidad observada, o probabilidad empírica de Weibull, se calcula como:

$$P(X) = \frac{N + 1}{m}$$

Donde m es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y N es el número total de datos.

Selección de la función de distribución

Se desarrolla una tabla en la cual se califican las funciones según el orden de preferencia indicado por cada prueba, dando 1 a "la mejor" y 7 a la "Peor".

F.3.4. Selección de la función de distribución

Tabla 2.7

Tabla de puntuación de la Microcuenca baja

Funciones de distribución	Error cuadrático mínimo	X^2	Smirnov - Kolmogorov	Total
Normal	6	3	6	15
Log - Normal II	5	6	4	15
Gamma II	4	5	3	12
Gamma III	7	4	5	16
Log - Pearson III	3	7	7	17
Gumbel I	1	1	1	3
Log - Gumbel	2	2	2	6

Tabla 2.8

Tabla de puntuación de la Microcuenca alta

Funciones de distribución	Error cuadrático mínimo	X2	Smirnov - Kolmogorov	Total
Normal	5	6	6	17
Log - Normal II	4	3	4	11
Gamma II	6	4	3	13
Gamma III	7	5	5	17
Log - Pearson III	3			3
Gumbel I	1	2	2	5
Log - Gumbel	2	1	1	4

F.3.5. Curvas de intensidad duración y frecuencia

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia.

Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$I = \frac{P}{Td}$$

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

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

F.3.6 Método de Dyck Peschke

En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviograficos con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máximo en 24 horas,

multiplicada por un coeficiente de duración; entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

Se puede establecer como un procedimiento lo siguiente:

- Seleccionar las lluvias mayores para diferentes tiempos de duración.
- Ordenar de mayor a menor.
- Asignar a cada valor ordenado una probabilidad empírica.
- Calcular el tiempo de retorno de cada valor.
- Graficar la curva intensidad-frecuencia-duración.

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dyck Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máximo en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$Pd = Pp_{\max 24h} * \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Dónde:

Pd = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P24h = precipitación máximo en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

III. RESULTADOS

3.1 Se realizó la caracterización de la microcuenca del río Huanta, que permita elaborar el plan para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos. La caracterización de la Microcuenca del río Huanta servirá para la gestión de los recursos hídricos el cual se ha desarrollado empleando el ArcGis 10.2, con extensiones del ArcMap para el desarrollo de las topologías. Determinándose los parámetros geomorfológicos de la microcuenca teniendo los siguientes resultados:

- El área de la microcuenca del río Huanta tiene 80.45 km², el cual está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; éste parámetro está expresado en km². Este valor es de suma importancia porque un error en su medición incide directamente en los resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor.
- El perímetro calculado de la microcuenca tiene 50.87 km, el perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro su unidad de medición está expresado en km.
- Se calculó el coeficiente de compacidad que tiene un resultado de $K_c = 1.6819$ el cual nos indica que la microcuenca es de tipo oblonga a razón de que el valor calculado se encuentra dentro de los rangos de 1.50 -1.75, el tipo de la microcuenca nos indica que cuencas imaginarias de forma exactamente circular. La concentración de agua en la microcuenca

- es regular porque las microcuencas cercanas a uno tienen mayor concentración de agua.
- La longitud de la microcuenca (L) es 23.52 km es la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca y el Ancho de la microcuenca (B) es 3.42 km es la relación entre el área y la longitud de la microcuenca.
 - La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación altitudinal de una cuenca, por medio de una curva tal, que a cada altura le corresponde un respectivo porcentaje del área ubicada por encima de esa altura. Con la curva hipsométrica se determinó la elevación media es de 3,780 msnm y mediana de la microcuenca del río Huanta es de $H = 3,585.81$ msnm.
 - También se determinó el polígono de frecuencia de áreas parciales es la representación gráfica de la distribución en porcentajes de las superficies ocupadas por diferentes altitudes.
 - La pendiente del cauce principal de la microcuenca es de 10.84 %, que se encuentra dentro del rango de 8% - 15% que es fuertemente inclinado es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento de recurso hídrico, como por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones. Se determinó según la relación entre el desnivel que hay entre los extremos el cauce y la proyección horizontal de su longitud.
 - El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Existen varios métodos para realizar tal clasificación. En este caso se optó por el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden

i+1. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

- La densidad de drenaje de la microcuenca es de 3.13 km/km², es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, también da una idea sobre el grado de cobertura que existe en la cuenca. Valores altos de drenaje, representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables. Por el contrario, valores bajos, indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y coberturas.

3.1.1 Área total de la cuenca del río Huanta

Para determinar el área total de la cuenca se apoyó en el software de Arc Gis , determinándose un área total de 80.45 km².

3.1.2 Áreas parciales de la cuenca del río Huanta

Son las divisiones del área total de la cuenca que para el caso de la cuenca en estudio es de 21 áreas parciales, siguiendo el curso de las líneas de curva de nivel, este parámetro nos ayudará para la obtención de parámetros adicionales como la pendiente (según Alvord).

3.1.3 Perímetro de la cuenca del río Huanta

Se obtuvo como resultado el perímetro de la cuenca 53.87 km

3.1.4 Cálculo de la curva hipsométrica

Se representa gráficamente la relación entre las elevaciones del terreno y las superficies acumuladas por debajo o por encima de dicha elevación. La curva hipsométrica además permite calcular la elevación media y mediana de la microcuenca del río Huanta.

3.1.5 Cálculo de la altitud mediana

Altitud Mediana =3,780 msnm (intersección de las curvas hipsométricas)

3.1.6 Cálculo de la altitud media ponderada

Este parámetro es muy importante porque su magnitud está bastante correlacionada por la lluvia caída sobre la cuenca y está representada por la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\sum a_i c_i}{A} \quad c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$$

Dónde:

Ai = área parcial de terreno entre curvas de nivel

Ci = altitud media de cada área parcial entre dos curva de nivel

A = área la cuenca

Tabla 3.1

Calculo de la altitud media ponderada de la Microcuenca del rio Huanta

H= 3,585.81 msnm

ai	ci	ai*ci
6.09	2372.0	14433.83
6.67	2500.0	16673.37
4.27	2627.5	11206.58
3.47	2755.0	9565.30
2.32	2882.5	6686.02
1.93	3010.0	5812.27
2.12	3137.5	6654.23
2.47	3265.0	8078.75
2.58	3392.5	8755.96
3.00	3520.0	10560.65
3.55	3647.5	12935.75
3.09	3775.0	11673.08
3.27	3902.5	12745.66
5.67	4030.0	22833.50
7.19	4157.5	29883.62
9.68	4285.0	41496.55
8.51	4412.5	37542.94
3.67	4540.0	16671.27
0.73	4667.5	3395.17
0.19	4794.5	889.39
80.45		288,493.88

3.1.7 Cálculo de la altitud media simple

el resultado se obtiene de la media aritmética entre la cota más alta y la más baja de la cuenca , teniendo como cota baja 2,308 msnm y la cota más alta es 4,858 msnm , reemplazando en la siguiente formula se tiene:

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

Dónde:

CM = 4,858 msnm

Cm = 2,583 msnm

Hms = 3,583 msnm

3.1.8 Cálculo del polígono de frecuencia de áreas parciales

Es la representación gráfica de la distribución en porcentajes de las superficies ocupadas por diferentes altitudes.

Tabla 3.2

Áreas parciales con su respectiva cota

COTA (msnm)	A. PARCIAL
2308	0.00
2436	7.56
2564	8.29
2691	5.30
2819	4.32
2946	2.88
3074	2.40
3201	2.64
3329	3.08
3456	3.21
3584	3.73
3711	4.41
3839	3.84
3966	4.06
4094	7.04
4221	8.93
4349	12.04
4476	10.58
4604	4.56
4731	0.90
4858	0.23

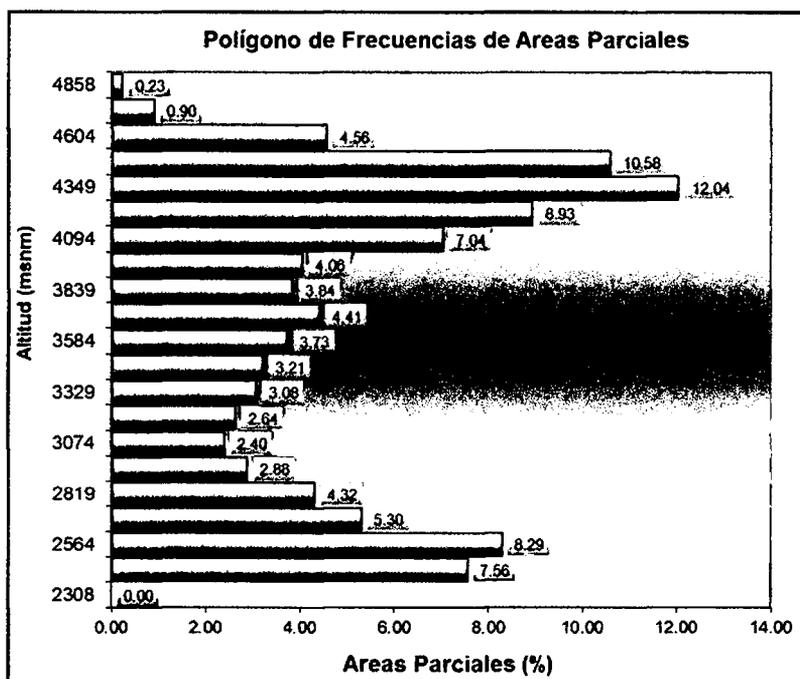


Figura 3.1 : Polígono de frecuencias del río Huanta

3.1.9 Cálculo del índice de Gravelius (k)

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

Dónde:

P = Perímetro de la cuenca en km

A = Área de la cuenca en km²

Teniendo los datos de área y perímetro calculamos el índice de Gravelius

P = 53.87 km

A = 80.44 km²

Entonces Kc = 1.6819

Tabla 3.3
Valor de Kc para la determinación de la forma de la cuenca

Kc	Forma de la cuenca
1.00 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.50	Ovalada
1.50 – 1.75	Oblonga
> 2	Alargada

Fuente: Hidrología de Máximo Villon Béjar

Como el valor de Kc= 1.6819 se encuentra en los rangos de 1.50 -1.75, la forma de la cuenca es oblonga.

3.1.10 Cálculo del rectángulo equivalente

el rectángulo equivalente es utilizado para comparar el comportamiento hidrológico de dos cuencas, para tal se utilizó la noción del rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius, para la construcción del rectángulo se parte del perímetro (P) y el área de la cuenca (A).

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

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

Dónde:

K= Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius

A= Área de la cuenca en km²

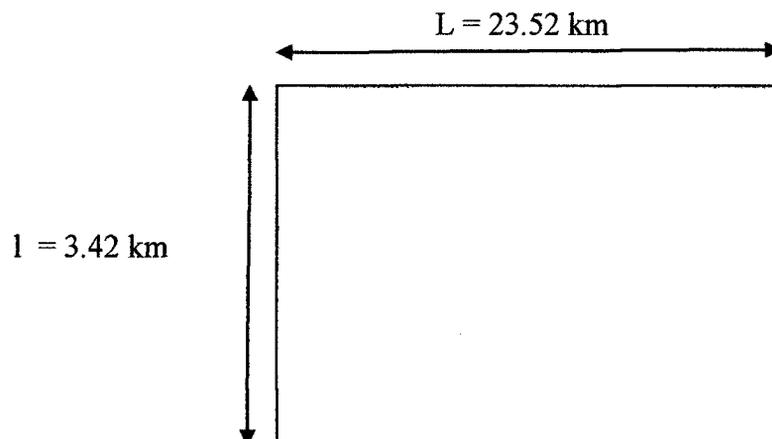
Teniendo como resultado

L = 23.52 km l = 3.42 km

Tabla 3.4
Áreas parciales para calcular el ancho de la Microcuenca

Cota	Area Parcial	Ancho, ci
(msnm)	ai (Km ²)	(Km)
2308	0.00	0.00
2436	6.09	1.78
2564	6.67	1.95
2691	4.27	1.25
2819	3.47	1.02
2946	2.32	0.68
3074	1.93	0.56
3201	2.12	0.62
3329	2.47	0.72
3456	2.58	0.75
3584	3.00	0.88
3711	3.55	1.04
3839	3.09	0.90
3966	3.27	0.95
4094	5.67	1.66
4221	7.19	2.10
4349	9.68	2.83
4476	8.51	2.49
4604	3.67	1.07
4731	0.73	0.21
4858	0.19	0.05
	<i>Suma ci= L=</i>	23.52

Fuente: Elaboración propia



3.1.11 Cálculo del factor de forma

Dónde:

l = Lado menor del rectángulo equivalente

L = Lado mayor del rectángulo equivalente

A = área de la cuenca

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2} \quad Ff = 0.1454$$

3.1.12 Cálculo de la densidad de drenaje

Se calcula teniendo en cuenta la longitud de corriente y el área de la cuenca

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

Dónde:

L_i = Longitud total de ríos = 252 km

A = área de la cuenca = 80.44 km²

$D_d = 3.13$

3.1.13 Cálculo de la frecuencia de ríos

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

$N^\circ \text{ cauces} = 5$

$Fr = 0.311$

3.1.14 Cálculo de la extensión media del escurrimiento superficial (Es)

Extensión media del escurrimiento superficial

$Es = A/4 L_i$

$Es = 0.080$

Markoviano - Modelo Estocástico). Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas.

- Se tiene datos de precipitación para la microcuenca que fue completado con los programas estadísticos de Easyfit 5.4 y Statgraphics.

Tabla 3.6
Precipitación mensual expresado en (mm) de la Microcuenca

MES	Ppmensual.
Ene.	20.100
Feb.	21.700
Mar.	21.560
Abr.	12.710
May.	5.350
Jun.	3.550
Jul.	4.830
Ago.	6.650
Sep.	7.700
Oct.	13.760
Nov.	16.740
Dic.	17.830
Total	152.48

Tabla 3.7
Cálculo de coeficiente de escorrentía

Cálculo Coef. Escorrentía - Método Turc	
Temperatura Media Anual(T):	17.00
Coeficiente de Temperatura(L):	970.65
Déficit de Escurrimiento(D):	158.57
Coeficiente de Escorrentía(C):	-0.04

Tabla 3.8
Resumen del caudal generado

DISPONIBILIDAD HÍDRICA													
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Q medio (m ³ /s)	0.540	0.695	0.506	0.187	0.060	0.036	0.041	0.038	0.053	0.093	0.206	0.408	
Q (75%)	0.399	0.536	0.416	0.136	0.049	0.026	0.029	0.021	0.031	0.047	0.089	0.265	
Q disponible (m ³ /s)	0.399	0.536	0.416	0.136	0.049	0.026	0.029	0.021	0.031	0.047	0.089	0.265	
Disp. Hídrica (MMC)	1.069	1.297	1.115	0.352	0.131	0.068	0.077	0.057	0.079	0.127	0.231	0.710	5.315

- La calibración se realizó en el mes de abril considerando que la información debe de guardar coherencia entre los meses húmedos y secos, pues se debe de revisar minuciosamente todos los datos obtenidos.
- Los coeficientes de regresión entre cada mes deben de estar acordes con la teoría cercanos a la unidad.
- En el momento de hacer correr al modelo el archivo de entrada debe de contemplar las características que deseamos que posea nuestra información resultante, cantidad de años, tipo años (hidrológico, común), años de inicio de donde se empezara a realizar la regresión múltiple.

3.2.1 Establecimiento de Caudales Disponibles

Con las series generadas en los puntos de interés, que se indican, ha sido posible determinar la disponibilidad hídrica no regulada del sistema hidráulico.

Tabla 3.9
Calculo de caudales generada en Microcuenca del rio Huanta

CALCULO DE CAUDALES								
N°	Mes	N° Días	PE	Gasto de	Abastecimie	Caudal Generados		Rnd.
			mm/mes	G _r (mm/mes)	A _r (mm/mes)	mm/mes	m ³ /s	Lt/seg/Km ²
1	Ene	31	7.76	0.00	7.19	0.57	0.02	0.21
2	Feb	28	8.29	0.00	1.66	6.63	0.22	2.74
3	Mar	31	8.24	0.00	0.55	7.69	0.23	2.87
4	Abr	30	5.20	4.89	0.00	10.09	0.31	3.89
5	May	31	2.37	2.77	0.00	5.13	0.15	1.92
6	Jun	30	1.59	1.57	0.00	3.16	0.10	1.22
7	Jul	31	2.15	0.89	0.00	3.03	0.09	1.13
8	Ago	31	2.90	0.50	0.00	3.41	0.10	1.27
9	Sep	30	3.32	0.29	0.00	3.61	0.11	1.39
10	Oct	31	5.58	0.16	1.11	4.63	0.14	1.73
11	Nov	30	6.61	0.00	0.00	6.61	0.21	2.55
12	Dic	31	6.99	0.00	0.55	6.43	0.19	2.40
Año		365	60.99	11.06	11.06	6.08	0.16	1.94
Volumen (MMC/Año)		4.93						

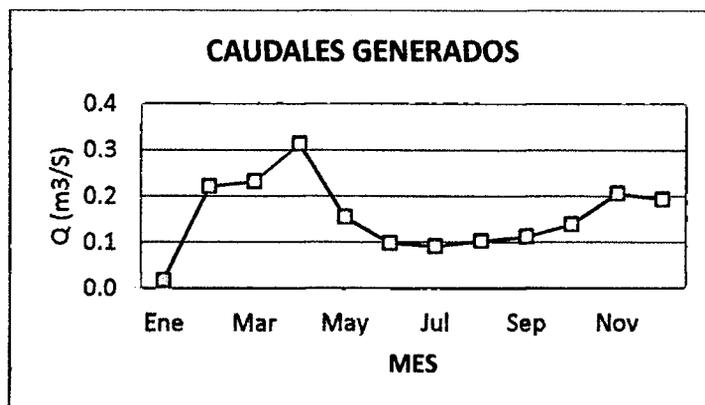


Figura 3.2 : CAUDALES GENERADOS

Tabla 3.10

Generación de caudales mensuales mm/mes

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1991												0	
1992	49.41	86.26	103.81	25.18	9.69	12.24	6.29	9.77	3.58	12.82	8.92	16.91	344.89
1993	94.08	89.21	61.64	63.26	18.31	6.99	8.17	4.53	17.13	13.00	64.66	84.97	525.93
1994	111.89	114.96	115.54	47.00	14.48	7.10	10.33	7.63	5.22	6.96	19.56	76.86	537.51
1995	100.27	76.00	107.38	34.31	9.32	1.90	6.07	6.26	9.38	14.32	38.64	34.92	438.78
1996	53.88	57.64	92.79	30.20	8.77	7.07	4.20	8.34	8.79	19.93	12.99	30.04	334.64
1997	98.30	85.02	69.37	25.70	11.63	2.98	7.31	11.10	10.59	15.30	74.77	95.84	507.92
1998	108.23	114.24	66.53	19.09	8.72	5.16	7.07	4.79	7.80	27.86	14.81	29.37	413.66
1999	84.25	108.87	94.19	25.17	4.85	2.79	3.32	2.17	15.12	10.36	29.60	43.97	424.66
2000	91.88	111.11	74.89	21.26	10.30	6.65	9.07	8.48	7.87	21.68	9.25	41.89	414.33
2001	90.14	39.17	75.17	19.69	15.47	5.25	4.95	4.58	8.74	6.78	80.29	39.96	390.17
2002	62.36	91.49	112.36	32.61	11.84	3.72	10.06	9.33	11.87	5.39	25.75	63.82	440.60
2003	53.72	96.65	84.01	28.49	6.37	1.28	4.80	9.96	4.06	6.29	5.67	66.99	368.30
2004	36.04	101.91	39.75	12.39	7.98	4.23	6.94	5.94	4.22	13.65	15.72	96.17	344.95
2005	51.88	34.12	97.38	26.11	7.67	7.85	7.18	3.11	6.58	13.16	13.21	96.60	364.84
2006	81.85	72.16	67.57	18.34	9.46	5.59	3.97	7.18	5.68	17.27	100.61	40.25	429.94
2007	59.57	40.58	94.58	31.40	9.51	6.81	4.16	0.72	7.91	29.87	14.59	56.47	356.17
2008	64.66	100.86	38.54	7.92	3.41	5.87	5.29	3.54	6.10	7.77	10.87	28.03	282.85
2009	86.66	87.30	33.24	27.62	9.12	4.80	7.57	1.58	2.66	6.88	46.32	92.33	406.08
2010	101.99	51.04	51.06	20.32	8.82	5.76	6.61	4.44	3.00	19.14	11.48	61.56	345.22
2011	107.98	161.45	92.97	29.68	7.26	4.78	2.71	0.44	16.06	8.88	27.65	89.20	549.06
2012	97.96	200.36	66.50	50.24	3.32	4.56	3.32	2.97	6.12	5.31	15.81	76.37	532.86
2013	107.08	164.48	41.12	4.71	3.04	2.56	6.19	8.69	2.99	26.54	20.30	93.07	480.78

Tabla 3.11
Generación de caudales mensuales m3/seg

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1992	0.33	0.63	0.69	0.17	0.06	0.08	0.04	0.06	0.02	0.08	0.06	0.11	0.20
1993	0.62	0.65	0.41	0.43	0.12	0.05	0.05	0.03	0.12	0.09	0.44	0.56	0.30
1994	0.74	0.84	0.77	0.32	0.10	0.05	0.07	0.05	0.04	0.05	0.13	0.51	0.30
1995	0.66	0.56	0.71	0.23	0.06	0.01	0.04	0.04	0.06	0.09	0.26	0.23	0.26
1996	0.36	0.42	0.61	0.21	0.06	0.05	0.03	0.06	0.06	0.13	0.09	0.20	0.19
1997	0.65	0.62	0.46	0.18	0.08	0.02	0.05	0.07	0.07	0.10	0.51	0.63	0.29
1998	0.72	0.84	0.44	0.13	0.06	0.04	0.05	0.03	0.05	0.18	0.10	0.19	0.24
1999	0.56	0.80	0.62	0.17	0.03	0.02	0.02	0.01	0.10	0.07	0.20	0.29	0.24
2000	0.61	0.81	0.50	0.15	0.07	0.05	0.06	0.06	0.05	0.14	0.06	0.28	0.24
2001	0.60	0.29	0.50	0.13	0.10	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04	0.55	0.26	0.22
2002	0.41	0.67	0.74	0.22	0.08	0.03	0.07	0.06	0.08	0.04	0.18	0.42	0.26
2003	0.36	0.71	0.56	0.19	0.04	0.01	0.03	0.07	0.03	0.04	0.04	0.44	0.21
2004	0.24	0.75	0.26	0.08	0.05	0.03	0.05	0.04	0.03	0.09	0.11	0.64	0.20
2006	0.34	0.25	0.64	0.18	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	0.09	0.09	0.64	0.20
2006	0.54	0.53	0.45	0.13	0.06	0.04	0.03	0.05	0.04	0.11	0.69	0.27	0.24
2007	0.39	0.30	0.63	0.21	0.06	0.05	0.03	0.00	0.05	0.20	0.10	0.37	0.20
2008	0.43	0.74	0.26	0.05	0.02	0.04	0.04	0.02	0.04	0.05	0.07	0.19	0.16
2009	0.57	0.64	0.22	0.19	0.06	0.03	0.05	0.01	0.02	0.05	0.32	0.61	0.23
2010	0.68	0.37	0.34	0.14	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.08	0.41	0.19
2011	0.72	1.18	0.62	0.20	0.05	0.03	0.02	0.00	0.11	0.06	0.19	0.59	0.31
2012	0.65	1.47	0.44	0.34	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.11	0.51	0.31
2013	0.71	1.21	0.27	0.03	0.02	0.02	0.04	0.06	0.02	0.18	0.14	0.62	0.28
MAX	0.741	1.469	0.766	0.433	0.121	0.084	0.068	0.074	0.117	0.198	0.689	0.640	0.314
MIN	0.239	0.260	0.220	0.032	0.020	0.009	0.018	0.003	0.018	0.036	0.039	0.112	0.163
PROM	0.640	0.696	0.606	0.187	0.060	0.036	0.041	0.038	0.063	0.093	0.206	0.408	0.239
R (lt/s/km2)	30.447	39.173	28.618	10.634	3.383	2.033	2.300	2.131	3.008	6.247	11.600	23.006	13.448
Q (76%)	0.399	0.638	0.416	0.136	0.049	0.026	0.029	0.021	0.031	0.047	0.089	0.265	0.201
Q (90%)	0.346	0.306	0.264	0.089	0.024	0.018	0.022	0.011	0.021	0.042	0.064	0.196	0.196
Q (96%)	0.328	0.288	0.266	0.066	0.022	0.013	0.022	0.006	0.020	0.036	0.061	0.186	0.189

Tabla 3.12
Disponibilidad hídrica de la microcuenca del rio Huanta

DISPONIBILIDAD HÍDRICA													
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Q medio (m3/s)	0.540	0.695	0.506	0.187	0.060	0.036	0.041	0.038	0.053	0.093	0.206	0.408	
Q (76%)	0.399	0.536	0.416	0.136	0.049	0.026	0.029	0.021	0.031	0.047	0.089	0.265	
Q disponible (m3/s)	0.399	0.536	0.416	0.136	0.049	0.026	0.029	0.021	0.031	0.047	0.089	0.265	
Disp. Hídrica (MNC)	1.069	1.297	1.115	0.352	0.131	0.068	0.077	0.057	0.079	0.127	0.231	0.710	6.316

Según el aforo realizado en la microcuenca en la parte alta comprendida entre los ríos Chacacocha y Pampacocha se tiene un caudal de 92.36 lit/seg. El aforo se realizó en el mes de Abril del 2016 en el canal afluente a la microcuenca, tal como se visualiza en las fotografías.



Figura 3.3 : Canal de aforo



Figura 3.4 : Vista panorámica de efluente del rio Huanta

Como no se ha encontrado información hidrométrica alguna en la zona de estudio y debido a que el área de la cuenca de recolección es pequeña, se ha optado por utilizar el modelo de Lutz Schooltz, este modelo determina los caudales medios mensuales, cuyo valor varía dependiendo de la condiciones de humedad y del uso de la tierra en cada época del año. La serie de caudales ha sido generada a partir de la serie de precipitación generada para la microcuenca del rio Huanta.

3.3 Generación de caudales máximos en el área de estudio para plantear obras hidráulicas en diferentes puntos, pero en el área de estudio o cerca de ella no existen estaciones hidrométricas, por lo que se han

generado sintéticamente mediante la implementación del modelo Lutz Schölz. El modelo de generación de caudales ha sido calibrado con mediciones de caudal in situ, realizadas durante las visitas de campo, de tal manera de asegurar la efectividad del modelo para predecir el comportamiento hidrométrico de las quebradas y/o ríos en estudio.

3.4 Teniendo como datos de la estación meteorológica de Huanta para parte baja de la microcuenca y de estación meteorológica de Quinoa para la zona alta, después de la completación de datos y se tiene un resumen de precipitaciones máximas de 24 horas.

Tabla 3.13

Resumen de precipitación máxima de 24 horas (mm)

RESUMEN DE PRECIPITACION MAXIMA DE 24 HORAS (mm)						
Nº	AÑO	QUINUA		HUANTA		VALOR ELEGIDO
		MAX	MES	MAX	MES	
1	1994	25.7	ENE	31.00	NOV	31.0
2	1995	24.3	MAR	30.30	ENE	30.3
3	1996	31.1	FEB	22.40	ENE	31.1
4	1997	30.7	FEB	27.90	MAR	30.7
5	1998	34.9	ENE	23.70	FEB	34.9
6	1999	26.9	MAR	23.90	ENE	26.9
7	2000	25.8	ENE	24.40	MAR	25.8
8	2001	20.6	ENE	19.11	ENE	20.6
9	2002	27.3	FEB	30.40	ENE	30.4
10	2003	27.0	MAR	27.28	OCT	27.3
11	2004	36.8	MAR	28.00	FEB	36.8
12	2005	31.6	ENE	27.10	DIC	31.6
13	2006	20.8	SEP	25.20	DIC	25.2
14	2007	24.2	DIC	26.20	ENE	26.2
15	2008	21.1	MAR	21.80	FEB	21.8
16	2009	30.5	MAR	24.70	FEB	30.5
17	2010	25.4	MAR	29.10	FEB	29.1
18	2011	27.5	FEB	21.50	ENE	27.5
19	2012	28.5	ENE	25.80	NOV	28.5

- Con las precipitaciones máximas se realizó las distribuciones por los diferentes métodos de ajuste como Chi cuadrado, Smirnov – Kolmogorov y el Método del error cuadrático mínimo. Para determinar el método que menos puntuación tiene es la que se determina para calcular los caudales máximos. En la Microcuenca

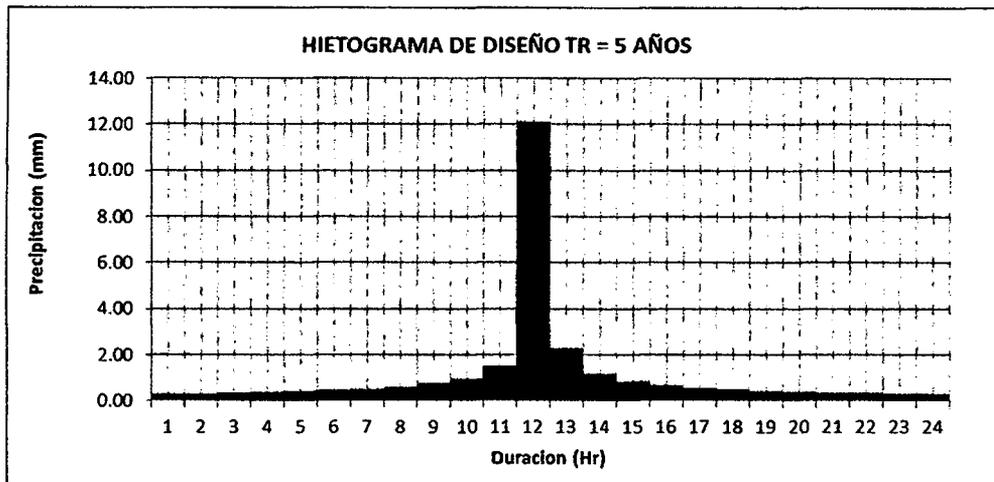


Figura 3.5 : Hietograma para un TR:5 años

Tabla 3.19

Análisis de la estación para un TR= 10 Años

DURACION (hr)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (min)	PRECIPITACION (mm)
1	12.63	12.63	12.63	0-1	0.31
2	7.51	15.02	2.39	1-2	0.33
3	5.54	16.63	1.60	2-3	0.35
4	4.47	17.87	1.24	3-4	0.39
5	3.78	18.89	1.03	4-5	0.43
6	3.30	19.77	0.88	5-6	0.48
7	2.94	20.55	0.78	6-7	0.54
8	2.66	21.25	0.70	7-8	0.63
9	2.43	21.88	0.63	8-9	0.78
10	2.25	22.47	0.58	9-10	1.03
11	2.09	23.01	0.54	10-11	1.60
12	1.96	23.52	0.51	11-12	12.63
13	1.85	23.99	0.48	12-13	2.39
14	1.75	24.44	0.45	13-14	1.24
15	1.66	24.86	0.43	14-15	0.88
16	1.58	25.27	0.40	15-16	0.70
17	1.51	25.65	0.39	16-17	0.58
18	1.45	26.02	0.37	17-18	0.51
19	1.39	26.38	0.35	18-19	0.45
20	1.34	26.72	0.34	19-20	0.40
21	1.29	27.05	0.33	20-21	0.37
22	1.24	27.36	0.32	21-22	0.34
23	1.20	27.67	0.31	22-23	0.32
24	1.17	27.96	0.30	23-24	0.31

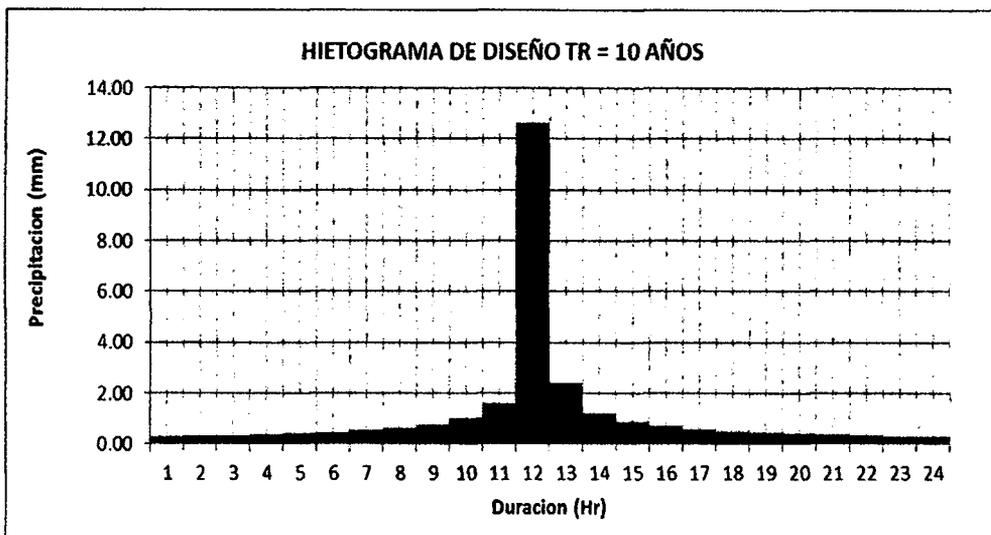


Figura 3.6 : Hietograma para un TR:10 años

Tabla 3.20

Análisis de la estación Quinua para la Microcuenca alta

T (Años)	500	300	200	140	100	71	50	40	30	25	20	15	10	6	Duracion (hr)
Pmax 24 horas	48.61	46.72	45.21	43.89	42.64	41.36	40.06	39.21	38.13	37.44	36.60	35.60	33.93	31.16	
PRECIPITACION (m m)	21.96	21.11	20.43	19.83	19.26	18.69	18.09	17.72	17.23	16.92	16.53	16.04	15.33	14.07	1
	26.12	25.10	24.29	23.58	22.91	22.22	21.52	21.07	20.49	20.12	19.66	19.07	18.23	16.74	2
	28.91	27.78	26.88	26.10	25.35	24.59	23.81	23.32	22.67	22.26	21.76	21.11	20.18	18.52	3
	31.06	29.85	28.89	28.04	27.24	26.43	25.59	25.06	24.36	23.92	23.38	22.68	21.68	19.90	4
	32.84	31.56	30.55	29.65	28.80	27.94	27.06	26.49	25.76	25.30	24.73	23.98	22.92	21.05	5
	34.37	33.03	31.97	31.03	30.15	29.25	28.32	27.73	26.96	26.48	25.88	25.10	23.99	22.03	6
	35.73	34.33	33.23	32.25	31.33	30.39	29.43	28.82	28.02	27.52	26.90	26.09	24.94	22.89	7
	36.94	35.50	34.35	33.35	32.40	31.43	30.43	29.80	28.97	28.45	27.81	26.97	25.78	23.67	8
	38.04	36.56	35.38	34.34	33.36	32.37	31.34	30.69	29.84	29.30	28.64	27.78	26.55	24.38	9
	39.06	37.53	36.33	35.26	34.26	33.23	32.18	31.51	30.64	30.08	29.40	28.52	27.26	25.03	10
	40.00	38.44	37.20	36.11	35.08	34.03	32.95	32.26	31.38	30.81	30.11	29.21	27.92	25.63	11
	40.88	39.29	38.02	36.91	35.85	34.78	33.68	32.97	32.07	31.49	30.78	29.85	28.53	26.20	12
	41.70	40.08	38.79	37.65	36.58	35.48	34.36	33.64	32.71	32.12	31.40	30.45	29.11	26.72	13
	42.48	40.83	39.51	38.36	37.26	36.15	35.00	34.27	33.32	32.72	31.98	31.02	29.65	27.22	14
	43.22	41.54	40.20	39.02	37.91	36.77	35.61	34.87	33.90	33.29	32.54	31.56	30.17	27.70	15
	43.93	42.21	40.85	39.66	38.53	37.37	36.19	35.43	34.46	33.83	33.07	32.08	30.66	28.15	16
	44.60	42.86	41.48	40.26	39.11	37.94	36.74	35.97	34.98	34.35	33.58	32.57	31.13	28.58	17
	45.24	43.48	42.08	40.84	39.68	38.49	37.27	36.49	35.49	34.85	34.06	33.04	31.58	28.99	18
	45.86	44.07	42.65	41.40	40.22	39.01	37.78	36.99	35.97	35.32	34.52	33.49	32.01	29.38	19
	46.45	44.64	43.20	41.93	40.74	39.52	38.27	37.47	36.43	35.78	34.97	33.92	32.42	29.76	20
	47.02	45.18	43.73	42.45	41.24	40.00	38.73	37.93	36.88	36.21	35.40	34.33	32.82	30.13	21
	47.57	45.71	44.24	42.94	41.72	40.47	39.19	38.37	37.31	36.64	35.81	34.74	33.20	30.48	22
	48.10	46.22	44.73	43.42	42.18	40.92	39.63	38.80	37.73	37.05	36.21	35.12	33.57	30.82	23
	48.61	46.72	45.21	43.89	42.64	41.36	40.05	39.21	38.13	37.44	36.60	35.50	33.93	31.15	24

Tabla 3.21

Precipitación (mm) para diferentes tiempos de retorno

T (Años)	500	300	200	140	100	71	50	40	30	25	20	15	10	5	Duración (hr)
Pmax 24 horas	48.61	46.72	45.21	43.89	42.64	41.36	40.05	39.21	38.13	37.44	36.60	35.50	33.93	31.15	
PRECIPITACION (m m/Hr)	21.96	21.11	20.43	19.83	19.26	18.69	18.09	17.72	17.23	16.92	16.53	16.04	15.33	14.07	1
	13.06	12.55	12.15	11.79	11.45	11.11	10.76	10.53	10.24	10.06	9.83	9.54	9.12	8.37	2
	9.64	9.26	8.96	8.70	8.45	8.20	7.94	7.77	7.56	7.42	7.25	7.04	6.73	6.17	3
	7.77	7.46	7.22	7.01	6.81	6.61	6.40	6.26	6.09	5.98	5.85	5.67	5.42	4.98	4
	6.57	6.31	6.11	5.93	5.76	5.59	5.41	5.30	5.15	5.06	4.95	4.80	4.58	4.21	5
	5.73	5.51	5.33	5.17	5.02	4.87	4.72	4.62	4.49	4.41	4.31	4.18	4.00	3.67	6
	5.10	4.90	4.75	4.61	4.48	4.34	4.20	4.12	4.00	3.93	3.84	3.73	3.56	3.27	7
	4.62	4.44	4.29	4.17	4.05	3.93	3.80	3.72	3.62	3.56	3.48	3.37	3.22	2.96	8
	4.23	4.06	3.93	3.82	3.71	3.60	3.48	3.41	3.32	3.26	3.18	3.09	2.95	2.71	9
	3.91	3.75	3.63	3.53	3.43	3.32	3.22	3.15	3.06	3.01	2.94	2.85	2.73	2.50	10
	3.64	3.49	3.38	3.28	3.19	3.09	3.00	2.93	2.85	2.80	2.74	2.66	2.54	2.33	11
	3.41	3.27	3.17	3.08	2.99	2.90	2.81	2.75	2.67	2.62	2.56	2.49	2.38	2.18	12
	3.21	3.08	2.98	2.90	2.81	2.73	2.64	2.59	2.52	2.47	2.42	2.34	2.24	2.06	13
	3.03	2.92	2.82	2.74	2.66	2.58	2.50	2.45	2.38	2.34	2.28	2.22	2.12	1.94	14
	2.88	2.77	2.68	2.60	2.53	2.45	2.37	2.32	2.26	2.22	2.17	2.10	2.01	1.85	15
	2.75	2.64	2.55	2.48	2.41	2.34	2.26	2.21	2.15	2.11	2.07	2.00	1.92	1.76	16
	2.62	2.52	2.44	2.37	2.30	2.23	2.16	2.12	2.06	2.02	1.98	1.92	1.83	1.68	17
	2.51	2.42	2.34	2.27	2.20	2.14	2.07	2.03	1.97	1.94	1.89	1.84	1.75	1.61	18
	2.41	2.32	2.24	2.18	2.12	2.05	1.99	1.95	1.89	1.86	1.82	1.76	1.68	1.55	19
	2.32	2.23	2.16	2.10	2.04	1.98	1.91	1.87	1.82	1.79	1.75	1.70	1.62	1.49	20
	2.24	2.15	2.08	2.02	1.96	1.90	1.84	1.81	1.76	1.72	1.69	1.63	1.56	1.43	21
	2.16	2.08	2.01	1.95	1.90	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.63	1.58	1.51	1.39	22
	2.09	2.01	1.94	1.89	1.83	1.78	1.72	1.69	1.64	1.61	1.57	1.53	1.46	1.34	23
	2.03	1.95	1.88	1.83	1.78	1.72	1.67	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48	1.41	1.30	24

Tabla 3.22

Análisis de la estación para un TR= 5 Años

DURACION (hr)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (min)	PRECIPITACION (mm)
1	12.63	12.63	12.63	0-1	0.31
2	7.51	15.02	2.39	1-2	0.33
3	5.54	16.63	1.60	2-3	0.35
4	4.47	17.87	1.24	3-4	0.39
5	3.78	18.89	1.03	4-5	0.43
6	3.30	19.77	0.88	5-6	0.48
7	2.94	20.55	0.78	6-7	0.54
8	2.66	21.25	0.70	7-8	0.63
9	2.43	21.88	0.63	8-9	0.78
10	2.25	22.47	0.58	9-10	1.03
11	2.09	23.01	0.54	10-11	1.60
12	1.96	23.52	0.51	11-12	12.63
13	1.85	23.99	0.48	12-13	2.39
14	1.75	24.44	0.45	13-14	1.24
15	1.66	24.86	0.43	14-15	0.88
16	1.58	25.27	0.40	15-16	0.70
17	1.51	25.65	0.39	16-17	0.58
18	1.45	26.02	0.37	17-18	0.51
19	1.39	26.38	0.35	18-19	0.45
20	1.34	26.72	0.34	19-20	0.40
21	1.29	27.05	0.33	20-21	0.37
22	1.24	27.36	0.32	21-22	0.34
23	1.20	27.67	0.31	22-23	0.32
24	1.17	27.96	0.30	23-24	0.31

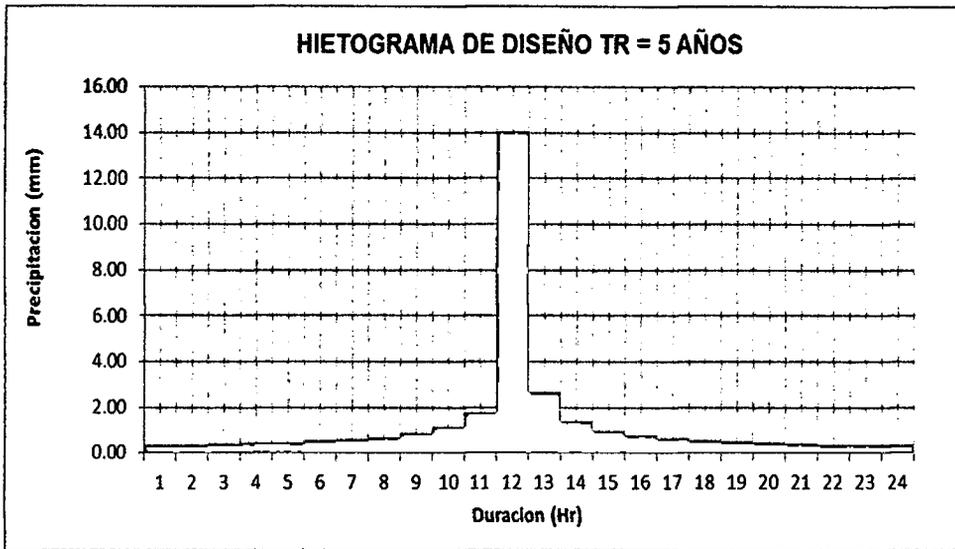


Figura 3.7 : Hietograma para un TR : 5 años

Tabla 3.23

Análisis de la estación para un TR= 10 Años

DURACION (hr)	INTENSIDAD (mm/hr)	PROFUNDIDAD ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD INCREMENTAL (mm)	TIEMPO (min)	PRECIPITACION (mm)
1	15.33	15.33	15.33	0-1	0.37
2	9.12	18.23	2.90	1-2	0.40
3	6.73	20.18	1.94	2-3	0.43
4	5.42	21.68	1.50	3-4	0.47
5	4.58	22.92	1.24	4-5	0.52
6	4.00	23.99	1.07	5-6	0.58
7	3.56	24.94	0.94	6-7	0.66
8	3.22	25.78	0.85	7-8	0.77
9	2.95	26.55	0.77	8-9	0.94
10	2.73	27.26	0.71	9-10	1.24
11	2.54	27.92	0.66	10-11	1.94
12	2.38	28.53	0.61	11-12	15.33
13	2.24	29.11	0.58	12-13	2.90
14	2.12	29.65	0.54	13-14	1.50
15	2.01	30.17	0.52	14-15	1.07
16	1.92	30.66	0.49	15-16	0.85
17	1.83	31.13	0.47	16-17	0.71
18	1.75	31.58	0.45	17-18	0.61
19	1.68	32.01	0.43	18-19	0.54
20	1.62	32.42	0.41	19-20	0.49
21	1.56	32.82	0.40	20-21	0.45
22	1.51	33.20	0.38	21-22	0.41
23	1.46	33.57	0.37	22-23	0.38
24	1.41	33.93	0.36	23-24	0.37

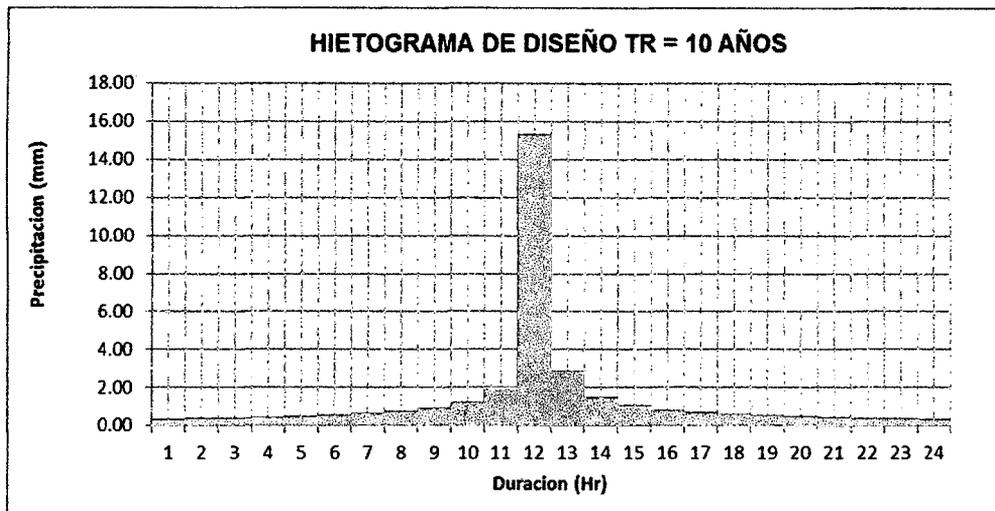


Figura 3.8 : Hietograma para un TR : 10 años

3.3.1 Determinación de caudales máximos con HEC – HMS

La red topológica de las aportantes del río Huanta, el cual se dividió en 05 áreas aportantes con el propósito de determinar los caudales en cada punto de aforo.

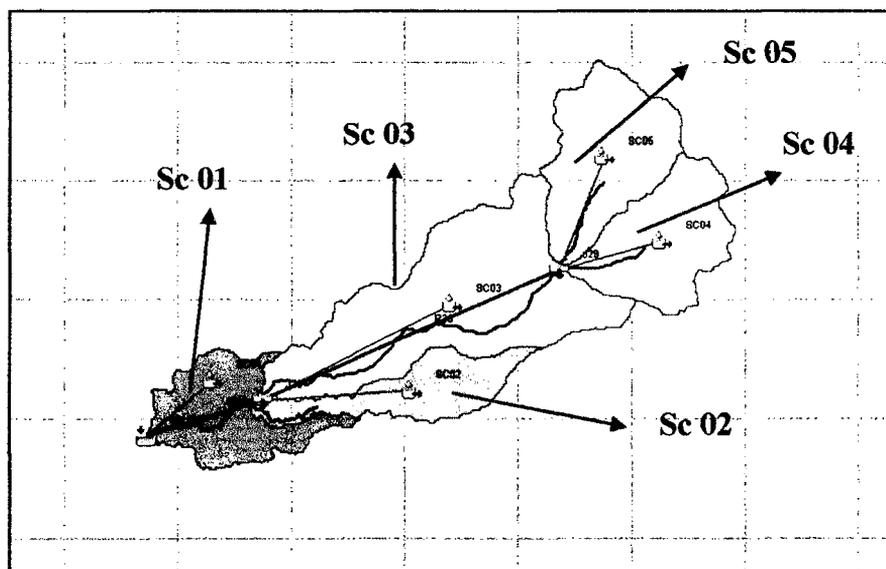


Figura 3.9: Aportantes a la microcuenca del río Huanta

Tabla 3.24
Análisis del tiempo de concentración (Tc) para el río Huanta

Aportante 01 – Río Huanta

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
PARAMETROS DE LA CUENCA	UNIDAD	Aportante - 01
Área de la microcuenca	Km ²	10.84
Perímetro	Km	26.83
Cota Máxima del Río	msnm	2721
Cota Mínima del Río	msnm	2307
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	0.41
Longitud del curso principal (L)	Km	7.82
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.053
ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN		
TEMEZ	Hr	2.50
tiempo de concentración asumido	Hr	2.50

Tabla 3.25
Análisis del tiempo de concentración (Tc) para la SC 02

Aportante 02 – Quebrada Chula

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
PARAMETROS DE LA CUENCA	UNIDAD	Aportante - 02
Area de la cuenca	Km ²	8.81
Perímetro	Km	26.75
Cota Máxima del Río	msnm	3924
Cota Mínima del Río	msnm	2443
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	1.48
Longitud del curso principal (L)	Km	11.09
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.133
ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACION		
TEMEZ	Hr	2.74
TIEMPO DE CONCENTRACION ASUMIDO	Hr	2.74

Tabla 3.26
Análisis del tiempo de concentración (Tc) para la SC 03

Aportante 03 – Quebrada Huaracco

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
PARAMETROS DE LA CUENCA	UNIDAD	Aportante - 03
Area de la cuenca	Km ²	30.80
Perimetro	Km	41.51
Cota Máxima del Rio	msnm	4495
Cota Mínima del Rio	msnm	2442
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	2.05
Longitud del curso principal (L)	Km	14.92
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.136
ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACION		
TEMEZ	Hr	3.42
TIEMPO DE CONCENTRACION ASUMIDO	Hr	3.42

Tabla 3.27
Análisis del tiempo de concentración (Tc) para la SC 04

Aportante 04 – Quebrada Pampacocha

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
PARAMETROS DE LA CUENCA	UNIDAD	Aportante - 04
Area de la cuenca	Km ²	13.43
Perimetro	Km	21.56
Cota Máxima del Rio	msnm	4619
Cota Mínima del Rio	msnm	3763
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	0.86
Longitud del curso principal (L)	Km	7.03
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.119
ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACION		
TEMEZ	Hr	1.98
TIEMPO DE CONCENTRACION ASUMIDO	Hr	1.98

Tabla 3.28
Análisis del tiempo de concentración (Tc) para el río Chacacocha

Aportante 05 – Río Chacacocha

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
PARAMETROS DE LA CUENCA	UNIDAD	Aportante - 05
Area de la cuenca	Km ²	15.57
Perimetro	Km	22.70
Cota Máxima del Río	msnm	4850
Cota Mínima del Río	msnm	3759
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	1.09
Longitud del curso principal (L)	Km	7.34
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.143
ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACION		
TEMEZ	Hr	1.98
TIEMPO DE CONCENTRACION ASUMIDO	Hr	1.98

Los tiempos de concentración, fueron obtenidos teniendo en cuenta la fórmula de Kirpich:

Dónde:

L: longitud del curso principal (m) y H diferencia de alturas entre la cota más alta y la cota más baja (m), del cauce principal de cada una de las subcuencas en estudio.

En los cálculos correspondientes a Hidrología, se muestra los datos obtenidos de los parámetros de las sub cuencas para determinar el tiempo de concentración.

3.3.2 Cálculos de caudales máximos.

Como se mencionó anteriormente los Hidrogramas sintéticos hacen uso de las características físicas o geomorfológicas de la cuenca por tal razón lo primero que tenemos que hacer es calcular en número de curva y esto se hará a continuación:

Determinación del Número De Curva (CN)

Tipo y Uso del Suelo

Jiménez (1992), opina que teniendo en cuenta el tipo de suelo y la vegetación de las cuencas hidrográficas se han definido una serie de parámetros empíricos para su clasificación. Entre los más aceptados y empleados se encuentra el llamado Número de escurrimiento (N), la cual varía de 0 a 100 según el Servicio de Conservación de Suelos (SCS).

Para la selección del Número de escurrimiento N, se clasifican los suelos con su grado de permeabilidad designándose por letras A, B, C y D de acuerdo al uso y/o vegetación de dicho suelo.

Grupo A: Bajo potencial de escorrentía y alta infiltración. Arenas profundas, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

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

Grupo B: Infiltración moderada cuando los suelos están completamente mojados. Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Infiltración lenta cuando los suelos están completamente mojados. Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Alto potencial de escorrentía y baja infiltración. Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para una cuenca formada por varios tipos de suelo y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto. Dado que los escurrimientos máximos en una zona dependen, no sólo de la magnitud de las precipitaciones, sino también de su duración, en el modelo se asume que antes de las lluvias, la zona del estudio ha soportado algunas

precipitaciones iniciales y el suelo tiene un cierto contenido de humedad (AMC II). Para las precipitaciones iniciales se puede asumir que representan la suma de las pérdidas iniciales básicas, que para el caso de los fenómenos tipo El Niño representa una estimación muy ajustada a la realidad. Puesto que no existen datos del escurrimiento y de las precipitaciones correspondientes, medidos en el campo, el valor de CN se estima sobre la base de las características físico-geográficas de las cuencas, obtenidas en los recorridos y mapeo del terreno.

Precipitación Efectiva

La precipitación neta o efectiva es la que no se retiene en la superficie, ni se infiltra en el suelo. Después de fluir por la superficie terrestre se convierte en escorrentía a la salida de la cuenca.

Para determinar la precipitación neta y el escurrimiento de agua de lluvias desde las cuencas que no cuentan con mediciones hidrológicas, se deben determinar las pérdidas o abstracciones, para lo cual existen diversos métodos. En el presente estudio se aplica el método desarrollado por el Soil Conservation Service, el mismo que es explicado a continuación.

Método SCS Para Abstracciones O Pérdidas

Sobre la base de las características determinadas de la cuenca (tipo de suelo, tipo de cultivo, cubierta vegetal, etc.), se determina un número adimensional de curva, CN, a través del cual se transforman las precipitaciones brutas en precipitaciones netas usando la relación:

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

Dónde:

P: precipitación bruta o total (mm)

Pe: precipitación neta (mm)

La retención potencial máxima del suelo (mm), está dado por:

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) * 25.4$$

CN: número adimensional de curva.

Este CN se determina de tablas, que ha sido preparada para condiciones antecedentes de humedad media, AMC II. Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva correspondientes pueden estimarse en base a los datos para AMC II:

$$CN(I) = 0.008CN(II)^2 + 0.169CN(II) + 2.166$$

$$CN(III) = -0.007CN(II)^2 + 1.596CN(II) + 6.931$$

En la tabla 46, se muestra el rango para las condiciones antecedentes de humedad para cada clase.

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (mm)	
	Estación inactiva	Estación de crecimiento
I	menor que 12.7	menor que 35.6
II	12.7 a 28	35.6 a 53.3
III	sobre 28	sobre 53.3

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el número de curva de escorrentía para las condiciones hidrológicas y usos de suelo antes mencionados son la siguiente referencia: Hidrología Aplicada de Ven Te Chow.

Tabla 3.29
Números de Curva de escorrentía (CN)

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación		72	81	88	91
con tratamientos de conservación		62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres		68	79	86	89
condiciones óptimas		39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,		45	66	77	83
cubierta buena ²		25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más		39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial ³ :					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵		98	98	98	98
grava		76	85	89	91
tierra		72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9

2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

3 Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

4 Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

5 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

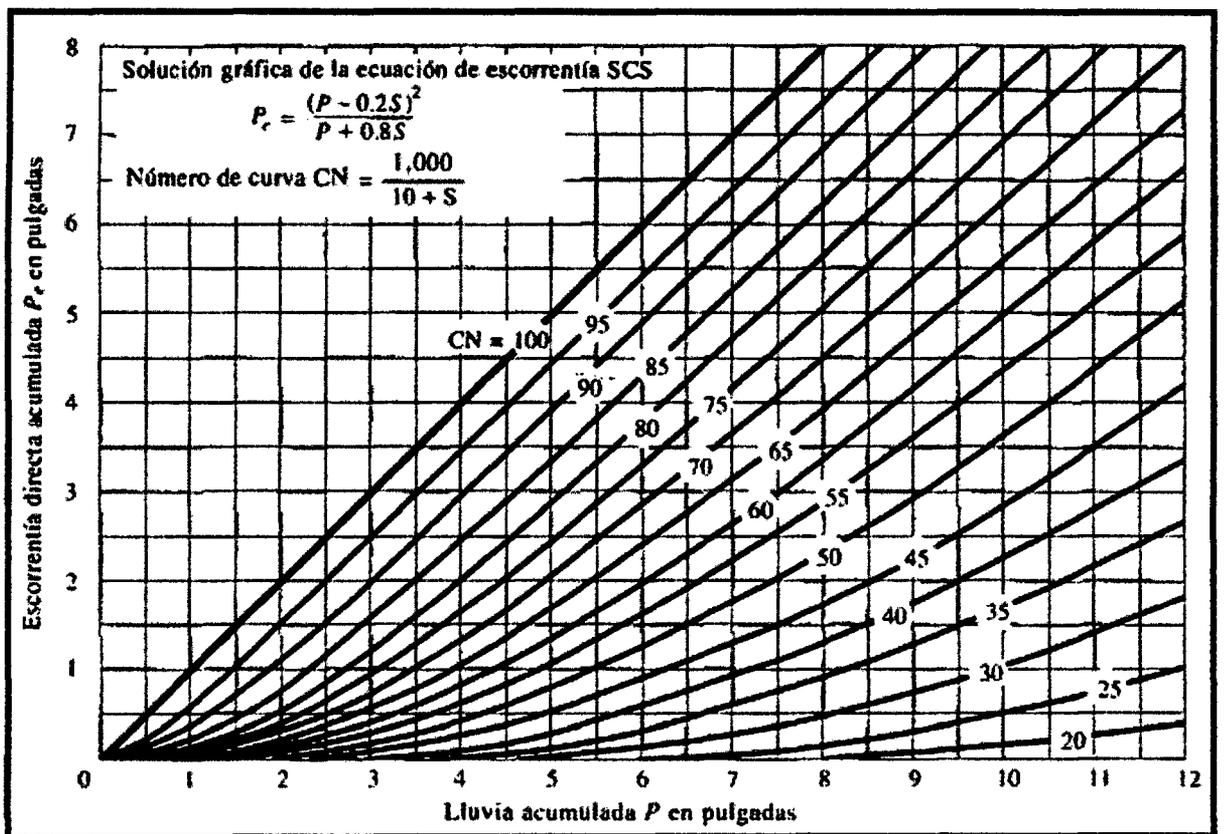


Figura 3.10 : Solución de las ecuaciones de escorrentía del CSC

Número de Curva de la Cuenca del río Huanta (CN)

Tipo y Uso del Suelo

De acuerdo a las consideraciones anteriores y verificaciones in situ, el tipo y uso del suelo de la cuenca del río Huanta corresponde a las condiciones hidrológicas del Grupo B y C.

Grupo B: Infiltración moderada cuando los suelos están completamente mojados. Suelos poco profundos depositados por el viento, margas arenosa.

Grupo C: Infiltración lenta cuando los suelos están completamente mojados. Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Numero de Curva de Escorrentía

De acuerdo a las consideraciones anteriores y verificaciones in situ, el

número de curva a la cual pertenece la cuenca del río Huanta son las siguientes:

- **Tierra Cultivada:** en la microcuenca del río Huanta, existen tierras cultivadas sin tratamiento de conservación en un 10% del área total de las cuencas:
- **Pastizales:** en la microcuenca del río Huanta, existe pastizales en condiciones pobres conformado principalmente por ichu que sirve como alimento para el ganado altoandino en un 85%:
- **Calles y Carreteras (Caminos de Herradura):** en la microcuenca del río Huanta, existen trochas carrozables así como los caminos de herradura para el acceso a las diferentes estancias y comunidades campesinas en el ámbito de influencia de la microcuenca del río Huanta cuyo porcentajes representa el 5% del área total de las cuencas:
- Finalmente, de acuerdo a las condiciones hidrológicas antes mencionadas y de acuerdo a los usos del suelo descritos línea arriba, el número de curva a la que pertenece la microcuenca del río Huanta, son las que se indican a continuación (encerrados con rectángulos):

Calculo del Número de Curva Ponderado

Finalmente, el número de curva a la que pertenece a la microcuenca del río Huanta, se calcula como el ponderado de acuerdo a los tipos y usos del suelo mencionados anteriormente.

Tabla 3.30
Grupo Hidrológico del suelo

USOS DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO DEL SUELO					
	B (55%)			C (45%)		
	%	CN	Producto	%	CN	Producto
Tierra cultivada sin tratamientos de Conservacion (10%)	2.85	81	230.85	2.49	88	219.12
Pastizales en condiciones pobres (85%)	46.95	79	3709.05	38.25	86	3289.50
Calles y Carreteras de tierra (camino herradura) (5%)	2.85	82	233.70	2.5	87	217.50
	SUMATORIA		4173.60			3726.12
		CN =	79.00			

En Conclusión: de acuerdo a los cálculos anteriores la microcuenca del río Huanta pertenecen al número de curva de escorrentía de 79 con la cual se procederá a calcular los caudales máximos.

- Información hidrometeorológica de la zona de estudio

No existe información hidrometeorológica en la zona de estudio, es por esta razón que se optó por trabajar con la técnica del IILA – SENAMHI – UNI, el mismo que permitirá generar en primer término los hietogramas de precipitación total de diseño para cada una de las 05 aportantes en estudio, para una duración de 24 horas, típica en una zona de Sierra, a partir del cual se podrá obtener finalmente los hidrogramas de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno.

- Información hidrométrica en la zona de estudio

No se registraron información correspondiente a caudales en la zona de estudio correspondiente a la microcuenca del río Huanta.

- Determinación del caudal de máximas avenidas para la cuenca principal.

Para la determinación del caudal de máximas avenidas para los periodos de retorno de 15, 20, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, se seguirá el procedimiento descrito a continuación:

Para la determinación de los hietogramas de precipitación efectiva, se hará uso del método del USDA NRCS, el mismo que permitirá determinar las abstracciones, obtenidas a partir del hietogramas de precipitación total obtenida anteriormente, considerando las siguientes formulaciones matemáticas:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Dónde:

S : Abstracción potencial máxima.

CN : Numero de curva.

Para la cuenca del Río Huanta, el mismo que se ha subdividido en 05 redes aportantes, donde se presenta el resumen para la elección del número de curva, donde se ha superpuesto la fisiografía de la cuenca del Huanta, con la fotografía aérea obtenida del programa Google Earth.

Tabla 3.31
Clasificación de antecedentes de humedad (AMC)

Descripción	ELECCIÓN DEL NUMERO DE CURVA				
	Uso de la tierra	Condición Hidrológica	Grupo Hidrológico	Condición de Humedad Antecedente	Número de curva
SUBCUENCA 01	Pastizales	Pobre	B	Tipo II	79
SUBCUENCA 02	Pastizales	Pobre	B	Tipo II	79
SUBCUENCA 03	Pastizales	Pobre	B	Tipo II	79
SUBCUENCA 04	Pastizales	Pobre	B	Tipo II	79
SUBCUENCA 05	Pastizales	Pobre	B	Tipo II	79

La precipitación efectiva se calcula, mediante la siguiente formula, considerando condición de humedad antecedente tipo II (normal).

Para la determinación del hidrograma unitario se hace uso de la formulación $t_p = 0.6t_c$ propuesta por el USDA NRCS de los EEUU, Dónde:

Se obtiene la escorrentía directa Q_n , para cada una de las 05 aportantes de estudio, considerando los pulsos obtenidos a partir de un intervalo de tiempo de 20 min, tanto para la precipitación de exceso como para el hidrograma unitario. Luego del proceso de convolución discreta, se obtienen los hidrogramas de máximas avenidas, para cada sub cuenca, Finalmente se muestra las máximas avenidas mediante el programa HEC HMS 3.5 para los periodos de retorno de análisis, así como la red topológica ingresada al programa, También se muestra las dimensiones del canal natural de rio Huanta al transitar en caudal de máximas avenidas para un periodo de retorno de 100 años.

Para la Microcuenca de la parte baja

- Tr = 15 años, Q = 19.486 m³/s.
- Tr = 20 años, Q = 21 m³/s.
- Tr = 50 años, Q = 23 m³/s.
- Tr = 100 años, Q = 29.0 m³/s.

Para la Microcuenca de la parte alta

- Tr = 15 años, Q = 20.8 m³/s.
- Tr = 20 años, Q = 22.32 m³/s.
- Tr = 50 años, Q = 25.41 m³/s.
- Tr = 100 años, Q = 30.28 m³/s.

IV. DISCUSIONES

- El área de la microcuenca es de 80.45 km² y el perímetro es de 50.24 km, tal como señala VILLON (2002), la microcuenca en estudio es pequeña porque es menor a los 250 km², la microcuenca del río Huanta se trata de una microcuenca oblonga y la longitud de los tributarios y el valor de Densidad de drenaje es de 3.13, Valores altos de densidad de drenaje representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables, por el contrario, valores bajos, indican suelos duros, poco erosionables y cobertura vegetales densas. la curva hipsométrica muestra el comportamiento de un río: en su etapa de juventud donde predominan la producción de sedimentos y agua, la etapa de vejez donde se caracteriza por la deposición de sedimentos y la etapa media de equilibrio y madurez donde predomina el transporte de sedimentos y agua. En toda el área total de la microcuenca se identificaron 03 lagunas alto andinas.
- Posteriormente se digitalizó los planos con la ayuda del SIG y la carta nacional digitalizada.
- El análisis geomorfológico de la microcuenca es de suma importancia para tomar como antecedente para elaborar planes estratégicos para el desarrollo sostenible del recurso hídrico de la microcuenca en estudio.
- Se generaron caudales mensuales para obtener la disponibilidad hídrica en la microcuenca, teniendo como base el estudio de las precipitaciones con el método de Lutz Schölz.

- Se generaron las máximas avenidas a partir de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación meteorológica Huanta para la microcuenca baja y la estación de Quinoa para la microcuenca de la parte alta.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización de la microcuenca en estudio con el propósito de tener un documento de base que permitan plantear un plan para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos. Una de las ventajas que ha demostrado el SIG es que permite manejar diferentes mapas a diferentes escalas, además de manejar la información contenida en su base de datos mucho más rápido y se evita un problema común que suele ocurrir con los mapas tradicionales como es la pérdida de archivos, confusión de mapas e información.
- Se realizó la caracterización morfométrica de la microcuenca el río Huanta tomando como herramienta principal el software de sistemas de información geográfica (SIG) y la información contenida en el SIG es compatible con los programas CAD. Es de importancia ya que son herramientas que nos permite obtener de manera rápida parámetros morfométricos de la microcuenca del río Huanta.
- Se determinó las características hidrológicas de la microcuenca del río Huanta como las precipitaciones máximas de las 24 horas el cual nos permite generar caudales máximas a distintos tiempos de retorno.
- Con se ha visto en el informe se ha usado los puntos de levantamiento topográfico de cada uno de los sectores de análisis y también se ha descargado Raster y Ortofotos para apreciar de la mejor forma el lecho del río, la conclusión es que es mejor el

resultado si se trabaja con un TIN o una imagen de triangulación irregular, ya que nos permite visualizar mejor el tramo a evaluar.

VI. RECOMENDACIÓN

- Es importante y necesaria la implementación de estaciones de aforo, en el micro cuenca del río Huanta y en el área de aporte de quebradas y ríos para tener la posibilidad de comparar los valores observados con los simulados, de manera que los modelos se puedan calibrar para adecuarlos a las condiciones del medio.
- Este método realizado en el presente estudio puede ser aplicado para cualquier parte del Perú ya que la METODOLOGIA del IILA – SENAMHI-UNI es resultado del estudio hidrológico realizado en el Perú, por lo cual recomiendo su uso, y más aún si se encuentra en un lugar donde carece de estaciones automatizadas que registren precipitación principalmente.
- El SIG de la cuenca del río Huanta para la gestión de los recursos hídricos es un modelo del mundo real; pero el mundo real está en un cambio constante, por lo tanto esos cambios deben ser reflejados en la base de datos del SIG, de lo contrario el sistema puede perder credibilidad.
- Por otro lado, si se desea modificar o agregar alguna capa al SIG se recomienda preferiblemente hacerlo en Autocad Map, tanto la digitalización o modificación de algún mapa, debido al fácil empleo de este software.

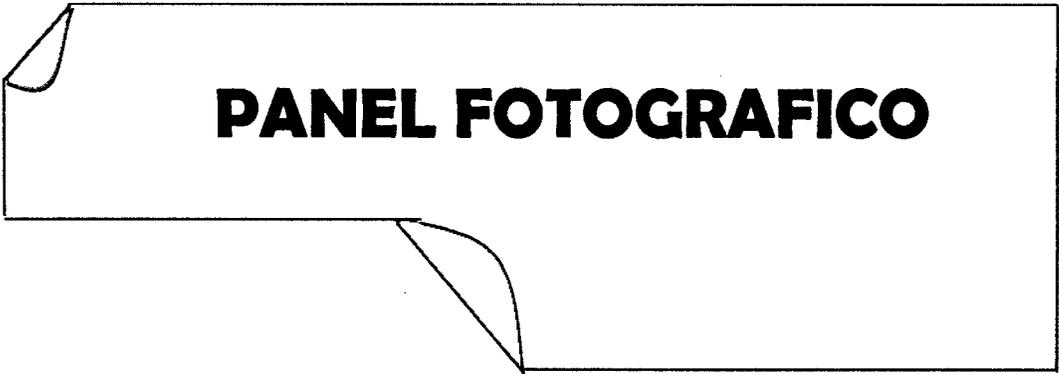
- Teniendo como base este estudio, se podrían hacer modelaciones de la cuenca. Las modelaciones hidrológicas se pueden realizar usando softwares auxiliares que permitan modelar la cantidad de agua aportada por cada quebrada y como varían los niveles de en diferentes áreas a lo largo del río, observando posibles áreas inundables, estudio que puede servir para un planeamiento futuro en la zona de estudio.
- Asimismo, se podría hacer una modelación de la geomorfología del río Huanta, para lo cual se podría hacer uso de imágenes de satélites de diferentes años, analizando erosión y deposición del río y como éste se ha ido comportando en los últimos años y pronosticar su comportamiento en el futuro. Este estudio nos daría una idea mucho más clara de puntos vulnerables a lo largo del río Huanta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

1. ANA, 2009. Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú.
2. Aparicio, F. 1992. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa. México D.F.
3. Aranoff, 1989. Uso de Suelo
4. Aliaga, V. 1985. Hidrología estadística. UNALM-Facultad de Ingeniera Agrícola, Lima Perú.
5. Comas y Ruiz 1993. Aplicaciones del SIG al medio ambiente.
6. Chereque,W. 1991. "Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil", Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
7. Chow, Ven Te - Maidment, David – Mayas, Larry. 1994. Hidrología aplicada Editorial Mc Graw Hill. Santafé de Bogotá – Colombia.
8. Domingue.J (1988).Imagen de Dirección de Flujo.
9. Eastman, R. 2012. Idrisi selva guía para SIG y procesamiento de imágenes. Córdoba – Argentina.
10. Guevara, 1991. Metodología de Dyck Peschke.
11. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2004, mapa de peligros de la Ciudad de Huanta, Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles.
12. Langbein et al. (1947), La curva hipsométrica
13. Lazarte, E.2002.SIG para la cuenca del rio Puyango Tumbes para la Gestión de Recursos Hídricos.
14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Manual de hidrología Hidráulica.
15. ONER, 1976. Metodologías para el estudio de la variación del régimen de escurrimiento y avenidas máximas para el Perú. Lima-Perú.

16. Orduña, F. 2007. Aplicaciones de software SIG: ArcGis 9.2. Lección 1: Introducción a ArcGis Desktop. UNIGIS Girona. 9º ed. España. Universidad de Girona.
17. Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Huanta 2012-2018.
18. Plan Meris II, 1980. Ex-Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.
19. Sánchez, 1987. Valores del coeficiente de compacidad
20. SENAMHI, Ubicación de las estaciones Meteorológicas.
21. Scheidegger (1987), curva hipsometrica
22. Schum, 1956. Coeficiente de Estabilidad de Río
23. Hynd, S.1995. Sistema de Información Geográfica (SIG).
24. Vásquez, A. 2000. Manejo de cuencas alto andinas. Editorial UNA. Perú.
25. Villón, M. 2002. Hidrología Editorial Villón. Lima- Perú.
26. Villón, M. Hec - Hms ejemplos. Impreso en Cartago – Costa Rica por el taller de publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Junio 2010, en Lima – Perú por Ediciones Villón - Julio 2010.
27. Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial en la Región Ayacucho (ZEE - OT).

ANEXO



PANEL FOTOGRAFICO

VISTA DEL LAGUNA SAN CHACACCOCHA



PUNTO DE AFORO DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA ENTRE LOS RIOS DE PAMPACCOCHA Y CHACACCOCHA



PUNTO DE AFORO DE LA PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA EN EL RIO HUANTA

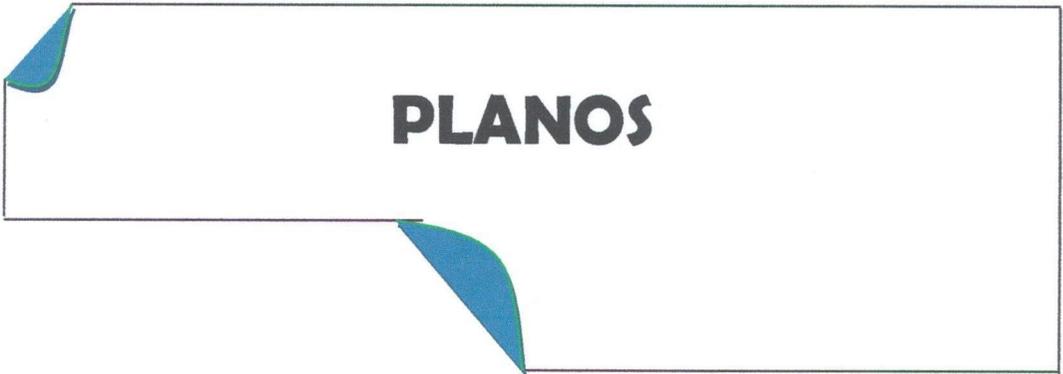


ÁREAS DE CULTIVO EN LA PARTE BAJA DEL DISTRITO DE HUANTA

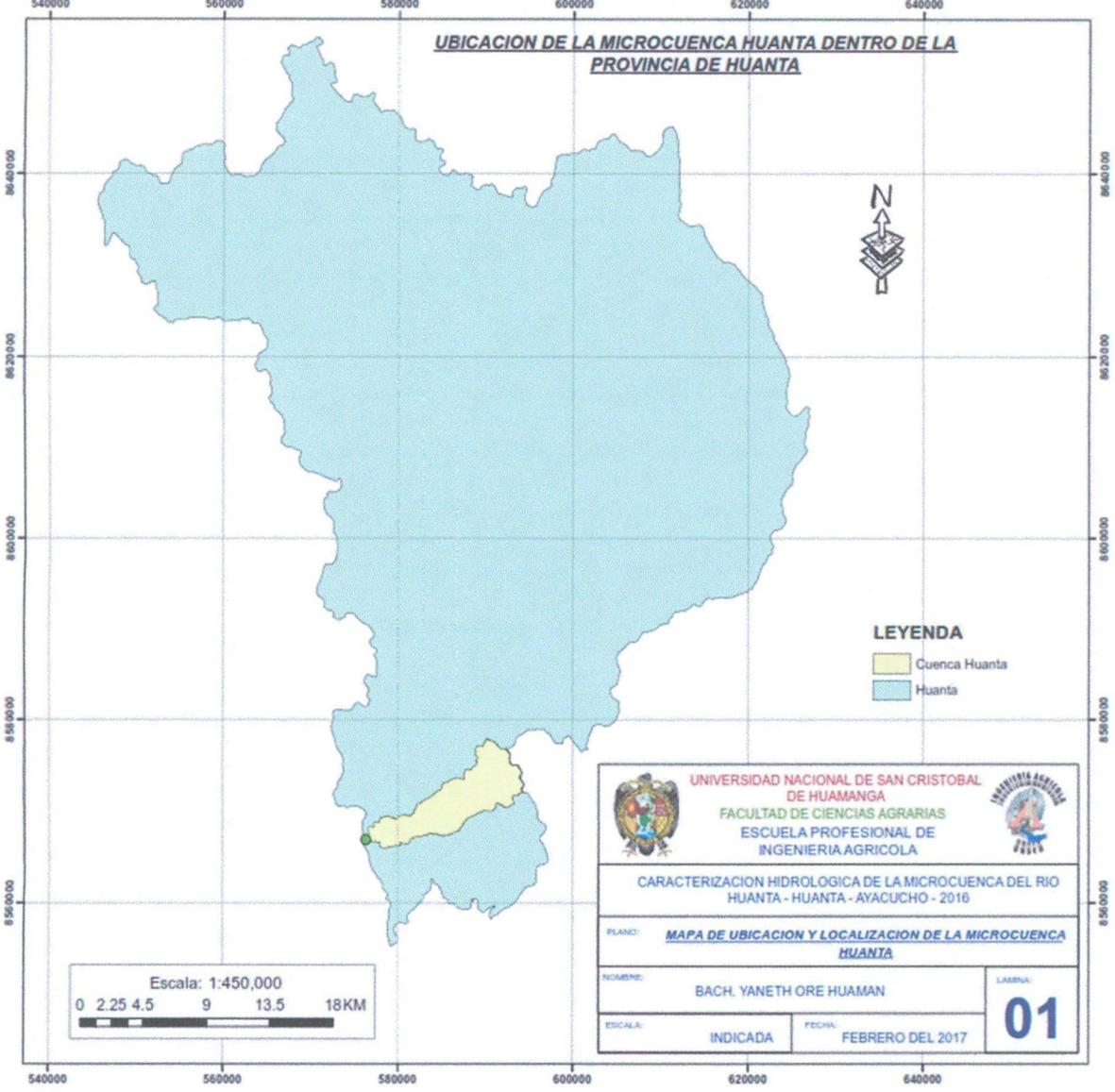
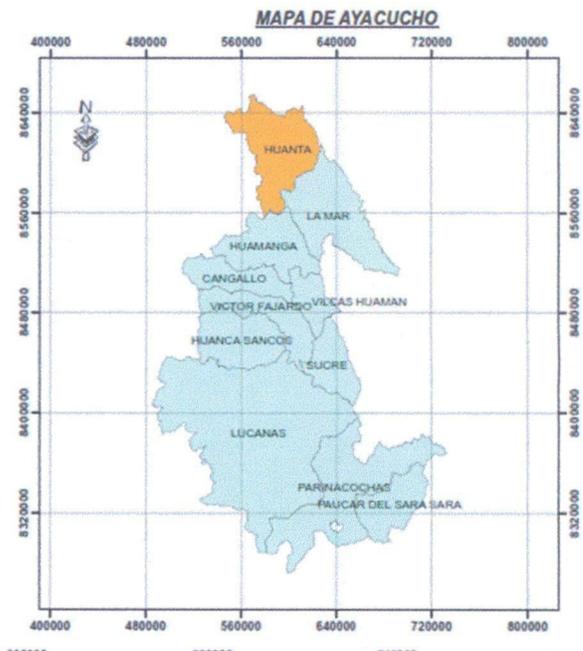


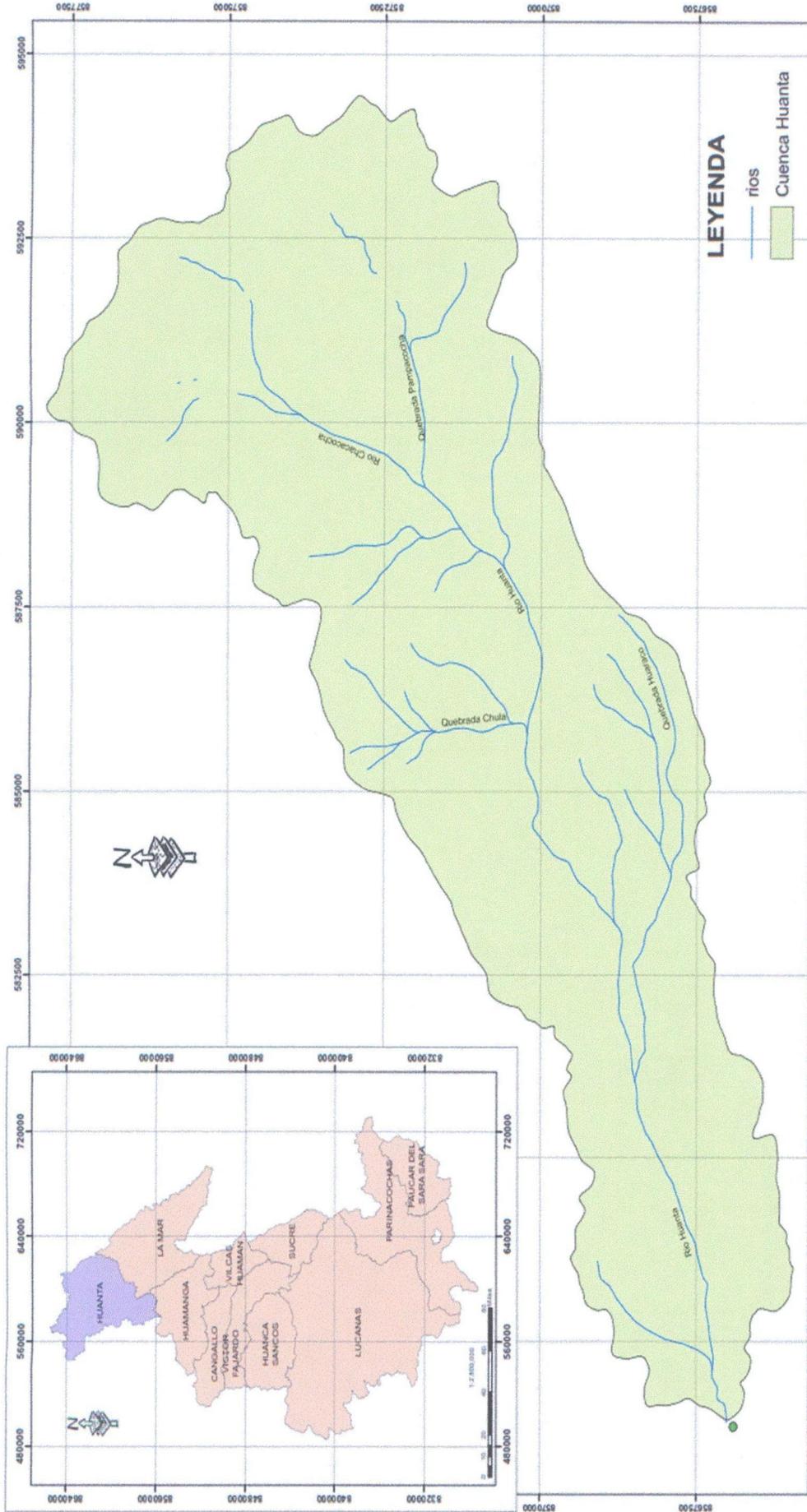
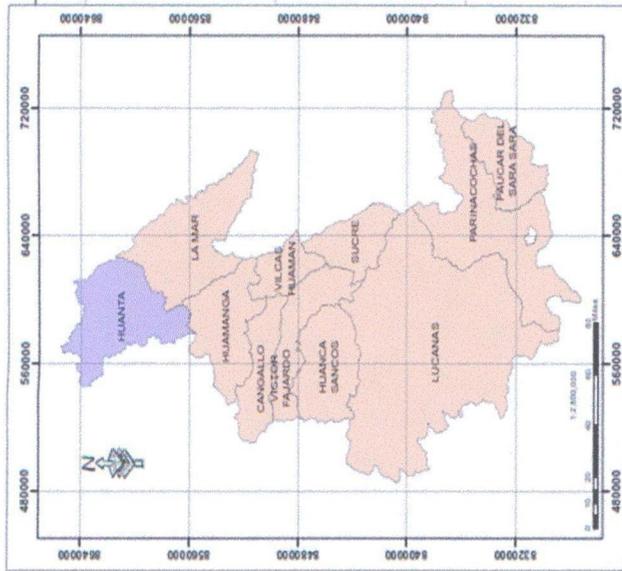
VISTA PANORAMICA DEL RIO HUANTA





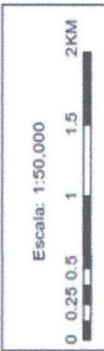
PLANOS





LEYENDA

- rios
- Cuenca Huanta



Escala: 1:50,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

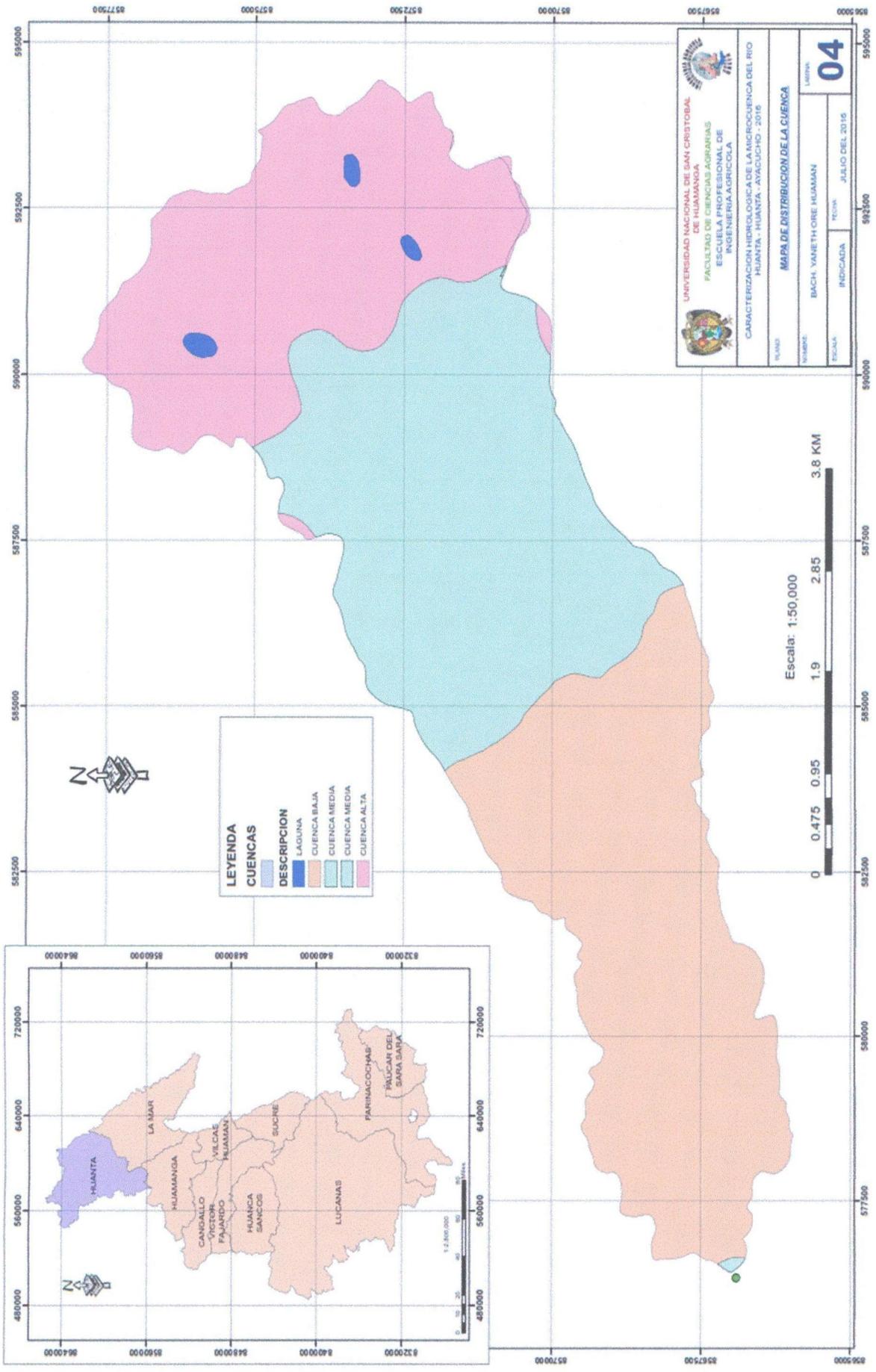


CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA MICROCUENCA DEL RIO HUANTA - HUANTA - AYACUCHO - 2016
MAPA DE RED HIDRICA - MICROCUENCA HUANTA
BACH. YANETH ORE HUAMAN

FECHA: FEB. DEL 2017

INDICADA

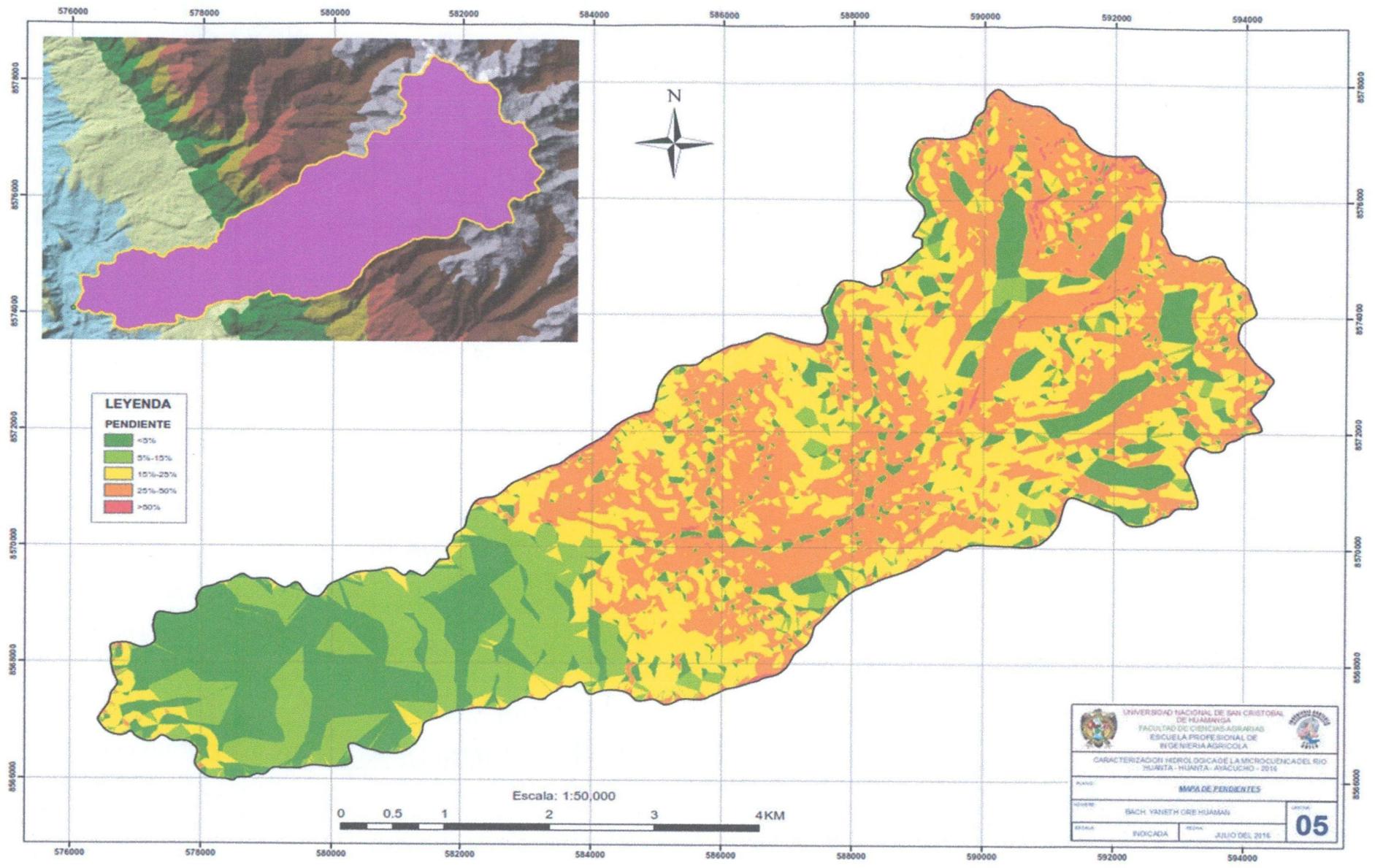
03



LEYENDA CUENCAS

DESCRIPCION
LAGUNA
CUENCA BAJA
CUENCA MEDIA
CUENCA ALTA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA	TITULO MAPA DE DISTRIBUCION DE LA CUENCA
	NOMBRE: BACH. YARETH ORE HUAMAN
INSTITUCION: INDIACADA	
FECHA: JULIO DEL 2015	
04	



LEYENDA

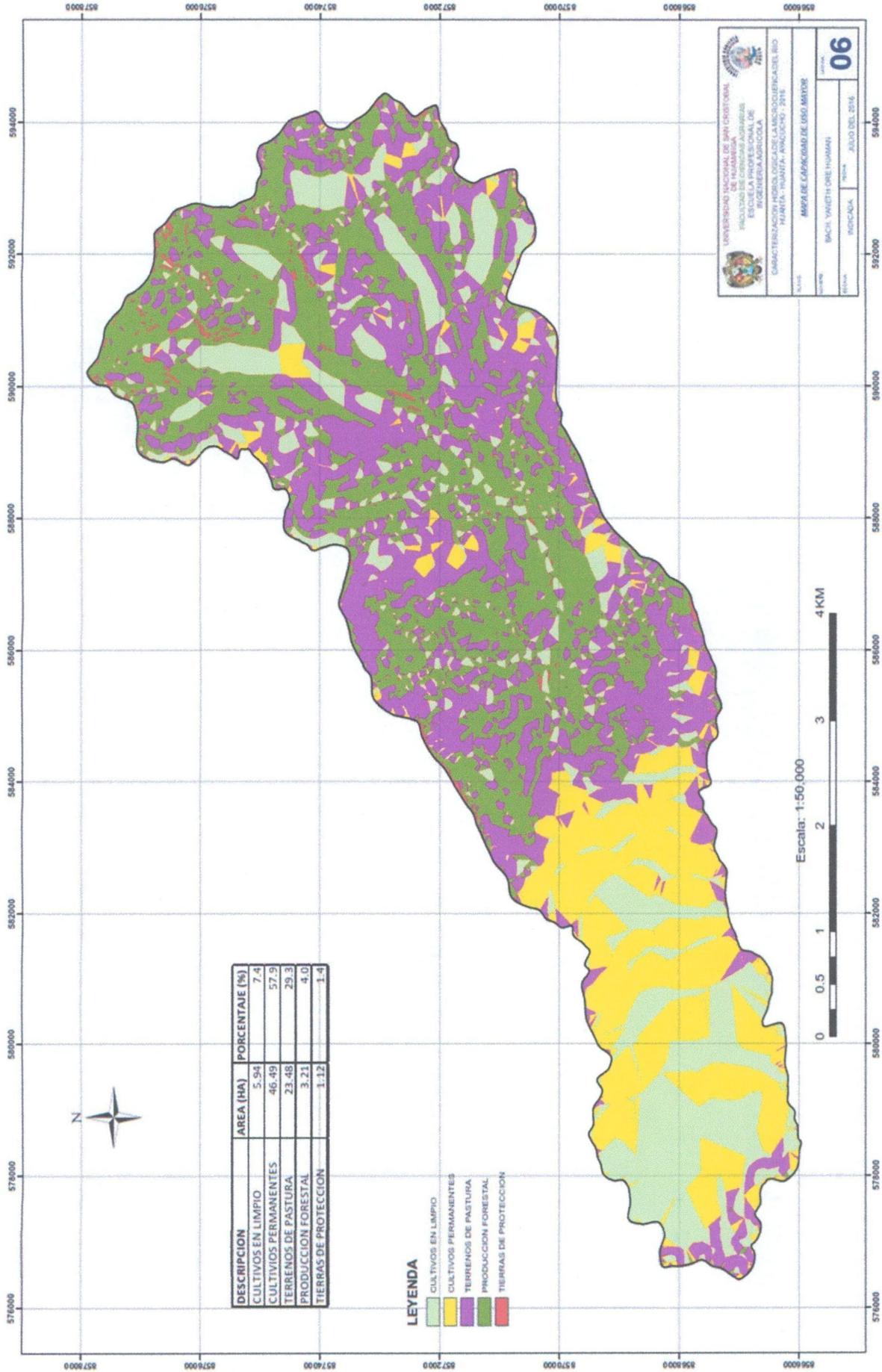
PENDIENTE

	<5%
	5%-15%
	15%-25%
	25%-50%
	>50%

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA		
CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA MICROCUENCA DEL RIO YALUYTA - HUANTA - AYACUCHO - 2016		
ALUMNO:	MAYRA DEPENDIENTES	
DOCENTE:	BACH. YANETH ORE HUAMAN	
EDICION:	INVOCADA	FECHA: JULIO DEL 2016
		05

Escala: 1:50,000

0 0.5 1 2 3 4 KM



DESCRIPCION	AREA (HA)	PORCENTAJE (%)
CULTIVOS EN LIMPIO	5.94	7.4
CULTIVOS PERMANENTES	46.49	57.9
TERRENOS DE PASTURA	23.48	29.3
PRODUCCION FORESTAL	3.21	4.0
TIERRAS DE PROTECCION	1.12	1.4

- LEYENDA**
- CULTIVOS EN LIMPIO
 - CULTIVOS PERMANENTES
 - TERRENOS DE PASTURA
 - PRODUCCION FORESTAL
 - TIERRAS DE PROTECCION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR

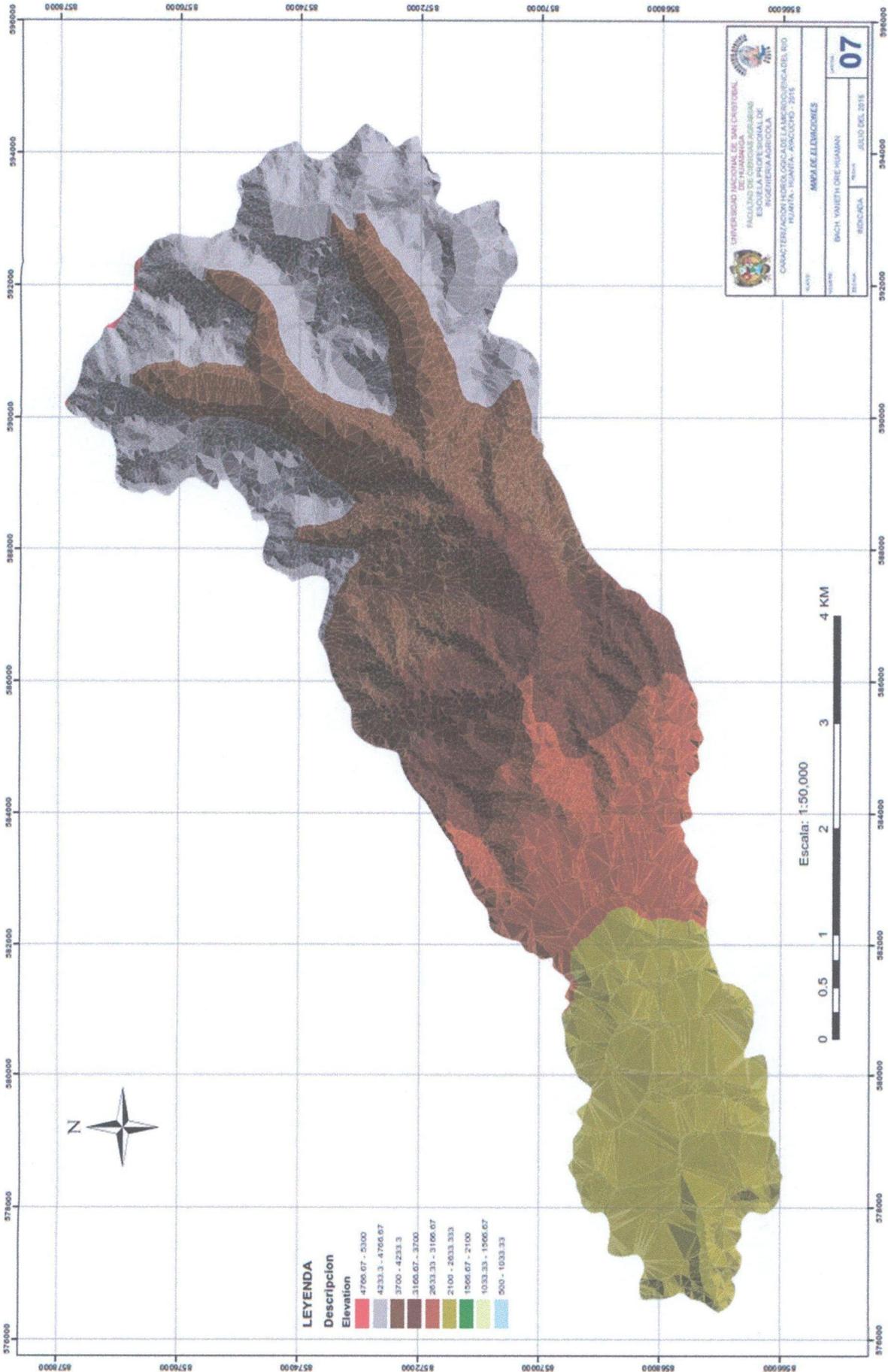
ALUMNO: MACHU VARETHI ONE HUAMANI

FECHA: 2016 JUNIO DEL 2016

06

Escala: 1:50,000





LEYENDA

Description	Elevation
[Red]	4766.67 - 5200
[Orange]	4233.3 - 4766.67
[Yellow-Orange]	3700 - 4233.3
[Yellow]	3166.67 - 3700
[Light Green]	2633.33 - 3166.67
[Green]	2100 - 2633.33
[Dark Green]	1566.67 - 2100
[Light Blue]	1033.33 - 1566.67
[Blue]	500 - 1033.33

Escala: 1:50,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUANCRA
 FACULTAD DE INGENIERIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA
 CARACTERIZACION NOROCCIDENTAL DE LA MICROZONA DEL RIO HUANTA, HUANTA, AREQUIBA - 2016

TITULO: MAPA DE ELEVACIONES
 AUTOR: BACH. YANETH ORE HUAMAN
 INSTITUCION: HUANTA, JUNIO DEL 2016
 NUMERO: 07



**PROPUESTA DE PLAN DE
APROVECHAMIENTO HIDRICO**

PROPUESTA DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO SOSTENIBLE

1.0 Identificación y análisis de actores de la Microcuenca.

1.1. Actores Internos

En el espacio de la microcuenca se identificó a diferentes actores que intervienen directamente en la gestión del agua tales son las Municipalidades Provinciales y Distritales que forman parte del Gobierno Local y las Organizaciones que representan a los usuarios de agua, comunidades campesinas y la sociedad Civil tal como se puede mencionar a continuación:

- **Municipalidad Provincial de Huanta**
- **Comité de Gestión de Riego Razuhuilca**

Organización sin fines de lucro que tiene la finalidad de realizar la gestión de los recursos naturales en la microcuenca con la participación de los diferentes actores de la microcuenca.

- **Comités de Riego**

Organizaciones de usuarios de agua con fines agrarios asentados en el espacio en estudio

- **Comunidades campesinas**

Organizaciones de participación activa en la gestión de tierras y recursos naturales de su ámbito jurisdiccional, existiendo en la microcuenca comunidades de habla quechua y castellano.

- **La Gobernación**

Autoridad Política que dirige a los tenientes gobernadores elegidas democráticamente en cada comunidad que representan al Ministerio del Interior del Poder Ejecutivo que tienen la función de mantener el orden y el cumplimiento de las Leyes del Estado Peruano.

- **Juntas Administradoras de Agua Potable (JAS)**

Organizaciones que representan a los usuarios de agua con fines poblacionales en el ámbito jurisdiccional de la microcuenca del río Huanta.

1.1.2 Actores Externos

Así mismo se identificó a las diferentes Instituciones Públicas y Privadas a través de sus oficinas desconcentradas que participan indirectamente en la gestión del agua desde un espacio exterior en la microcuenca Huanta que son las siguientes:

- **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

Está presente a través de la Administración Local de Agua Ayacucho (ALA-Ayacucho).

- **Ministerio de Agricultura**

Está Presente a través de los órganos de línea del AGRORURAL, INIA, SENASA E INRENA cuyo ámbito de trabajo abarca el ámbito en estudio. Pampas.

- **Agro rural**

Interviene a través de la ejecución de proyectos de riego y desarrollo agropecuario.

- **Ministerio de Salud**

Está presente a través del Centros de Salud ubicados en la provincia de Huanta y en las comunidades de Chula, Aqoscca, Huantachaca, Huansa, Maynay, Cangari .

- **Ministerio de Educación**

Está Presente a través de los Centros Educativos de nivel Inicial, Primaria y Secundaria existentes en la Microcuenca ,las mismas que dependen de las Unidades de Gestión Educativa de la Provincia de Huanta.

2.0.- Planteamiento del marco de referencia del proceso de planeamiento de la gestión de los recursos hídricos en la micro cuenca del rio Huanta

El proceso de planeamiento participativo de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos se realiza los siguientes pasos o etapas:

- Inicio

Teniendo las síntomas de un escenario desfavorable de la microcuenca a causa de los efectos del cambio climático que son: disminución del caudal de las fuentes de agua, uso deficiente de agua, baja productividad, presencia de conflictos por el uso de agua, riesgos constantes de la inundaciones, sequías, contaminación entre otras amenazas hace que el proceso de planeamiento de la GIRH en una microcuenca comience a iniciativa de algunos líderes de la zona, voluntad política del gobierno local y nacional que están comprometidos con mejorar la gestión y desarrollo sostenible de los recursos hídricos.

- La etapa preparatoria

Es la actividad que se realizó antes de la formulación del plan de acción GIRH. En la etapa preparatoria se identifica y convoca a los líderes(as) y actores internos - externos que participarán en el proceso de planeamiento participativo de la GIRH previa convocatoria, también se realiza cursos y talleres sobre la GIRH para posteriormente conformar el Comité de Gestión del Agua de la microcuenca y se establece los lineamientos generales y los roles de la municipalidad, de los aliados, de los líderes y de las organizaciones sociales. En esta etapa, es muy importante la iniciativa que deben tomar la municipalidad y los líderes.

- El análisis de conflictos de agua

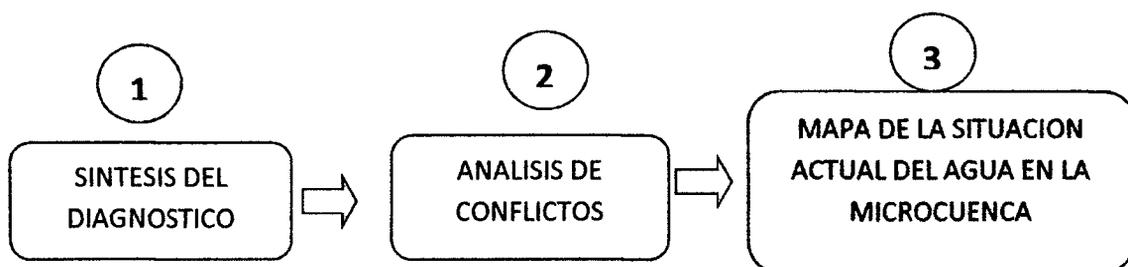
En el segundo análisis determinamos la relación que hay entre los diferentes usuarios del agua, en términos de problemas y potencialidades, respondiendo a la pregunta ¿Cómo afecta el uso del agua en agricultura,

consumo humano, etc.? La respuesta puede ser en forma positiva o en forma negativa.

- El mapa de situación actual del agua

El mapa es un instrumento que nos permite representar y mostrar el estado actual de la gestión del agua en la microcuenca, es decir, la cantidad y descripción de los problemas, conflictos, potencialidades y oportunidades de los diferentes componentes y dimensiones de la microcuenca.

En el mapa también se muestran los riesgos y la descripción de las pérdidas y los daños que pueden ocurrir como consecuencia de las amenazas identificadas.



3.0. La visión del futuro con enfoque GIRH

Es una forma de ver nuestro territorio en el futuro, pensando ¿cómo queremos que sea la gestión del agua?

En esta etapa se dibuja un modelo sobre el futuro de la gestión del agua en la microcuenca, es decir el escenario o situación que soñamos.

Reconociendo cómo es actualmente la gestión del agua en la microcuenca, imaginamos ¿cómo queremos que sea la gestión del agua en nuestra microcuenca?, desde la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos – GIRH.

El producto que se obtiene es esta etapa es la “visión de futuro” de la gestión del agua en la microcuenca, desde la perspectiva de la GIRH.

4.0. La Planificación

Es la etapa donde se elabora el Plan de Acción GIRH, haciendo la articulación con otros planes, programas y proyectos de desarrollo del territorio principalmente con el plan estratégico del (os) distrito(s).

Así mismo, en esta etapa se presenta, se revisa, se discute y se aprueba el plan, es decir, se legaliza y legitima el Plan de Acción GIRH.

Evaluación del proceso de planificación de la gestión de los recursos hídricos de la Microcuenca del Río Huanta en el contexto de la GIRH.

Como resultado de la intervención en la microcuenca Huanta, no cuenta con un comité de gestión referente a la Gestión de Recursos Hídricos.

En la etapa de definición de la visión

A partir de esta etapa no existe la continuidad del planeamiento de los recursos hídricos, solo existe definido la visión del Plan de la microcuenca Huanta.

Análisis de la situación actual existente

En esta parte identificaremos las fortalezas y debilidades en la gestión de recursos hídricos. Además, señalaremos los aspectos que deben ser abordados para mejorar la situación para poner en marcha con la finalidad de alcanzar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Microcuenca Huanta.

Después de realizar las visitas a los actores internos y externos de la microcuenca se identificó las fortalezas y debilidades en situación presente que se detalla a continuación.

DIAGNÓSTICO Y LÍNEA DE BASE

- Problema Central

Durante la Etapa del Diagnóstico, sobre la base de los árboles de problema para cada una de los aspectos temáticos, se definió el problema principal de

dichos aspectos. Para definir el problema central de la Micocuena del río Huanta se tomó en cuenta los problemas principales de cada aspecto temático, dándole el peso respectivo en la intensidad y magnitud del problema central, el mismo que resultó en: "Deterioro de la Calidad del Agua e Inadecuado Aprovechamiento de los Recursos Hídricos"

- **Aprovechamiento de los Recursos Hídricos**

Problema Principal: Inadecuado e ineficiente distribución y aprovechamiento de los Recursos

Hídricos.

- Oferta
- Demanda
- Balance Hídrico

- **Protección y Conservación Ambiental**

Desde el punto de vista ambiental las pequeñas intervenciones de emergencia para el mantenimiento, reparación o remplazo de pequeñas obras hidráulicas y del equipo, contemplado son poco probables de tener impactos adversos significativos, y cualquier impacto, sería terminante involuntario. El diseño del proyecto incluye mecanismos para prevenir impactos negativos durante la implementación y se presentará atención específica a identificar y a evitar los impactos potenciales que las inversiones físicas pueden tener colectivamente.

Impactos ambientales positivos

Se espera que el proyecto tenga impactos positivos para el medio ambiente a través de medidas de financiación para mejorar la GRH, lo cual es esencial para la continuidad social, ambiental y sostenibilidad económica y su contribución para

(a) mejorar la transparencia, la eficacia y la continuidad de la gestión de los recursos hídricos, de tal modo reducir, conflictos sobre recursos hídricos en las cuencas

- (b) un uso más eficiente de los recursos hídricos, de tal modo reducir el crecimiento en demanda de agua y prevenir la necesidad de trasvases intercuenca costosos del agua y sus impactos ambientales irreversibles), reducir la sobreexplotación del agua y atenuar el potencial impacto negativo adverso del cambio climático
- (c) calidad del agua mejorada, de tal modo reducir el impacto negativo en la salud de la gente y en el ambiente.

Impactos ambientales potenciales adversos

Al mejorar la GIRH, mejorarán las condiciones ambientales a nivel de la Microcuenca . Sin embargo, a pesar de estos impactos positivos o neutrales anticipados, algunas actividades del proyecto podría tener consecuencias para el medio ambiente potencialmente adversas y serían mayormente financiadas para apoyar inversiones físicas en reducir escala en las cuencas a través de:

- (a) la instalación o la rehabilitación del equipo de monitoreo del agua
- (b) las pequeñas intervenciones de emergencias para el mantenimiento, reparación o reemplazo de pequeñas obras hidráulicas y equipos. Dado la localización y la naturaleza potenciales a ser financiadas serán solamente determinadas durante la implementación del proyecto, los impactos ambientales específicos, ubicación y magnitud no pueden ser comprobadas. Los únicos impactos ambientales adversos posibles serían terminantemente involuntarios; estos podrían incluir posiblemente los impactos localizados y temporales en las áreas donde las obras físicas en reducida escala serán emprendidas
- (a) erosión de suelo
- (b) deforestación de pequeños puntos de la vegetación rupícola, cuando es exigente.
- (c) contaminación de agua (sedimentos). Además, el proyecto apoyará la formulación del plan integrado, participativo en la zona de estudio. No se prevé ningún impacto de gran escala, significativo e irreversible. No se prevé ningún impacto adverso indirecto o de largo plazo.

Consideraciones ambientales y sociales en el Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Microcuenca

Algunas de las actividades identificadas en el PGRH podrían tener impacto ambiental o social potenciales adversos una vez implementados. Para la conformidad de las políticas medioambientales del gobierno se tomará en cuenta las consideraciones ambientales y sociales en el proceso de la formulación del Plan.

- Calidad del Agua

A nivel de diagnóstico se han identificado como problemas principales los vertimientos directos de aguas residuales sin tratar, especialmente en Sullana; y la contaminación del agua superficial y subterránea por residuos sólidos y hospitalarios y vertimientos agrícolas, industriales y crecientes mineros.

La calidad del agua es un tema fundamental para la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos; se trata de un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de él. Con la nueva Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, promulgada el 31 de marzo de 2009 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ejerce jurisdicción administrativa exclusiva en materia de aguas, desarrollando acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia. En el año 2009 también se aprueban (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) y se implantan los ECA (Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM) con el objetivo de establecer el nivel de concentración, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua que no representen un riesgo significativo para la salud de las personas y medio ambiente.

- Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

La información expuesta en este apartado puede completarse con la consulta del Informe Principal del Diagnóstico así como el Anexo 10 del mismo, donde se identificó como problema principal que los actores de la

GIRH carecen de instrumentos de gestión para afrontar eventos extremos, con énfasis en el sector agrícola. La importancia de la evaluación del impacto del cambio climático es fundamental desde un punto de vista de planificación y gestión hídrica, territorial-social, ambiental y económica. La detección de estos impactos facilitará la adaptación y mitigación de los mismos en el Plan de Gestión de Recursos Hídricos

. Inundaciones

El Fenómeno El Niño es un fenómeno océano atmosférico, que se presenta con intervalos de 5 a 16 años y es el que más daño causa en la cuenca. Aparte de los “Niños”, lluvias intensas pueden provocar desastres.

Huaycos

zonas de mayor erosión se asocian a 2 fenómenos diferentes: la parte alta de las cuencas, cabeceras donde se concentran las lluvias, las pendientes son altas, el suelo se puede encontraron vegetación y se dan fenómenos de derrumbes, huaycos, deslizamientos, que arrastrados por agua llegan al río; y los valles aluviales que se convierten en zonas de sedimentación de material de cabecera pero también de erosión del aluvial y en concreto de las márgenes.

Sequias

Ha observado que después de un evento del Fenómeno “El Niño” pueden presentarse efecto contrario antes de retornar a las condiciones normales, a este periodo se le ha denominado “La niña” y suele ir acompañado del descenso de las temperaturas, provocando fuertes sequías. Fenómeno “La Niña” no es sinónimo de sequía pero frecuentemente viene asociado a escasez es precipitaciones. Independientemente este fenómeno, los ciclos climáticos de las cuencas desarrollan en 12 años aproximadamente. De estos 3-4 pueden ser húmedos y el resto seco Cuando los húmedos no descargan suficiente se agravan los problemas del ciclo seco.

Riesgos Geológicos-Climáticos

las zonas donde las laderas están cubiertas o no por vegetación, son las lluvias las que provocan las situaciones de mayor riesgo debido a que el conjunto pierde cohesión produciendo muchos desprendimientos como ocurrió durante las lluvias de 1982-1983.

Institucionalidad

Este apartado se realiza una síntesis del análisis del desempeño funcional de las instituciones articuladas a la GIRH y el proceso de la gobernanza. A nivel de cuenca se identifican los siguientes problemas principales:

- Instituciones y organizaciones existentes desimplementadas y desarticuladas para la GIR para la partes media y baja e insuficientes en la parte alta de la cuenca.
- Autoridad rectora de los recursos hídricos con restricciones para ejercer sus funciones.

Cultura del Agua

Como resultado del diagnóstico se identificó los siguientes problemas principales:

- Inadecuadas prácticas e indiferencia de la población sobre cultura del valor del agua.
- Dificultad de empoderarse socialmente una nueva cultura del agua.

Actualmente buena parte de la población y usuarios del agua de la cuenca de Chira-Piura no son conscientes del problema hídrico regional en especial de las zonas alejadas de su entorno—desconocen qué es y que supone la GIRH, e ignoran el contenido y alcance de la legislación vigente al respecto, las nuevas normas chocan con prácticas y costumbres muy arraigadas —por lo general, asociadas a una escasa valoración del agua por parte de los actores involucrados— y se produce cierta resistencia al cambio, siendo necesario reconducir actitudes erróneas. No obstante, cuando la población

toma consciencia de la cultura del agua y de las ventajas que a medio y largo plazo conlleva, en general se da paso al interés y a la implicación.

Financiamiento de la Gestión del Agua

Como resultado del diagnóstico se identificó como problema principal que existen insuficientes recursos económicos para financiar gestión de los recursos hídricos.

Uso agrario

Para realizar el estudio tarifario del uso agrario, el primer paso es analizar el precio total y valorar cual es el peso de cada concepto en el precio final del agua. El precio final del agua para uso agrario se ha calculado sumando las retribuciones para uso de agua agrario y las tarifas de utilización de infraestructura mayor y menor para cada Junta de Usuarios, Comisiones de Usuarios o sistema de riego. Valoración de los costos de uso agrario

Como resumen de los montos recuperados por los diferentes conceptos retributivos y tarifarios, el siguiente cuadro muestra el resultado de los años 2009, 2010 y 2011 para todas las ALAs de la zona de estudio.

a) Potencialidad en la Institucionalidad

- La existencia de organizaciones como el CRHC, ANA, ALAs y de ONGs representa una gran potencialidad por sus recursos humanos y financieros para hacer frente a futuras propuestas de programas multisectoriales.
- La presencia de educación universitaria y no universitaria potencia el aporte de investigación y de transferencia tecnología en el ámbito de la cuenca.
- La existencia de proyecto regionales y planes de desarrollo concertado contribuyen a brindar soluciones a los problemas identificados.

agrupados a un mismo nivel de abstracción. El SoilTaxonomy establece seis niveles o categorías, en orden decreciente y de acuerdo al incremento de sus diferencias, en orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. Para el presente estudio compilatorio, se ha considerado como unidad taxonómica de clasificación al sub-grupo de suelos.

Clasificación y Descripción de las Unidades Cartográficas

En este acápite se identifica y describe las unidades cartográficas delimitadas en el mapa de suelos, así como las unidades taxonómicas que la conforman. Se ha identificado a nivel de subgrupo, se incluye la superficie que ocupa y su porcentaje respecto al área total del estudio, su distribución espacial, las características del (los) suelo(s) dominante(s) y las inclusiones que puedan presentarse.

TIPO DE SUELO	NATURALEZA - CARACTERÍSTICAS PARA LA AGRICULTURA
Entisol	El tipo más común con afloramiento de rocas que tiene bajo potencial agrícola. Se encuentra en grandes áreas con erosión avanzada
Alfisoles	Suelos minerales con horizonte de iluminación de arcillas y saturación relativamente alta en profundidad, con humedad suficiente para que puedan desarrollarse cultivos.

Los nutrientes se quedan "pegados" a la arcilla. Por esta razón se recomienda no repartir el abonado porque se perderá mucho menos fertilizantes que si fuera uno arenoso, en que tienes que repartirlo en más veces. Pero los nitratos se lavan en ambos tipos de suelos: arenosos y arcillosos.

Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor

Generalidades

Es la aptitud que tiene la tierra para producir constantemente bajo tratamientos continuos y usos específicos sin peligro de su deterioro.

El sistema de clasificación según su capacidad de uso mayor, es un ordenamiento sistemático, práctico e interpretativo de los diferentes grupos de suelos con el fin de mostrar sus usos, problemas o limitaciones, necesidades y prácticas de manejo adecuadas. Esta clasificación proporciona un sistema comprensible, claro y de gran valor y utilidad en el programa de los planes de desarrollo agrícola. Se basa en las normas impartidas por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica.

La capacidad de uso mayor se basa en las limitaciones permanentes de terreno, el cual requiere continuas prácticas para superar los riesgos después que ha sido acondicionada para el uso.

El criterio básico que rige esta clasificación está determinado, fundamentalmente por la naturaleza y grado de las limitaciones que imponen el uso del suelo; de acuerdo con las variaciones de características físicas.

Los factores que fijan estas limitaciones son:

- Riesgo por erosión.
- Condición del suelo.
- Condición de drenaje o humedad.
- Condición de salinidad
- Condiciones climáticas.

Como se indicó anteriormente, los principios de clasificación concuerdan en la mayoría con los indicados en el Manual de Clasificación de Tierras del

USDA (Conservación de suelos), pero adaptándolos a nuestro medio. Estos principios son:

- La clasificación se basa en factores limitantes permanentes (pendiente, profundidad efectiva del suelo, grupos texturales y clima), y otros transitorios (erosión, inundabilidad y drenaje).
- La tierra se clasifica de acuerdo al uso más intensivo que puede practicarse sin riesgos de erosión (por las limitaciones en el uso agrícola o pecuario).
- Cualquier terreno que pueda tratarse y protegerse mediante medidas apropiadas de conservación para fines agropecuarios, deben considerarse como tierras aprovechables.
- El tratamiento de conservación de suelos es imperativo y constituye un pre-requisito cuando las tierras se someten a cualquier grado de labranza o cultivo.
- La clasificación que se presenta es de carácter general y práctico por lo que su utilización está al alcance del personal no especializado.
- Para clasificar las tierras de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor; se describen los factores a considerar, y las clases y sub-clases de capacidad de uso, así como los criterios de clasificación.

Categorías del Sistema de clasificación

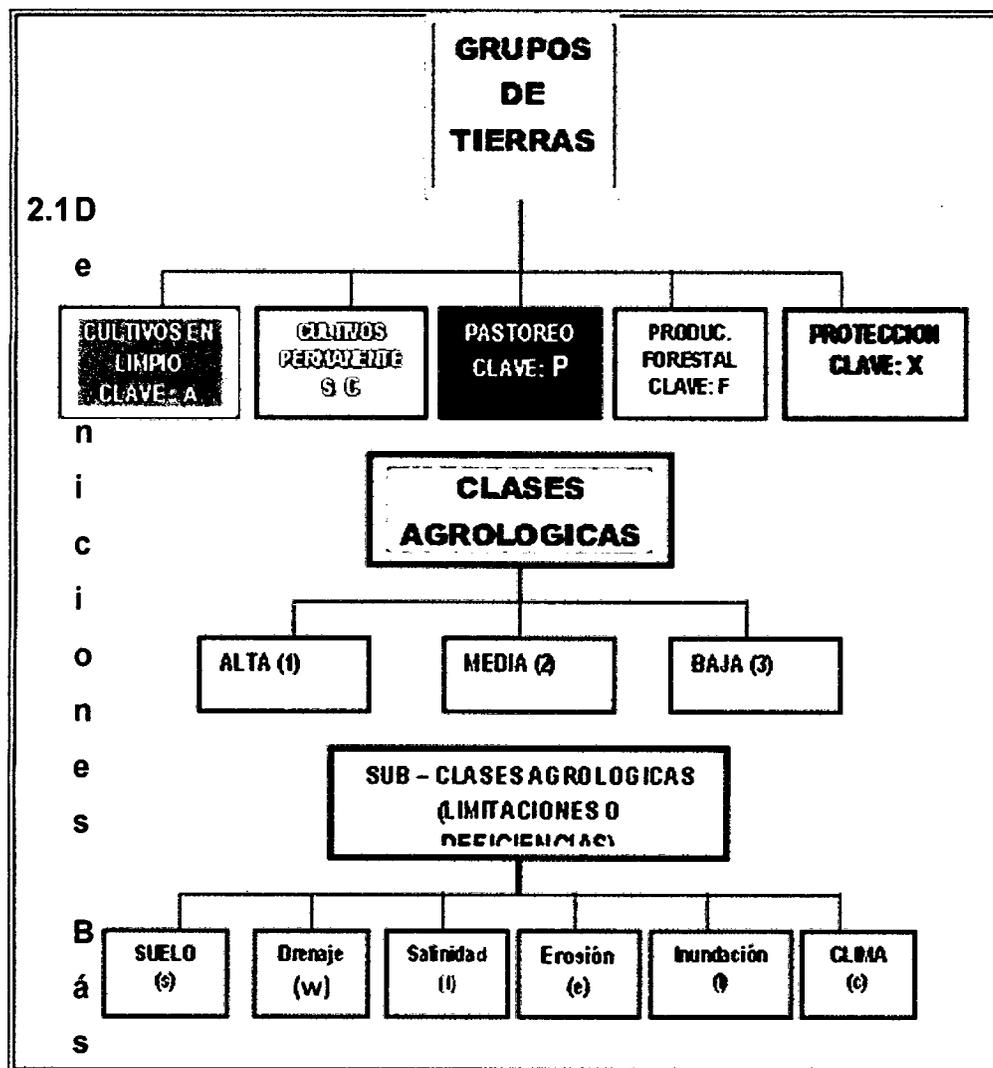
1RA. Categoría: Grupos de Capacidad de uso Mayor.

2DA. Categoría: Clases de Capacidad de uso Mayor.

3RA. Categoría: Subclases de Capacidad de uso Mayor.

La primera categoría: Grupos de Capacidad de Uso Mayor (05) obedecen y están definidos de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú. En cambio, las Clases y Sub-Clases de capacidad conforman la ampliación, es decir la subdivisión al referido Reglamento, para agrupar suelos de diferentes grados de potencialidad dentro de cada grupo de Capacidad de Uso Mayor.

ESQUEMA CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO MAYOR



A continuación se definen los grupos, clase y sub-clases agrológicas, para la clasificación de tierras por su Capacidad de Uso Mayor:

5.0 Grupo de Tierras

Aptas Para El Cultivo En Limpio (A)

En la Microcuenca del río Huanta el área para cultivos en limpio es de 5.94 Ha que representa un 7.4 % que reúnen condiciones ecológicas que

permiten la renovación periódica y continua del suelo para el sembrío de plantas herbáceas o semiarbusivas de corto período vegetativo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras, por su alta calidad agrologica, podrán dedicarse a otros fines (Cultivo Permanente, Pastoreo, Producción Forestal y Protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo en limpio o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Aptas Para Cultivo Permanente (C)

En la Microcuenca del rio Huanta al área para cultivos permanentes es de 46.49 Ha que representa un 7.4 % que reúnen condiciones ecológicas que permiten la implantación de cultivos perennes, sean herbáceas, arbustivos o arbóreos, así como forrajes, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a otros fines (Pastoreo, Producción Forestal y Protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo permanente o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Aptas Para Pastoreo (P)

En la Microcuenca del rio Huanta al área para pastoreo es de 23.48 Ha que representa un 29.3 % .Son las que no reúnen las condiciones mínimas requeridas para el cultivo en limpio o permanente, pero que permiten su uso continuado o temporal para el pastoreo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse para otros fines (Producción Forestal o Protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de pastoreo o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Aptas Para Producción Forestal (F)

En la Microcuenca del río Huanta se tiene 3.21 Ha de área para la producción forestal este suelo No reúnen las condiciones ecológicas requeridas para su cultivo o pastoreo, pero permiten su uso para la producción de maderas y otros productos forestales, siempre que sean manejadas en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del recurso ni alterar el régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a protección cuando el interés social y económico del Estado lo requiera.

De Protección (X)

En la Microcuenca del río Huanta se tiene 1.12 Ha de área para tierras de protección se incluyen dentro de este grupo: picos, nevados, pantanos, playas, cauces de ríos y otras tierra, que aunque presenten vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, su uso no es económico y deben ser manejadas con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio o de interés social.

Clases De Tierras

Calidad Agrologica de Tierras Aptas para Cultivo Permanente (C)

Comprende las siguientes clases; C1, C2 y C3. Las limitaciones de uso se incrementan progresivamente de la clase C1 a la C3. Bajo apropiadas prácticas de manejo son tierras capaces de producir rendimientos económicos continuados de frutales o especies industriales adaptables o nativas, de pastos o forestales.

Calidad Agrologica de Tierras Aptas para Pastoreo (P)

Clasificación De Las Tierras Por Su Capacidad De Uso Mayor En El Ámbito De Estudio

El ámbito de estudio abarca un área total de 80.24 hectáreas brutas aproximadamente, dentro del cual se realiza el estudio de acuerdo a las características edafológicas y topográficas del suelo clasificándolas por su Capacidad de Uso Mayor; que a continuación se detallan.

Grupo de Tierras Aptas Para Cultivo en Limpio de calidad agrologica media (A2)

Estas tierras comprenden una superficie de total 237.83 has, que representa a 5.32% del área total evaluada.

Este grupo de tierras son las más productivas del ámbito de estudio. Su explotación merece de simples a especiales prácticas de manejo, que les permiten gran aptitud de labranza y el desarrollo de una agricultura mecanizada. Estas tierras presentan pendientes que van desde corta, suaves o ligeramente inclinadas. Poseen buen drenaje, suelos profundos, con limitación de erosión; que permiten todo tipo de cultivos como la papa, maíz, haba, arveja, cebada, hortalizas, etc. Se recomienda prácticas de conservación de suelos ya que son propensos a erosiones, e incorporación enmiendas orgánicas.

Grupo de Tierras Aptas Para Cultivo en Limpio de calidad agrologica baja (A3)

Estas tierras comprenden una superficie de total 5.94 has, que representa a 5.93% del área total evaluada. Este grupo de tierras son de calidad agrologica baja. Su explotación merece de prácticas de manejo, que les permitan aptitud de labranza y el desarrollo de una agricultura mecanizada. Estas tierras presentan limitaciones de suelo, erosión y clima con necesidad de riego. Poseen buen drenaje, suelos profundos, que permiten cuadro de cultivos como la papa, maíz, habas, haba, arveja, cebada, hortalizas, etc. Se

recomienda prácticas de conservación de suelos ya que son propensos a erosiones, e incorporación enmiendas orgánicas

Grupo de Tierras Aptas Para Cultivo Permanente de calidad agrologica baja (C3)

Estas tierras comprenden una superficie de 57.9 has, que representa a 0.09% del área total evaluada. Las limitaciones de uso son por el suelo con necesidad de riego pero que con apropiadas prácticas de manejo son tierras capaces de producir rendimientos económicos continuados de frutales o especies industriales como el durazno, capulí entre otras adaptables o nativas, pastos, especies arbustivas y o forestales. Se recomienda prácticas de conservación de suelos ya que son propensos a erosiones.

Tierras Aptas Para el Pastoreo de calidad agrologica media (P2)

Estas tierras comprenden una superficie de 231.6 has, que representa el 5.18% del área total evaluada e incluye aquellas tierras que, por sus limitaciones edáficas o topográficas, no son aptas para cultivos intensivos ni permanentes, pero que representan condiciones aparentes para el cultivo de pastos naturales o mejorados, adaptados a las condiciones ecológicas del medio tales como el phalaris, avena forrajera, pastos asociados, etc. Se recomienda prácticas de conservación de suelos e ya que son propensos a erosiones.

Tierras Aptas Para el Pastoreo de calidad agrologica baja (P3)

Estas tierras comprenden una superficie de 29.3 has, que representa el 23.48% del área total evaluada e incluye aquellas tierras que, por sus limitaciones edáficas, topográficas y climáticas, no son aptas para cultivos intensivos ni permanentes, pero que representan condiciones aparentes para el cultivo de pastos naturales o mejorados, adaptados a las condiciones ecológicas del medio tales como el phalaris, avena forrajera, pastos asociados, etc. Se recomienda prácticas de conservación de suelos ya que son propensos a erosiones, sobre todo por el sobrepastoreo.

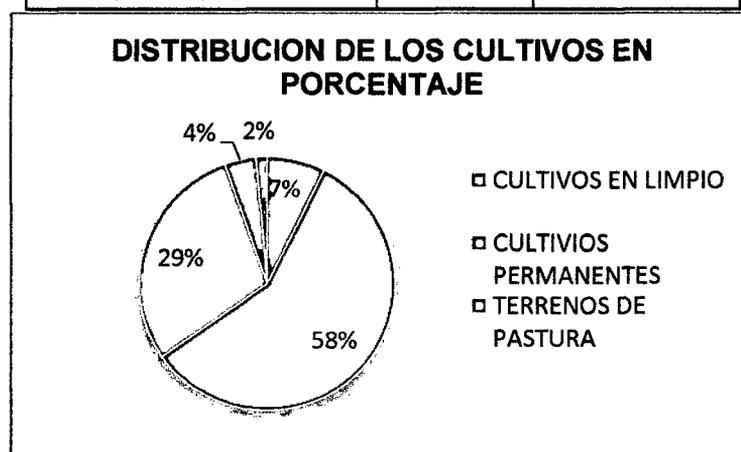
Tierras Aptas Para Producción Forestal (F)

Estas tierras comprenden de 3.21 ha, que representan el 4% del área total evaluada; incluye aquellas tierras que presentan fuertes limitaciones edáficas, topográficas climáticas y entre otras que las hacen inapropiadas para la actividad agropecuaria, quedando relegadas fundamentalmente para el aprovechamiento y producción del recurso forestales. Son suelos superficiales, con deficiencia de nitrógeno y fosforo. Se recomienda prácticas de conservación de suelos para evitar erosiones por precipitaciones.

Tierras de Protección (X)

Comprenden una superficie extensa de 1.12 ha, que representa el 1.4% del área total bruta evaluada. Agrupa a suelos que presentan severas limitaciones donde se puede observar afloramientos rocosos, vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, quebradas, escarpes, ríos, caminos de herradura, etc. que las hacen inapropiadas para el desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias y/o forestales, quedando relegadas como áreas de protección., pero que si se pueden manejar como cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio o de interés social.

DESCRIPCION	AREA (HA)	PORCENTAJE (%)
CULTIVOS EN LIMPIO	5.94	7.4
CULTIVOS PERMANENTES	46.49	57.9
TERRENOS DE PASTURA	23.48	29.3
PRODUCCION FORESTAL	3.21	4.0
TIERRAS DE PROTECCION	1.12	1.4



6.0 Algunas prácticas para el manejo y conservación de suelos

Para el ámbito de estudio se recomienda la aplicación de actividades de manejo y conservación de suelos como principios conservacionistas fundamentales como; "aumentar la cobertura vegetal e incrementar la materia orgánica en el suelo, mejorar la infiltración y la capacidad de retención de humedad y reducir la escorrentía, mejorar el estado estructural del suelo y por tanto, las condiciones de enraizamiento, mejorar la fertilidad del suelo y su productividad con la cual se obtendrá en líneas generales, resultados positivos en la sostenibilidad del proyecto; sobre todo en aquellos suelos de la clase II, III y IV ya que poseen limitaciones severas, susceptibles de corregir a un costo muy alto, pero son aptas para el riego debido a que pueden ser utilizados para cultivos específicos tales como pastos y forestales.

- Estas deficiencias necesitan prácticas de manejo de conservación de suelos tales como:
- Ejecución de surcas en contorno con mínima pendiente, hasta la construcción de bancos o terrazas.
- Construir sistemas de andenerías cortas con mínimas longitudes y muros de contención de piedras.
- Realizar prácticas de encalado en suelos que presenten problemas de acidez.
- Incorporación de materia orgánica de origen animal o vegetal.
- Dedicar a la producción de pastos permanentes.
- Asistencia técnica a los agricultores en relación al uso y manejo del agua de riego y del suelo.

- Además de aplicar un buen método de riego que acondicionen a las restricciones del suelo ya conocidas y relacionadas directamente a la intensidad y frecuencia de riego, sin restringir las reales demandas. Luego de haber realizado una evaluación de la realidad actual, se planifica un adecuado manejo y conservación del suelo de la cuenca.

Construcción de andenes

Los andenes son prácticas de conservación de suelos y aguas que practicaron nuestros antepasados en terrenos de ladera. Se plantea hacer trabajos de construcción de andenerías, de tal manera incrementar las áreas agrícolas y asegurar las cosechas de los cultivos tradicionales como papa, maíz, trigo y otras en las dos épocas del año.

Criterios para proceso constructivo

- Marcación de los puntos de corte, uno donde esta los pies, otro donde señala el brazo y otro punto intermedio que coincide más o menos con la cintura del cuerpo. Cada punto marcado indica el lugar donde se iniciara el corte. De esta manera los taludes de los andenes tendrá una altura de más o menos 1 metro.
- Trazado de las curvas de nivel, (nivel "A" o cholo), partiendo de los puntos marcados en cada uno de ellos se trazan las curvas a nivel.
- Excavación y remoción de tierra, una vez hecho los trazos, se excavara la tierra depositándola en la siguiente curva de nivel marcado más abajo.
- Nivelación y compactación de la terraza, al finalizar se tendrá una terraza nivelada, con taludes de una altura aproximada a 1 metro.
- Estabilización de paredes o taludes, con piedra o champa.



Apertura de zanjas de infiltración

Esta práctica es una de las más adecuadas para el manejo de pastizales de las praderas altoandinas, por la función de colectora de agua de lluvia. Las zanjas de infiltración también llamadas acequias de infiltración son canales, sin desnivel construidas en laderas en sentido transversal a la pendiente del terreno y siguiendo las curvas a nivel, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre evitando procesos erosivos del manto, permitiendo la infiltración del agua al suelo.

Ventajas y dificultades de su aplicación

- Es una práctica de fácil realización y que exige menor cantidad de mano de obra.
- Al interceptar el agua de escorrentía y facilitar su infiltración, esta práctica contribuye a la recarga de manantiales.
- En laderas muy degradadas gracias a las zanjas de infiltración se ha logrado regenerar la vegetación natural y recuperar dichas laderas.

- En terrenos de pastos o plantaciones permanentes, favorece el crecimiento rápido de las plantas por la disponibilidad de humedad.



Otras de las medidas agronómicas culturales recomendadas para mejorar la capacidad productiva de los suelos son algunas prácticas muy sencillas, económicas, viables y de fácil adopción por parte de los agricultores y que continuación se mencionan.

Aplicación de enmiendas orgánicas

Las enmiendas son sustancias que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas.

- Guano de isla

El Guano de las islas es un poderoso fertilizante orgánico, que tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo.

Biológicamente el Guano de las islas juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, tallos y hojas encerrando todos los elementos fertilizantes y asegurando la nutrición de las plantas, además de

poseer los elementos indispensables y menores descritos contiene un número diferente de bacterias nitrificantes y hongos que ayudan a la planta en la síntesis del nitrógeno.

El guano de las islas no deteriora los suelos, ni los convierte en tierra salitrosa, por el contrario es un mejorador ideal y lo más importante es un abono natural no contaminante, más económico y mucho mejor que los abonos sintéticos que sí necesitan mezclarse con otras materias orgánicas que debilitan las tierras irremediablemente.

Propiedades

- Abono natural no contaminante
- Biodegradable
- Incrementa la actividad microbiana del suelo.
- Soluble en agua, de fácil asimilación por las plantas.
- No requiere agregados.
- No deteriora los suelos ni los convierte en tierras salitrosas.
- Es ecológico.

Dosis de aplicación

Para cultivos como la papa, haba, maíz, cebada, trigo la dosis de aplicación es de 1 a 2 toneladas métricas por hectárea; mientras que para árboles forestales y frutales es de 1 ó 2 kg, por planta, alrededor de la copa, en caso de árboles frutales inmediatamente después de la cosecha de la fruta y antes del crecimiento de los brotes.

Surcos y fajas en contorno

Son práctica recomendadas sobre todo para aquellas zonas de pendientes largas, la cual permitirá controlar la erosión del suelo; se realizará las labores

y operaciones culturales de una parcela agrícola "en contorno", a curvas a nivel con el uso del nivel "A" (nivel cholo). Los cultivos en contorno se siembran transversalmente a la pendiente máxima del terreno. Incluso la labranza se hace transversalmente a la pendiente del terreno. Los cultivos en contorno son de dos clases: surcos en contorno y fajas en contorno, en este caso se realizarán, surcos en contorno que es recomendado sólo para áreas limitadas, Cada curva a nivel consiste en una línea de puntos que están en la misma elevación. Estas curvas servirán como guía para las otras labores de labranza de la tierra y siembra de cultivos.

Cercos de protección

Los cercos de protección o cercos perimétricos son de necesidad prioritaria, pues protege a los cultivos del ingreso de animales que se pueden presentar. Los tipos de cercos pueden ser de acuerdo a la zona o lugar y la disponibilidad de materiales:

- Postes y alambre de púas
- Cercos vivos de Ceticio o especies espinosas como el agave.
- Muros de piedra y champa, adobe, tapial.
- Postes, Alambres de púas y componente forestal.