

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO

ABAB DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA
DE CHINCHERO, CUSCO”**

TESIS PRESENTADA POR:

BR. EDSON ARQUE NUÑEZ

BR. ROGER JAIME HUAMAN HUAYLLANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR ACADÉMICO: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

CUSCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Al Padre Celestial, gracias Padre por esta oportunidad, por haberme dado; sabiduría, inteligencia, salud y sobre todo tu amor incondicional para lograr este gran pasó en mi desarrollo profesional.

A mi madre Rosario Huayllani Jancco, que siempre me motivo y apoyo en todo momento. A mi hermano Flavio Huamán Huayllani, que siempre me animo a seguir creciendo profesionalmente. Gracias por sus apoyos incondicionales.

Roger Jaime Huamán Huayllani.

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mi madre Ernestina Nuñez Ccaira, Padre Porfirio Arque Bellido, que formando en la vida académica con buenos principios y valores y saber superar cada obstáculo que presentaba.

A mi hermana Sonia Arque Nuñez y Mi hermano Werne Holman Arque Nuñez que siempre ha estado junto a mí y brindándome su incondicional, a lo largo de mi vida universitaria.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos en transcurso de mi formación académica.

Edson Arque Nuñez

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra mayor gratitud a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda nuestra vida.

A nuestros Padres, que con sus demostraciones ejemplares nos ha enseñado a no desfallecer ni rendirnos ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A los señores docentes de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por compartir conocimientos y experiencias durante la trayectoria de nuestra formación profesional.

Al Dr. Juan Carlos Ascue Cuba, que con sus observaciones, facilidades y dedicación; permitió la culminación del presente Tesis.

Al Ing. Edison Santiago Mattos Ojeda, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización del estudio.

Al Mgt. Eddie Edgard Mercado Tejada, por sus observaciones, opiniones y sugerencias fue posible la culminación del estudio.

Al Ing. Nicolás Macedo Guzmán, por sus observaciones, dedicación y sus correcciones; fue posible la culminación del estudio.

Gracias a todos los amigos que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto de Tesis.

PRESENTACIÓN

La presente Tesis se centra en el estudio hidrogeológico de la microcuenca de Chinchero, con fines de conocer las características hidrogeológicas y balance hídrico. Decidimos realizar el estudio por falta de estudios específicos de la hidrogeología, también porque que en la zona de estudio no se conoce los acuíferos con interés hidrogeológico; la población de Chinchero en estos últimos años está teniendo un crecimiento lo cual obliga buscar fuentes hídricas. Es importante aprovechar los recursos naturales que tenemos en nuestra región, el agua es un elemento vital para la vida, como para el resto de animales y seres vivos que nos acompañan en el planeta Tierra; la escasez de este elemento obliga a buscar fuentes hídricas para satisfacer las necesidades.

Con el fin de conseguir los objetivos, el presente trabajo se ha estructurado en ocho capítulos además de los apéndices. En el capítulo I se desarrolla la metodología del estudio para alcanzar los objetivos planteados. En el capítulo II se presenta los aspectos generales de la microcuenca, como su ubicación y clima. En el capítulo III se desarrolla la geomorfología regional, local y parámetros geomorfológicos y parámetros hidromorfométricos. En el capítulo de geología se desarrolla la estratigrafía y geología estructural. En el capítulo de Hidrología se desarrolla los parámetros hidrometeorológicos y parámetros hidrológicos, para conocer el comportamiento de las aguas superficiales y su oferta. En el capítulo VII de Hidrogeología, se presenta los recursos hídricos subterráneos, pruebas de infiltración, clasificación de unidades geohídricas, y el diagnóstico de acuífero de mermepampa. Y finalmente en el capítulo VIII se hace un análisis de la oferta hídrica versus la demanda. También se presenta 19 mapas temáticos, los cuales fueron de ayuda para llegar a la conclusión. También se realizó un perfil geológico, dos perfiles geofísicos y un modelo hidrogeológico conceptual.

RESUMEN

En la presente Tesis el tema desarrollado es el “Estudio Hidrogeológico de la Microcuenca de Chinchero”, ubicado en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba y departamento de Cusco; hidrográficamente constituye la cabecera de la microcuenca de Huaypo-Chinchero, que pertenece a la cuenca Vilcanota, enmarcada en una superficie de 1,952.75 Ha. Estudio desarrollado es con el fin de conocer las características hidrogeológicas y realizar el balance hídrico.

Como parte del desarrollo del estudio se determinó, las variables hidrometeorológicas como: la precipitación (793.10 mm/año), temperatura (9.07 °C), evaporación (1370.1 mm/año), horas sol (2662.8 hora/año), la evapotranspiración potencial (1259 mm/año) y evapotranspiración real (460.47 mm/año). La oferta hídrica superficial está distribuido en un riachuelo y 24 lagunetas; y la oferta hídrica subterránea se presenta en 45 manantes que ofertan un caudal total de 10.92 l/seg, y en el acuífero poroso de mermepampa en un volumen neto saturado de 25, 871,192 m³. Según la permeabilidad de los materiales se identificó las unidades geohidricas como: acuífero poroso (22.0 %), acuífero limo-arcillosa (2.8 %), acuífero poroso palustre (4.4 %), acuífero limo-gravoso (5.4 %), acuífero kárstico (4.2 %), acuitardo fisurado (0.3 %), y acuitardo lutítico (56.3 %); de los cuales el acuífero poroso es de interés hidrogeológico, presenta una transmisividad baja (20.09 m²/día) y una permeabilidad (1.03 m/día). De la evaluación hidroquímica, la microcuenca presenta tres tipos de agua: cálcica-magnésica-bicarbonatada-sulfatada, cálcico-magnésica-bicarbonatadas y cálcicas bicarbonatadas con alta dureza. La demanda de agua para consumo humano es 245,944.3 m³/año y la demanda de agua para uso agrícola es de 248.1 l/seg.

El estudio determinó que la microcuenca presenta un acuífero de interés (acuífero poroso) y existe un déficit de agua para consumo humano.

ABSTRACT

In this research, the theme developed is the "Hydrogeological Study of the Chinchero Micro-basin", located in Chinchero district, province of Urubamba – Cusco. Hydrographically the head of the Huaypo-Chinchero micro-basin, which belongs to the Vilcanota basin is framed in an area of 1,952.75 Ha. The goal of this study is to give insights about the hydrogeological characteristics and perform its water balance.

The hydrometeorological variables were determined as the precipitation (793.10 mm / year), temperature (9.07 °C), evaporation (1370.1 mm / year), sun-hours (2662.8 hour / year), the potential evapotranspiration (1259 mm / year) and real evapotranspiration (460.47 mm / year). Furthermore, the surface water supply is distributed in a stream and 24 lagoons, and the groundwater supply includes 45 springs which offer a total hydraulic flow of 10.92 l / sec. Likewise, the porous aquifer in Mermepampa offer a total saturated net volume of 25, 871,192 m³. According to the permeability of the materials, the geohydrological units were determined as Porous aquifer (22.0%), silty-clayish aquifer (2.8%), porous marsh aquifer (4.4%), silty-gravel aquifer (5.4%), karstic aquifer (4.2%), fissured aquitard (0.3%), and lutitic aquitard (56.3%). Besides, the porous aquifer is of hydrogeological interest presenting a low transmissivity and permeability with 20.09 m² / day and 1.03 m / day, respectively. Regarding the hydrochemical evaluation, this microbasin presents three types of water, calcium-magnesium-bicarbonate-sulfated, calcium-magnesium-bicarbonated and calcium bicarbonated with high hardness. Finally, the water demand for human consumption is estimated as 245,944.3 m³/year and for agricultural purpose is 248.1 l/sec.

The study determined that the micro basin presents an aquifer of interest (porous aquifer) and there is a deficit of water for human consumption.

ÍNDICE

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
PRESENTACIÓN
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.2.1. Pregunta General	1
1.1.2.2. Preguntas específicos.....	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. HIPÓTESIS	2
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	2
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	3
1.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5.1. VARIABLES DEPENDIENTES	3
1.5.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	3
1.6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	4
1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	4
1.6.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	4
1.6.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6.3.1. Gabinete I (pre campo)	4
1.6.3.2. Campo.....	5
1.6.3.3. Gabinete II (post campo)	5
1.6.4. UNIDAD DE ANÁLISIS	6
1.6.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, E INFORMACIÓN	6
1.6.5.1. Técnicas	6

1.6.5.2. Instrumentos y materiales	7
1.6.5.3. Laboratorio.....	7

CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES

2.1. UBICACIÓN	8
2.1.1. POLÍTICA	8
2.1.2. GEOGRÁFICA	8
2.1.3. HIDROGRÁFICA.....	8
2.2. ACCESIBILIDAD	10
2.3. INFORMACIÓN BÁSICA	10
2.3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	10
2.3.2. DATOS METEOROLÓGICOS HISTÓRICOS	10
2.3.3. CARTOGRAFÍA	11
2.4. ANTECEDENTES.....	11
2.5. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	12

CAPÍTULO III: GEOMORFOLOGÍA

3.1. GENERALIDADES.....	15
3.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	15
3.2.1. ALTIPLANO	15
3.2.2. ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL	15
3.2.3. CORDILLERA ORIENTAL	17
3.3. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA	17
3.3.1. ANÁLISIS DE PENDIENTES	17
3.4. FISIOGRAFÍA.....	21
3.5. GEOMORFOLOGÍA LOCAL	23
3.5.1. LLANURAS	23
3.5.1.1. Llanura Lacustre.....	23
3.5.2. COLINAS BAJAS	24
3.5.2.1. Colinas de Rocas Sedimentarias	24
3.5.3. MESETAS	24
3.5.3.1. Mesetas Kársticas.....	24
3.5.3.2. Mesetas de Rocas Sedimentarias	24

3.5.4. MONTAÑAS BAJAS	24
3.5.4.1. Laderas de Montañas Bajas de Rocas Sedimentarias.....	24
3.6. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA	27
3.6.1. GENERALIDADES.....	27
3.6.2. SUBDIVISIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA	27
3.6.3. ELEMENTOS DE DELIMITACIÓN	27
3.6.3.1. Área de la Microcuenca (Ac).....	28
3.6.4. ELEMENTOS DE DISTANCIA	28
3.6.4.1. Perímetro.....	28
3.6.4.2. Longitud Axial	28
3.6.4.3. Ancho Promedio.....	28
3.6.5. ELEMENTOS DE FORMA	28
3.6.5.1. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius.	28
3.6.5.2. Factor de Forma de Horton.....	29
3.6.6. ELEMENTOS DE RELIEVE.....	30
3.6.6.1. Altitud Media de la Microcuenca.....	30
3.6.6.2. Curva Hipsométrica.....	31
3.6.6.1. Mediana de la Altitud	32
3.6.6.2. Polígono de Frecuencia de Altitudes.....	32
3.6.7. DECLIVIDAD DE ALVEOS	32
3.6.7.1. Pendiente media del río (Ir)	32
3.6.8. DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS	33
3.6.8.1. Pendiente media de la cuenca	33
3.6.9. RESUMEN DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	34
3.7. PARÁMETROS HIDROMORFOMÉTRICOS	36
3.7.1. FORMA DE DRENAJE	36
3.7.2. GRADO DE RAMIFICACIÓN	36
3.7.3. NÚMERO DE ORDEN DEL CAUCE PRINCIPAL.....	36
3.7.4. DENSIDAD DE DRENAJE	38
3.7.5. ORIENTACIÓN DE LA MICROCUENCA.....	38

CAPITULO IV: GEOLOGÍA

4.1. INTRODUCCIÓN	39
4.2. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	39
4.2.1. FORMACIÓN HUANCANE (Cretáceo Inferior)	39

4.2.2. GRUPO YUNCAYPATA	39
4.2.2.1. Formación Maras (Cretáceo Inferior-Superior)	39
4.2.2.2. Formación Ayabacas (Cretáceo Superior).....	40
4.2.3. FORMACIÓN VILQUECHICO (Cretáceo Superior)	40
4.2.4. FORMACIÓN QUILQUE (Paleoceno Inferior).....	41
4.2.5. FORMACIÓN CHILCA (Paleoceno Superior)	41
4.2.6. GRUPO SAN JERÓNIMO.....	41
4.2.6.1. Formación Kayra (Eoceno Inferior)	41
4.2.6.2. Formación Soncco (Eoceno superior - Oligoceno Inferior)	42
4.2.7. FORMACIÓN CHINCHERO (Plioceno)	42
4.2.8. FORMACIÓN RUMICOLCA (Pleistoceno)	42
4.2.9. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (Pleistoceno).....	43
4.3. ESTRATIGRAFÍA LOCAL.....	43
4.3.1. GRUPO YUNCAYPATA	43
4.3.1.1. Formación Maras (Ki-ma)	43
4.3.1.2. Formación Ayabacas (Ki-ay)	44
4.3.2. FORMACIÓN VILQUECHICO (Ks-vi)	45
4.3.3. FORMACIÓN CHINCHERO (Np-cc)	46
4.3.4. DEPÓSITOS CUATERNARIOS	46
4.3.4.1. Depósitos Lacustres (Q-la)	46
4.3.4.2. Depósitos Palustres (Q-pal)	47
4.3.4.3. Depósitos aluviales (Q-al)	48
4.3.4.4. Depósitos Coluviales (Q-co).....	48
4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	50
4.4.1. SISTEMA DE FALLAS	50
4.4.1.1. Falla Tambomachay	50
4.4.1.2. Falla Piuray	50
4.4.1.3. Falla Inferido.....	50
4.4.2. FRACTURAS Y DIACLASAS	51

CAPITULO V: HIDROMETEOROLOGÍA

5.1. PLUVIOMETRÍA.....	54
5.1.1. GENERALIDADES	54
5.1.2. RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS	54
5.1.3. PRECIPITACIÓN.....	55
5.1.3.1. Metodología de análisis y tratamiento de la información de la precipitación.	55
5.1.3.2. Análisis de consistencia de datos	56

5.1.3.3. Estimación de Datos Faltantes	59
5.2. PARAMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS DE LA MICROCUENCA.....	61
5.2.1. PRECIPITACIÓN DE LA MICROCUENCA	61
5.2.2. TEMPERATURA	66
5.2.3. HUMEDAD RELATIVA	68
5.2.4. EVAPORACIÓN	69
5.2.5. HORAS SOL.....	69
5.2.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.....	70
5.2.7. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL	73

CAPÍTULO VI: PARAMETROS HIDROLÓGICOS

6.1. GENERALIDADES.....	75
6.2. OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA.....	75
6.2.1. RIACHUELOS	77
6.2.2. LAGUNETAS	79
6.2.2.1. Oferta hídrica de lagunetas	81
6.2.2.2. Balance hídrico de las lagunetas	82
6.2.3. VASOS DE ALMACENAMIENTO	90
6.2.3.1. Balance hídrico de los vasos de almacenamiento	90
6.3. OFERTA HIDROLÓGICA GENERADA.....	93
6.3.1. GENERALIDADES.....	93
6.3.2. MODELO HIDROLÓGICO DE LUTZ SCHOLZ.....	93
6.3.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO PARA LA MICROCUENCA	94
6.3.3.1. Precipitación de la microcuenca.....	94
6.3.3.2. Precipitación efectiva.....	94
6.3.3.3. Retención en la microcuenca.....	95
6.3.3.4. Caudal o escorrentía superficial mensual para la Microcuenca Chinchero	96
6.3.3.5. Caudales generados para periodos extendidos.....	98
6.4. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA.....	102

CAPÍTULO VII: HIDROGEOLOGÍA

7.1. GENERALIDADES.....	104
7.2. RECURSOS HÍDRICOS.....	104
7.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS PARA INVENTARIO DE MANANTES ..	104
7.2.2. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA	104

7.2.2.1. Aforo de fuentes de agua	105
7.2.2.2. Manantes inventariados en la microcuenca	105
7.2.3. CLASIFICACIÓN DE DESCARGA DE LOS MANANTES	109
7.2.4. ORIGEN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	109
7.3. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN	109
7.3.1. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN EN SUELOS	110
7.3.2. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN EN ROCAS.....	111
7.4. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.	114
7.4.1. ACUIFEROS	115
7.4.1.1. Acuífero Diatomítico (suelo)	115
7.4.1.2. Acuífero Limo-Arcillosa (suelo).....	116
7.4.1.3. Acuífero Poroso Palustre (suelo)	116
7.4.1.4. Acuífero Limo-gravoso (suelo).....	116
7.4.1.5. Acuífero Kárstico (Roca).....	116
7.4.2. ACUITARDOS	117
7.4.2.1. Acuitardo Lutítico (Roca).....	117
7.4.2.2. Acuitardo Fisurado (Roca).....	117
7.5. RECARGA DEL ACUÍFERO.....	119
7.5.1. CÁLCULO DE RECARGA POTENCIAL AL ACUÍFERO (RP)	119
7.5.2. CÁLCULO DE INFILTRACIÓN PLUVIAL MENSUAL (Pi)	119
7.5.2.1. Coeficientes de infiltración (Ci).....	120
7.5.2.2. Fracción de lluvia interceptada por el follaje (Ret).....	122
7.5.3. METODOLOGÍA DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO.	124
7.5.3.1. Humedad inicial del suelo (Hsi).....	125
7.5.3.2. Coeficientes de humedad del suelo (C1 y C2).....	125
7.5.3.3. Humedad disponible (HD).....	127
7.5.3.4. Evapotranspiración real de las raíces del subsuelo (ETR)	127
7.5.3.5. Humedad del suelo final (HSf)	128
7.6. ACUIFERO DE MERMEPAMPA	134
7.6.1. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DEL ACUIFERO	134
7.6.1.1. Interpretación de la curvas geeléctricas	136
7.6.1.2. Estimación de volumen neto Saturado del acuífero de Mermepampa	139
7.6.2. TRANSMISIVIDAD.....	141
7.6.3. GRADIENTE HIDRÁULICA	142
7.6.4. VELOCIDAD REAL (VE).....	143

7.7. CURVAS ISOPOTENCIALES	144
7.8. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	147
7.9. HIDROQUIMICA.....	149
7.9.1. CLASIFICACION DE LAS AGUA POR IONES DOMINANTES	152
7.9.2. PARAMETRO FISICOS QUIMICOS	153
7.9.2.1. Conductividad eléctrica (C.E.).....	153
7.9.2.2. Dureza de las fuentes evaluadas.....	153
7.9.3. RELACIONES ENTRE COMPONENTES QUIMICOS ELEMENTALES	156
7.9.3.1. Diagrama de PIPER – HILL.....	156
7.9.3.2. Diagrama radial de los componentes químicos.....	157
 CAPÍTULO VIII: BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA	
8.1. GENRALIDADES	160
8.2. DEMANDA DE AGUA.....	160
8.2.1. DEMANDA PERCÁPITA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	160
8.2.2. ACTIVIDAD AGRICOLA.....	163
8.2.2.1. Cédula de cultivos e intensidad de uso de suelo	163
8.2.3. DEMANDA HÍDRICA FUTURA.....	166
8.3. DISPONIBILIDAD DE RECURSO HIDRÍCO	167
8.3.1. OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL	167
8.3.1.1. Ríos.....	167
8.3.1.2. Lagunetas	168
8.3.2. OFERTA DE AGUA SUBTERRANEO.....	169
8.4. BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA	170
CONCLUSIONES	172
RECOMENDACIONES	174
BIBLIOGRAFÍA	175
ANEXOS	177

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.	Ubicación Geográfica de la Microcuenca.	8
Cuadro N° 2.	Formula climática Generada para el ámbito de estudio por el método de THORNHWAITE.	13
Cuadro N° 3.	Distribución de pendientes en la microcuenca de Chinchero.	18
Cuadro N° 4.	Distribución de unidades fisiográficas en la microcuenca de Chinchero.	21
Cuadro N° 5.	Distribución de unidades geomorfológicas en la microcuenca de Chinchero.	23
Cuadro N° 6.	Datos para el Cálculo de elemento de relieve.	30
Cuadro N° 7.	Resumen de Parámetros Geomorfológicos.	34
Cuadro N° 8.	Valoración morfométrica resumen de la microcuenca Chinchero.	35
Cuadro N° 9.	Orden de drenajes.	36
Cuadro N° 10.	Distribución de Unidades Geológicas en la Microcuenca.	49
Cuadro N° 11.	Ubicación de estaciones meteorológicas empleadas en el estudio.	55
Cuadro N° 12.	Análisis de doble masa de las precipitaciones anuales (mm).	58
Cuadro N° 13.	Datos de precipitación Mensual Estación Índice Kayra.	60
Cuadro N° 14.	Datos de precipitación Mensual Completados Estación Corpac.	60
Cuadro N° 15.	Datos de precipitación Mensual Completados Estación Pisac.	60
Cuadro N° 16.	Datos de precipitación Mensual Completados Estación Ancachuro.	60
Cuadro N° 17.	Datos de precipitación Mensual Completados Estación Yauri.	60
Cuadro N° 18.	Ubicación de estaciones meteorológicas empleadas en el estudio.	61
Cuadro N° 19.	Regionalización anual de precipitación por regresión lineal.	63
Cuadro N° 20.	Registro de precipitación media mensual regionalizada para la altitud media de la Microcuenca Chinchero (mm).	64
Cuadro N° 21.	Registro de Temperatura media mensual regionalizada para la altitud media de la Microcuenca Chinchero (mm).	66
Cuadro N° 22.	Temperatura media mensual regionalizada.	67
Cuadro N° 23.	Regionalización de la humedad relativa.	68
Cuadro N° 24.	Regionalización de la evaporación media mensual y anual – altitud.	69
Cuadro N° 25.	Regionalización de Horas Sol.	70
Cuadro N° 26.	Evapotranspiración potencial según Blaney & Criddle.	71
Cuadro N° 27.	ETP método de Hargreaves III modificado.	72

Cuadro N° 28.	Evapotranspiración potencial promedio para la Microcuenca.	73
Cuadro N° 29.	Evapotranspiración Real anual estimado para la Microcuenca Chinchero.	74
Cuadro N° 30.	Unidades de fuentes de agua superficial	76
Cuadro N° 31.	Inventario de aforos en riachuelos dentro de la MC. Chinchero.	78
Cuadro N° 32.	Relación de ubicación de las Lagunetas en la microcuenca.	81
Cuadro N° 33.	Volúmenes de las Lagunetas en la microcuenca.	82
Cuadro N° 34.	Evaporación media, real y neta para las lagunetas de la microcuenca.	85
Cuadro N° 35.	Balance hídrico de las Lagunetas de la Microcuenca Chinchero.	86
Cuadro N° 36.	Balance hídrico Mensual de las Lagunetas de Microcuenca Chinchero.	87
Cuadro N° 37.	Vasos de Almacenamiento de la Microcuenca Chinchero.	90
Cuadro N° 38.	Balance de Hídrico Superficial en los Vasos de Almacenamiento.	91
Cuadro N° 39.	Generación de Caudales Mensuales para la Microcuenca Chinchero.	94
Cuadro N° 40.	Lámina de Retención Microcuenca Chinchero.	96
Cuadro N° 41.	Generación de Caudales Mensuales para la Microcuenca Chinchero.	97
Cuadro N° 42.	Cálculo de la Ecuación de Regresión.	99
Cuadro N° 43.	Registro mensual regionalizado para la altura media de la microcuenca Chinchero.	100
Cuadro N° 44.	Caudales Medios Mensuales Generados, Volumen Disponible y de Almacenamiento	101
Cuadro N° 45.	Inventario de fuentes de agua de la comunidad Yanacona.	106
Cuadro N° 46.	Inventario de fuentes de agua de las comunidades, Yanacona, Ayllo Pongo y poblado de Chinchero.	107
Cuadro N° 47.	Resultados de Infiltración básica (Ib) cm/h.	111
Cuadro N° 48.	Resultados finales de prueba de infiltración método de carga variable.	112
Cuadro N° 49.	Unidades Hidrogeológicas	115
Cuadro N° 50.	Resumen de Fracciones de infiltración y Coeficiente de infiltración	121
Cuadro N° 51.	Cálculo de la retención hídrica por vegetación (mm).	123
Cuadro N° 52.	Precipitación infiltrada por mes (mm).	123
Cuadro N° 53.	Resultados de las muestras M-1, M-2 y M-3.	125
Cuadro N° 54.	Humedad inicial del suelo en la microcuenca en el mes febrero.	125
Cuadro N° 55.	Coeficientes de humedad del suelo para la microcuenca de Chinchero.	126

Cuadro N° 56.	Humedad disponible (HD) para la microcuenca en mm.	127
Cuadro N° 57.	Evapotranspiración real de las raíces del subsuelo en mm.	128
Cuadro N° 58.	Humedad del suelo final (HSf) en mm.	129
Cuadro N° 59.	Recarga del acuífero de mermepampa (acuífero diatomítico).	130
Cuadro N° 60.	Recarga del acuífero en la formación Maras.	131
Cuadro N° 61.	Recarga de acuíferos en la microcuenca de Chinchero.	132
Cuadro N° 62.	Resistividad ($\Omega.m$) y espesores (m) de los estratos cortados.	136
Cuadro N° 63.	Profundidades de los estratos según SEV.	139
Cuadro N° 64.	Volumen neto del acuífero.	140
Cuadro N° 65.	Niveles piezométricos de los manantes en la microcuenca.	145
Cuadro N° 66.	Resumen de análisis fisicoquímico por manante en Mg/lit, realizado en laboratorio de SEDA Cusco.	151
Cuadro N° 67.	Resumen de análisis fisicoquímico por manante en ppm. Realizado en laboratorio de UNSAAC.	151
Cuadro N° 68.	Composición Química de las fuentes en %.	152
Cuadro N° 69.	Tipos de agua.	152
Cuadro N° 70.	Clasificación del agua por conductividad eléctrica y dureza	153
Cuadro N° 71.	Distribución porcentual de manantes según su Conductividad eléctrica.	154
Cuadro N° 72.	Componente Químico en %.	158
Cuadro N° 73.	Distribución de la Población en la Microcuenca de Chinchero.	161
Cuadro N° 74.	Demanda Percápita de Agua para Consumo Humano.	162
Cuadro N° 75.	Demanda Potencial proyectada al 2025 en la Microcuenca de Chinchero.	163
Cuadro N° 76.	Cédula de cultivos en la microcuenca de Chinchero.	164
Cuadro N° 77.	Cedula de cultivo para riego.	164
Cuadro N° 78.	Calculo de la demanda de agua para uso agrícola en la microcuenca.	165
Cuadro N° 79.	Demanda de agua para uso agrícola.	166
Cuadro N° 80.	Necesidades de suministro de agua anual para el Aeropuerto Internacional de Chinchero AICC.	167
Cuadro N° 81.	Oferta Hídrica generada para el Rio Chinchero.	168
Cuadro N° 82.	Volumen de oferta de las lagunetas en la microcuenca.	168
Cuadro N° 83.	Manantes para consumo humano.	169
Cuadro N° 84.	Oferta de agua para riego.	170
Cuadro N° 85.	Balance hídrico para uso poblacional y uso agrícola.	171

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica N° 1.	Distribución de la Clima en la Microcuenca de Chinchero.	13
Gráfica N° 2.	Porcentaje de pendiente en la microcuenca de Chinchero.	18
Gráfica N° 3.	Curva Hipsométrica y Mediana de la Altitud.	31
Gráfica N° 4.	Polígono de frecuencia de altitudes Mc. Chinchero.	32
Gráfica N° 5.	Diagrama de fracturas en la Formación Vilquechico.	51
Gráfica N° 6.	Hidrograma de precipitación total anual histórica de las 4 series.	57
Gráfica N° 7.	Análisis de Doble Masa.	59
Gráfica N° 8.	Comportamiento Regional De La Precipitación.	63
Gráfica N° 9.	Distribución de la precipitación en la MC. Chinchero.	64
Gráfica N° 10.	Comportamiento Regional De La Temperatura.	67
Gráfica N° 11.	Comportamiento Anual de La Temperatura en la microcuenca.	68
Gráfica N° 12.	Relación de la Evaporación real vs la Precipitación.	85
Gráfica N° 13.	Clasificación de Lagunetas por volumen (%).	88
Gráfica N° 14.	Clasificación de Lagunetas por volumen % sin considerar Uchuychaparccochoa 1.	88
Gráfica N° 15.	Comparación entre caudales generados y aforados Microcuenca Chinchero.	98
Gráfica N° 16.	Volumen Total de Aguas Superficiales Disponible en la Microcuenca.	102
Gráfica N° 17.	Diagrama radial de la composición química de la fuente muestreada.	158

LISTA DE IMAGENES

Imagen N° 1.	Tipo río según la curva hipsométrica.	31
Imagen N° 2.	Drenajes Principales de la Microcuenca.	77
Imagen N° 3.	Esquema de balance hídrico superficial de la microcuenca.	103
Imagen N° 4.	Ubicación de los Sondeos Eléctricos verticales.	134
Imagen N° 5.	Profundidad del acuífero de mermepampa	140
Imagen N° 6.	Transmisibilidad del agua.	141
Imagen N° 7.	Diagrama Triangular de Piper-Hill-Langelier.	156
Imagen N° 8.	Diagrama de Piper-Hill-Langelier para el análisis correspondiente a los aflujos de manantes del entorno del acuífero.	156
Imagen N° 9.	Diagrama de Piper-Hill-Langelier para el análisis correspondiente a los aflujos de manantes del entorno del acuífero	157

LISTA DE MAPAS TEMATICOS

Mapa N° 1.	Ubicación	9
Mapa N° 2.	Climático	14
Mapa N° 3.	Geomorfológico Regional	16
Mapa N° 4.	Pendientes	19
Mapa N° 5.	Áreas Parciales	20
Mapa N° 6.	Fisiográfico	22
Mapa N° 7.	Geomorfológico Local	26
Mapa N° 8.	Sistema de Drenaje	37
Mapa N° 9.	Geológico Local	52
Mapa N° 10.	Isoyetas	65
Mapa N° 11.	Fuentes Hídricas Superficiales	92
Mapa N° 12.	Manantes	108
Mapa N° 13.	Permeabilidades	113
Mapa N° 14.	Hidrogeológico	118
Mapa N° 15.	Recarga de acuífero	133
Mapa N° 16.	Acuífero de Mermepampa	135
Mapa N° 17.	Isopiezas	146
Mapa N° 18.	Muestreo Hidroquímico	150
Mapa N° 19.	Dureza de aguas	155
Mapa N° 20.	Hidroquímico	159

ABREVIATURAS

PH	: Potencial de hidrógeno, p.5.
CE	: Conductividad Eléctrica, p.5, 153.
TDS	: Total dissolved solids, p.5
GPS	: Sistema de posicionamiento global, p.7.
UTM	: El sistema de coordenadas universal transversal de Mercator, p.8
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, p.17.
SIG	: Sistema de Información Geográfica, p.17.
IMA	: Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente, p.34.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, p.60
INAF	: Instituto de Investigaciones Agro-forestales, p.83.
DEM	: Modelo de Elevacion Digital, p.134.
SEV	: Sondeo Electrico Vertical, p.136.
K	: Permeabilidad, p.141.
T	: Transmisividad, p.142.
OMS	: Organización Mundial de Salud, p.161.
ENEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática, p.162.
AICC	: Aeropuerto Internacional de Chinchero Cusco, p.166.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La incertidumbre que existe en saber el volumen que oferta las aguas subterráneas para consumo humano y las actividades socioeconómicas. Cuando entre en operación el futuro aeropuerto internacional de Chinchero, la demanda de agua será aún más, y también la construcción del aeropuerto afectara la existencia de sus fuentes hídricas, más allá que en estos últimos años se ven que disminuyen los caudales y régimen de sus manantes, el cual ha conllevado a cambios en las dotaciones de agua para los proyectos de riego agrícola y poblacional de las comunidades enmarcadas dentro del polígono de delimitación de la Microcuenca Chinchero, y alrededor de la misma. limite

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. Pregunta General

¿Cuáles son las características hidrogeológicas y el balance hídrico en la Microcuenca de Chinchero?

1.1.2.2. Preguntas específicos

- ¿Qué valores tienen los parámetros hidrometeorológicos en la microcuenca?
- ¿Cuánto es la oferta hídrica superficial en la microcuenca?
- ¿Cuántos son las surgencias de agua subterránea en la microcuenca?
- ¿Qué formaciones geológicas tienen potencial geohídrico en la microcuenca de Chinchero?
- ¿Cuál es la calidad de agua en la microcuenca?
- ¿Cuánto es la oferta hídrica subterránea en la microcuenca?
- ¿Cuánto es el balance hídrico entre oferta y demanda en la microcuenca?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio Hidrogeológico y determinar el balance hídrico, para la planificación hídrica en la microcuenca de Chinchero.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros hidrometeorológicos de la microcuenca.
- Determinar la oferta hídrica superficial de la microcuenca.
- Realizar el inventario de surgencias de agua subterránea.
- Identificar las unidades geológicas con potencial geohídrico.
- Determinar propiedades físico-químicas de las aguas.
- Determinar la oferta hídrica subterránea.
- Realizar el balance hídrico dentro de la microcuenca.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El estudio hidrogeológico en la Microcuenca de Chinchero, comprende la determinación de oferta de aguas subterráneas y superficiales, las características de las fuentes naturales de agua y las demandas de agua con fines poblacionales y productivos, a fin de verificar el estado hidrogeológico en el área de estudio. A través del cual permitirá plantear las recomendaciones de mitigación de la demanda de agua.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Mediante el estudio hidrogeológico de aguas subterráneas y superficiales se podrá conocer las condiciones hidrogeológicas y el balance hídrico en la microcuenca de Chinchero.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- Los parámetros hidrometeorológicos como: precipitación, temperatura, evaporación, evapotranspiración y evapotranspiración real. Proporcionará la información para generación de caudales (escorrentía superficial) y recarga de acuífero.
- La abundancia de lagunetas y vasos de almacenamiento dentro de la microcuenca, facilita el represamiento de agua de la precipitación.
- El inventario de los manantes, permitirá conocer el caudal que oferta las aguas subterráneas dentro de la microcuenca.
- En microcuenca aflora los depósitos lacustres y palustres del cuaternario, compuesto por diatomitas, limos y arcillas, estos materiales tienen porosidad alto, por ende almacenan agua en mayor porcentaje.
- Las propiedades fisico-químicas de las aguas permitirá conocer si las aguas de los manantes son aptos para consumo humano y para uso agrícola.
- Existen manantes y acuíferos quienes ofertan agua para diferentes usos, dentro de la microcuenca.
- El poblado de Chinchero está en constante crecimiento, por el tema del Aeropuerto Internacional de Chinchero y el turismo, este crecimiento poblacional demanda más agua, por lo cual existe un déficit de agua para consumo humano.

1.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. VARIABLES DEPENDIENTES

- Características hidrogeológicas
- Balance Hídrico

1.5.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Geomorfología
- Geología
- Geología estructural

- Parámetros hidrometeorológicos
- Hidrología

1.6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al propósito de la investigación, naturaleza de los problemas y los objetivos planteados en el trabajo, el presente estudio pertenece a un tipo de investigación “**básica**”, y diseño de investigación transversal correlacional; ya que se direcciona a ampliar y conocer las condiciones hidrogeológicas en la microcuenca para la toma de decisiones.

1.6.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel alcanzado en el presente estudio es “descriptivo”, en primera instancia, luego “correlacional” (según Caballero Romero, 2009), de acuerdo a la finalidad del estudio.

1.6.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada para la elaboración del presente estudio consta de la revisión bibliográfica, actualización de la geología y características estructurales; análisis de los parámetros climáticos, inventarios de fuentes de aguas superficial y subterráneo, cálculo de volumen, toma de muestras de agua, ensayos de permeabilidad, para finalmente poder determinar la oferta hídrica superficial y subterráneo de la microcuenca.

La metodología se desarrolla considerando tres etapas: Gabinete I (Pre campo), Campo y Gabinete II (Post campo).

1.6.3.1. Gabinete I (pre campo)

Esta etapa es preliminar a la de campo, en esta parte se efectuó la recopilación y evaluación de la mayor cantidad de los trabajos existentes tanto en la zona

estudiada como en áreas adyacentes, que es información necesaria para el trabajo de investigación, como es:

- Recopilación bibliográfica
- Recopilación de una base cartográfica.
- Revisión de la información bibliográfica, cartográfica y fotográfica; así como la revisión de los mapas preliminares, que se encuentran en formatos .dwg (software AutoCAD) y .shp (software ArcGIS).
- Unificación de base cartográfica en formato .shp (Software ArcGIS).
- Generación de mapas preliminares, para realizar la etapa de campo.

1.6.3.2. Campo

El trabajo de campo se realizó en varias campañas, teniendo como objetivo recolección de los datos para su posterior interpretación como:

- Cartografiado.
- Pruebas de infiltración.
- Inventario de fuentes de agua.
- Medida de parámetros físico-químicos del agua y tomas de muestras, las características físico-químicas e hidráulicas tomadas en el campo son: potencial de hidrogeniones (PH), conductividad eléctrica (CE), total de sólidos disueltos (TDS), temperatura del agua y caudal.

1.6.3.3. Gabinete II (post campo)

Luego de concluir con la etapa de campo, debemos de evaluar y analizar todos los datos recolectados en el campo y sistematizarlos para poder llegar a los resultados, los que detallamos a continuación:

- Digitalización de la información recopilada en campo.
- Aplicación del software ArcGIS, para hacer el análisis correspondiente de los datos recogidos en campo.

- Elaboración de los mapas temáticos, en base a la información obtenida en la etapa de pre campo y campo.
- Elaboración de cuadros, gráficos estadísticos, perfiles geológicos, etc., en base a los datos recolectados en campo.
- Análisis de los datos obtenidos en campo para luego elaborar los mapas temáticos dentro de nuestro ámbito de estudio.
- Redacción del informe final.

1.6.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Se tiene como unidad de análisis la Microcuenca de Chinchero, de 1952.75 Ha.

1.6.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, E INFORMACIÓN

1.6.5.1. Técnicas

Para el logro de los objetivos planteados en el trabajo de tesis, las principales técnicas empleadas en el estudio son: Preparación de mapas base, muestreos, inventarios de fuentes de agua, cartografiado geológico, mediciones estructurales, aforos de caudal, pruebas de permeabilidad, etc.

En el presente estudio hidrogeológico también se hizo uso de los Softwares siguientes:

- SAS. Planet 15.1 (se utilizó para descargar imágenes satelitales de alta resolución).
- Global Mapper 16 (Se utilizó para generar curvas de nivel a 5 metros).
- Arcgis 10.3 (Para generar mapas temáticos).
- Autocad 2016 (Para generar perfiles, cortes geológicos e hidrogeológicos).
- IPI2WIN 2.0 (Generación de curvas Geoeléctricas).

1.6.5.2. Instrumentos y materiales

Para el logro de los objetivos planteados en el presente estudio hidrogeológico tema de la presente tesis, se han hecho uso de los materiales y equipos siguientes:

Equipos de campo:

- GPS
- Infiltrómetro anillo concéntrico.
- Brújula
- Cámara fotográfica.

Materiales de Campo:

- Nivel de mano.
- Baldes de 18 l, 4 l.
- Tubo pvc de 2” x 50 centímetros.
- Cinta métrica de 50 mts, Flexómetro de 5 m.
- Comba de 10 lb.
- Cincel.
- Picota de geólogo.
- Ácido clorhídrico al 10 %.
- Cronometro de mano.

1.6.5.3. Laboratorio

Uso de laboratorio de agua de facultad de Química y SEDA Cusco, para el análisis físico químicos de las muestras de agua.

CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES

2.1. UBICACIÓN

2.1.1. POLÍTICA

Políticamente la microcuenca en estudio se encuentra en jurisdicción del distrito de Chinchero provincia de Urubamba, departamento del Cusco.

2.1.2. GEOGRÁFICA

Geográficamente se localiza a 30 Km al NW de la ciudad de Cusco, cuyo centro de gravedad de la microcuenca se encuentra en las coordenadas geográficas y UTM (WGS 84 zona 18L) siguientes:

Cuadro N° 1. Ubicación Geográfica de la Microcuenca

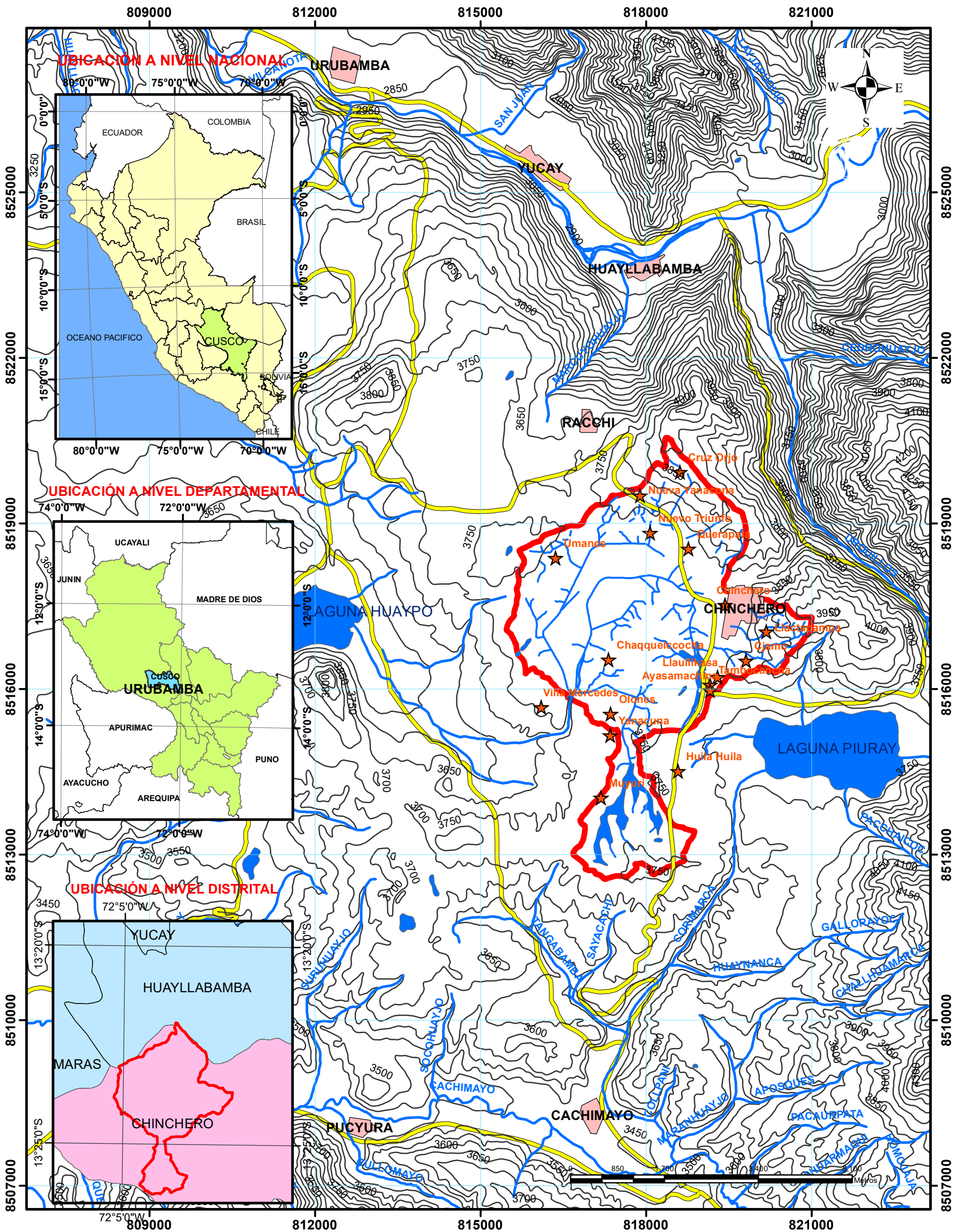
MICROCUCUENCA	GEOGRAFICAS		UTM		ALTITUD
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Este	Norte	m.s.n.m
CHINCHERO	13° 23' 53.85"	72° 3' 51.45"	817975	8516912	3743.1

2.1.3. HIDROGRÁFICA

La depresión de Chinchero hidrográficamente pertenece a la:

- Vertiente : Atlántico
- Gran cuenca : Amazonas
- Cuenca : Vilcanota
- Sub cuenca : Anta - Huracondo.
- Microcuenca : Chinchero - Huaypo

La microcuenca de Chinchero constituye la cabecera de la microcuenca de Huaypo-Chinchero, enmarcada en una superficie de 1,952.75 Ha.



LEYENDA

- ★ Sector de la Comunidad
- Curvas Topográficas
- Vías
- Rios
- Poblados
- lagos
- ▭ Microcuenca Chinchero

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO

MAPA: **UBICACIÓN**

UBICACIÓN: CHINCHERO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	FECHA: ENERO-2019	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	PROCESADO:	M-1
PROYECCION: UTM-WGS 84 - Z18 L	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG:	
FUENTE: ELABORACION PROPIA			
ESCALA: INDICADA			

2.2. ACCESIBILIDAD

Para acceder a la Microcuenca de estudio, se cuenta con las siguientes vías:

- Vía de Primer orden (asfaltada); Cusco – Chinchero.
- Vía de Segundo orden (Afirmada); Chinchero – Microcuenca.

Así mismo se cuenta con una red de caminos de herradura que cruzan axial y transversalmente la Microcuenca en mención.

2.3. INFORMACIÓN BÁSICA

2.3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN

Se ha compilado la Información de los expedientes técnicos y antecedentes dentro de las Instituciones relacionadas con el uso de los recursos Hídricos en el Distrito de Chinchero:

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).
- Autoridad Administrativa del Agua-Chinchero.
- Municipalidad de Chinchero.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).
- Servicio Nacional de meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA).

2.3.2. DATOS METEOROLÓGICOS HISTÓRICOS

La red nacional de estaciones meteorológicas en el Perú es controlada y administrada por el SENAMHI, ente oficial del manejo de la información meteorológica (Precipitación, Temperatura, Humedad, Evaporación, Radiación Solar, Velocidad, dirección del viento, etc.).

Para el presente estudio se obtuvo información meteorológica de los estaciones Kayra, Ancachuro, Corpac, Pisac y Yauri, a través de los organismos responsables

como: Precipitación, Temperatura, Humedad, Evaporación, Radiación Solar, Velocidad y dirección del viento.

2.3.3. CARTOGRAFÍA

La información cartográfica básica para el desarrollo del estudio balance hídrico y la generación de mapas temáticos de la microcuenca de Chinchero, es la siguiente:

Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca 1966 a escala 1/50,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Digitalizado bajo el entorno de SIG con equidistancia mínima entre curvas de nivel de 50 m.

Curvas topográficas a 5 metros generados con el Software Global Mapper de imágenes Satelitales.

2.4. ANTECEDENTES

Como parte preliminar para el inicio del desarrollo del presente estudio, se ha revisado los estudios antecedentes referidos al recurso hídrico en la microcuenca de Chinchero, a continuación se muestran los estudios realizados por diferentes instituciones públicas y privadas:

- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales): “Inventario de Fuentes de Aguas Superficiales del Rio Vilcanota Ámbito de la ATDR- Cusco”, 2007.
- IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente): “Zonificación Ecológica Económica de la Región Cusco”, 2009.
- IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente): “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado en la Localidad de Chinchero-Urubamba-Cusco”, Estudio Hidrológico, 2010.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua): “Diagnostico y Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la cuenca Vilcanota Urubamba- Fase I”, 2010.
- IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente): “Evaluación Hidrológico e Hidrogeológico a nivel de Reconocimiento del Aeropuerto Internacional Chinchero-Cusco”

- ProInversión (Agencia de Promoción de la Inversión Privada-Perú): “Estudio Hidrológico y Drenaje Superficial en el Ámbito del Aeropuerto Internacional Chinchero-cusco AICC”, 2013.
- Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento (Municipalidad Distrital de Chinchero): “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chinchero”, 2015.

2.5. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

El clima, temperatura y biodiversidad en todo el Perú está condicionada por 5 factores, haciendo de este, un país con múltiples y complejas características climatológicas y ecológicas.

La clasificación climática nos permite graficar, caracterizar y describir en forma sintética las variaciones climáticas que presenta una determinada región; estas variaciones climáticas son factores que determinan los diferentes tipos de suelo, la distribución y establecimientos de la vegetación así como también influye en la distribución de las diferentes actividades humanas, etc.

Esta clasificación se ha realizado a nivel de Microcuenca de Chinchero y está apoyada en el método de clasificación climática propuesto por Dr. W. Thornthwaite (1948), que define los tipos climáticos de acuerdo a los valores calculados de precipitación y temperatura; a partir de ecuaciones de regionalización, cuyos índices climáticos de acuerdo a los sistemas de clasificación climática de Thornthwaite son:

Índice de humedad (Ih), Índice de aridez (Ia), Índice hídrico anual (Im), Índice térmico anual (Ic) y la Concentración térmica en verano ($^{\circ}\text{C}$). Para finalmente correlacionarlas con tablas de Thornthwaite, determinando la Formula climática correspondiente a cada piso altitudinal.

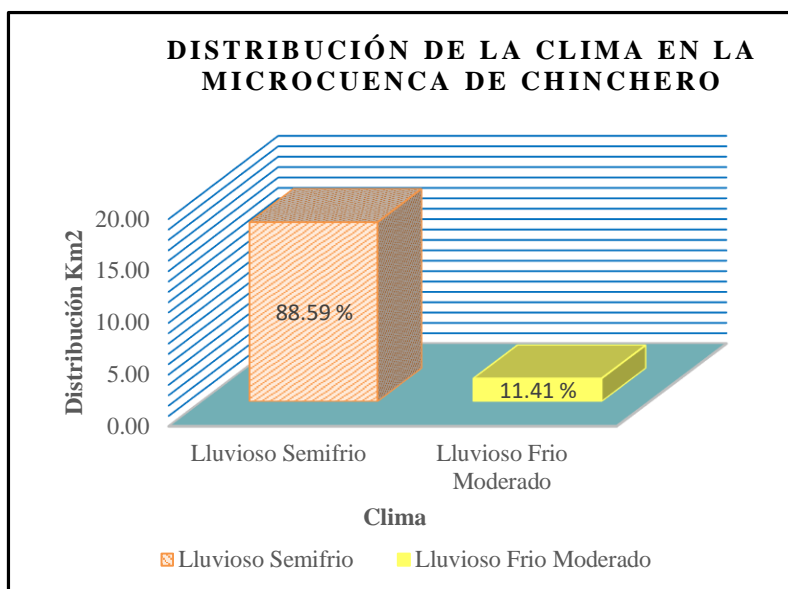
La Microcuenca de Chinchero presenta dos tipos de clima semifrío (3700-3800 msnm), ocupando el 88.59% del área total de la microcuenca y frío moderado (3800-3968 msnm), abarcando 11.41 % del área total.

Cuadro N° 2. Formula climática Generada para el ámbito de estudio por el método de THORNHWAITE.

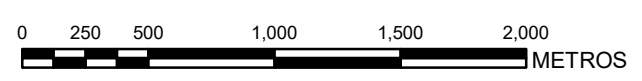
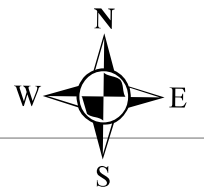
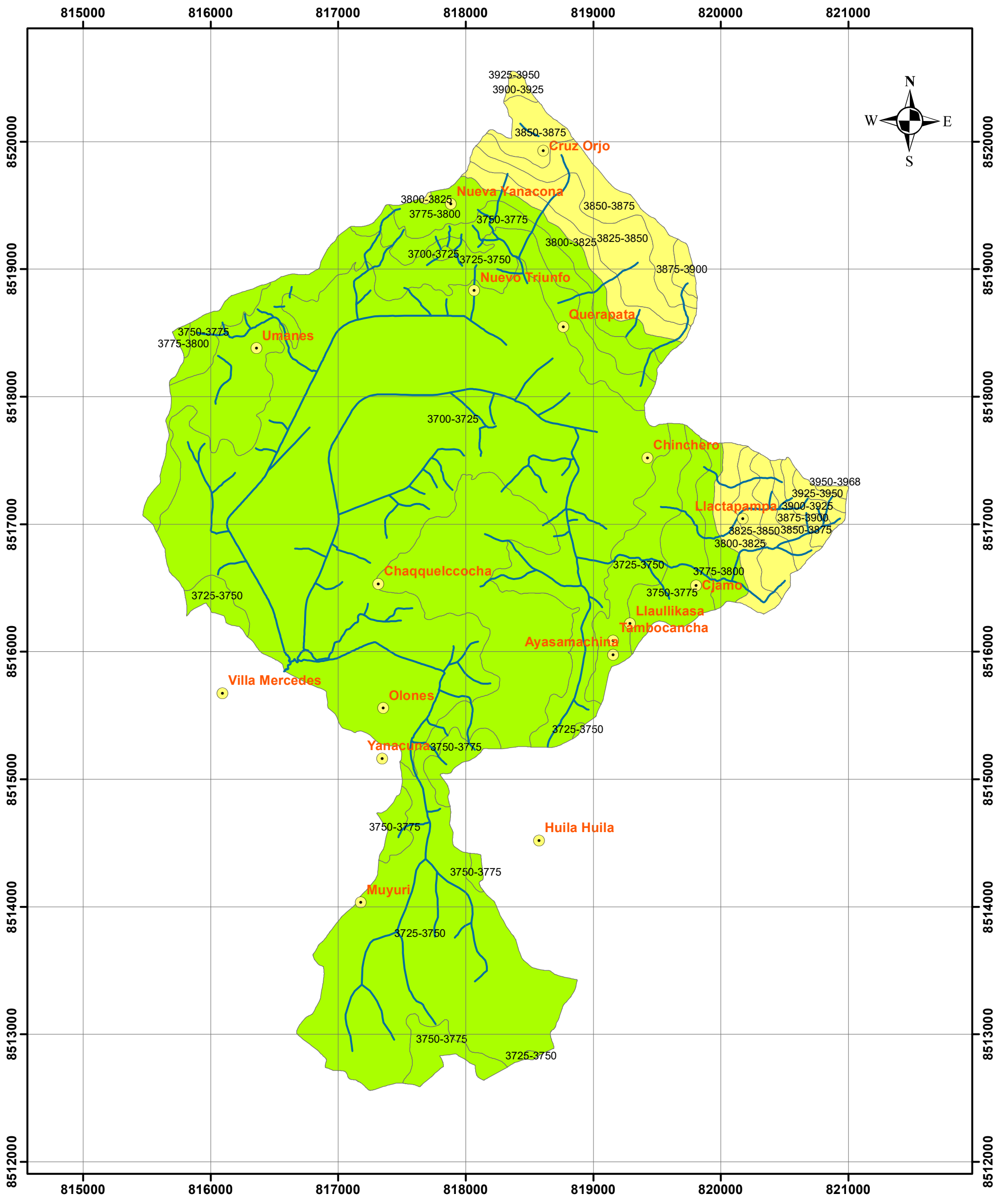
Altitud m	INDICES CLIMATICOS DE THORNHWAITE						REGION CLIMATICA		
	Ih	Ia	Im	Ic %	C %	Eto cm	REGION DE HUMEDAD	REGION DE EFICIENCIA TERMICA	CLIMA
3700	36.8	28.6	19.7	21.8	29.2	58.4	Semi - Húmedo	MESOTERMICO I	SEMIFRIO
3800	45.0	27.9	28.2	21.1	29.0	56.7	Ligeramente Húmedo	MICROTERMICO II	FRIO MODERADO
3900	53.6	27.4	37.2	20.3	28.7	55.1			
4000	62.5	27.2	46.2	19.6	28.5	53.5	Moderadamente Húmedo		
4100	69.7	27.3	53.3	19.1	28.2	52.5			
4200	69.4	27.7	52.8	19.5	28.0	53.9			

Fuente: Elaborado por los testistas.

Gráfica N° 1. Distribución de la Clima en la Microcuenca de Chinchero.



Fuente: Elaborado por los testistas.



LEYENDA

- Sector
- Rios

CLIMA

TIPO DE CLIMA

- Semifrio
- Frio moderado

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>			
<p>TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO</p>			
<p>MAPA: CLIMÁTICO</p>			
<p>UBICACIÓN</p> <p>DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO</p>	<p>ASESOR:</p> <p>ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI</p>	<p>FECHA:</p> <p>ENERO-2019</p> <p>PROCESADO:</p> <p>EN SIG</p>	<p>MAPA Nº:</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.5em;">M-2</p>
<p>PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L</p> <p>FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA</p> <p>ESCALA: 1:30,000</p>			

CAPÍTULO III: GEOMORFOLOGÍA

3.1. GENERALIDADES

La diversidad de las formaciones geológicas de edad mesozoicas a cenozoicas y la constante accidentes tectónicos regionales han dado lugar a la formación de diversas unidades geomorfológicas.

La Geomorfología como parte de las ciencia Geológica, describe el relieve terrestre desde el punto de vista fisonómico y paisajístico (fisiografía); que en combinación con el origen determinan unidades geomorfológicas más complejas del relieve terrestre (Villota 1998).

La relación mutua entre la geomorfología y las aguas subterráneas condicionadas por la geología, determina la distribución de permeabilidades, la disposición de las áreas de recarga y descarga, como también la escorrentía superficial.

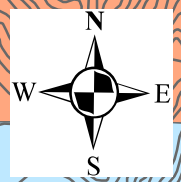
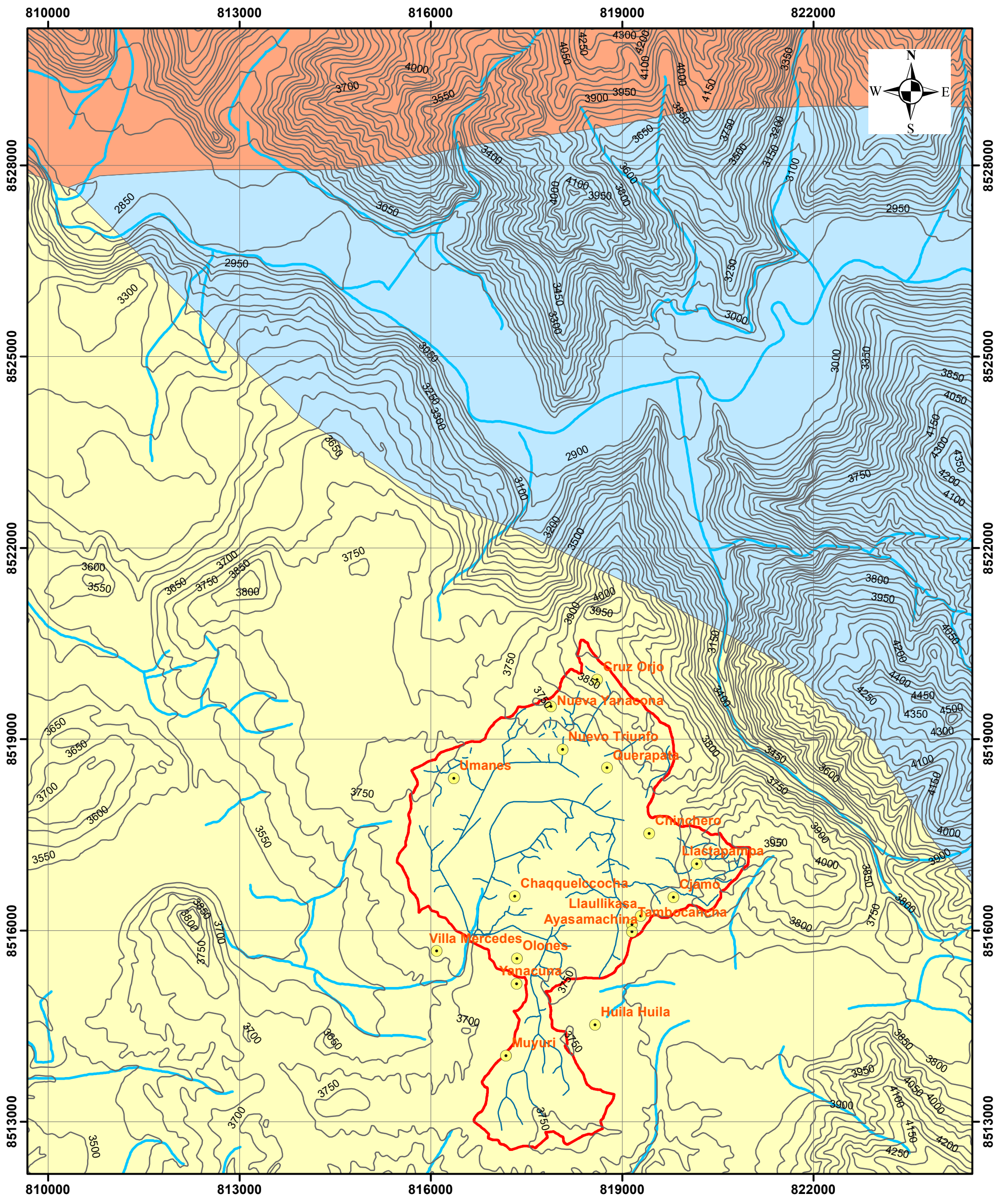
3.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

3.2.1. ALTIPLANO

La zona de estudio se localiza en esta unidad, caracterizado por presentar mesetas, colinas y lomadas con altitudes que varían entre 3800 y 4000 m.s.n.m. En el Altiplano afloran rocas mesozoicas, como, lutitas, calizas, areniscas.

3.2.2. ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL

Esta unidad geomorfológica tiene una dirección NO-SE, se caracteriza por presentar el anticlinal de Vilcanota. Aflora litologías como pizarras, calizas, areniscas, lutitas y rocas volcánicas (Paleozoico a Meso-Cenozoico). La montaña que destaca es Pachatusan alcanzando los 4800 m.s.n.m, con vertientes escarpadas, presenta también el valle de río Vilcanota que su curso es de SE-NO. Los sistemas de fallas son parte del sistema regional NO-SE Urcos-Sicuani-Ayaviri (Carlotto, 1998, 2006b), estos facilitaron el emplazamiento rocas volcánicas pliocuaternarias.



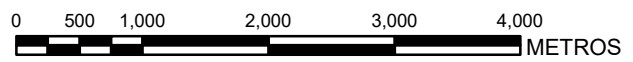
LEYENDA

- Microcuenca de Chinchero
- Rios
- Sector

Geomorfología Regional

Unidad morfoestructural

- Altiplano
- Altiplano-Coordillera Oriental
- Coordillera Oriental



	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: GEOMORFOLOGÍA REGIONAL			
UBICACION: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	FECHA: ENERO-2019	MAPA N°:
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L FUENTE: INGEMMET ESCALA: 1:60,000	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	PROCESADO: EN SIG	M-3

3.2.3. CORDILLERA ORIENTAL

Evidencia geomorfológico que está ubicada al noreste de la zona de estudio, esta unidad tiene una dirección NW-SE. Presenta relieves relativamente ondulados con alturas que varían entre 4000 y 4500 m.s.n.m, donde las laderas que forman el flanco norte del río Vilcanota son accidentadas ya que esta última se halla entre 3300 y 3150 m de altitud (Carlotto Caillaux & Jose Cardenas, 2011).

Las montañas presentan vertientes que se caracterizan por presentar quebradas transversales con pendientes escarpadas y relieves accidentados. La cordillera occidental muestra litologías como pizarras de la Formación Ananea, también expone afloramientos de rocas ígneas lo cual indica presencia de fallas.

3.3. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA

3.3.1. ANÁLISIS DE PENDIENTES

El análisis de pendientes representa los niveles de inclinación del terreno, constituye un ejercicio cartográfico de suma importancia porque su determinación es el paso primordial para elaborar mapas de relieve o fisiografía y para describir las unidades geomorfológicas.

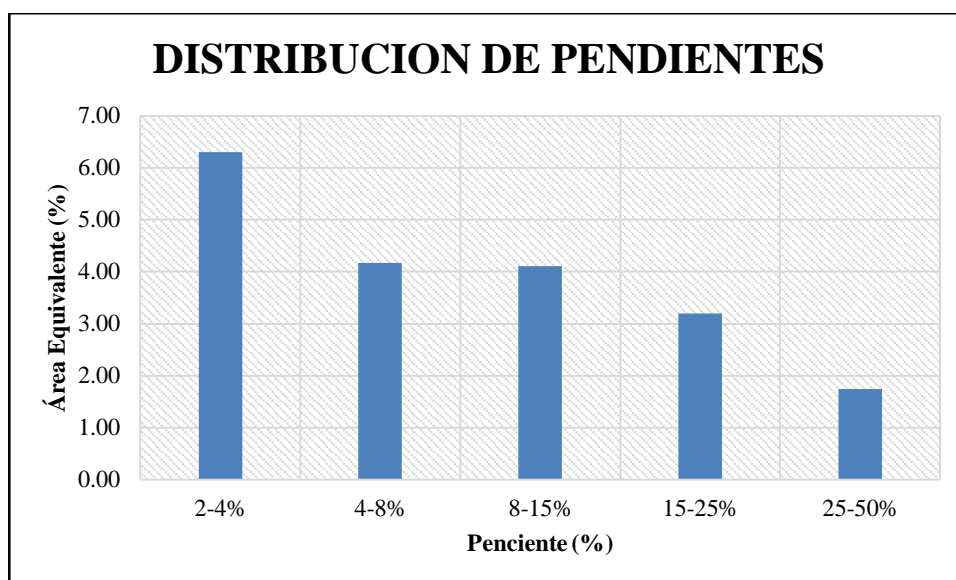
Para la caracterización de rango de pendientes de la microcuenca de Chinchero, se utilizó un método de elaboración gráfico manual apoyado sobre el procesamiento automatizado de pendientes a través del SIG, propuesta por F.A.O, 1985.

Cuadro N° 3. Distribución de pendientes en la microcuenca de Chinchero.

CLASE	NOMBRE	PENDIENTE	GRADIENTE	AREA	
		(%)	(°)	Km2	%
AB	Llano a Ligeramente inclinado	0-4%	0.9-1.8°	6.30	32.28
C	Moderadamente inclinado	4-8%	1.8-3.6°	4.17	21.35
D	Fuertemente inclinado	8-15%	3.6-6.75°	4.11	21.06
E	Moderadamente empinado	15-25%	6.75-11.25°	3.20	16.39
F	Empinado	25-50%	11.25-22.5°	1.74	8.92
TOTAL				19.53	100.00

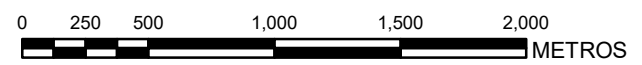
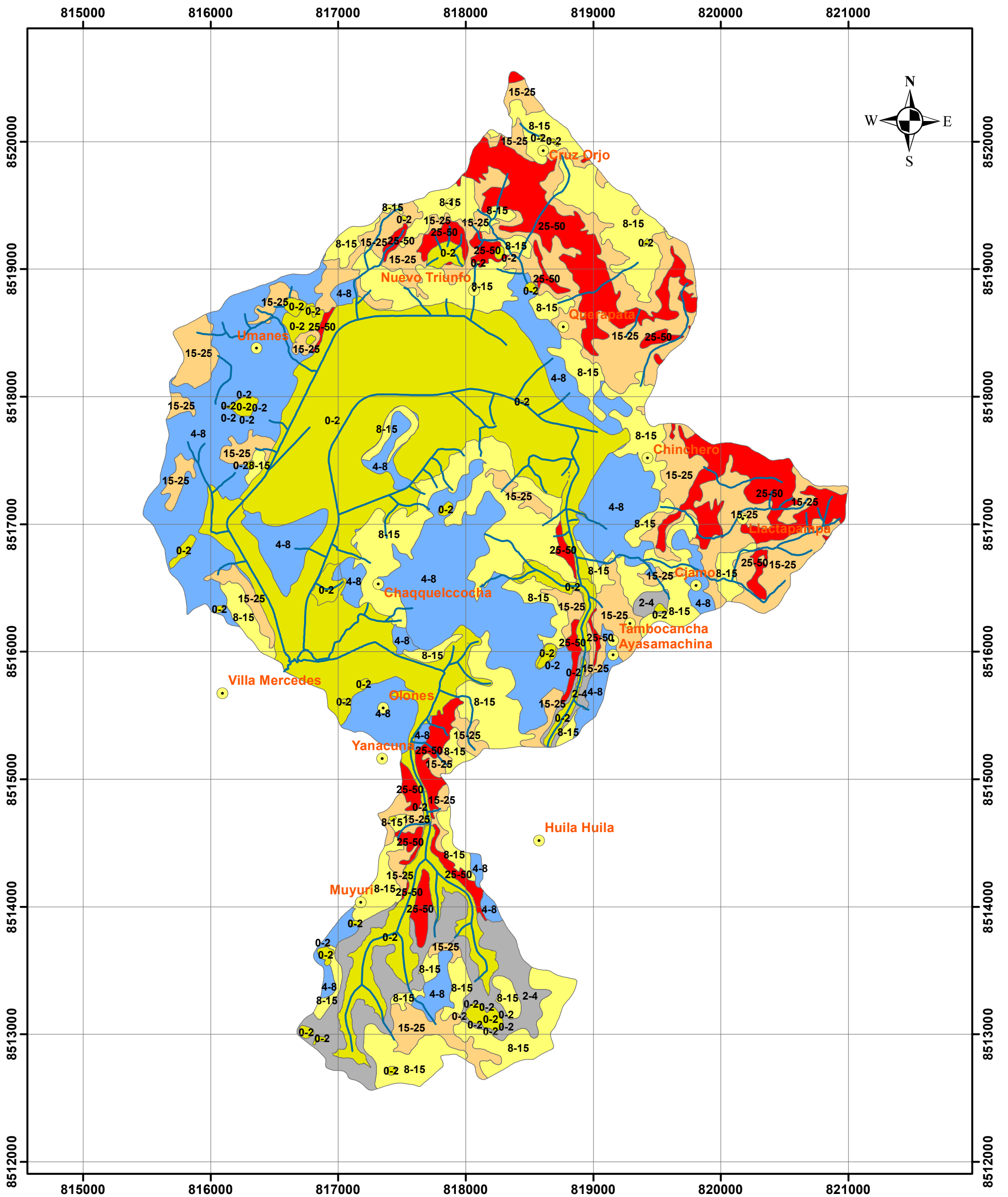
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Gráfica N° 2. Porcentaje de pendiente en la microcuenca de Chinchero.




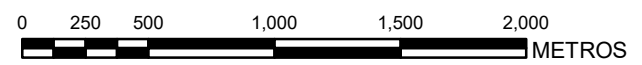
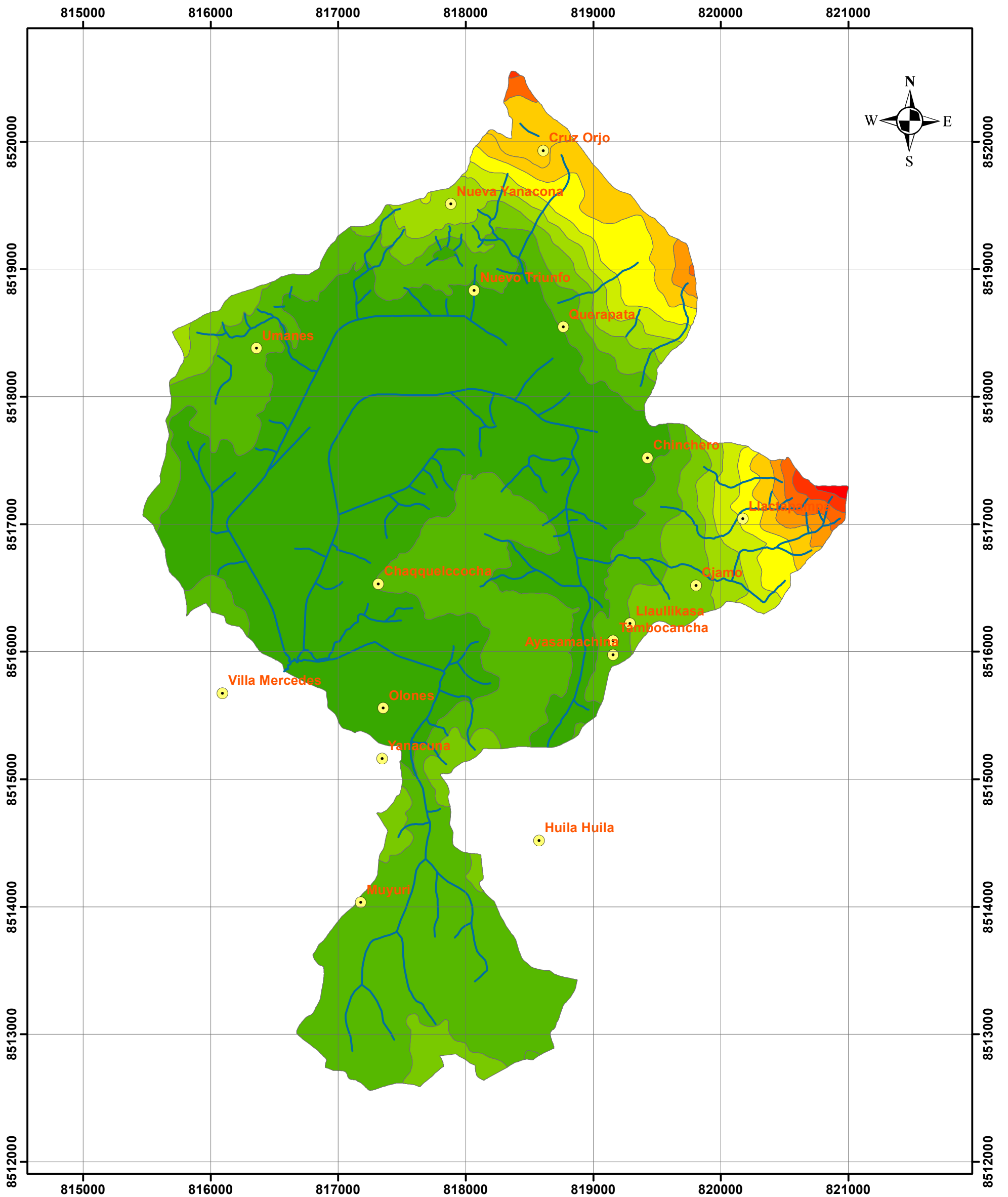
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

De la gráfica anterior se puede concluir el 32.28 % de la zona de estudio es llano a ligeramente inclinado 0-4 %, el 21.35 % está entre Moderadamente inclinado, el 21.06 % está entre fuertemente inclinado, el 16.39 % está entre moderadamente y solo el 8.92 % del relieve empinado 25-50%; la distribución de pendientes de 2-8 % es 53.63 % lo cual es muy favorable para mayor infiltración de la lluvia precipitada, y así más recarga a los acuíferos.



LEYENDA	
PENDIENTES	
	Llano
	Ligeramente inclinado
	Moderadamente inclinado
	Fuertemente inclinado
	Moderadamente empinado
	Empinado

 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: PENDIENTES			
UBICACIÓN: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	FECHA: ENERO-2019 PROCESADO: EN SIG	MAPA N°: M-4
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ESCALA: 1:30,000			



LEYENDA		
	Sector	
	Rios	
AREAS PARCIALES		
	Cota	3700-3725
		3725-3750
		3750-3775
		3775-3800
		3800-3825
		3825-3850
		3850-3875
		3875-3900
		3900-3925
		3925-3950
		3950-3968

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: AREAS PARCIALES			
UBICACION:	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ENERO-2019	M-5
PROVINCIA: URUBAMBA	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
REGION: CUSCO	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	EN SIG	
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI		
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA			
ESCALA: 1:30,000			

3.4. FISIOGRAFÍA

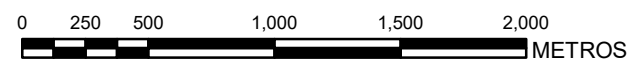
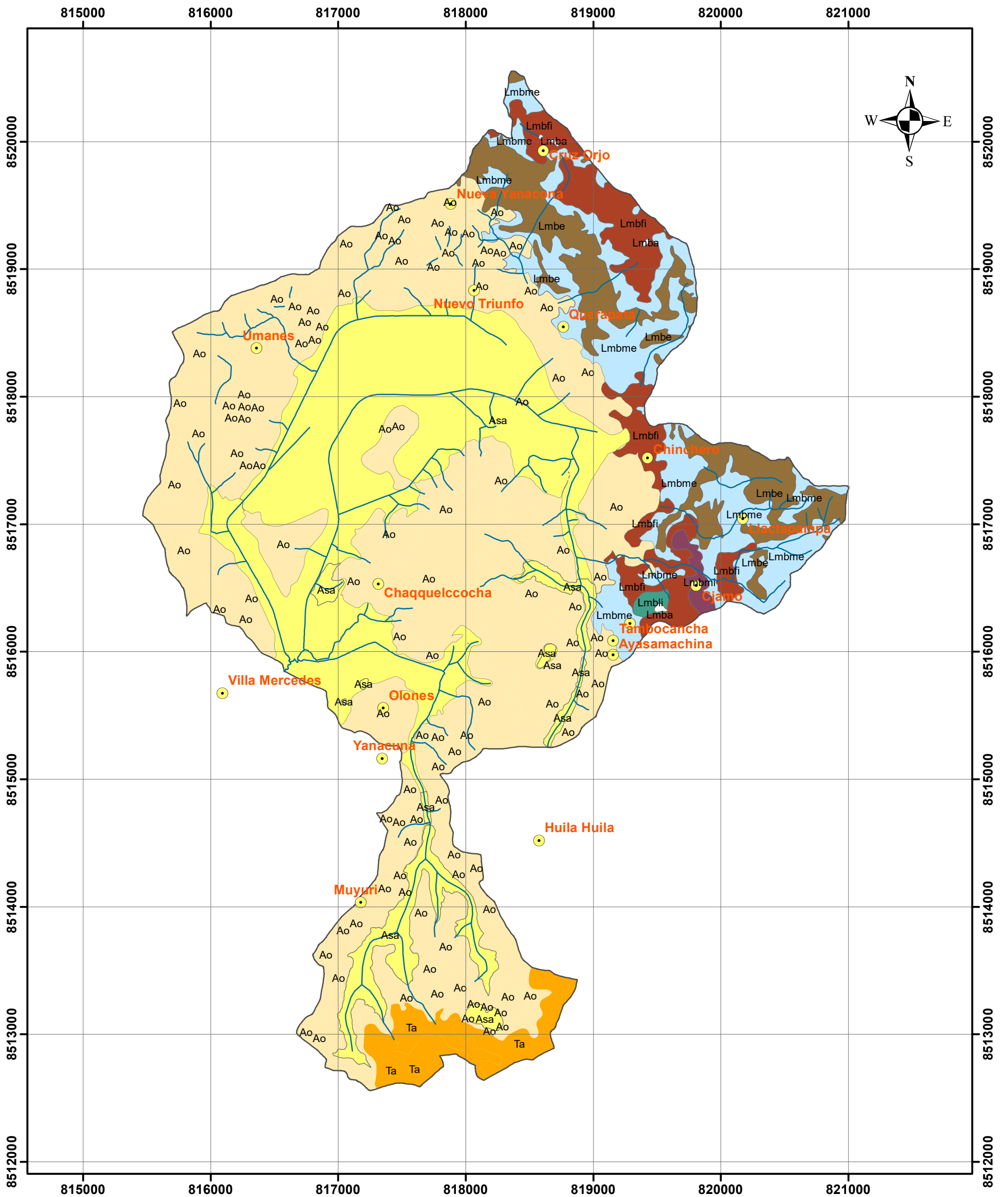
Para realizar el mapa fisiográfico de la microcuenca, se utilizó el método de análisis fisiográfico propuesto por Botero (1977), para estudios de nivel detallado a muy detallado. En el cuadro N° 4 se muestra la distribución de la fisiografía en la zona de estudio.

Cuadro N° 4. Distribución de unidades fisiográficas en la microcuenca de Chinchero.

PROVINCIA FISIOGRAFICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUB PAISAJE	SIMB	ÁREA	
					Km2	%
Altiplano - Cordilera Andina	Altiplano	Colinas Altas	Terrazas Altas	Ta	0.63	3.21
		Llanuras	Altiplanicies de sedimentación Allanada	Asa	5.20	26.65
		Mesetas	Altiplanicies Onduladas	Ao	9.44	48.33
	Montañoso	Montañas	Laderas de Montañas Bajas Allanados	Lmba	0.01	0.05
			Laderas de Montañas Bajas Empinadas	Lmbe	1.24	6.37
			Laderas de Montañas Bajas Fuertemente Inclínados	Lmbfi	1.03	5.27
			Laderas de Montañas Bajas Ligeramente Inclínados	Lmbli	0.04	0.21
			Laderas de Montañas Bajas Moderadamente Empinadas	Lmbme	1.85	9.49
			Laderas de Montañas Bajas Moderadamente Inclínado	Lmbmi	0.08	0.42
Total					19.53	100.00

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

En la microcuenca se identificó 9 unidades fisiográficas como: Terrazas Altas, Altiplanicies de sedimentación Allanada, con una extensión 26.65 % del área total y están ubicados en el sector de mermepampa; Altiplanicies Ondulados ubicados en la parte baja y media la microcuenca con una extensión de 9.44 km² que representa el



LEYENDA

UNIDADES FISIAGRÁFICAS
SUBPAISAJE

- Altiplanicies Onduladas
- Altiplanicies de sedimentación Allanada
- Laderas de Montañas Bajas Empinadas
- Laderas de Montañas Bajas Fuertemente Inclínados
- Laderas de Montañas Bajas Ligeramente Inclínados
- Laderas de Montañas Bajas Moderadamente Empinadas
- Laderas de Montañas Bajas Moderadamente Inclínado
- Terrazas Altas

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: FISIOGRÁFICO			
UBICACIÓN: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	FECHA: ENERO-2019 PROCESADO: EN SIG	MAPA N°: M-6
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ESCALA: 1:30,000			

48.33%, con pendientes 2-15%, es la unidad fisiografía con mayor extensión lo cual favorece para la recarga de los acuíferos; Laderas de Montañas Bajas Allanados, Laderas de Montañas Bajas Empinadas, Laderas de Montañas Bajas Fuertemente Inclínados, Laderas de Montañas Bajas Ligeramente Inclínados, Laderas de Montañas Bajas Moderadamente Empinadas que abarcan 1.85 km² y Laderas de Montañas Bajas Moderadamente Inclínado.

3.5. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

En la geomorfología local se tomó como base metodología el análisis geomorfológico modelo francés elaborado por TRICART (1971) y JOLY (1966), en la microcuenca podemos identificar los siguientes subunidades geomorfológicas:

Cuadro N° 5. Distribución de unidades geomorfológicas en la microcuenca de Chinchero.

UNIDADES MORFO ESTRUCTURALES	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	ÁREA	
			Km ²	%
Altiplano	Llanuras	Llanura Lacustre	5.14	26.3
	Mesetas	Mesetas de Rocas Sedimentarias	9.07	46.4
		Mesetas Kársticas	0.43	2.2
	Colinas Bajas	Colinas de Rocas Sedimentarias	0.63	3.2
	Montañas Bajas	Laderas de Montañas Bajas de Rocas Sedimentarias	4.26	21.8
Total			19.53	100.0

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

3.5.1. LLANURAS

3.5.1.1. Llanura Lacustre

Esta unidad es de relieve allanado a ligeramente inclinado, con pendientes que varían entre 0-4 %, se trata de zonas de inundación conformado por arcillas,

diatomitas y limos, ocupando una extensión de 5.14 km² que representa el 26.34 % del área total del estudio, identificado a lo largo del sector de mermepampa.

3.5.2. COLINAS BAJAS

3.5.2.1. Colinas de Rocas Sedimentarias

Son geoformas de apariencia ondulada y redondeada con pendientes que varían de 8-15 %, producto de la erosión de las lutitas de la formación Maras, identificados al sur de la laguneta de Uchuychaparccochoa.

3.5.3. MESETAS

3.5.3.1. Mesetas Kársticas

Geoformas kársticas, en medio de estas estructuras geomorfológicas también se identificó dolinas, con pendientes llano a moderadamente empinado, ocupando una extensión de 0.43 km², identificados en el sector Nueva Yanacona.

3.5.3.2. Mesetas de Rocas Sedimentarias

Caracterizado por presentar relieves planicies a moderadamente empinados, producto de la erosión de las lutitas de la formación Maras, abarcan una extensión de 9.07 km² que representa el 46.4 % del área total de la microcuenca, identificados en el sector de Umanes, Nuevo Triunfo, Chaquelccochoa, Olones y Muyuri.

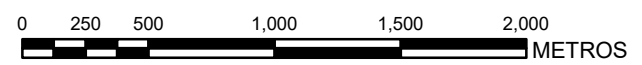
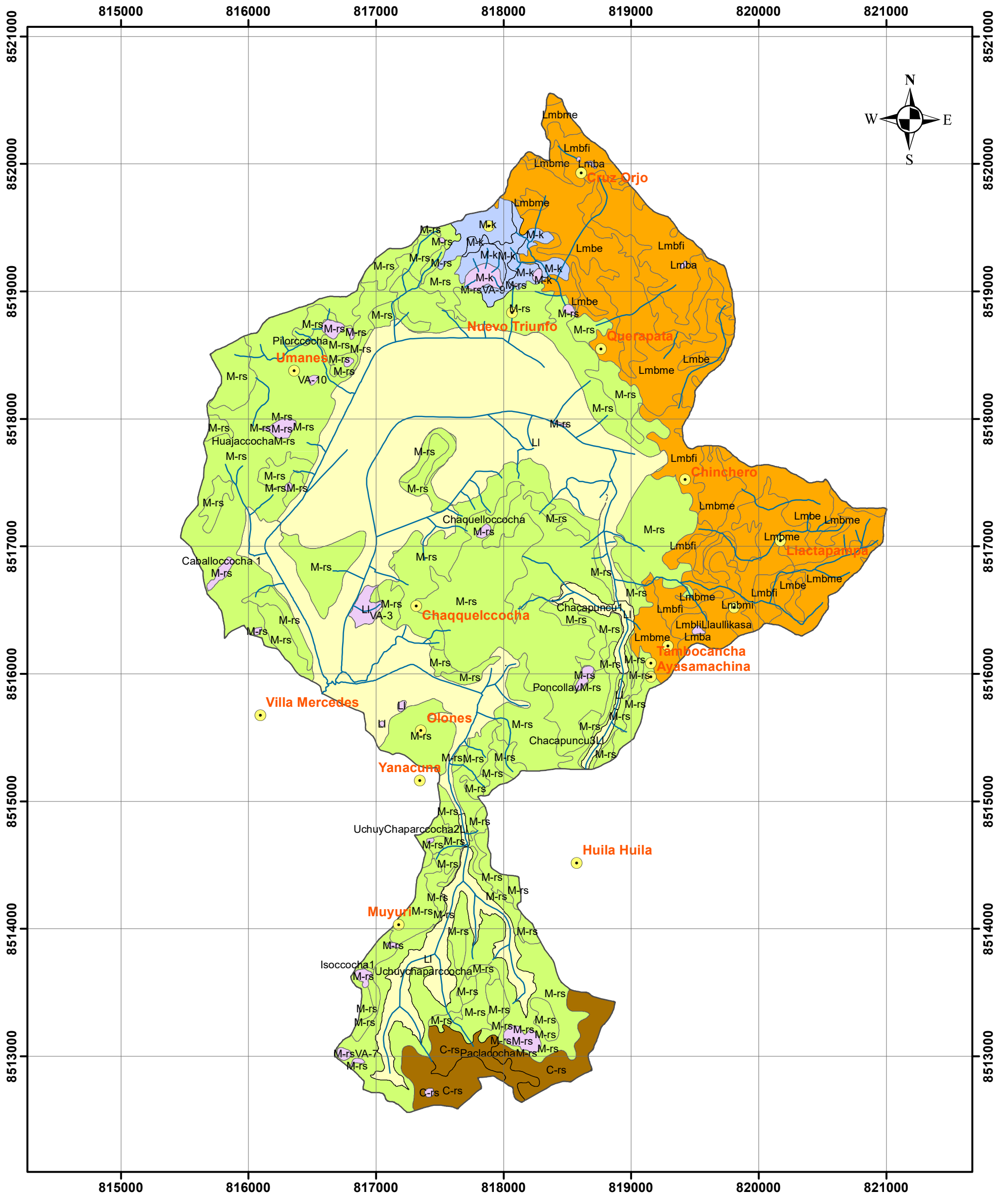
3.5.4. MONTAÑAS BAJAS

3.5.4.1. Laderas de Montañas Bajas de Rocas Sedimentarias

Vertientes moderadamente empinadas a empinados (15-50%), que se caracteriza por presentar disecciones producto de la erosión hídrica, ubicadas entre las altitudes de 3740 a 3965 m.s.n.m, distribuidas en la parte alta de la microcuenca, ocupando una área de 4.26 km² que representa el 21.8 % del área total de la microcuenca de Chinchero.

3.5.5. DOLINAS Y UVALAS

Las Dolinas y Uvalas, en la microcuenca de Chinchero, se formaron a través de proceso geodinámica de karsificación interna, es decir en síntesis, por disolución de las de las calizas y dolomías, posteriormente hundiéndose o colapsándose. Estas unidades geomorfológicas presentan formas de ondulaciones en el terreno, donde sus pendientes de las paredes verticales varían de 4 % a 50 %. En estas geoformas se formaron algunas lagunetas en la microcuenca como: Llaullikasa, Poncollay, Paclaccocha, Chaquellcocha, Caballococha, Quellhuaccocha, Pilorcocha, Huajaccocha. También los 10 vasos de almacenamiento identificados en la microcuenca son dolinas. Ocupan una área de 0.29 km², que representa 1.5 % del área total de la microcuenca.



LEYENDA	
GEOMORFOLO	
	Llanura Lacustre
	Colinas de Rocas Sedimentarias
	Mesetas Kársticas
	Mesetas de Rocas Sedimentarias
	Laderas de Montaña baja de Rocas Sedimentarias
	Dolinas y Uvalas

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: GEOMORFOLÓGICO LOCAL			
UBICACIÓN:	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ENERO-2019	M-7
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			

3.6. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA

3.6.1. GENERALIDADES

Las características morfométricas de una microcuenca son elementos que tienen una gran importancia en el comportamiento hidrológico de la misma. Dichas características físicas se clasifican en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la subcuenca, y las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, etc.

Existe una estrecha correspondencia entre la geomorfología y las aguas subterráneas condicionadas por la geología.

3.6.2. SUBDIVISIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA

La microcuenca de Chinchero es de nivel 4, tiene un aporte efectivo de caudal y su categoría de Microcuenca está basada en la metodología de priorización de cuencas realizada por la DSMS-DGASI – 1983 (ver tabla N°1).

Tabla N° 1. Unidades Hidrográficas y Rango

Unidad Hidrográfica	Área (Km ²)	N° de Orden del Río
Quebrada (muy pequeña)	< 10	1° y 2°
Microcuenca (pequeña)	10-100	1°, 2° ó 3°
Sub Cuenca (mediana)	100-700	4° ó 5°
Cuenca (grande)	700-6000	6° a más

Fuente: DSMC-DGASI / Lima, 1983 – Metodología de Priorización de Cuencas.

La microcuenca de Chinchero tiene una área de 19.53 km², por ende es clasificado como Microcuenca.

3.6.3. ELEMENTOS DE DELIMITACIÓN

3.6.3.1. Área de la Microcuenca (Ac).

El área de la Microcuenca está definida en función de la línea divisoria de las aguas. Para la delimitación de la superficie de la microcuenca se utilizó software Arcgis 10.3.

$$\text{Superficie de la Microcuenca (Ac)} = 19.53 \text{ Km}^2$$

3.6.4. ELEMENTOS DE DISTANCIA

3.6.4.1. Perímetro

Es todo el contorno determinado a partir de la línea divisoria de aguas, este elemento influye en la forma y tiempo de concentración de la cuenca.

$$\text{Perímetro de la Microcuenca (P)} = 26.64 \text{ km}$$

3.6.4.2. Longitud Axial

Es la distancia de línea recta desde el punto de descarga del río principal al punto más lejano de la microcuenca.

$$\text{Longitud Axial (Lax)} = 6.81 \text{ km}$$

3.6.4.3. Ancho Promedio

El ancho promedio se define como la relación entre el área (Ac) y la longitud axial de la microcuenca (Lax) y se designa por la letra Ap.

$$\text{Ancho promedio (Ap)} = 2.87 \text{ km}$$

3.6.5. ELEMENTOS DE FORMA

3.6.5.1. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius.

Está definido como la relación entre el perímetro de la cuenca (P en km) y la circunferencia de un círculo de área igual a la de la microcuenca (Ac en km²):

$$A = \pi R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

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

Donde R es el radio del círculo equivalente en área a la cuenca. Por la forma como fue definido: $K \geq 1$. Obviamente para el caso $K = 1$, obtenemos una cuenca circular.

Tabla N° 2. Coeficiente de Compacidad

Rango	Forma
1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda (compacta).
1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblonga.
1,50 – 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga.
>1,75	Casi rectangular (alargada).

Fuente: FAO, 1985.

El coeficiente de compacidad de la microcuenca Chinchero (K_c) = 1.701

La microcuenca presenta una forma rectangular oblonga, según la clasificación de FAO, 1985.

3.6.5.2. Factor de Forma de Horton

Expresada como la relación entre ancho promedio y la longitud axial de la microcuenca, está dado por:

$$K_f = \frac{B}{L} = \frac{Ac}{Lax^2}$$

Tabla N° 3. Factor de Forma de Horton.

Factor de Forma	Tipo de forma
1,00	Cuadrado con salida central.
0,79	Circular o redonda.
0,50	Cuadrado con salida lateral.
0,40 y 0,50	Oval.
<0,30	Rectangular alargada.

Obteniéndose para la microcuenca de Chinchero el valor de $K_f = 0.42$ que nos indica una microcuenca de forma Oval.

3.6.6. ELEMENTOS DE RELIEVE

Para realizar los cálculos de la altitud media, mediana de la altitud y curva hipsométrica de desarrolla el siguiente cuadro:

Cuadro N° 6. Datos para el Cálculo de elemento de relieve.

COTA	ALTITUD MEDIA	AREAS PARCIALES (ai)		Hi*ai	AREA ACUMULADA	AREA SOBRE COTAS
		Km2	%			
msnm	hi			Km2. m	Km2	Km2
3700	-	0.00		-	0	19.53
3725	3712.5	8.58	43.94	31857.27	8.58	10.95
3750	3737.5	6.46	33.10	24160.61	15.05	4.48
3775	3762.5	1.58	8.11	5958.46	16.63	2.90
3800	3787.5	0.67	3.43	2535.71	17.30	2.23
3825	3812.5	0.51	2.62	1947.73	17.81	1.72
3850	3837.5	0.67	3.45	2586.74	18.48	1.04
3875	3862.5	0.72	3.66	2763.46	19.20	0.33
3900	3887.5	0.15	0.77	584.42	19.35	0.18
3925	3912.5	0.11	0.58	445.66	19.46	0.06
3950	3937.5	0.05	0.25	191.12	19.51	0.02
3968	3959.0	0.02	0.08	62.18	19.53	0.00
Area=		19.53		73093.35		

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1. Altitud Media de la Microcuenca

La Altitud Media de la microcuenca se obtiene a través del método de áreas parciales y las alturas medias de cada área parcial, se calcula con la siguiente ecuación:

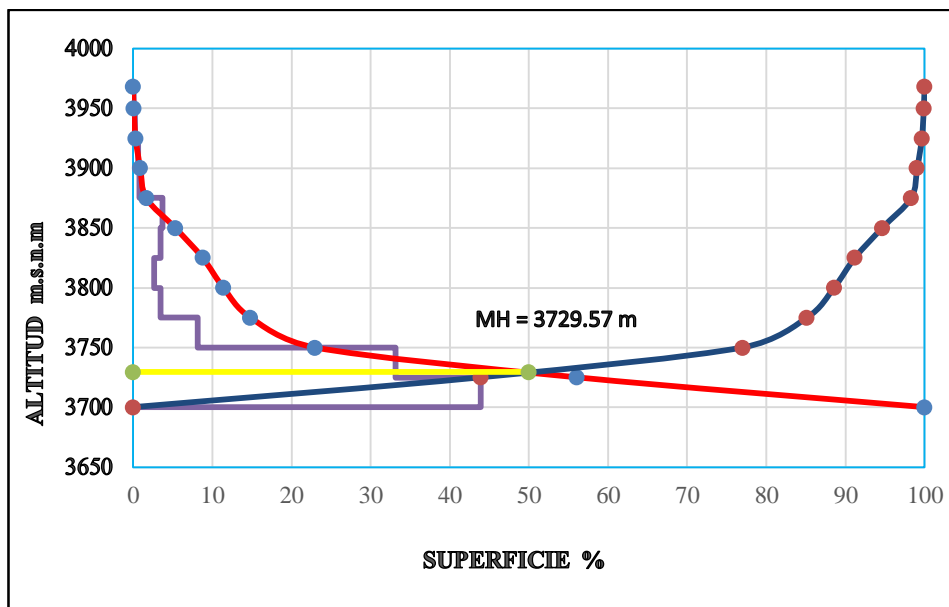
$$H_m = \frac{\sum(ai \times hi)}{A}$$

Obteniéndose para la microcuenca de Chinchero, la altitud media de 3743.10 m.s.n.m.

3.6.6.2. Curva Hipsométrica

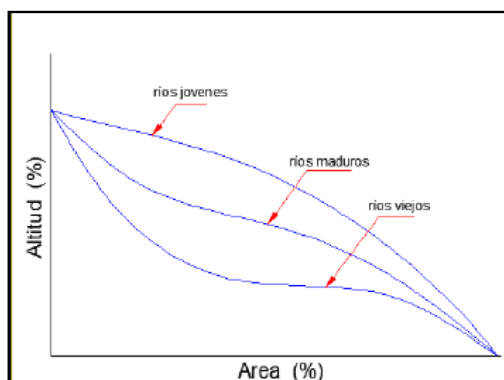
La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. También podría verse como la variación media del relieve de la cuenca. Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas.

Gráfica N° 3. Curva Hipsométrica y Mediana de la Altitud.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N° 1. Tipo río según la curva hipsométrica.



De acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río viejo. Ver Gráfica N° 3 y Imagen. N° 1.

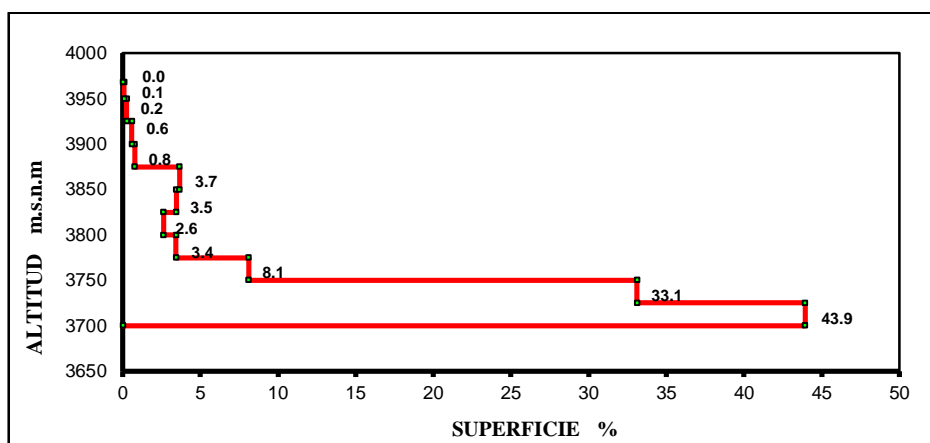
3.6.6.1. Mediana de la Altitud

La Mediana de la Altitud de la microcuenca se obtiene a partir de la curva hipsométrica, que equivale a la cota correspondiente al 50% del área de la microcuenca tal como se muestra en la Gráfica. N°3. Donde nos muestra la mediana de la altitud equivalente a 3729.57 m.s.n.m.

3.6.6.2. Polígono de Frecuencia de Altitudes.

La altitud más frecuente se encuentra entre las cotas 3700 y 3725, que ocupan a su vez el 43.9 % de la superficie total de la microcuenca.

Gráfica N° 4. Polígono de frecuencia de altitudes Mc. Chinchero.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

3.6.7. DECLIVIDAD DE ALVEOS

En el cauce principal y su red tributaria discurren por estas aguas con una velocidad que depende directamente de la declividad de estos.

3.6.7.1. Pendiente media del río (Ir)

Comprende los puntos de su nacimiento y descarga del río Chinchero.

$$I_r = (H_{max} - H_{min}) \times 100 / 1000L_r$$

Donde:

- Ir = Pendiente media del cauce principal (%).
- Hmax = Altura máxima del afluente principal.
- Hmin = Altura mínima del afluente principal.
- Lr = Longitud del Cauce.
- Ir = 1.2 %

3.6.8. DECLIVIDAD DE LOS TERRENOS

3.6.8.1. Pendiente media de la cuenca

La pendiente media de la cuenca constituye un elemento muy importante en el estudio de ésta, pues influye en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce, escurrimiento superficial, infiltración, recarga de acuíferos. Para calcularla se ha empleado el método de intervalos móviles a través del mapa de pendientes con ayuda de un modelo digital de terreno, y un SIG.

Por lo tanto se tiene que:

Al 50 % de superficie, la microcuenca de Chinchero, presenta una pendiente del 4 % de pendiente.

Tabla N° 4. Orden de Magnitud de Relieve por Pendiente

Pendiente media (%)	Tipo de terreno
2	Llano.
5	Suave.
10	Accidentado medio.
15	Accidentado.
25	Fuertemente accidentado.
50	Escarpado.
>50	Muy escarpado.

Fuente: Estudio de identificación de acuíferos en la microcuenca Huaccoto (IMA).

Comparando con los valores de la tabla anterior se puede decir que la microcuenca tiene un relieve que va entre Llano y Suave.

3.6.9. RESUMEN DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

En el cuadro siguiente se presenta de manera resumida los principales parámetros geomorfológicos de la microcuenca de Chinchero.

Cuadro N° 7. Resumen de Parámetros Geomorfológicos

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS	SIMBOL.	UNIDAD	VALOR
1. ELEMENTOS DE SUPERFICIE			
Área Total De La Microcuenca	A	Km ²	19.53
Perímetro	P	Km	26.64
Long. Axial	L.A	Km	6.81
Ancho Promedio	AP	Km	2.87
Centro De Gravedad	Latitud	grados	13°23'20.97''
	longitud	grados	71°4'14.25''
2. ELEM DE FORMA DE LA MICROCUENCA			
Factor Forma	Ff	Kf	0.42
Coefficiente De Compacidad	Kc		1.70
Elongación	El		0.73
Índice De Circularidad	Ic	SCHUM	0.59
Rectángulo Equivalente:			
Lado Mayor	L	Km	11.64
Lado Menor	I	Km	1.68
3. ELEM DE RELIEVE DE LA MICROCUENCA			
Elevación De Los Terrenos:			
Altitud Media.	Hm	m.s.n.m	3743.10
Mediana De La Altitud	Ma	m.s.n.m	3729.57
Altitud Máxima	Hmax.	m.s.n.m	3925
Altitud Mínima	Hmin.	m.s.n.m	3700
4. PENDIENTE MEDIA DE LA MC.			
Línea De Máxima Pendiente	LMP	%	2.81
Declividad Equivalente Constante	S	%	1.70
Tiempo Medio de Concentración	Tm	horas	1.81
Índice De Pendiente	Ip	%	4
Pendiente Media De La Mc.	Pmc	%	2.8
Criterio De Jusstin		%	5.1
Criterio Del Rectan. Equivalente		%	1.9
Coefficiente Orográfico	Co	m ² /km ²	0.72
Coefficiente De Masividad	Cm	m/km ²	191.66

Fuente. Elaborado por los Tesistas.

De los resultados de morfometría obtenidos para la microcuenca de Chinchero, se tiene que:

Cuadro N° 8. Valoración morfométrica resumen de la microcuenca Chinchero.

CARACTERISTICAS	RANGO	CLASE	MICROCUEENCA CHINCHERO	
			VALOR	COMENTARIOS
Superficie (Km2)	0 - 100	Pequeña	19.53	Es considerada una cuenca pequeña
	100 - 700	Mediana		
	700 - 6000	Grande		
Pendiente de la Cuenca (%)	01-15	Llano, suave y Accidentado	4	Presenta pendiente llano a suave
	15 - 30	Fuertemente accidentado		
	30 - 50	Escarpado		
	> 50	Muy escarpado		
Elevación Media (msnm)	0 - 1000	Baja	225	La microcuenca tiene elevación Baja
	1000 - 2000	Mediana		
	> 2000	Alta		
Compacidad	1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda (compacta).	1.70	Rectangular oblonga.
	1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblonga.		
	1,50 – 1,75	Oval Oblonga-Rectangular oblonga.		
	> 1.75	Rectangular (alargada).		
Factor de forma	≤ 0.30	Buena respuesta	0.42	Regular respuesta a las crecidas
	> 0.30	Regular respuesta		
Longitud del cauce (km)	0 - 50	Corto	8.01	Tiene una longitud de cauce corto
	50 - 100	Mediano		
	> 100	Largo		
Pendiente del cauce principal (%)	0 - 1	Bajo	1.2	La microcuenca tiene una pendiente de cauce mediano
	1 - 2	Mediano		
	> 2	Alta		

Fuente. Elaboración propia.

La Microcuenca de chinchero tiene un área de 19.53 Km², una altitud media de 3743.10 m.s.n.m y una pendiente media en el orden de 2.8 % y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río viejo.

El Factor de Forma determinado es 0.42 lo cual nos estaría indicando que esta microcuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de

Compacidad determinado es 1.70 que corresponde a microcuenca de forma Rectangular oblonga

3.7. PARÁMETROS HIDROMORFOMÉTRICOS

3.7.1. FORMA DE DRENAJE

El drenaje de la microcuenca de Chinchero es de tipo dendrítico subparalelo. El control de drenaje es básicamente litológico, erosional y estructural. Ver mapa de sistema de drenajes.

3.7.2. GRADO DE RAMIFICACIÓN

Uno de los criterios para determinar el orden de los ríos en una cuenca es el definido por el modelo de STRAHLER. Según este modelo se toman como canales de primer orden todos aquellos que no tengan afluentes. Cuando se unen dos canales de primer orden forman un canal de segundo orden y así sucesivamente. Para la microcuenca se tiene la siguiente clasificación:

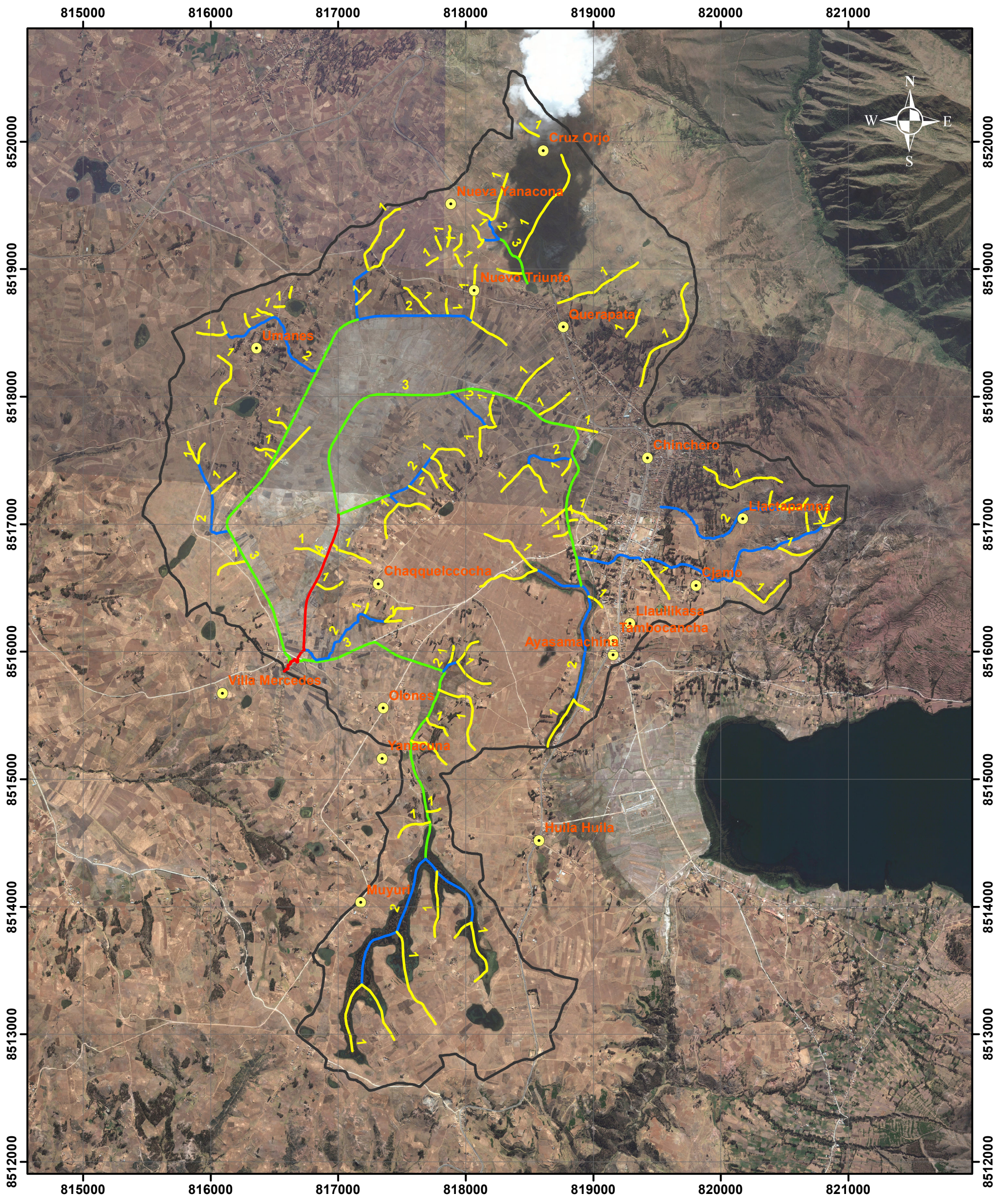
Cuadro N° 9. Orden de drenajes

N° DE ORDEN	ORDEN DE CANALES	LONGITUD TOTAL (m)
1	91	26303.71
2	20	12503.40
3	5	10869.21
4	1	1423.65


Fuente. Elaborado por los Tesistas.

3.7.3. NÚMERO DE ORDEN DEL CAUCE PRINCIPAL

El valor del orden del río principal es de cuarto orden, de un canal con una longitud de 1.42 km.



LEYENDA	
DRENAJE	
	1 Primer Orden
	2 Segundo Orden
	3 Tercer Orden
	4 Cuarto Orden

			
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
SISTEMA DE DRENAJE			
UBICACION: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	FECHA: ENERO-2019	MAPA N°:
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ESCALA: 1:30,000	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	PROCESADO: EN SIG	M-8

3.7.4. DENSIDAD DE DRENAJE

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua: perennes, intermitentes o efímeros de la cuenca y el área total de la misma. Representa la cantidad de kilómetros de curso que existe por cada unidad de superficie.

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

Donde:

- Dd = densidad de drenaje (Km/Km²).
- Lt = longitud total de ríos de la cuenca (Km).
- A = área de la cuenca (Km²).

$$Dd = 2.62 \text{ (Km/Km}^2\text{)}$$

La densidad de drenaje de la microcuenca es de 2.62 km de canales por km².

3.7.5. ORIENTACIÓN DE LA MICROCUENCA.

La microcuenca de Chinchero tiene una orientación predominante de NE-SW.

CAPITULO IV: GEOLOGÍA

4.1. INTRODUCCIÓN

La estratigrafía de la microcuenca de Chinchero corresponde a un episodio sedimentario del Cretácico, terminando en sedimentos recientes del cuaternario.

Litológicamente consta de intercalaciones de lutitas, margas caóticas con horizonte de calizas pertenecientes al Grupo Yuncaypata, seguido por areniscas cuarzosas de la Formación Vilquechico, finalmente los depósitos cuaternarios de origen aluvial, coluvial y lacustre.

4.2. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

4.2.1. FORMACIÓN HUANCANE (CRETÁCEO INFERIOR)

La Formación Huancané reposa en discordancia erosional sobre la Formación Huambutío o directamente sobre el Grupo Mitu. Aflora al norte de río Urubamba entre las provincias de Urubamba y Calca, sur de Oropesa y Rondobamba, donde es parte del anticlinal de Vilcanota.

El Miembro Inferior está compuesto por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco, donde la base de los bancos presenta canales y la granulometría es decreciente, correspondiendo a secuencias de origen fluvial (Carlotto, 1992). El Miembro Superior está constituido por un nivel calcáreo o por niveles finos de lutitas rojas o negras; y la segunda unidad se compone principalmente de barras arenosas masivas con laminaciones oblicuas de origen eólico y fluvial.

4.2.2. GRUPO YUNCAYPATA

4.2.2.1. Formación Maras (Cretáceo Inferior-Superior)

Esta formación aflora en la planicie de Maras-Piuray, Zurite; Carlotto et al., (1996). En estos sectores los afloramientos se presentan de manera caótica.

La Formación Maras está compuesta básicamente por mezclas de yesos y lutitas rojas y más escasamente lutitas verdes y algunos niveles de calizas de espesores delgados (3 a 7 metros). Las lutitas parecen ser de origen lacustre, los yesos de sabkha y las calizas marinas de muy poca profundidad. En la mayoría de los casos, las relaciones de contacto indican su emplazamiento por efectos de diapirismo o tectónico, como se aprecia en las fallas en el límite Altiplano-Cordillera Oriental, o en Occopata. Es difícil calcular el espesor total de esta unidad por la forma caótica de presentarse, pero se puede estimar entre 100 y 400 m, aunque en algunos lugares pueden sobrepasar estos valores por repeticiones tectónicas o por diapirismo Carlotto et al., & Jose Cardenas (1996), Cuadrángulo de Urubamba.

4.2.2.2. Formación Ayabacas (Cretáceo Superior)

La Formación Ayabacas o Calizas Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), aflora también de manera caótica. En muchas zonas no aflora dentro de grupo Yucaypata, en otras zonas aflora de manera abundante, como en Chinchero, Koricancha y al Sur de Ollantaytambo.

Estas calizas se encuentran dolomitizadas, también presenta facies margosas gris oscuras, facies mudstone bioturbadas, facies wackestone-packstone bioclásticas y escasos grainstone con oolitos, Carlotto (1992). Las Calizas Ayabacas se han formado en una plataforma carbonatada poco profunda. Los medios varían de infratidal a intertidal, y hasta supratidal.

4.2.3. FORMACIÓN VILQUECHICO (CRETÁCEO SUPERIOR)

La formación Vilquechico aflora al este del poblado de Chinchero, en el cuadrángulo de Urubamba, 27r.

Areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos a medianos intercalados con limoarcillitas y lodolitas de coloración gris verdosa, beige, pardo amarillento y gris violáceo bien laminadas, intercaladas con calizas y calcaneritas (cuadrángulo de Urubamba, 27r).

4.2.4. FORMACIÓN QUILQUE (PALEOCENO INFERIOR)

Definida por Gregory (1916) y Carlotto (1992). Estas capas rojas reposan en discordancia erosional sobre la Formación Puquín. Aflora suprayaciendo al Grupo Yuncaypata, también aflora al E y NE de la laguna de Piuray, localidad Koricocha y al este de Corao a la base de del Grupo San Jerónimo.

La Formación Quilque aflora es un conjunto de más de 150 m de grano-estrato creciente de lutitas, areniscas de color rojo y conglomerados, estos últimos formados por la erosión de costras calcáreas y calizas.

4.2.5. FORMACIÓN CHILCA (PALEOCENO SUPERIOR)

Esta unidad ha sido definida en Sicuani por Audebaud (1973) y Carlotto, (1992). Esta formación se encuentra en discordancia erosional sobre la Formación Quilque.

Litológicamente está constituido por lutitas rojas con láminas de yeso, margas y areniscas calcáreas de medios lacustres, que pasan gradualmente a areniscas rojas feldespáticas de un sistema fluvial de canales entrelazados, más de 100 m de espesor.

4.2.6. GRUPO SAN JERÓNIMO

Una potente serie roja de origen continental de más de 6000 m de espesor conocida como Grupo San Jerónimo (Córdova, 1986), aflora ampliamente en la región de Cusco y Sicuani.

4.2.6.1. Formación Kayra (Eoceno Inferior)

Definido por Córdova, (1986) y Carlotto, (1998). La Formación Kayra aflora ampliamente al norte de Limatambo y Huarocondo, también aflora al norte de la falla Tambomachay hasta las lagunas de Piuray y Koricocha donde forma el Anticlinorio de Piuray (Casos, 1991; Carlotto et al., 1994).

Está constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. Este conjunto se desarrolló en un medio fluvial entrelazado y llanura de

inundación. La parte media-superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado. Hacia el sur las facies se hacen más gruesas y aparecen los conglomerados. La formación acaba con facies areno-pelíticas de llanura de inundación y canales divagantes. Descrita por Córdova (1986).

4.2.6.2. Formación Soncco (Eoceno superior - Oligoceno Inferior)

La Formación Soncco sobreyace concordantemente o en discordancia progresiva a la Formación Kayra. Aflora en los mismos lugares donde lo hace la Formación Kayra.

La Formación Soncco se divide en dos miembros: el Miembro I o inferior (200-300 m) está constituido por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles de areniscas finas (con mineralización de cobre). El Miembro II o superior (1000-2000 m) está compuesto por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos de un sistema fluvial altamente entrelazado de procedencia S y SO. (Córdova, 1986).

4.2.7. FORMACIÓN CHINCHEO (PLIOCENO)

La Formación Chinchero (Cabrera, 1988), aflora en la zona de Chinchero, en la falda Sur del cerro Sencca, en los alrededores de la laguna Huaypo y en las faldas del cerro Moyontuyoc.

Litológicamente está constituida de brechas que tienen una matriz arcillo-arenosa. Los clastos provienen de la erosión de las formaciones Maras, Ayabacas y Puquín, es decir calizas, yesos y lutitas de diferentes colores. Los depósitos corresponden a conos.

4.2.8. FORMACIÓN RUMICOLCA (PLEISTOCENO)

Se denomina Formación Rumicolca (Mendivil y Dávila, 1994) a un conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas que afloran a lo largo del límite Altiplano-Cordillera Oriental. Se identificaron los cuerpos por Pisac, Koricocha, Huarocondo, Moray, Maras, etc. Cuadrángulo de Urubamba 27r.

Se trata de lavas generalmente de color oscuro, de negro a gris. Específicamente correspondiente a rocas ígneas; andesitas, dacitas y traquitas ricas en potasio, así como shoshonitas.

4.2.9. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (PLEISTOCENO)

La Formación San Sebastián fue definida por Gregory (1916), en la depresión de Cusco. Fue identificado en la pampa de Piuray-Maras.

Caracterizada por formar dos secuencias (Cabrera, 1988): la primera, grano decreciente, está constituida por secuencias de areniscas fluviales de canales entrelazados deltaicos, y lutitas lacustres o palustres. Niveles diatomíticos y calcáreos caracterizan la parte superior. La segunda, grano creciente, está compuesta por conglomerados y areniscas de conos-terrazas fluvio-torrenciales, que indican el cierre de la cuenca. Este cierre está expuesto por la presencia de estructuras compresivas sinsedimentarias (Cabrera, 1988).

4.3. ESTRATIGRAFÍA LOCAL

4.3.1. GRUPO YUNCAYPATA

4.3.1.1. Formación Maras (Ki-ma)

Esta unidad se presenta de manera caótica es decir forman una mezcla de yesos, lutitas y escasos niveles de caliza, en la zona las lutitas predominan hacia la parte baja y media de la microcuenca, en algunos sectores se encuentra asociado a margas detritos producto de la deformación diapírica. Representa el 56.3 % del área total de la Microcuenca.

Fotografía N°1. Afloramiento de formación Maras al este del Poblado de Chinchero



Fuente: Propia.

4.3.1.2. Formación Ayabacas (Ki-ay)

Estas calizas Ayabacas representan una secuencia del Grupo Yuncaypata, cuyo afloramiento se da en forma dispersa hacia la superficie, afloran en la parte alta de la microcuenca, específicamente en los sectores de Nuevo Triunfo, Querapata y Llactapampa, ocupando una extensión de 0.82 km², que representa el 4.2 % del área total de estudio.

Su litología se le puede apreciar en forma diferente, desde dolomitizadas, estratos margas gris oscura (facies mudstone bioturbada), con perfiles estratigráficos poco diferenciados, teniendo con mayor visibilidad las fracturas en diversas direcciones cuya porosidad secundaria sería las zonas de recarga de los acuíferos kársticos.

Fotografía N°2. Afloramiento de caliza sector Llactapampa.



Fuente: Propia.

4.3.2. FORMACIÓN VILQUECHICO (KS-VI)

Esta unidad se le encuentra en la parte NE del área de estudio, ocupan el 0.3 % de área total. Está constituido por Areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos con intercalación de areniscas rojizas y lutitas.

Esta unidades hidrogeológicamente son buenos acuíferos pero en presencia de estructuras de control (Fallas, pliegues y diaclasas) del agua subterránea.

Fotografía N°3. Afloramiento Formación Vilquechico hacia el este del poblado de Chinchero.



Fuente: Propia.

4.3.3. FORMACIÓN CHINCHERO (NP-CC)

Estos depósitos de edad pliocena se le pueden ubicar en las laderas NE del poblado de Chincheros, se presenta en una extensión de 1.05 Km² que representa el 5.4% del área de la microcuenca.

Esta unidad se encuentra conformada por secuencias fluvio-torrenenciales por la que su litología consta de brechas, con una matriz arcillo-arenosa, cuyo origen se debe a la erosión de las calizas, yesos y lutitas de diversos colores pertenecientes al Grupo Yuncaypata.

Fotografía N°4. Depósitos de brechas de la Formación Chinchero.



Fuente: Propia.

4.3.4. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

4.3.4.1. Depósitos Lacustres (Q-la)

Estos depósitos afloran en la planicie de Mermepampa, ocupando una extensión de 4.30 km², representa el 22% de la microcuenca.

Litológicamente son acumulaciones de arcillas, limos, arenas y principalmente diatomitas cuyo deposición se dio en los proceso de sedimentación y colmatación de la laguna de Chincheros en el pleitoceno. La presencia de fósiles de

gasterópodos hace presumir que sea de un medio lacustre altamente carbonatado, cuya matriz es básicamente calcáreo y fino, conformado diversos horizontes con diversas coloraciones, intercalados con estratos de turba y arcillas rojas cercanos a horizontes lutíticos.

Estos depósitos se encuentran propenso a la saturación de agua por encontrarse su nivel freático básicamente superficial al suelo, por la que la agricultura es temporal.

Fotografía N°5. Aforamiento de diatomeas en sector de Mermepampa



Fuente: Propia.

4.3.4.2. Depósitos Palustres (Q-pal)

Se identificó en el sector de poblado de Chinchero, en una extensión de 0.43 Km². Son acumulaciones bioturbada producto del estancamiento en forma de bofedales cuyos depósitos son esencialmente orgánico de turba, arcilla limosas negras. Esta áreas son consideradas básicamente superficiales donde la actividad agrícola es permanente cuyo nivel freático se encuentra por debajo del 2 m.

4.3.4.3. Depósitos aluviales (Q-al)

Son deposiciones producto del acarreo aluvial cuya sedimentación se dio en los pies de colina y conos aluviales, del poblado de Chincheros de una manera de terrazas aluviales, ocupando una extensión 0.54 Km² en la microcuenca, que se extiende de Sur a Norte del poblado de Chincheros. Su litología es básicamente de arena, grava, en un matriz limo arcilloso.

Fotografía N°6. Afloramiento de un depósito Aluvial en el Poblado de Chinchero.



Fuente: Propia.

4.3.4.4. Depósitos Coluviales (Q-co)

Afloran al pie de las lomadas del sector Chaquelccochoa, ocupando una extensión de 0.01 Km².

Son depósitos de acumulaciones de material removido por la gravedad y actividad agropecuaria, cuya ubicación se da en las laderas al pie de lomadas. Las características litológicas son heterogéneas y mezcladas de lutita, limolita roja y a veces y ocasionalmente de otros colores, dependiendo de la ubicación del estrato rocoso que la acompaña.

Fotografía N°7. Afloramiento de Limolita rojas y Lutitas amarillos de depósitos Coluviales.



Fuente: Propia.

Cuadro N° 10. Distribución de Unidades Geológicas en la Microcuenca.

UNIDAD ESTRATIGRAFICA	AREA	
	Km2	%
Depósitos Coluviales	0.01	0.1
Depósitos Aluviales	0.97	2.8
Depósitos Palustres	0.43	2.2
Depósitos Lacustres	4.30	22.0
Formación Chincheros	1.05	5.4
Formación Vilquechico	0.06	0.3
Formación Ayabacas	0.82	4.2
Formación Maras	10.99	56.3
Lagunetas	0.90	4.6
Total	19.53	100.0

Fuente. Elaborado por los Tesisistas.

4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Estructural y tectónicamente la zona de estudio es el producto de diversos episodios tectónicos cuya evolución paleogeografía del relieve, se debe en gran parte a la composición litológica caótica y altamente susceptible a las aguas pluviales de remodelamiento que han originado la depresión de Chinchero.

4.4.1. SISTEMA DE FALLAS

4.4.1.1. Falla Tambomachay

Se trata de una falla inversa que se ubica al sur de la microcuenca de Chinchero, pone en contacto las formaciones del Grupo Yuncaypata (Cretácico) con las del Grupo San Jerónimo (Eoceno-Oligoceno), tiene una dirección de NO-SE y un buzamiento entre 60 y 70°, hacia sur (Cabrera, 1988).

4.4.1.2. Falla Piuray

Ubicado al NE del poblado de Chinchero, esta estructura de tipo Inverso que se presenta con una dirección de SE-NO, con un buzamiento entre 65 y 70° hacia el NE. Pone en contacto las Formación de Vilquechico y Grupo San Jerónimo con el Grupo Yuncaypata.

Esta falla controla los anticlinales y sinclinales a escala local al NE de la laguna Piuray, también controla las surgencias de aguas subterráneas en el sector de Querapata y Llactapampa en la microcuenca de Chinchero.

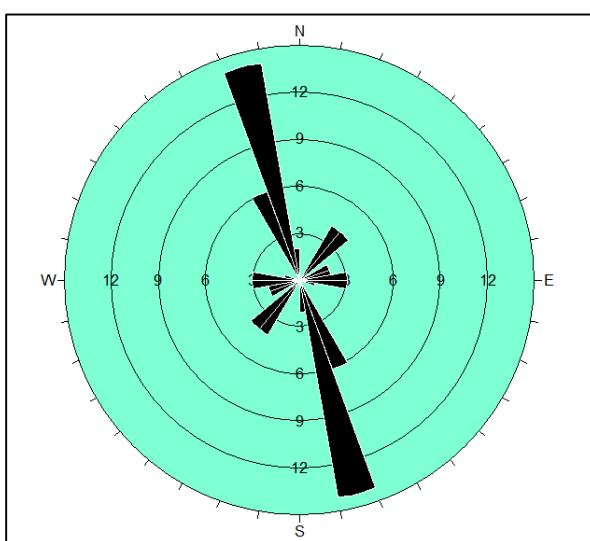
4.4.1.3. Falla Inferido

Es una falla inferida, ubicado al NO del poblado de Chinchero, con dirección de NO-SE y buzando hacia el Sur, probablemente se trate de una falla inversa. Esta estructura corta el Grupo Yuncaypata, permitiendo el flujo y surgencias de aguas subterráneas hacia el NO de la microcuenca de Chinchero.

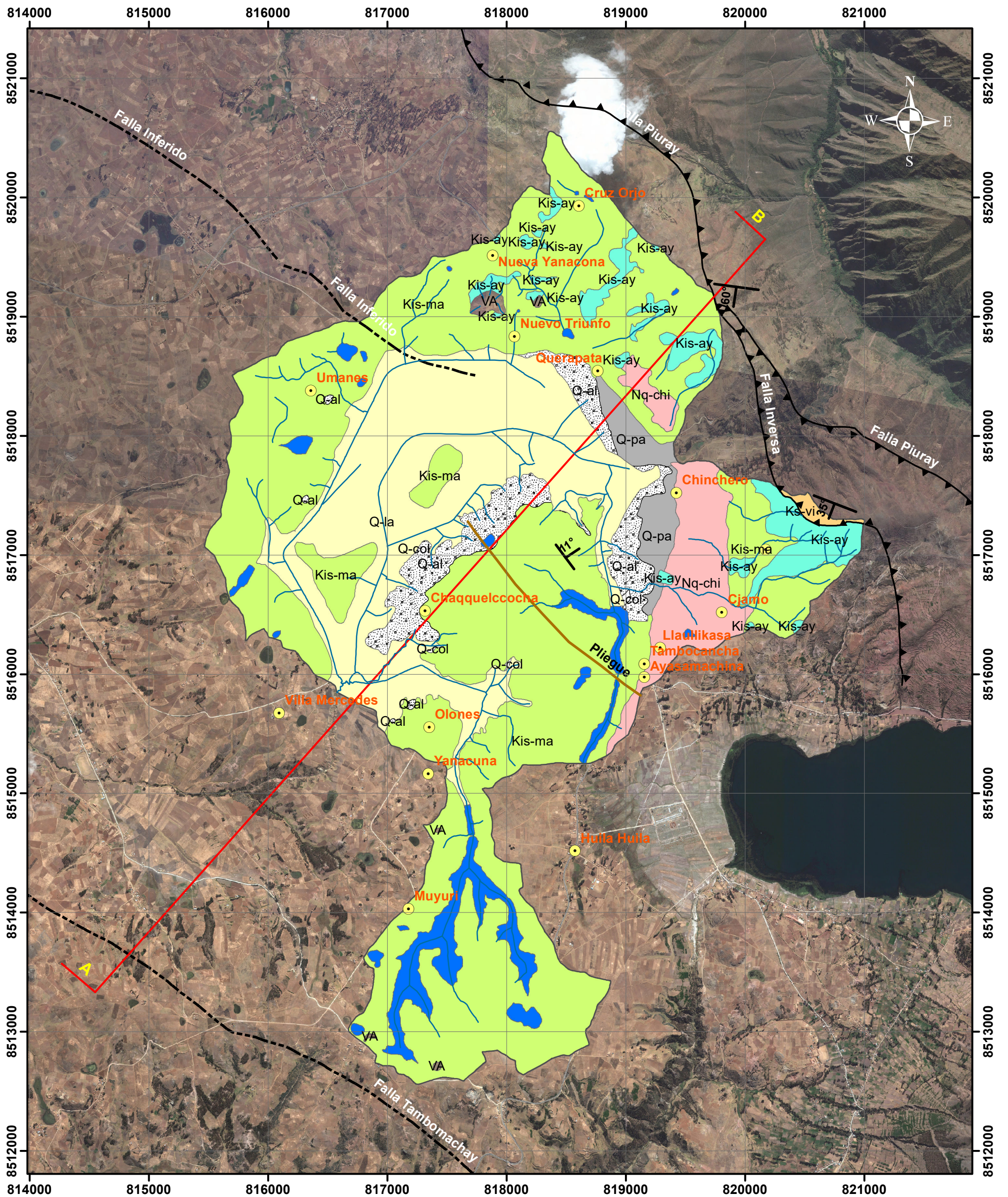
4.4.2. FRACTURAS Y DIACLASAS

Las fracturas o diaclasas son estructuras formadas a partir de plegamientos, fueron identificados en la Formación de Vilquechico, ladera del cerro Llutupuquio. Por medio de estas fracturas las aguas fluye para la recarga de aguas subterránea. Por ende es de vital importancia el estudio de ellas. Cabe señalar también que el flujo aguas se determina por el sistema de fallas de mayor abundancia en la zona, la dirección de predominancia es NW-SE, ver diagrama de Fracturas.

Gráfica N° 5. Diagrama de fracturas en la Formación Vilquechico.

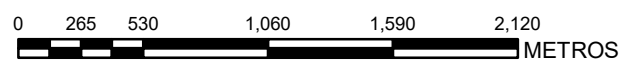



Fuente: Elaboracion Propia (Graficado por medio Sorftware Rocscience Dipsv5).



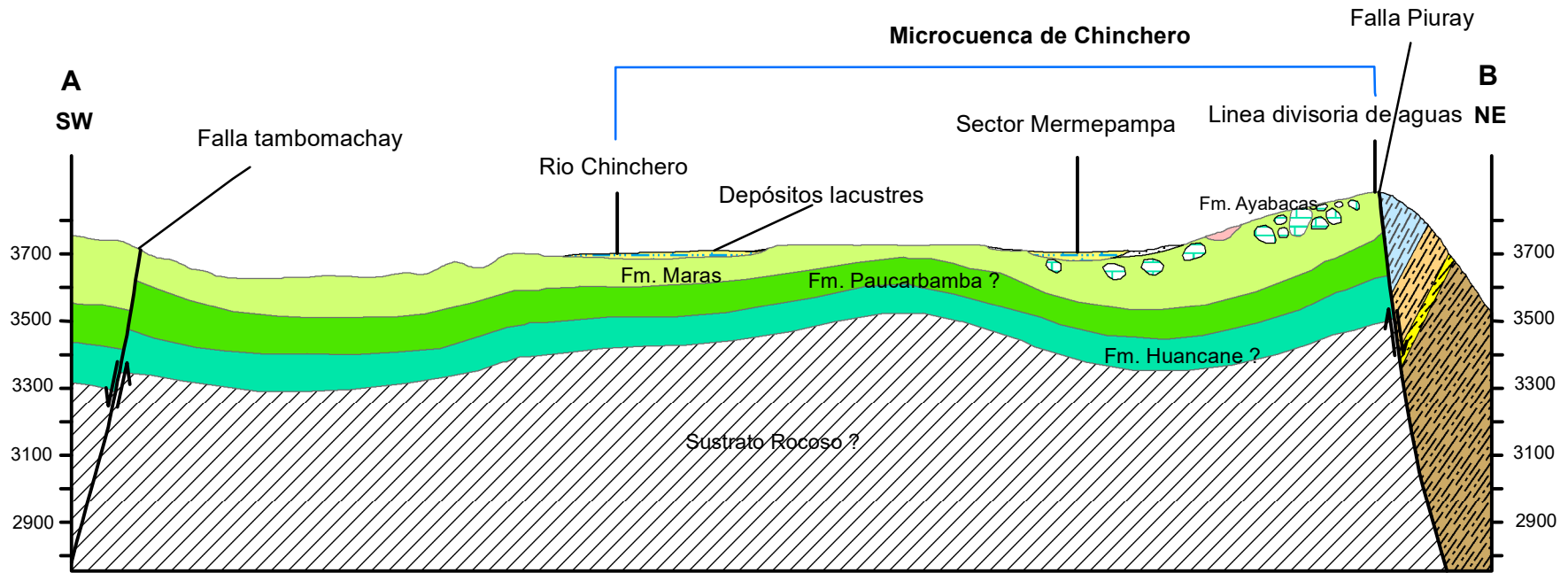
LEYENDA	
	Rumbo
	Pliques ?
Unidades Geológicas Locales	
	Depósito Coluvial
	Depósitos Aluviales
	Depósitos Bofedales
	Depósitos Lacustres
	Depósitos Palustres
	Fm. Chincheros
	Fm. Vilquechico
	Fm. Ayabacas
	Fm. Maras
	Lagunetas

SIMBOLOGIA	
	Sector
	Rumbo
	Pliques ?
	Ríos
	Sección A-B
Falla	
	Inferido
	Inversa



 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO		MAPA: GEOLÓGICO LOCAL	
UBICACIÓN: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	FECHA: OCTUBRE-2019	MAPA Nº: M-9
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L REFERENCIA: INGEMMET ESCALA: 1:30,000	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	PROCESADO: EN SIG	

SECCIÓN GEOLÓGICA



Ev 1: 20,000
Eh 1: 40,000

LEYENDA	
— Fallas Inversas	Fm. Quique
Unidad Geológica	Fm. Vilquechico
Depósitos Aluviales	Fm. Ayabacas
Diatomitas, limos, arenas y arcillas	Fm. Maras
Depósitos Pacustres	Fm. Paucarbamba
Fm. Chinchero	Fm. Huancane
Fm. Kayra	Sustrato Rocoso
Fm. Chilca	

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V: HIDROMETEOROLOGÍA

5.1. PLUVIOMETRÍA

5.1.1. GENERALIDADES

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Para poder explicar de mejor forma el suceso de la escorrentía superficial en la microcuenca de Chinchero, es necesario relacionarla con la precipitación y de esta forma, no sólo validar la información histórica disponible, sino también practicar una modelación matemática que reproduzca el proceso precipitación – escorrentía, para lo cual se requiere previamente cuantificar la incidencia simultánea de la precipitación sobre la microcuenca, a lo que denominamos cálculo de la precipitación areal utilizando métodos convencionales de cálculo.

5.1.2. RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

La Microcuenca de Chinchero, no cuenta con estación Meteorológica propia, pero si la cuenca del rio Vilcanota del que es parte esta microcuenca; así mismo fuera de esta microcuenca pero cercanas a ella existen estaciones meteorológicas que circundan esta cuenca.

En el Cuadro N° 11 podemos observar las 05 estaciones pluviométricas utilizadas para la regionalización de datos, en donde se muestra su ubicación, altitud, periodo de información disponible.

Cuadro N° 11. Ubicación de estaciones meteorológicas empleadas en el estudio.

Nombre	Tipo	Ubicación			latitud	Long.	Altitud	Periodo
	(**)	Dpto.	Prov.	Dist.			(msnm)	
K'ayra	MAP	Cusco	Cusco	S. Jerónimo	13° 34'	71°54'	3,219	1976- 2015
Corpac	CO	Cusco	Cusco	Wanchaq	13° 32'	71°56'	3,248	1976- 2015
Ancachuro	CO	Cusco	Anta	Anta	13°30'	72°10'	3390	1976- 2015
Pisac	CO	Cusco	Calca	Pisac	13° 24'	71°46'	2900	1976- 2015
Yauri	CO	Cusco	Espinar	Yauri	13° 49'	71° 25'	3957	1976- 2015

Fuente: SENAMHI

5.1.3. PRECIPITACIÓN.

El estudio de la precipitación es importante, porque es el factor determinante del escurrimiento superficial en la microcuenca.

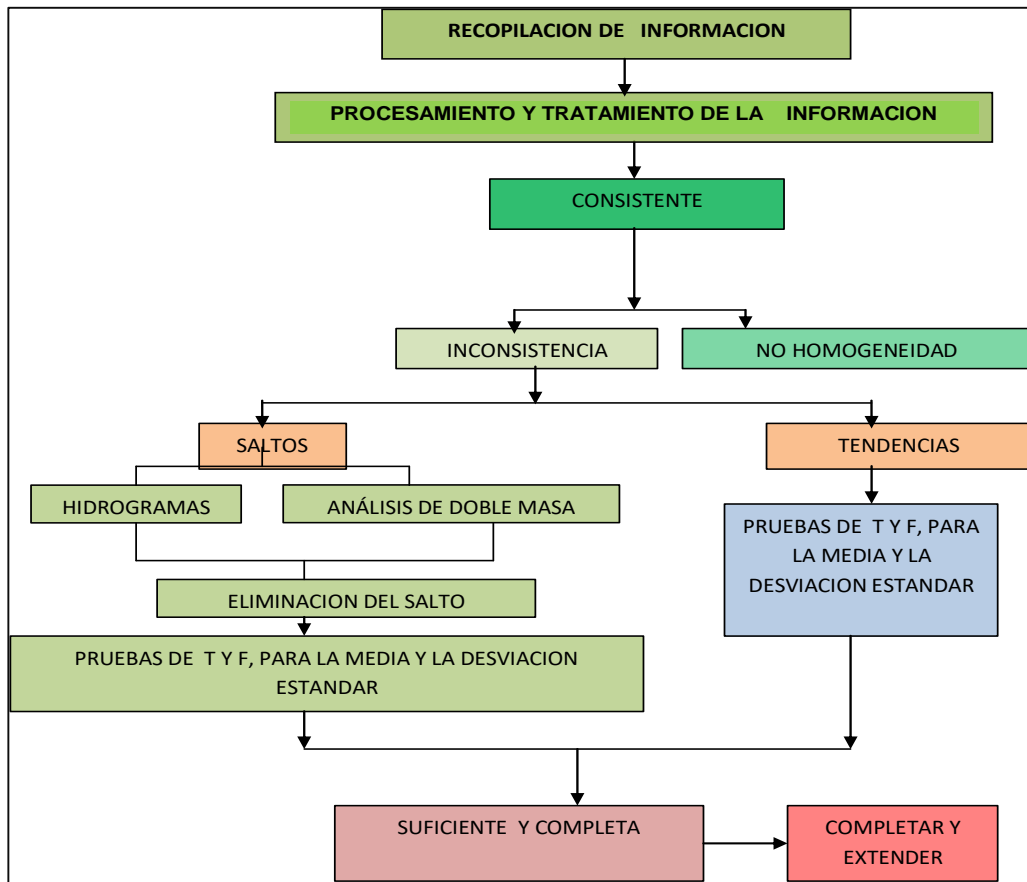
Para el presente estudio Hidrogeológico, se utilizó 05 estaciones meteorológicas, Kayra, Corpac, Pisac, Ancachuro y Yauri (ver Cuadro N° 24) que tienen períodos de registro variables, la mayoría procede desde el año 1976. Existen muchos registros con datos discontinuos y con datos faltantes, lo cual dificulta su utilización directa.

5.1.3.1. Metodología de análisis y tratamiento de la información de la precipitación.

Debido a la carencia y/o falta de registros en algunos meses y años en las estaciones, se realizó un análisis gráfico, análisis estadístico y un proceso de completación y extensión de los registros pluviométricos, concluyendo con pruebas de bondad de ajuste por el método de Smirnov - Kolmogorov.

Todo procedimiento de análisis de consistencia realizado a los registros de las estaciones meteorológicas involucradas en el estudio, se resumen en el diagrama siguiente:

Diagrama N° 1. Metodología de tratamiento de registros pluviométricos



Fuente: Estudio de Identificación de Acuíferos de la Microcuenca de Huaccoto (IMA).

5.1.3.2. Análisis de consistencia de datos

El análisis de consistencia de la información hidrometeorológica es una técnica que permite detectar, identificar, cuantificar, corregir y eliminar los errores sistemáticos de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie hidrometeorológica. Los Análisis que fue usado fue:

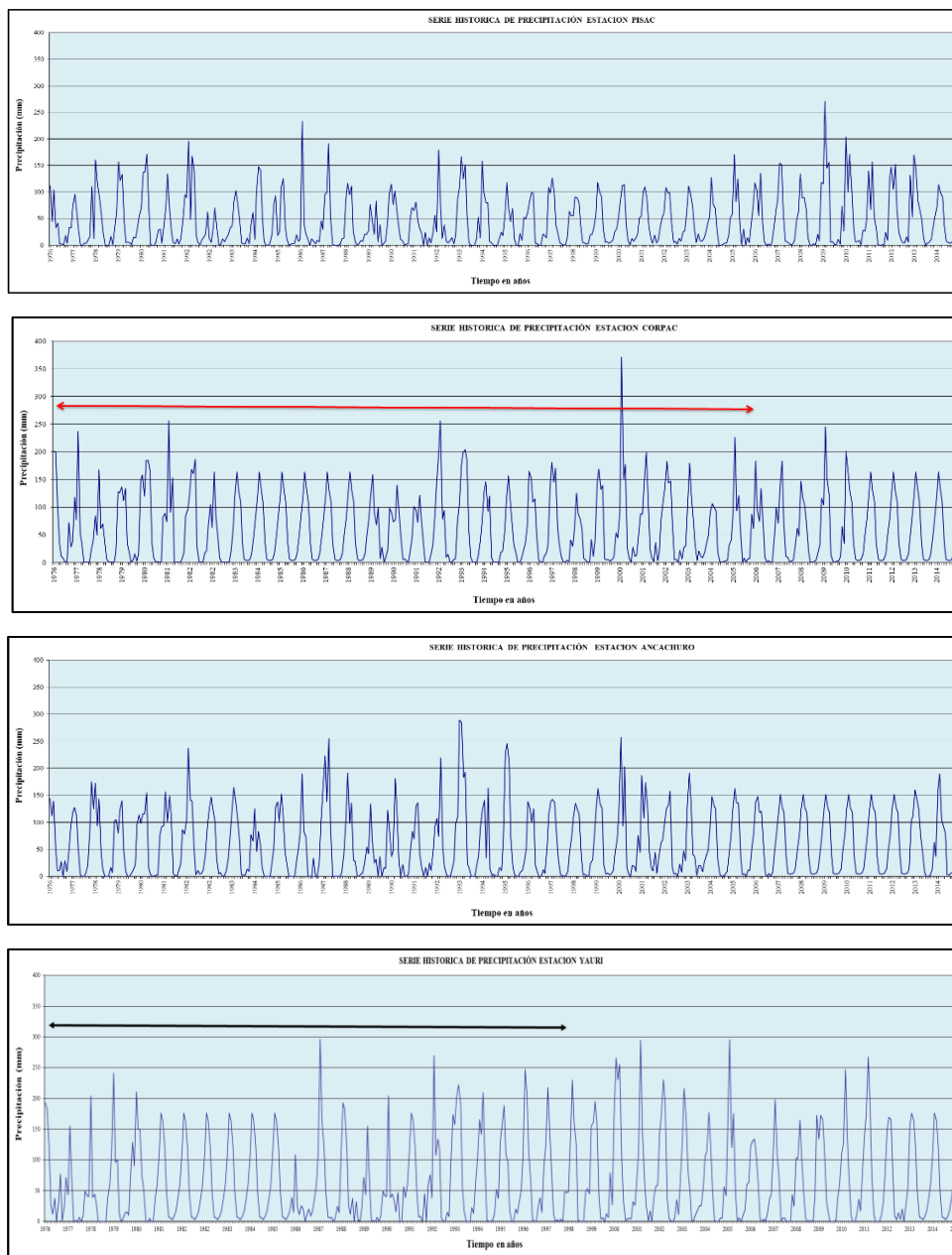
A. Análisis visual de hidrogramas.

Este análisis se realiza para detectar y identificar la inconsistencia de la información pluviométrica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos“ muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”, los cuales se deben comprobarse si son

fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos.

Mediante este análisis resulta que no existe un período dudoso significativo en la serie de las precipitaciones mensuales y anuales, tal como se muestra en los hidrogramas correspondientes.

Gráfica N° 6. Hidrograma de precipitación total anual histórica de las 4 series.



Fuente: Elaboración Propia a base de datos de las estaciones.

B. Análisis de Doble Masa.

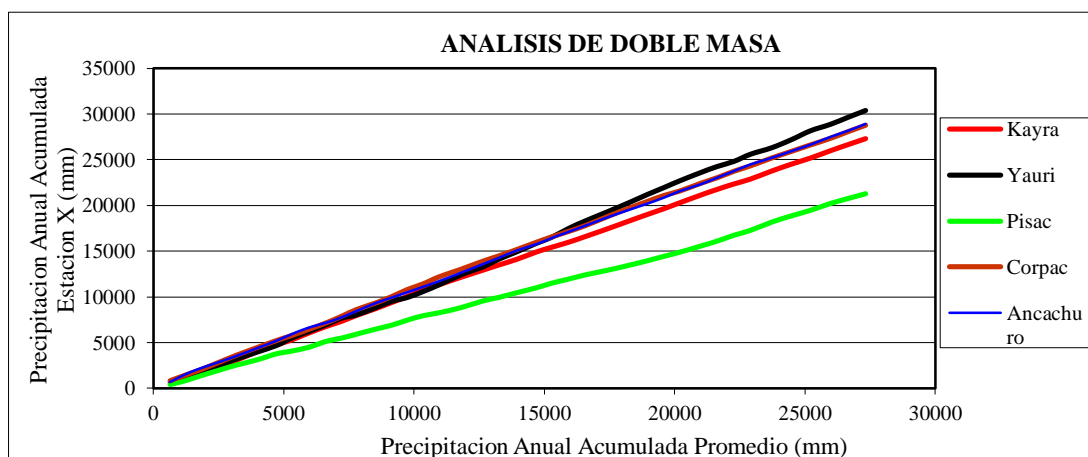
Mediante el análisis de doble masa, se realiza la comparación de la serie de precipitaciones anuales de las estaciones Yauri, Pisac, Corpac y Ancachuro con la estación base Kayra, no muestran quiebres significativos, las curvas de doble masa tienden mantenerse la pendiente. Aunque muestran pequeños quiebres en el análisis de doble masa, dichos quiebres serán evaluadas en el análisis estadístico.

Cuadro N° 12. Análisis de doble masa de las precipitaciones anuales (mm).

Años	ESTACIONES										PROMEDIO	
	Kayra		Yauri		Pisac		Corpac		Ancachuro		P men	P acum
	P men	P acum	P men	P acum	P men	P acum	P men	P acum	P men	P acum		
1976	560.3	560.3	775.5	775.5	429.1	429.1	819.4	819.4	671.6	671.6	651.2	651.2
1977	613.1	1173.4	408.4	1183.9	414.7	843.8	601.5	1420.9	824.1	1495.7	572.4	1223.5
1978	664.1	1837.5	522.5	1706.4	557.2	1401.0	623.1	2044.0	696.6	2192.3	612.7	1836.2
1979	600.8	2438.3	783.4	2489.8	584.6	1985.7	779.9	2823.9	651.0	2843.3	680.0	2516.2
1980	619.6	3057.9	697.5	3187.3	555.4	2541.1	759.7	3583.6	656.2	3499.5	657.7	3173.9
1981	922.9	3980.8	757.9	3945.2	566.3	3107.4	825.9	4409.5	833.9	4333.4	781.4	3955.3
1982	786.8	4767.6	757.9	4703.0	695.7	3803.2	817.5	5227.0	863.0	5196.4	784.2	4739.5
1983	484.0	5251.6	757.9	5460.9	262.5	4065.6	499.8	5726.8	659.3	5855.7	532.7	5272.1
1984	800.1	6051.7	757.9	6218.8	443.6	4509.3	719.5	6446.3	769.9	6625.6	698.2	5970.3
1985	727.0	6778.7	757.9	6976.6	653.6	5162.8	719.5	7165.9	544.2	7169.8	680.4	6650.8
1986	563.0	7341.7	711.5	7688.2	355.3	5518.1	719.5	7885.4	591.9	7761.7	588.2	7239.0
1987	630.1	7971.8	345.8	8034.0	417.8	5935.9	719.5	8604.9	669.8	8431.5	556.6	7795.6
1988	735.5	8707.3	791.4	8825.4	554.6	6490.5	719.5	9324.4	868.5	9300.0	733.9	8529.5
1989	690.3	9397.6	699.8	9525.2	442.9	6933.4	719.5	10044.0	616.5	9916.5	633.8	9163.3
1990	641.1	10038.7	408.4	9933.6	536.7	7470.1	746.2	10790.2	568.3	10484.8	580.1	9743.5
1991	682.4	10721.1	647.9	10581.5	484.5	7954.6	626.0	11416.2	601.5	11086.3	608.5	10351.9
1992	609.3	11330.4	741.8	11323.2	325.0	8279.6	774.2	12190.4	624.4	11710.7	614.9	10966.9
1993	799.9	12130.3	1080.1	12403.3	558.0	8837.6	820.9	13011.3	909.3	12620.0	833.6	11800.5
1994	798.4	12928.7	893.9	13297.2	745.3	9582.9	904.0	13915.3	971.1	13591.1	862.5	12663.0
1995	560.0	13488.7	834.0	14131.2	381.8	9964.7	572.5	14487.8	682.0	14273.1	606.1	13269.1
1996	610.2	14098.9	792.2	14923.4	505.9	10470.7	682.2	15170.0	786.9	15060.0	675.5	13944.6
1997	805.3	14904.2	936.0	15859.4	546.0	11016.7	807.7	15977.7	704.2	15764.2	759.8	14704.4
1998	493.9	15398.1	621.3	16480.7	480.8	11497.5	558.8	16536.5	641.8	16406.0	559.3	15263.8
1999	543.1	15941.2	961.2	17441.9	446.8	11944.2	600.9	17137.4	677.7	17083.7	645.9	15909.7
2000	652.0	16593.2	860.0	18301.9	481.1	12425.3	664.6	17802.0	700.9	17784.6	671.7	16581.4
2001	864.1	17457.3	1022.5	19324.4	519.4	12944.8	1011.8	18813.8	930.6	18715.1	869.7	17451.1
2002	822.1	18279.4	962.2	20286.6	526.4	13471.2	881.2	19695.0	795.3	19510.5	797.4	18248.5
2003	713.7	18993.1	891.8	21178.4	493.4	13964.6	740.4	20435.4	677.2	20187.6	703.3	18951.8
2004	632.0	19625.1	758.7	21937.1	485.4	14450.0	650.1	21085.5	664.1	20851.7	638.0	19589.9
2005	638.9	20264.0	728.6	22665.7	439.0	14889.0	488.0	21573.5	694.9	21546.6	597.9	20187.8
2006	856.3	21120.3	917.2	23582.9	691.4	15580.4	855.2	22428.7	771.6	22318.2	818.3	21006.1
2007	615.3	21735.6	651.8	24234.7	533.5	16113.9	607.0	23035.7	712.1	23030.3	623.9	21630.0
2008	592.4	22328.0	561.5	24796.2	643.8	16757.7	707.1	23742.8	722.9	23753.2	645.5	22275.6
2009	525.5	22853.5	772.5	25568.7	525.7	17283.4	589.6	24332.4	722.9	24476.0	627.2	22902.8
2010	881.1	23734.6	708.4	26277.1	902.4	18185.8	851.0	25183.4	722.9	25198.9	813.2	23715.9
2011	740.5	24475.1	871.0	27148.1	678.0	18863.8	719.5	25902.9	722.9	25921.7	746.4	24462.3
2012	679.6	25154.7	986.8	28134.9	617.3	19481.1	719.5	26622.4	722.9	26644.6	745.2	25207.5
2013	796.6	25951.3	702.6	28837.5	745.0	20226.1	719.5	27341.9	845.7	27490.3	761.9	25969.4
2014	660.7	26612.0	757.9	29595.3	537.5	20763.6	719.5	28061.5	664.5	28154.8	668.0	26637.4
2015	661.7	27273.7	757.9	30353.2	532.4	21296.0	719.5	28781.0	759.4	28914.2	686.2	27323.6

Fuente: Elaboración Propia a base de datos de la estaciones mencionadas.

Gráfica N° 7. Análisis de Doble Masa.



Fuente. Elaborado por los Tesisistas.

5.1.3.3. Estimación de Datos Faltantes

Para la estimación y análisis de la información hidrometeorológicas existen diversidad de procedimientos como: Regresión Lineal, Razón Normal, Método de Promedios, etc. Para estimar los datos faltantes de las estaciones de Pisac, Ancachuro, Corpac y Yauri se eligió el método de Regresión Lineal, tomando como estación índice la estación de Kayra, se calcula con la siguiente ecuación matemática:

$$x = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(n - 1)(S_x S_y)}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

Donde:

- n: Numero de pares de datos conocidos (número de datos de y)
- \bar{x} : Media aritmética de los datos de x que forman parejas con los de y.
- \bar{y} : Media aritmética de todos los datos de y.
- S_x : Desviación estándar para los datos de x que forman pareja con los y.
- S_y : Desviación estándar para todos los datos de y.

Cuadro N° 13. Datos de precipitación Mensual Estación Índice Kayra.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	149.8	122.6	99.0	40.8	5.9	4.3	3.2	4.8	16.9	47.5	76.7	111.5	683.0
Desv. Estand	46.08	28.85	37.29	23.26	4.86	6.78	5.48	5.30	11.99	26.37	35.49	31.25	113.12
Coef. Variacio	0.31	0.24	0.38	0.57	0.82	1.58	1.70	1.09	0.71	0.55	0.46	0.28	0.17
Prec. Max.	251.9	179.3	175.1	112.8	16.4	32.6	26.3	21.7	49.1	120.9	200.1	203.8	251.9
Prec. Min.	65.6	55.8	22.3	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.8	22.3	57.9	0.0

Fuente: SENAMHI

Cuadro N° 14. Datos de precipitación Mensual Completados Estación Corpac.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	163.2	130.9	109.6	36.3	6.2	3.4	3.4	5.6	16.0	49.4	78.7	120.2	722.9
Desv. Estandar	58.74	38.76	38.55	20.95	4.59	5.56	7.35	5.29	12.57	22.79	30.35	38.60	112.22
Coef. Variac	0.36	0.30	0.35	0.58	0.75	1.64	2.17	0.94	0.78	0.46	0.39	0.32	0.16
Prec. Max.	374.2	229.6	185.7	98.9	17.0	27.7	36.5	22.9	69.8	96.9	144.1	205.4	374.2
Prec. Min.	72.3	60.4	42.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	29.4	48.7	0.0

Fuente: Completado a base de datos de la estación Corpac (SENAMHI).

Cuadro N° 15. Datos de precipitación Mensual Completados Estación Pisac.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	108.3	98.6	88.3	40.8	7.7	4.6	3.6	6.2	11.7	30.5	49.6	65.2	515.3
Desv. Estand	41.74	33.20	40.69	22.76	7.53	7.62	4.40	5.60	6.46	24.04	29.74	41.13	107.53
Coef. Variac	0.39	0.34	0.46	0.56	0.98	1.66	1.21	0.90	0.55	0.79	0.60	0.63	0.21
Prec. Max.	233.1	177.5	191.4	138.4	41.6	38.4	18.6	21.6	29.0	138.1	132.5	177.9	233.1
Prec. Min.	5.4	33.1	12.4	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.6	3.8	11.0	0.0

Fuente: Completado a base de datos de la estación Pisac (SENAMHI).

Cuadro N° 16. Datos de precipitación Mensual Completados Estación Ancachuro.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	149.7	127.1	115.1	36.4	5.7	4.5	4.6	5.8	13.9	47.8	78.8	125.9	715.4
Desv. Estandar	53.31	35.10	46.28	23.15	5.58	7.57	10.02	6.64	8.76	26.74	27.13	44.53	103.70
Coef. Variacion	0.36	0.28	0.40	0.64	0.98	1.68	2.19	1.14	0.63	0.56	0.34	0.35	0.14
Prec. Max.	283.8	218.4	253.4	112.4	27.2	36.5	44.6	24.7	35.1	122.0	172.9	288.7	288.7
Prec. Min.	45.6	34.4	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	28.8	36.5	0.0

Fuente: Completado a base de datos de la estación Ancachuro (SENAMHI).

Cuadro N° 17. Datos de precipitación Mensual Completados Estación Yauri.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	188.8	171.9	127.4	50.3	7.4	6.7	3.6	9.6	18.1	43.7	64.5	117.1	809.1
Desv. Estand	63.98	57.71	46.86	29.26	7.77	12.32	6.12	11.89	19.19	20.80	35.63	31.13	138.95
Coef. Variaci	0.34	0.34	0.37	0.58	1.06	1.83	1.72	1.24	1.06	0.48	0.55	0.27	0.17
Prec. Max.	325.8	294.9	255.3	125.6	32.1	55.3	31.3	51.0	85.0	94.9	175.9	168.0	325.8
Prec. Min.	35.3	17.0	39.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	15.1	42.5	0.0

Fuente: Completado a base de datos de la estación Yauri (SENAMHI).

Una vez completadas y verificadas la estación índice se procede a efectuar el Análisis Regional de la Precipitación para cada altitud media de unidad Hidrográfica.

5.2. PARAMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS DE LA MICROCUENCA CHINCHERO

Para definir los principales parámetros climáticos de la zona de estudio, se ha contado con información meteorológica de estaciones cercanas a la zona de estudio tanto altitudinal y distalmente próximas a la zona de estudio, cuya relación se aprecia en el cuadro N° 19. Estos datos están constituidos por Precipitación, temperatura, radiación solar y evaporación, útiles para el estudio hidrogeológico correspondiente.

La información meteorológica utilizada en el presente estudio proviene del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) entidad encargada del control y toma de información. Los registros corresponden a las estaciones de Kayra, Pisac, Ancachuro, Corpac, Yauri, Perayoc y Urubamba.

Cuadro N° 18. Ubicación de estaciones meteorológicas empleadas en el estudio.

Nombre	Tipo	Ubicación			latitud	Long.	Altitud	Periodo
	(**)	Dpto.	Prov.	Dist.			(msnm)	
K'ayra	MAP	Cusco	Cusco	S. Jerónimo	13° 34'	71°54'	3,219	1976- 2015
Corpac	CO	Cusco	Cusco	Wanchaq	13° 32'	71°56'	3,248	1976- 2015
Ancachuro	CO	Cusco	Anta	Anta	13°30'	72°10'	3390	1976- 2015
Pisac	CO	Cusco	Calca	Pisac	13° 24'	71°46'	2900	1976- 2015
Yauri	CO	Cusco	Espinar	Yauri	13° 49'	71° 25'	3957	1976- 2015
Urubamba	CP	Cusco	Urubamba	Urubamba	13°18'	72°07'	2863	1971- 2010
Perayoc	CP	Cusco	Cusco	Cusco	13° 31'	71°57'	3365	1968- 2000

Fuente: SENAMHI

** CO = Estación climatológico ordinaria; CP = Estación pluviométrica; MAP = Meteorológico Agrícola Principal.

5.2.1. PRECIPITACIÓN DE LA MICROCUENCA

Es aquella precipitación hidrológica que cae sobre una cuenca determinada. Esta precipitación se puede calcular mediante los métodos aritméticos, polígonos de Thiessen, las Isoyetas, polígonos de Thiessen modificado y el inverso de la distancia al cuadrado, los más usados en hidrología. En el presente estudio se utilizó técnica determinística (regresión lineal).

A. Método Regresión Lineal

Este método analiza dos variables Precipitación y Altitud, los cuales nos permitirá predecir los valores de $P=f(A)$ con un cierto grado de aproximación. El análisis de la precipitación en relación a la altitud nos conlleva a generar precipitaciones en zonas y/o puntos requeridos con una determinada altitud.

En el cuadro y gráfico siguientes se puede apreciar a las estaciones utilizadas en el análisis regional para la microcuenca, donde se muestran las constantes y el coeficiente de correlación (r) obtenido.

$$P^2 = -6.73 \times 10^5 + 3.48 \times 10^2 \times H \quad r = 0,92$$

Siendo:

P = Precipitación total anual (mm).

H = Altitud (msnm).

r = Coeficiente de correlación.

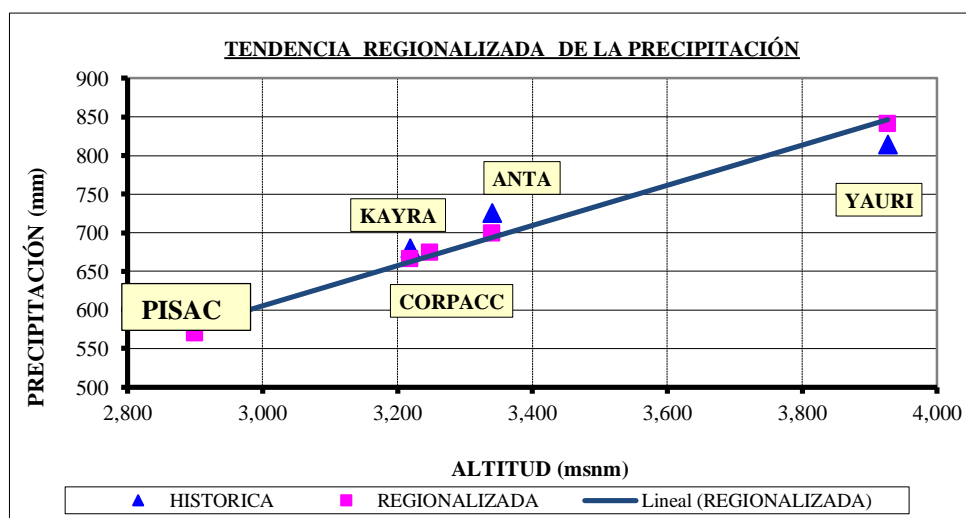
El coeficiente de correlación $r = 0.92$, nos indica una ALTA correlación y dependencia entre la altitud con la precipitación. La precipitación media de la microcuenca de Chinchero es de 793.08 mm/año.

Cuadro N° 19. Regionalización anual de precipitación por regresión lineal.

NOMBRE DE ESTACION	ALTITUD	PRECIP.	ECUACION DE REGRESION				PRECIPITACION
	MEDIA	MEDIA ANUAL	$P^2 = B_0 + B_1 * HM$				MEDIA ANUAL CORREGIDA
	msnm	mm	X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴	mm
K'AYRA	3,219.00	683.00	1.04E+07	4.66E+05	1.50E+09	2.18E+11	668.37
CORPAC	3,248.00	722.90	1.05E+07	5.23E+05	1.70E+09	2.73E+11	675.88
ANTA	3,340.00	715.40	1.12E+07	5.12E+05	1.71E+09	2.62E+11	699.14
PISAC	2,900.00	515.30	8.41E+06	2.66E+05	7.70E+08	7.05E+10	579.48
YAURI	3,927.00	809.10	1.54E+07	6.55E+05	2.57E+09	4.29E+11	832.42
SUMA	16,634.00	3,445.70	5.59E+07	2.42E+06	8.25E+09	1.25E+12	3,455.29
n	5	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO	3,326.80	689.14	1.12E+07	4.84E+05	1.65E+09	2.50E+11	691.06
CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION				
A =	1.66E+04	G =	5.60E+05	COEF. INDEPENDIENTE		Bo =	-6.73E+05
B =	3.45E+03	H =	1.95E+08	COEF. DEPENDIENTE		B1 =	3.48E+02
C =	5.59E+07	I =	7.94E+10	COEF. DE CORRELACION		r =	0.92
D =	2.42E+06	J =	3.48E+02	DISTRUBUCION DE LA PRECIP. MEDIA ANUAL			
E =	8.25E+09	K =	-6.73E+05	MICROCUENCA	ALTITUD (m)	PRECIPITACION (mm)	
F =	1.25E+12			CHINCHERO	3,743.10	793.08	
				Baja	3709.48	785.67	
				Media	3729.57	790.11	
				Alta	3769.37	798.82	

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Gráfica N° 8. Comportamiento Regional De La Precipitación.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

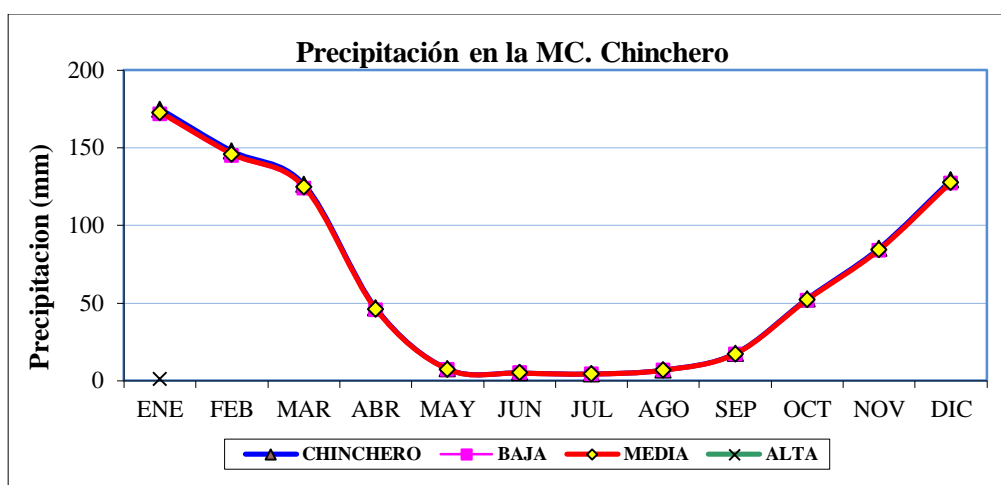
Cuadro N° 20. Registro de precipitación media mensual regionalizada para la altitud media de la Microcuenca Chinchero (mm).

Estación :		Latitud :	13° 23' 53,85"	S	Departamento :	CUSCO								
CHINCHERO		Longitud :	72° 03' 51,45"	W	Provincia :	URUBAMBA								
		Altitud :	3,743.10	msnm	Distrito :	CHINCHERO								
OB.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
N° Datos		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Media		172.2	145.3	124.4	45.7	7.5	5.1	4.5	6.9	17.4	52.2	84.2	127.9	793.1
Desv. Estandar		46.1	27.5	43.4	18.2	4.8	7.4	7.6	6.2	9.1	24.1	29.0	34.1	101.9
Coef. Variacion		26.8	18.9	34.9	39.9	64.0	144.5	170.7	90.4	52.3	46.3	34.5	26.7	12.8
Prec. Max.		287.4	205.8	240.6	84.5	21.4	37.9	38.0	24.6	46.1	115.6	157.7	237.0	1028.0
Prec. Min.		94.6	88.7	52.2	15.2	0.1	0.0	0.0	0.0	6.2	13.4	35.5	70.6	604.9
PP 75% Persist.		141.0	126.8	95.1	33.4	4.2	0.1	0.0	2.7	11.2	35.9	64.6	104.8	619.9

Fuente: Elaboración Propia a base de datos de las estaciones mencionadas (SENAMHI).

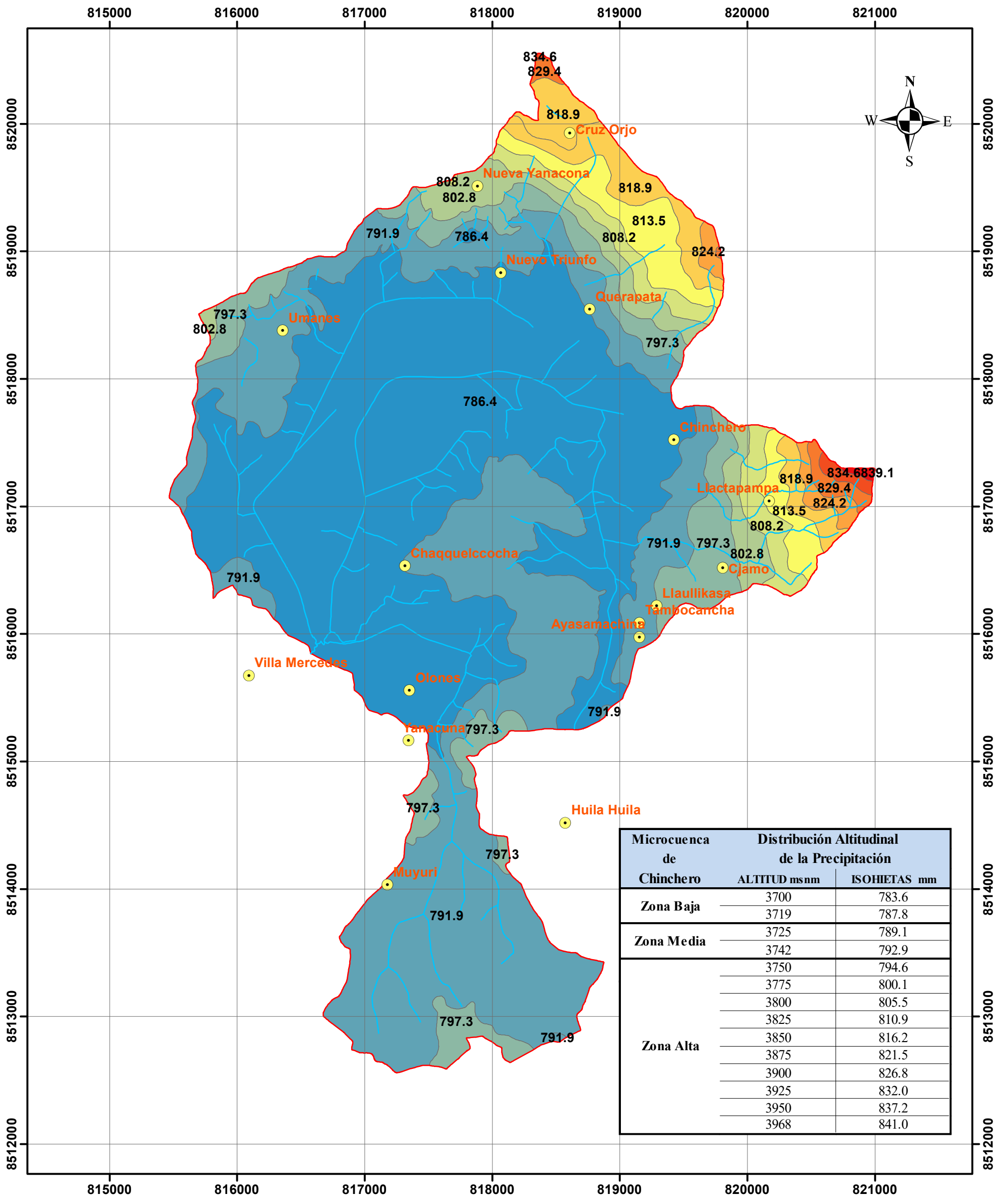
Utilizando ecuaciones de influencia de la microcuenca y los datos corregidos de las 5 estaciones se pudo generar la precipitación mensual para MC. Chinchero. La precipitación media de la microcuenca de Chinchero es de 793.10 mm/año, los resultados se muestra en anexo.

Gráfica N° 9. Distribución de la precipitación en la MC. Chinchero.



Fuente: Elaborado por los Tesisistas.

De acuerdo a los resultados del cuadro anterior, se tiene que las precipitaciones medias mensuales más bajas se presentan en los meses Mayo, Abril, Junio, Julio, Agosto y Setiembre; mientras que las precipitaciones promedio más altas se dan en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.



Microcuenca de Chinchero	Distribución Altitudinal de la Precipitación	
	ALTITUD msnm	ISOHETAS mm
Zona Baja	3700	783.6
	3719	787.8
Zona Media	3725	789.1
	3742	792.9
Zona Alta	3750	794.6
	3775	800.1
	3800	805.5
	3825	810.9
	3850	816.2
	3875	821.5
	3900	826.8
	3925	832.0
	3950	837.2
	3968	841.0

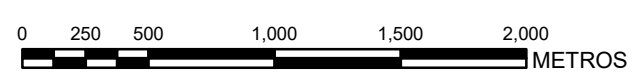
LEYENDA

Isoyetas en mm/año

786.4	813.5
791.9	818.9
797.3	824.2
802.8	829.4
808.2	834.6
	839.1

SIMBOLOGIA

- Sector
- ⬭ Microcuenca de Chinchero
- Rios



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO**

MAPA: **ISOYETAS**

UBICACION	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ENERO-2019	M-10
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI		

5.2.2. TEMPERATURA

Para la determinación de la temperatura media mensual en la zona del proyecto, se ha recurrido a métodos de Regionalización utilizando estaciones vecinas como la de Kayra, Yauri, Ancachuro y Pisac; tal como se observa en los cuadros siguientes:

Cuadro N° 21. Registro de Temperatura media mensual regionalizada para la altitud media de la Microcuenca Chinchero (mm).

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA	TEMP. MEDIA ANUAL	ECUACION DE REGRESION				TEMPERATURA MEDIA ANUAL CORREGIDA
	msnm	°C	X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴	°C
K'AYRA	3,219.00	12.22	1.04E+07	1.49E+02	4.81E+05	2.23E+04	12.05
PERAYOC	3,365.00	11.37	1.13E+07	1.29E+02	4.35E+05	1.67E+04	11.30
ANTA	3,340.00	11.34	1.12E+07	1.29E+02	4.30E+05	1.65E+04	11.43
ZURITE	3,391.00	10.96	1.15E+07	1.20E+02	4.07E+05	1.44E+04	11.16
YAURI	3,957.00	7.59	1.57E+07	5.76E+01	2.28E+05	3.32E+03	7.52
SUMA	17,272.00	53.48	6.00E+07	5.85E+02	1.98E+06	7.33E+04	53.47
n	5	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO	3,454.40	10.70	1.20E+07	1.17E+02	3.96E+05	1.47E+04	10.69
CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION				
A =	1.73E+04	G =	3.33E+05	COEF. INDEPENDIENTE		B₀ =	5.33E+02
B =	5.35E+01	H =	-4.01E+04	COEF. DEPENDIENTE		B₁ =	-1.20E-01
C =	6.00E+07	I =	4.87E+03	COEF. DE CORRELACION		r =	-1.00
D =	5.85E+02	J =	-1.20E-01	DISTRUBUCION DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL			
E =	1.98E+06	K =	5.33E+02	MICROCUEENCA	ALTITUD (m)	TEMPERATURA (°C)	
F =	7.33E+04			CHINCHERO	3,743.10	9.07	
				Baja	3709.48	9.29	
				Media	3729.57	9.16	
		Alta	3769.37	8.89			

Fuente: Elaboración Propia.

Obteniéndose para la zona del proyecto dividido por lugares claves, la ecuación de Regionalización mensual siguiente:

$$T^2 = 659.2380 - 0.1560 \times H \quad r = -1$$

Siendo:

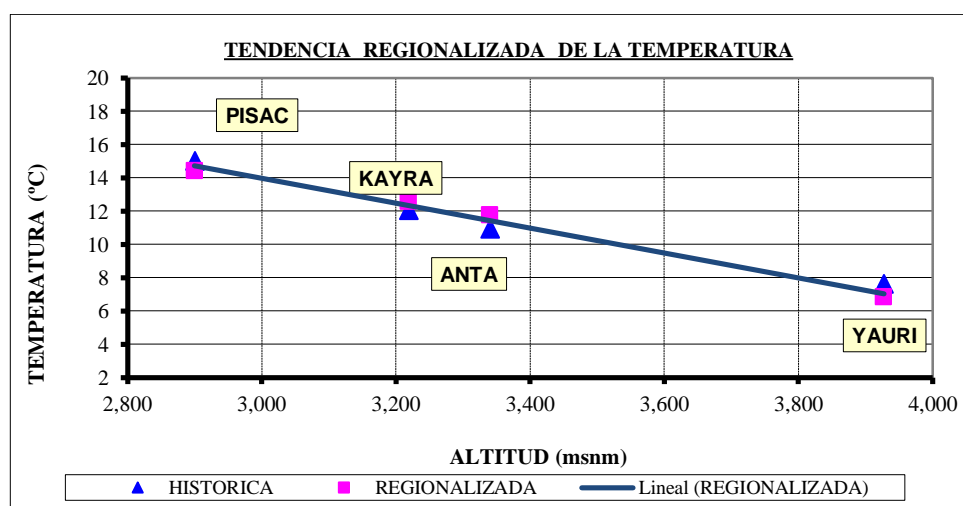
T = Temperatura media anual (°C)

H = Altitud (msnm.)

r = Coeficiente de correlación

De acuerdo a la información generada se puede observar que los coeficientes de correlación llega a $r = -1$, lo cual indica una excelente correlación de datos de temperatura con la altura. La temperatura media de la microcuenca es de 9.07 °C.

Gráfica N° 10. Comportamiento Regional De La Temperatura.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

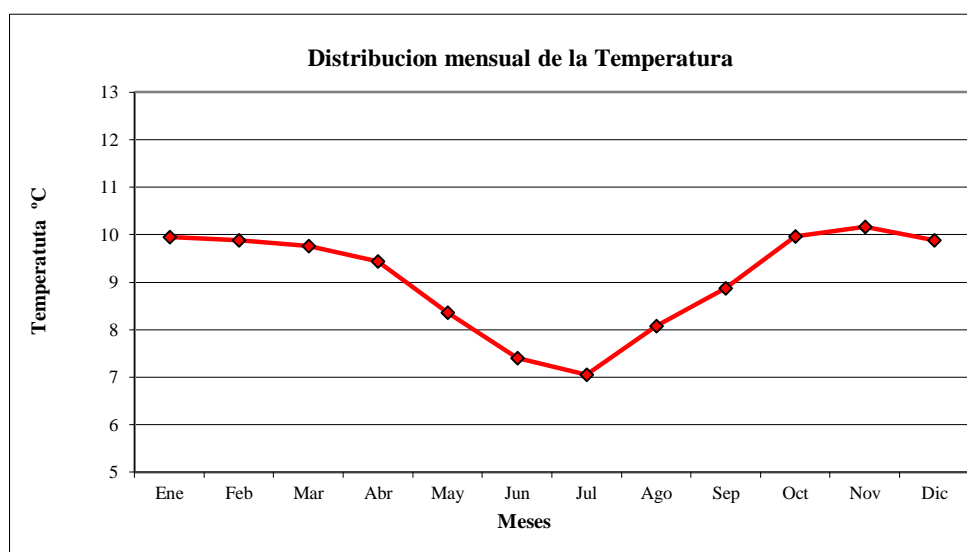
Cuadro N° 22. Temperatura media mensual regionalizada.

VALORES DE TEMPERATURA MENSUAL REGIONALIZADA MC. CHINCHERO													
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
TEMPERATURA	9.96	9.89	9.76	9.44	8.36	7.41	7.06	8.08	8.87	9.97	10.17	9.89	9.07

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

De acuerdo a los resultados del cuadro anterior, se tiene que las temperaturas medias mensuales más bajas se presentan en los meses correspondientes al invierno austral, es decir junio, julio y agosto; mientras que las temperaturas promedio más altas se dan en los meses de octubre, noviembre y diciembre, es decir a finales de la primavera y comienzos del verano.

Gráfica N° 11. Comportamiento Anual de La Temperatura en la microcuenca.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

5.2.3. HUMEDAD RELATIVA

La información registrada de Humedad Relativa se obtuvo de las estaciones meteorológicas de Kayra y Perayoc, Anta y Yauri.

Obteniéndose para la microcuenca en estudio por regresión lineal con cuatro estaciones registradas un promedio anual de 72.6 %, con humedad relativa máxima de 80.81 % en el mes de marzo, y humedad relativa mínima 65.62 % en el mes de setiembre.

Cuadro N° 23. Regionalización de la humedad relativa.

ESTACIONES	ALTITUD msnm	MESES												PROMEDIO
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	
Perayoc	3365	58.4	59.1	60.6	59.6	61.4	63.4	66.95	66.97	66.9	63.39	59.57	58.2	62.04
Kayra	3219	63.62	63.79	64.34	62.63	66.84	70.17	74	75.06	75.8	73.39	69.35	63.79	68.57
Anta	3340	77	74.75	72.5	73.75	74.5	78.25	79.25	78	79.5	75	74	74.33	75.90
Yauri	3927	71.46	68.22	65.47	68.39	65.82	75.48	80.81	84.45	84.45	80.89	75.55	73.51	74.54
Coefc. a		38.63	52.94	67.02	47.54	77.34	47.14	38.19	20.76	25.44	23.90	31.89	23.94	41.23
Coefc. b		0.008	0.004	0.000	0.005	-0.003	0.007	0.011	0.016	0.015	0.014	0.011	0.013	0.10
Coefc. r		0.10	0.03	0.00	0.07	0.03	0.12	0.29	0.49	0.40	0.38	0.23	0.26	2.40
Mc. Chinchero	3743.10	69.97	67.56	65.62	67.59	66.31	73.82	78.25	80.60	80.81	77.16	72.67	70.98	72.6

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

5.2.4. EVAPORACIÓN

Este parámetro meteorológico es analizado en base a los registros de las estaciones meteorológicas de Perayoc, Anta Y Urubamba. La información recabada de las estaciones seleccionadas corresponde a las mediciones a través de tanques evaporímetros Piche, los que deberán corregirse para su uso.

Para la generación de la evaporación media mensual para la altura media de la Microcuenca de Chinchero, se está aplicando una regresión lineal simple mostrada en el Cuadro N° 24. La altura media de la microcuenca de Chinchero es de 3743.10 msnm, con la cual se obtiene una evaporación media anual de 1,370.10 mm/año y una evaporación mensual que varía de 76.61 mm/año en febrero a 143.91 mm/año en setiembre.

Al analizar los registros generados nos indica que la mayor evaporación se produce en primavera y verano, mientras que la menor se produce en otoño e invierno.

Cuadro N° 24. Regionalización de la evaporación media mensual y anual – altitud.

ESTACIONES	ALTITUD msnm	MESES												TOTAL
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Perayoc	3365	100.80	93.00	101.80	102.30	122.00	126.30	139.00	146.10	140.70	144.60	128.90	120.40	1465.90
Anta	3340	75.74	64.04	78.31	75.53	86.34	103.80	107.97	117.16	120.71	115.66	109.16	85.32	1139.76
Urubamba	2863	93.20	82.50	88.80	87.60	102.10	102.60	115.10	118.90	115.20	120.70	111.00	98.30	1236.00
Coefic. a		115.73	98.51	75.63	73.25	81.13	24.34	58.43	37.39	19.73	58.45	59.21	62.95	764.74
Coefic. b		-0.008	-0.006	0.004	0.005	0.007	0.027	0.020	0.028	0.033	0.021	0.018	0.012	0.16
Coefic. r		0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.33	0.12	0.24	0.49	0.15	0.22	0.04	1.66
Mc. Chinchero	3743.10	85.43	76.61	92.07	91.12	107.36	125.93	131.50	143.01	143.91	138.89	126.28	108.00	1370.11

Fuente: Elaborado por los Tesistas

5.2.5. HORAS SOL

La información registrada de horas de sol se obtuvo de las estaciones meteorológicas de Kayra y Perayoc, Urubamba y Yauri. El total anual de horas de sol de la estación Yauri alcanza a 2,714.81 h/año, brillando un máximo de 265.75 horas en el mes de agosto y un mínimo de 160.35 horas en el mes de Febrero. En la estación de Kayra el total anual de horas de sol alcanza a 2,234.17 h/año, brillando un máximo de 254.43 horas en el mes de julio y un mínimo de 124.03 horas en el mes enero, en

la estación de Perayoc el total anual de horas de sol alcanza a 2,371.78 h/año, brillando un máximo de 252.74 horas en el mes de julio y un mínimo de 133.82 horas en el mes febrero.

Obteniéndose para la zona de estudio por regresión lineal con cuatro estaciones registradas un total de 2575.44 hr/año, brillando un máximo de 260.92 horas en el mes de julio y un mínimo de 149.86 horas en el mes febrero.

Cuadro N° 25. Regionalización de Horas Sol.

ESTACIONES	ALTITUD msnm	MESES												TOTAL
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	
Kayra	3219	254.43	236.86	193.65	204.58	185.55	145.60	124.03	128.02	138.36	183.65	241.94	197.50	5453.17
Perayoc	3365	252.74	244.34	210.89	205.00	184.81	165.09	144.08	133.82	160.81	191.63	239.73	238.85	5736.79
Urubamba	2863	223.70	236.05	224.17	206.23	185.28	161.75	151.55	136.03	161.00	190.90	223.23	213.93	5176.82
Yauri	3927	261.50	265.75	239.50	255.00	249.00	212.80	175.33	160.35	186.00	191.25	263.33	255.00	6641.81
Coefc. a		140.75	146.65	146.12	54.68	-10.26	-10.12	51.16	53.36	62.47	182.97	120.10	75.20	84.42
Coefc. b		0.032	0.030	0.021	0.049	0.063	0.054	0.029	0.026	0.030	0.002	0.036	0.045	0.0348
Coefc. r		0.72	0.90	0.23	0.75	0.77	0.69	0.37	0.64	0.45	0.05	0.96	0.61	0.596
Mc. Chinchero	3743.10	260.92	257.59	225.53	237.19	226.43	192.99	160.41	149.86	173.38	190.12	256.63	244.38	2575.44
Hr. De Sol Día		8	8	8	8	8	6	5	5	6	6	8	8	85
Días del Mes		31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	365

Fuente: Elaborado por los Tesistas

5.2.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial, existen una serie de ecuaciones, algunas de ellas requieren una serie de datos, que pocas estaciones meteorológicas los tienen. Por este motivo, se utilizará los métodos de Blaney & Criddle y Hargreaves III Modificado.

A. Método de Blaney & Criddle

El método se basa en el principio de que la ETP es proporcional al número de horas luz y la temperatura media del aire. El método es aconsejable para períodos entre 5, 10 y 30 días. (Orozco, E).

$$ETP = 0.24 + 0.0311 * T * (0.0457 * T + 8.13) p * D$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial en [mm/mes]

T = Temperatura media mensual en (°C) (dato meteorológico)

P = Porcentaje de horas de luz solar mensual, con respecto al año [%]

D= Número de días para el estudio (5)

Cuadro N° 26. Evapotranspiración potencial según Blaney & Criddle.

VALORES DE TEMPERATURA MENSUAL REGIONALIZADOS MC. CHINCHERO													
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Temperatura (°C)	10.0	9.9	9.8	9.4	8.4	7.4	7.1	8.1	8.9	10.0	10.2	9.9	108.8
Horas Luz (hr)	6.2	5.8	6.7	7.4	10.0	9.5	10.1	10.0	8.8	9.2	8.8	7.5	100.0
ETP (mm)	83.0	77.0	87.8	93.0	110.5	92.8	94.2	107.0	103.4	122.8	119.7	99.2	1190.4
Evapotranspiración Potencial = ETP=												1190.4	mm/año

Fuente: Elaborado por los Tesistas

B. Método de Hargreaves III Modificado

La fórmula fue desarrollada por Hargreaves (Hargreaves G.L, Hargreaves G.H & Riley J.P, 1985) y (Hargreaves G.H. & Samani Z.A, 1991), a base de mediciones realizadas en lisímetros (Universidad de California).

El método de Hargreaves III modificado, es de uso común en esta zona de la sierra, en proyectos de riego; cuyos resultados se muestra en el cuadro N°27.

Cuadro N° 27. ETP método de Hargreaves III modificado.

MÉTODO / VARIABLES		UNIDAD	MESES DEL AÑO PROMEDIO												
			JUL 31	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	
E.T.P. - HARGREAVES III - MODIFICADO		Etp	mm	96.15	108.95	114.24	132.17	131.79	121.88	112.97	102.73	110.00	102.33	104.32	90.06
Altura de la Estación en Estudio	Z	m.s.n.m.	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10	3,743.10
Factor de Correccion por Altura	F.C.A.		1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
Radiacion Extra-Terrestre	Ra	mm	363.33	402.70	436.81	489.80	494.10	511.50	516.77	458.36	475.23	413.71	378.83	339.61	
Horas Teoricas de Fuerte Insolacion	N	hr	353.28	361.59	360.00	385.51	382.08	400.02	396.92	351.01	377.21	354.00	355.39	338.88	
Horas De Sol (Horas Y Decimos Sol) Mensual	n	hr	260.92	257.59	225.53	237.19	226.43	192.99	160.41	149.86	173.38	190.12	256.63	244.38	
Radiacion Solar Media	R.S.M.		234.18	254.92	259.30	288.14	285.27	266.46	246.39	224.62	241.65	227.39	241.44	216.30	
Temperatura Media Mensual	T _{MED}	C°	7.06	8.08	8.87	9.97	10.17	9.89	9.96	9.89	9.76	9.44	8.36	7.41	
Evapotranspiración Potencial Mensual	Etp	mm	96.15	108.95	114.24	132.17	131.79	121.88	112.97	102.73	110.00	102.33	104.32	90.06	
E.T.P. - ASUMIDO		Etp	mm	96.15	108.95	114.24	132.17	131.79	121.88	112.97	102.73	110.00	102.33	104.32	90.06
Evapotranspiración referencial = ETO =											1,327.59				
												mm/año			

Fuente: Elaborado por los Tesistas

Cuadro N° 28. Evapotranspiración potencial promedio para la Microcuenca.

METODO	MES												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Blaney & Criddle	83.03	77.02	87.85	93.05	110.47	92.79	94.22	106.99	103.37	122.79	119.69	99.15	1190.41
Hargreaves III modificado	112.97	102.73	110.00	102.33	104.32	90.06	96.15	108.95	114.24	132.17	131.79	121.88	1327.59
Promedio	98.00	89.87	98.92	97.69	107.40	91.42	95.19	107.97	108.81	127.48	125.74	110.52	1259.00
Evapotranspiración Potencial = ETP=												1259.00 mm/año	

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

En la microcuenca Chinchero, la mayor evapotranspiración potencial se presenta en octubre de 127.48 mm y la menor en febrero de 89.87 mm. Anualmente la evapotranspiración potencial en la microcuenca es de 1259.00 mm/año.

5.2.7. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

La evapotranspiración real está asociada a la humedad del suelo, por ende los parámetros climáticos que intervienen son la precipitación y la temperatura media anual.

Se utilizó el método de L. Turc para el cálculo de evapotranspiración real de la microcuenca de chinchero.

A. Método L. Turc

L. Turc ha establecido diversas fórmulas basadas en la temperatura media y precipitación media anual.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}}$$

Donde:

ERT = Evapotranspiración real (mm/año)

P = Precipitación media anual (mm/año)

L = $300 + 25T + 0.05T^3$

T = Temperatura media anual (°C)

Cuadro N° 29. Evapotranspiración Real anual estimado para la Microcuenca Chinchero.

METODO TURC		
P	Precipitación media anual (mm/año)	799.25
T	Temperatura media anual (°C)	9.07
L	Poder evaporante atm. (mm/año) ó coeficiente de T	564.06
ETR	Evapotranspiración real (mm/año) o Deficit de escurrimiento	461.85

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

CAPÍTULO VI: PARAMETROS HIDROLÓGICOS

6.1. GENERALIDADES

La hidrometría se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en la unidad de tiempo.

Los escurrimientos en una cuenca se dividen en tres componentes: superficial, sub superficial y subterráneo, en el presente se trata del primero.

El agua superficial es el que se manifiesta por encima del terreno natural, primariamente laminar hasta que luego se va concentrando en cauces, y sale finalmente de la cuenca. Se lo denomina rápido, por el tiempo es el primer escurrimiento que se manifiesta en la sección de control de la cuenca.

6.2. OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL EN LA MICROCUENCA

La identificación de las distintas unidades de fuentes hídricas superficiales en la Microcuenca Chinchero, ha sido realizada en el presente estudio en los meses de estiaje abril, mayo, junio y julio, y agosto y setiembre cuyo resumen se detalla en adelante. En lo que respecta a la distribución espacial, según el inventario realizado en la microcuenca, existen en total las fuentes del recurso hídrico superficial distribuidas en: ríachuelos, quebradas, lagunetas, manantiales, y bofedales.

La mayor concentración de fuentes hídricas se da en la parte media de la microcuenca de Chinchero, y se encuentran en los lagunetas.

Fotografía N°8. Registro de Riachuelo.



Fotografía N°9. Registro de Laguneta.



Fuente: Propia.

Cuadro N° 30. Unidades de fuentes de agua superficial

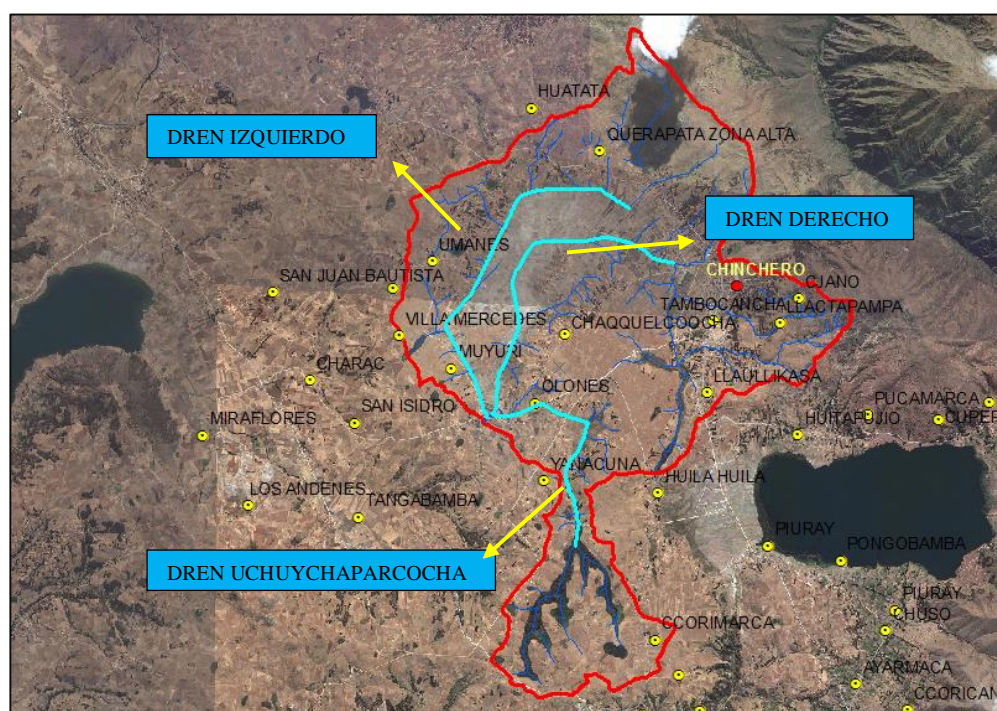
MICROCUEENCA CHINCHERO	NUMERO DE UNIDADES DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL		
	RIACHUELOS	LAGUNETAS	VASOS SECOS
CHINCHERO	3	24	10
TOTAL	3	24	10

En el Cuadro N° 30, se observa que de los 37 unidades de fuentes hídricas en la microcuenca Chinchero, los riachuelos son 3, lagunetas 24 y vasos secos de almacenamiento 10.

6.2.1. RIACHUELOS

En el ámbito del presente estudio se ha identificado 03 cauces de drenaje natural, los mismos han sido modificados como producto de la intervención humana. Esta intervención estaba orientada a profundizar y ampliar los drenes naturales sin alterar el trazo y así iniciar la recuperación de los suelos de esta zona, que al ocupar la zona más baja y plana de la microcuenca presentan un nivel freático muy cercano al superficie 30 a 50 cm.

Imagen N° 2. Drenajes Principales de la Microcuenca.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Los drenes mostrados en la figura anterior, nombrados por los lugareños como dren derecho, dren Izquierdo y dren Uchuychaparcocha, los drenes derecho e Izquierdo cruzan el terreno destinado para el Aeropuerto Internacional de Chinchero-Cusco.

La fuente de escorrentía superficial más importante en la Microcuenca Chinchero es el riachuelo Chinchero, alimentado por los drenes mencionados anteriormente. El riachuelo Chinchero como río de orden 4 entre drenajes y

quebradas según el trabajo de inventario. Se ha identificado 3 cursos de drenaje, los cuales son de régimen continuo y temporal. En el Cuadro N° 31 se presenta la distribución de cauces para la microcuenca Chinchero.

Cuadro N° 31. Inventario de aforos en riachuelos dentro de la MC. Chinchero.

FUENTE	HIDROQUIMICA		CAUDAL	COORDENADA		ALTURA	REGIMEN
	CE = μs/cm	S = ClCa ppm	Q = L/S	Norte	Este	msnm	
Dren Izquierdo	398	0.19	0.39	8515994	816579	3705	Permanente
Dren Derecho	302	0.14	3.62	8516025	816727	3703	Permanente
Dren Uchuychaparcocha	247	0.11	0.02	8515928	816702	3704	Temporal
Riachuelo Chinchero	315.67	0.15	4.03	8515844	816575	3700	Permanente

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

El aforo en los diferentes cauces que alimentan el riachuelo Chinchero se realizó en el mes de septiembre, por el método volumétrico. Según el cuadro N° 31 los cauces izquierdo y derecho son de régimen permanente con caudales 0.39 l/seg y 3.62 l/seg respectivamente, el cauce Uchuychaparcocha es de régimen Temporal con un caudal de 0.02 l/seg. Estos tres cauces mantienen el caudal constante o permanente a lo largo del año del Riachuelo Chinchero con un caudal de 4.03 l/seg. Las

Fotografía N°10. Medida de caudal del cauce derecho o dren derecho.



Fuente: Propia.

Fotografía N°11. Medida de caudal del cauce Izquierdo o dren Izquierdo.



Fuente: Propia.

Fotografía N°12. Medida de caudal del cauce Izquierdo.

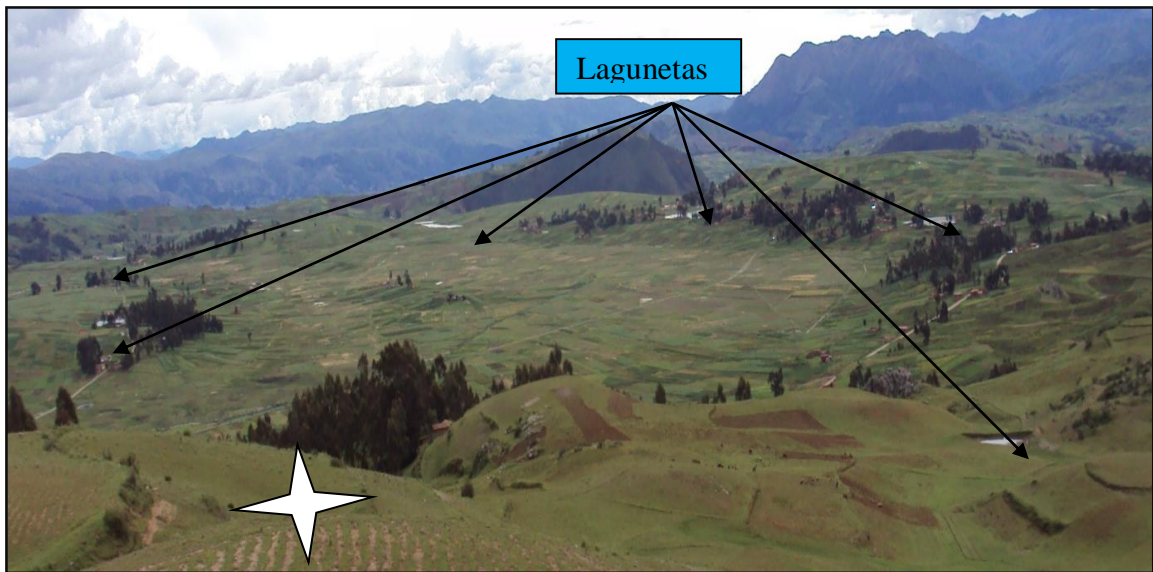


Fuente: Propia.

6.2.2. LAGUNETAS

En el ámbito de la microcuenca se han identificado 25 lagunetas e incluidos dentro de ellos 5 cuerpos de bofedales.

Fotografía N°13. Lagunetas en la Zona media de Microcuenca de Chinchero.



Fuente: Propia.

Vista panorámica hacia el Oeste desde cerro Antaqasa, donde se observan la ubicación de las Lagunetas

Cuadro N° 32. Relación de ubicación de las Lagunetas en la microcuenca.

NOMBRE	COORDENADAS		SUPERFICIE	TIPO	REGIMEN	TIPO	CD
	ESTE	NORTE	m ²				
Quellhuacocha chico	816068.78	8516334.90	2884.95	Laguneta	Temporal		L-1
Cabaloccocha 1	815785.10	8516790.99	18312.30	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-2
Huajacocha	816261.97	8517925.65	24881.00	Laguneta	Permanente		L-3
Chacapuncu 1	818782.45	8516452.47	103312.76	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-4
Chacapuncu 2	818906.14	8515835.85	8611.58	Laguneta	Permanente		L-5
Chacapuncu 3	818755.81	8515479.51	34010.94	Laguneta	Permanente		L-6
Poncoclay	818636.97	8515972.95	13710.25	Laguneta	Temporal	Endorreica	L-7
Chaquellococha	817845.26	8517116.21	8337.69	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-8
Isoccocha 2	817131.49	8513869.19	3105.97	Laguneta	Temporal		L-9
Isoccocha	816902.31	8513623.52	11729.86	Laguneta	Temporal	Represado artesanalmente	L-10
Isoccocha 3	816746.70	8513016.87	8443.04	Laguneta	Permanente		L-11
Piloroccocha	816656.77	8518708.77	17643.57	Represado	Permanente	Represado artesanalmente	L-12
Piloroccocha 2	816803.82	8518671.50	3311.57	Laguneta	Temporal		L-13
Piloroccocha 3	816782.71	8518445.98	3928.19	Laguneta	Permanente		L-14
Pucacocha	818097.34	8519049.57	493.66	Laguneta	Temporal		L-15
Pataracocha 3	817518.23	8519401.62	1334.55	Laguneta	Temporal		L-16
Chaquilecocha	818514.29	8518855.36	5956.45	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-17
Uchuychaparccochoa	817547.04	8513711.54	502781.21	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-18
Uchuychaparccochoa2	817688.31	8514772.56	13119.50	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-19
Puruñacocha 1	818690.44	8519998.13	2105.67	Laguneta	Temporal		L-20
Puruñacocha 2	818587.96	8520037.96	927.02	Laguneta	Temporal		L-21
Patacocha	819412.61	8519207.45	2007.86	Laguneta	Permanente	Represado artesanalmente	L-22
Llaullikasa	819524.35	8516339.06	4669.83	Laguneta	Temporal		L-23
Paclacocha	818149.20	8513132.94	39780.02	Laguneta	Permanente		L-24
Lag. Oxidación	818442.98	8517961.20	1632.58	Laguna de oxidación	Permanente		L-25
TOTAL			837032.02				25

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

6.2.2.1. Oferta hídrica de lagunetas

La microcuenca de chinchero alberga en su interior 24 lagunetas, con volúmenes de almacenamiento desde 1, 055,840. 53 m³ que corresponde a la laguna de

Uchuychaparccochoa 1 (considerado también como bofedal), hasta los 543.03 m³ que corresponde a la Laguneta de Pucacocha.

Cuadro N° 33. Volúmenes de las Lagunetas en la microcuenca.

NOMBRE LAGUNETA	Area top. Vaso	Altura Embalse	Volum. Alm. Top.
	m ²	m	m ³
Quellhuacocha chico	2884.95	0.70	2019.46
Caballoccochoa1	18312.30	1.30	23805.99
Huajacocha	24881.00	1.80	44785.81
Chacapuncu 1	103312.76	1.30	134306.59
Chacapuncu 2	8611.58	1.50	12917.36
Chacapuncu 3	34010.94	1.10	37412.04
Poncollay	13710.25	0.80	10968.20
Chaquellocchoa	8337.69	1.30	10839.00
Isoccocha 2	3105.97	0.80	2484.77
Isoccocha	11729.86	0.70	8210.90
Isoccocha 3	8443.04	0.70	5910.13
Pilorccochoa	17643.57	1.90	33522.78
Pilorccochoa 2	3311.57	1.10	3642.72
Pilorccochoa 3	3928.19	1.20	4713.83
Pucacocha	493.66	1.10	543.03
Pataraccocha 3	1334.55	0.80	1067.64
Chaquilccochoa	5956.45	1.50	8934.68
Uchuychaparccochoa	502781.21	2.10	1055840.53
Uchuychaparccochoa2	13119.50	1.50	19679.25
Puruñacocha 1	2105.67	0.90	1895.11
Puruñacocha 2	927.02	0.80	741.61
Pataccochoa	2007.86	1.20	2409.43
Llaullikasa	4669.83	1.10	5136.82
Paclacocha	39780.02	1.20	47736.03
Lag. Oxidacion	1632.58	1.30	2122.35

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

6.2.2.2. Balance hídrico de las lagunetas

Está dado por la cantidad de agua que se pierde por efectos de la evaporación y la infiltración que se genera durante los 12 meses del año.

Metodología para hallar el Factor de Relación entre evaporación media de las Lagunetas.

Para el cálculo de la evaporación desde un embalse a partir de registros de un evaporímetro, es necesario tomar en cuenta un coeficiente de corrección, el cual es función de las características del instrumento.

Existen muchas experiencias realizadas para determinar y cuantificar los factores que influyen la tasa de evaporación registrada en las estaciones estudiadas (Perayoc, Anta y Urubamba y la regionalizada para la altura de las lagunetas) y hallar los factores de corrección a emplearse. Los evaporímetros Piché usados en su mayoría por las estaciones del SENAMHI, generalmente tienden a dar una sobre estimación de los tubos de evaporación, por el reducido tamaño de la superficie de exposición que presentan.

Para la zona de estudio, los registros de evaporación con instrumento Piché han sido transformados a Tanque Cass A Pan, afectados por un coeficiente medio igual a 0.88, así la evaporación simulada para un reservorio natural a partir de los registros de un instrumento Piché ubicado en la estación, resulta ser como la que se muestra en relación (1) siguiente:

$$E_r = C_m \times E_m = (0.88 \times 0.7) \times E_m = 0.62 \times E_m \quad (1)$$

Donde:

E_r = Evaporación real en la represa.

E_m = Evaporación media.

C_m = Coeficiente de corrección.

De acuerdo a las experiencias del SENAMHI e INAF, la evaporación real de una represa a partir de registros de Piché, debe aplicarse un factor de 0.40 a 0.50; resultando conservador el factor de 0.62 obtenido anteriormente.

De acuerdo a los datos de evaporación regionalizada, los valores generados para la zona de estudio, nos indica que son mayores que los registrados con los evaporímetros

Piché, puesto que las condiciones de calor, viento y humedad del aire son diferentes en la zona de estudio, en comparación a los registros en las estaciones.

Para el análisis de la evaporación real de cada embalse se está asumiendo la relación [2] lineal siguiente:

$$E_R = C_m \times E_m \quad (2)$$

Donde:

E_R = Evaporación real desde el embalse (mm).

C_m = Coeficiente (Piché $C_m=0.62$ (0.7×0.88); Tanque (Class A Pan $C_m=0.70$)

E_m = Evaporación medida (mm).

El incremento de las pérdidas por evaporación como consecuencia del embalsamiento inicial de cada presa puede utilizarse ecuación [3], que servirá para la obtención de la Evaporación neta.

$$E_{Ri} = C_m \times E_m - (1 - C_i) \quad (3)$$

Donde:

E_{Ri} = Evaporación neta (mm).

C_i = Coeficiente de escorrentía mensual.

C_m = Coeficiente (Piché $C_m=0.62$; Tanque (Class A Pan $C_m=0.70$).

E_{mi} = Evaporación medida (mm).

Se considera que los valores del coeficiente de escorrentía no se determinan en forma mensual y para efectos de almacenamiento de agua en los acuíferos, se adopta un coeficiente de escorrentía $C_i=0.41$, obtenido para la microcuenca.

Evaporación Real de las lagunetas

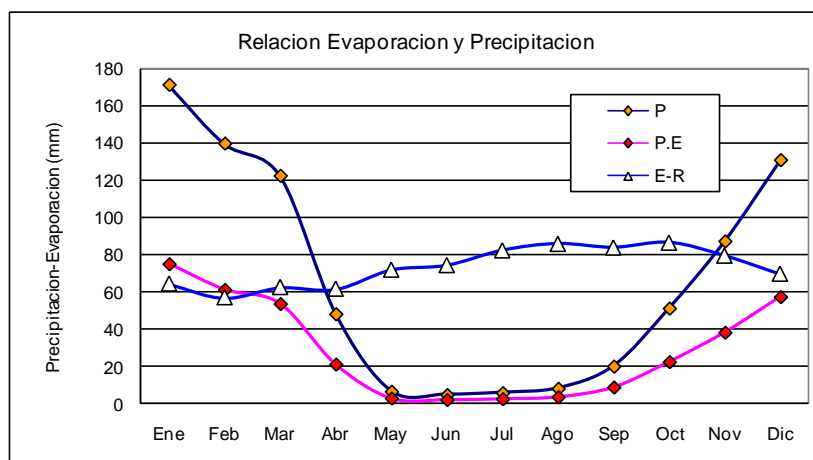
La evaporación real para cada laguneta, se obtiene considerando que los registros efectuados en la regresión lineal provienen de evaporímetros Piché, afectando los valores medidos con un coeficiente igual a $C_m = 0.62$. Los resultados de la evaporación real para cada embalse desarrollado mediante el análisis matemático se muestra en el Cuadro N° 34, donde se ve la variación de la evaporación media, evaporación neta, precipitación media y precipitación efectiva.

Cuadro N° 34. Evaporación media, real y neta para las lagunetas de la microcuenca.

MES	PRECIPITACION			EVAPORACION			
	MEDIA	COEF. DE	EFECTIVA	MEDIA mm	COEF.	REAL mm	NETA mm
		ESCORRE.			DE		
		C			PICHE		
Cm							
Ene	172.17	0.41	99.28	85.43	0.62	52.97	0.00
Feb	145.32	0.41	72.57	76.61	0.62	47.50	0.00
Mar	124.39	0.41	53.01	92.07	0.62	57.08	0.00
Abr	45.72	0.41	7.32	91.12	0.62	56.50	49.17
May	7.46	0.41	1.35	107.36	0.62	66.56	65.21
Jun	5.10	0.41	0.95	125.93	0.62	78.08	77.12
Jul	4.46	0.41	0.80	131.50	0.62	81.53	80.73
Ago	6.89	0.41	1.25	143.01	0.62	88.67	87.41
Sep	17.36	0.41	2.86	143.90	0.62	89.22	86.36
Oct	52.15	0.41	8.87	138.89	0.62	86.11	77.24
Nov	84.23	0.41	21.90	126.27	0.62	78.29	56.39
Dic	127.85	0.41	56.17	108.00	0.62	66.96	0.00
TOTAL	793.10	0.41	326.35	1,370.10	0.62	849.46	579.63

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 12. Relación de la Evaporación real vs la Precipitación.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

“Estudio Hidrogeológico de la Microcuenca Chinchero, Cusco.”

Para el balance hídrico de las lagunetas de la microcuenca de Chinchero se ha utilizado los cálculos de evaporación neta (Cuadro N° 35) y la permeabilidad en suelos lacustres de 0.015 m/día. Los resultados Finales se aprecian en el Cuadro N° 36.

Cuadro N° 35. Balance hídrico de las Lagunetas de la Microcuenca Chinchero.

Nombre de Laguneta	BALANCE HIDRICO DE LOS VASOS DE ALMACENAMIENTO											Volumen	Perdida por	Volumen	
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Inicial	Evp + Infil.	Final
													m3	m3	m3
Quellhuacocha chico	x	x	x	x	x	x							2,019.5	2,015.3	4.1
Caballoccocha1	x	x	x	x	x	x	x	x	x				23,806.0	22,531.9	1,274.1
Huajacocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	44,785.8	43,129.9	1,655.9
Chacapuncu 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x				134,306.6	127,118.6	7,188.0
Chacapuncu 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12,917.4	12,858.8	58.6
Chacapuncu 3	x	x	x	x	x	x	x	x					37,412.0	36,695.9	716.2
Poncollay	x	x	x	x	x	x							10,968.2	10,135.9	832.3
Chaquelloccocha	x	x	x	x	x	x	x	x					10,839.0	10,258.9	580.1
Isococha 2	x	x	x	x	x	x							2,484.8	2,296.2	188.6
Isococha	x	x	x	x	x	x							8,210.9	8,194.2	16.7
Isococha 3	x	x	x	x	x	x							5,910.1	5,898.1	12.1
Pilorccocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	33,522.8	31,864.8	1,658.0
Pilorccocha 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x				3,642.7	3,573.0	69.7
Pilorccocha 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x				4,713.8	4,548.3	165.5
Pucacocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x				543.0	532.6	10.4
Pataracocha 3	x	x	x	x	x	x							1,067.6	986.6	81.0
Chaquilloccocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	8,934.7	8,894.1	40.5
Uchuychaparccocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,055,840.5	975,790.9	80,049.7
Uchuychaparccocha2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	19,679.2	19,590.0	89.3
Puruñacocha 1	x	x	x	x	x	x	x	x					1,895.1	1,886.9	8.2
Puruñacocha 2	x	x	x	x	x	x							741.6	685.3	56.3
Pataccocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x				2,409.4	2,324.8	84.6
Llaullikasa	x	x	x	x	x	x	x	x	x				5,136.8	5,038.5	98.3
Paclacocha	x	x	x	x	x	x	x	x	x				47,736.0	46,060.0	1,676.1
TOTAL												1,479,523.7	1,382,909.6	96,614.1	

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

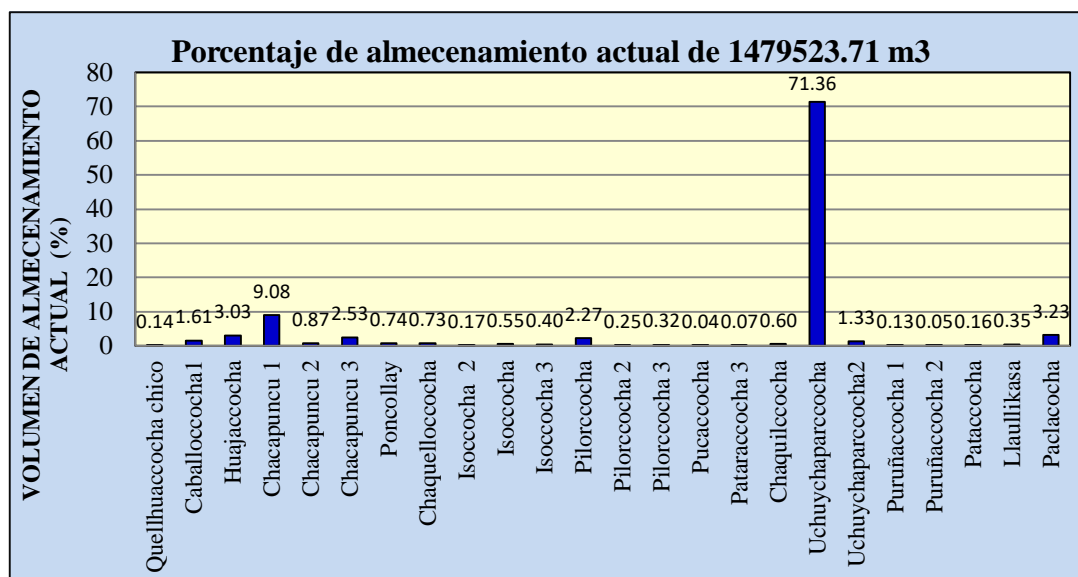
Como resultado podemos decir que las 24 lagunetas son recargadas a su máxima capacidad desde los meses de Diciembre a Marzo, para luego perder este volumen durante el resto del año, más aun que estos no presentan manantes que compensen estas pérdidas, de las 24 lagunetas mostradas en el gráfico 13, solo 6 de ellos (25 %) llegan a durar todo el año, el resto (18) que representa el 75 % son de régimen temporal llegando a durar solo hasta el mes de Agosto.

Cuadro N° 36. Balance hídrico Mensual de las Lagunetas de Microcuenca Chinchero.

NOMBRE LAGUNETA	VOLUMEN M3											
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Quellhuacocha chico	2019.5	2019.5	2019.5	2019.5	604.6	4.1	-	-	0.1	2.3	0.8	0.1
Cabaloccocha1	23806.0	23806.0	23806.0	23806.0	14825.4	8260.1	4577.6	2434.0	1274.1	-	-	-
Huajacocha	44785.8	44785.8	44785.8	44785.8	32583.9	22451.2	15531.7	10525.6	7097.5	3458.4	2313.0	1655.9
Chacapuncu 1	134306.6	134306.6	134306.6	134306.6	83640.7	46601.4	25825.8	13732.1	7188.0	-	-	-
Chacapuncu 2	12917.4	12917.4	12917.4	12917.4	8694.1	5405.3	3365.3	2035.0	1219.8	208.4	91.9	58.6
Chacapuncu 3	37412.0	37412.0	37412.0	37412.0	20732.7	9623.9	4326.3	1800.4	716.2	-	-	-
Poncollay	10968.2	10968.2	10968.2	10968.2	4244.5	832.3	-	-	-	-	-	-
Chaquellococha	10839.0	10839.0	10839.0	10839.0	6750.1	3760.9	2084.2	1108.2	580.1	-	-	-
Isoccocha 2	2484.8	2484.8	2484.8	2484.8	961.6	188.6	-	-	-	-	-	-
Isoccocha	8210.9	8210.9	8210.9	8210.9	2458.4	16.7	-	-	0.5	-	-	-
Isoccocha 3	5910.1	5910.1	5910.1	5910.1	1769.6	12.1	-	-	0.4	-	-	-
Pilorccocho	33522.8	33522.8	33522.8	33522.8	24870.2	17567.3	12461.7	8675.3	6013.2	3266.7	2265.0	1658.0
Pilorccocho 2	3642.7	3642.7	3642.7	3642.7	2018.7	937.1	421.2	175.3	69.7	-	-	-
Pilorccocho 3	4713.8	4713.8	4713.8	4713.8	2787.4	1436.5	730.1	351.8	165.5	-	-	-
Pucacocha	543.0	543.0	543.0	543.0	300.9	139.7	62.8	26.1	10.4	-	-	-
Pataracocha 3	1067.6	1067.6	1067.6	1067.6	413.2	81.0	-	-	-	-	-	-
Chaquilcocha	8934.7	8934.7	8934.7	8934.7	6013.6	3738.8	2327.7	1407.6	843.7	144.2	63.5	40.5
Uchuychaparccocho	1055840.5	1055840.5	1055840.5	1055840.5	809270.5	595416.3	440009.3	319989.6	231919.0	144540.0	105478.6	80049.7
Uchuychaparccocho2	19679.2	19679.2	19679.2	19679.2	13245.3	8234.9	5127.0	3100.2	1858.3	317.6	140.0	89.3
Puruñacocha 1	1895.1	1895.1	1895.1	1895.1	862.5	271.7	66.7	8.2	-	-	-	-
Puruñacocha 2	741.6	741.6	741.6	741.6	287.0	56.3	-	-	-	-	-	-
Patacocha	2409.4	2409.4	2409.4	2409.4	1424.8	734.3	373.2	179.8	84.6	-	-	-
Llaullikasa	5136.8	5136.8	5136.8	5136.8	2846.7	1321.4	594.0	247.2	98.3	-	-	-
Paclacocha	47736.0	47736.0	47736.0	47736.0	28227.4	14547.1	7393.9	3563.0	1676.1	-	-	-
TOTAL	1479523.7	1479523.7	1479523.7	1479523.7	1069833.6	741638.9	525278.7	369359.6	260815.6	151937.5	110352.8	83552.0
VOLUMEN TOTAL ANUAL DE LAS LAGUNETAS											9230863.69	

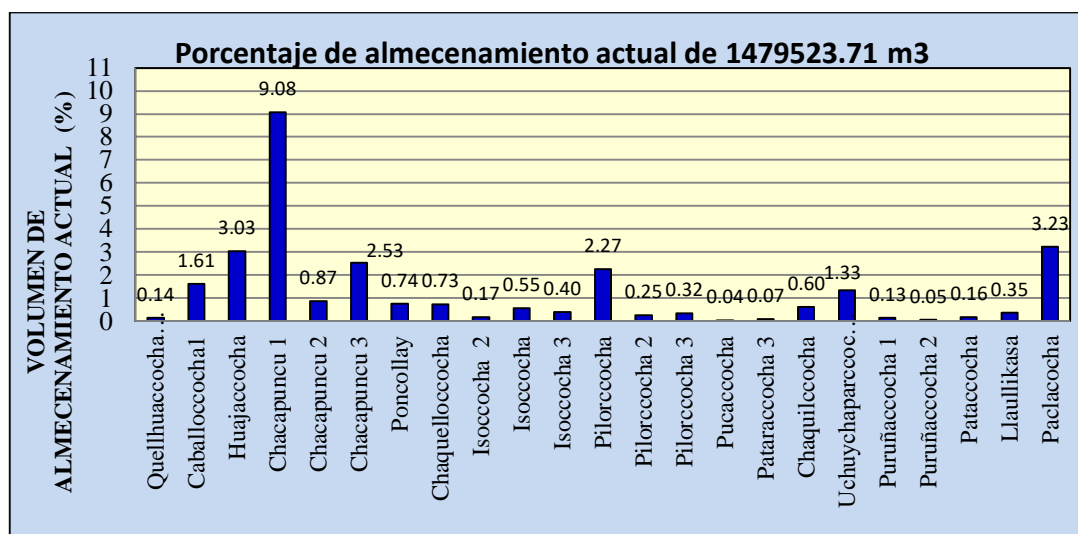
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Gráfica N° 13. Clasificación de Lagunetas por volumen (%).



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Gráfica N° 14. Clasificación de Lagunetas por volumen % sin considerar Uchuychaparccochoa 1.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Las lagunetas de la microcuenca presenta oferta máxima de 1,479, 523.71 m3 en los meses de precipitación pluvial constante, y una oferta mínima de 83, 552.04 m3 en noviembre.

Fotografía N°14. Laguneta Uchuychaparcocha 1.



Fuente: Propia.

Fotografía N°15. Laguneta Uchuychaparcocha 2.



Fuente: Propia.

6.2.3. VASOS DE ALMACENAMIENTO

La microcuenca de chinchero alberga en su interior 10 vasos de almacenamiento, geomorfológicamente se trata de dolinas Kársticas. Estos vasos de almacenamiento se recargan solo en los meses de precipitación pluvial, cabe recalcar que pierden su volumen de recarga en los primeros meses del estiaje del año. Según los cálculos realizados con diferentes métodos los volúmenes de almacenamiento varía desde 277,024.04 m³ que corresponde a la vaso almacenamiento VA-9, hasta los 860.03 m³ que corresponde al Vaso de almacenamiento VA-6.

Cuadro N° 37. Vasos de Almacenamiento de la Microcuenca Chinchero.

NOMBRE VA	COORDENADAS		Area top. Vaso	Altura Embalse	Volum. Alm. Top.
	x	y	m ²	m	m ³
VA-1	818264.39	8519127.41	5513.53	3.22	17762.44
VA-2	816312.97	8517465.30	2782.55	0.70	1947.79
VA-3	816913.84	8516515.50	45732.12	0.70	32012.48
VA-4	817200.87	8515748.26	4181.59	1.00	4181.59
VA-5	817045.81	8515607.36	1377.36	0.80	1101.89
VA-6	817425.45	8514691.03	1720.53	0.50	860.27
VA-7	816852.05	8512956.33	3574.38	1.00	3574.38
VA-8	817416.55	8512713.13	4003.77	0.60	2402.26
VA-9	817841.86	8519109.34	44832.44	6.18	277024.04
VA-10	816504.26	8518307.22	4328.15	1.10	4760.96
TOTAL			118046.42		345628.09

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

6.2.3.1. Balance hídrico de los vasos de almacenamiento

Para el balance hídrico de los vasos de almacenamiento se ha generado la precipitación a la altura donde se encuentra cada vaso de almacenamiento, utilizando la ecuación de regionalización de la precipitación; también se ha utilizado los cálculos de evaporación neta.

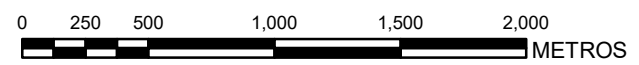
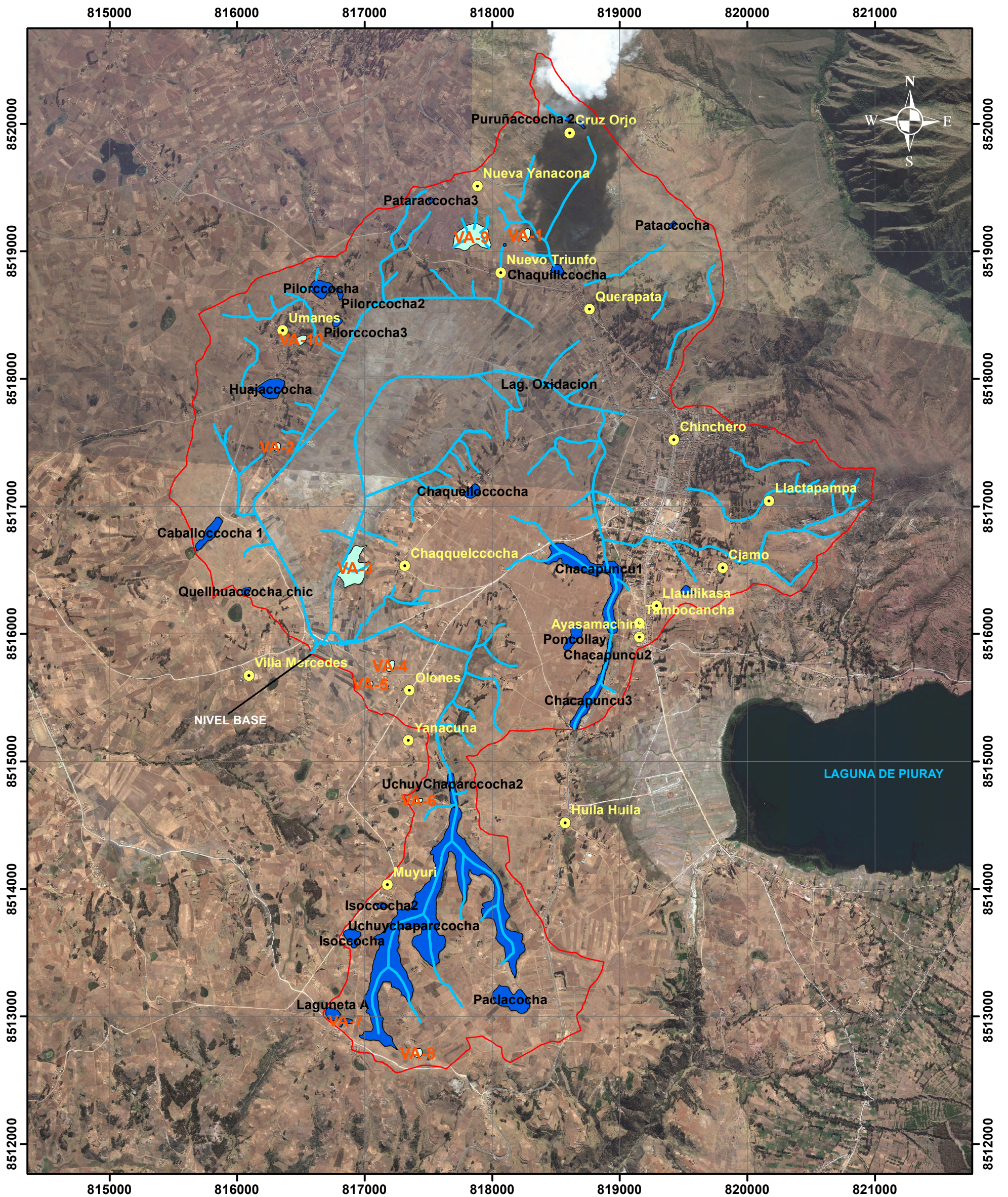
Los vasos de almacenamiento tienen una área de recepción de la precipitación pluvial de 0.53 Km². El volumen de agua acumulada anual en los vasos es de

25,725.31 m³, cabe aclarar que casi la totalidad de este este volumen se infiltra en los primeros meses de estiaje.

Cuadro N° 38. Balance de Hídrico Superficial en los Vasos de Almacenamiento.

NOMBRE VA	AREA	ALTURA	PRECIP.	EVP. NETA	RETENCIÓN TEMPORAL	
	Km ²	msnm	mm/año	m	mm/año	m ³ /año
VA-1	0.0055	3740	798.53	580.60	217.93	1,201.55
VA-2	0.0028	3720	793.85	580.60	213.25	593.39
VA-3	0.0457	3710	791.50	580.60	210.90	9,645.11
VA-4	0.0042	3715	792.68	580.60	212.08	886.83
VA-5	0.0014	3715	792.68	580.60	212.08	292.11
VA-6	0.0017	3760	803.18	580.60	222.58	382.95
VA-7	0.0036	3735	797.36	580.60	216.76	774.79
VA-8	0.0040	3750	800.86	580.60	220.26	881.85
VA-9	0.0448	3775	806.64	580.60	226.04	10,134.11
VA-10	0.0043	3730	796.19	580.60	215.59	932.62
TOTAL						25,725.31

Fuente: Elaboración Propia



LEYENDA	
	Lagunetas
	Vasos almacenamiento
	Rios

SIMBOLOGIA	
	Sector
	Microcuenca de Chinchero

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS:	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO		
MAPA:	FUENTES HIDRICAS SUPERFICIALES		
UBICACION:	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ENERO-2019	M-11
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			

6.3. OFERTA HIDROLÓGICA GENERADA

6.3.1. GENERALIDADES

En el presente estudio, para el modelamiento hidrológico se ha utilizado el método de la relación Lluvia-Escorrimento.

Las relaciones lluvia-escorrimento usualmente se establecen en dos etapas: la determinación del volumen de escorrimento que resulta de un volumen de lluvia producido durante un período de tiempo dado, y la distribución del volumen de escorrimento en función del tiempo. La primera etapa es necesaria debido a la división de la lluvia en evapotranspiración, infiltración y escorrimento. La segunda se requiere para tomar en cuenta el tiempo de recorrido y la atenuación de la onda de escorrimento que se genera por la lluvia.

Para el modelamiento hidrológico y la generación de descargas medias mensuales para los ríos en estudio, se ha empleado el modelo hidrológico de Lutz Scholz.

6.3.2. MODELO HIDROLÓGICO DE LUTZ SCHOLZ

El modelo hidrológico de Lutz Scholz, ha sido estudiado y calibrado en diecinueve (19) cuencas de la sierra peruana, ubicadas en las regiones de Cuzco, Huancavelica, Junín y Cajamarca, y es aplicable generalmente para pequeñas y medianas cuencas con escasa información hidrométrica.

El modelo 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.

El método es completo es su determinación final, vale decir analiza los acuíferos, los pantanos, los nevados, las lagunas, ríos, manantes, es decir todo el recurso hídrico que interviene en la cuenca, además de manera sustancial de la precipitación efectiva que cae en la cuenca.

6.3.3. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO PARA LA MICROCUENCA

El modelo hidrológico de Lutz Scholz, se ha aplicado en la microcuenca de Chinchero, debido a que la microcuenca no cuenta con información hidrométrica disponible. A continuación se detallan los resultados matemáticos obtenidos para la microcuenca de Chinchero.

6.3.3.1. Precipitación de la microcuenca

La precipitación media anual de la microcuenca es 793.10 mm/año, los resultados detallados se muestran en el acápite de Precipitación.

6.3.3.2. Precipitación efectiva

Para llegar a este tipo de escurrimiento la precipitación total sufrió un decremento por evapotranspiración, infiltración, retención en acuíferos o abastecimiento de acuíferos, para finalmente la diferencia llegar al escurrimiento superficial. La precipitación efectiva se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 39. Generación de Caudales Mensuales para la Microcuenca Chinchero.

MES	P. Media	PE m.m/mes					PE R
	Mensual mm	PE I	PE II	PEIII	PE IV	PE V	$PEr = C2*PEII+C3*PEIII$
Ene	172.17	51.516	85.766	112.466	117.566	132.766	99.21
Feb	145.32	29.428	59.303	85.619	90.719	105.919	72.56
Mar	124.39	17.592	41.123	64.677	69.788	84.988	52.99
Abr	45.72	0.868	5.139	9.543	12.948	17.822	7.36
May	7.46	0.000	0.883	1.824	4.196	4.760	1.36
Jun	5.10	0.000	0.618	1.278	3.047	3.430	0.95
Jul	4.46	0.000	0.542	1.123	2.694	3.030	0.84
Ago	6.89	0.000	0.819	1.694	3.935	4.454	1.26
Sep	17.36	0.000	1.864	3.818	7.199	8.645	2.85
Oct	52.15	1.270	6.293	11.405	15.504	21.264	8.87
Nov	84.23	5.109	16.267	27.371	38.606	49.028	21.86
Dic	127.85	19.258	43.918	68.419	82.172	105.075	56.26
TOTAL	793.10	125.04	262.53	389.24	448.38	541.18	326.35

Fuente: elaboración Propia.

6.3.3.3. Retención en la microcuenca

La precipitación anual de a microcuenca de Chinchero es 793.10 mm/año. Se tomó caudales en los meses de julio y setiembre, el coeficiente de agotamiento para la microcuenca es 0.000728. Según el análisis aritmético la retención (R) anual es 213.8 mm/año, este dato indica que la retención es muy alta debido a los pendientes bajos que ocupan 74.55 % (pendientes 0-15 %) del área total de la microcuenca. Los detalles se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 40. Lámina de Retención Microcuenca Chinchero.

ALMACEN HIDRICO	Área Km ²		Lamina especificas de retención (LA) mm/año	Retención (R) m ³ /año
Lagunas, Pantanos	0.95		793.10	754040.1
Acuiferos (%)			750*(-I)+315	
Pend <=4%	0.04	5.35	750*(-I)+315	1525700.4
Pend <=8%	0.08	4.17	750*(-I)+315	1062915.5
Pend <=15%	0.15	4.11	750*(-I)+315	832689.5
Pend <=25%	0.25	0.00	750*(-I)+315	0.0
Pend <=50%	0.5	0.00	750*(-I)+315	0.0
			R (mm/año)	213.8

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

6.3.3.4. Caudal o escorrentía superficial mensual para la Microcuenca Chinchero

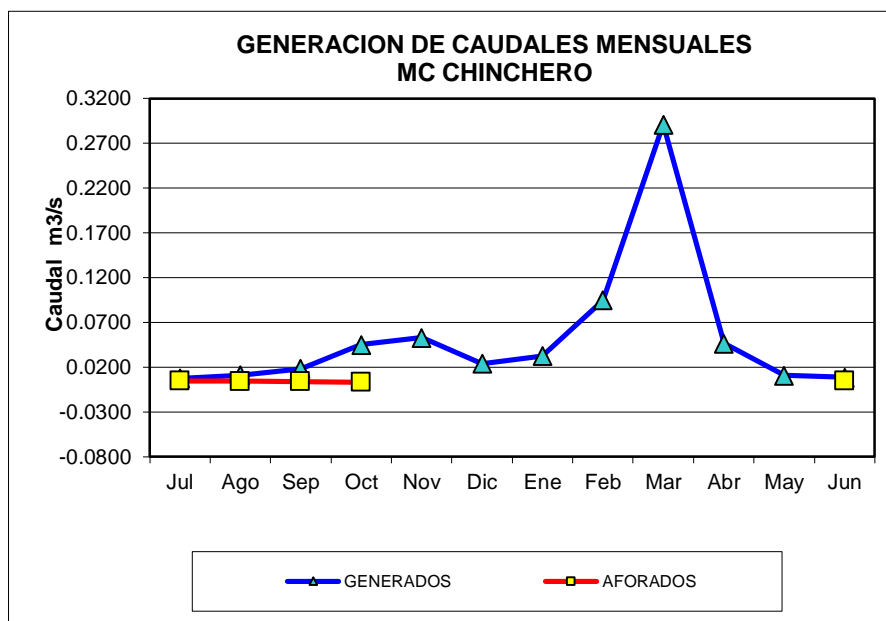
Utilizando la información disponible y empleando la metodología descrita anteriormente, se realizó el modelamiento hidrológico, llegando a calibrarse los parámetros del modelo, tal como se muestra a continuación:

Cuadro N° 41. Generación de Caudales Mensuales para la Microcuenca Chinchero.

MESES AÑO PROMEDIO	PRECIPITACION		RETENCION				CAUDALES			
	MEDIA MENSUAL	EFFECTIVA	GASTO		CONTRIBUCION		ABASTECIMIENTO DE LA RETENCION	GENERADOS		AFORADOS
	P _{MED}	PE	b _i	G _i	a _i	A _i		Q' _t	Q _t = K * Q' _t	Q _A
	mm	mm		mm		mm	mm	m ³ /s	m ³ /s	
Jul	4.46	0.84	0.9163	0.63			0.63	1.46	0.0076	0.0048
Ago	6.89	1.26	0.8965	0.61			0.61	1.87	0.0097	0.0043
Sep	17.36	2.85	0.8771	0.60			0.60	3.45	0.0185	0.0040
Oct	52.15	8.87	0.8582	0.59			0.59	9.46	0.0490	
Nov	84.23	21.86			-0.05	-10.69	-10.69	11.17	0.0598	
Dic	127.85	56.26			-0.23	-49.18	-49.18	7.08	0.0367	
Ene	172.17	99.21			-0.45	-96.22	-96.22	3.00	0.0155	
Feb	145.32	72.56			-0.27	-57.73	-57.73	14.83	0.0850	
Mar	124.39	52.99			0.00	0.00	0.00	52.99	0.2745	
Abr	45.72	7.36	0.9784	0.67			0.67	8.03	0.0430	
May	7.46	1.36	0.9572	0.66			0.66	2.01	0.0104	
Jun	5.10	0.95	0.9365	0.64			0.64	1.59	0.0085	0.0051
TOTAL	793.10	326.35	6.42	4	-1.00	-214	-209.42	9.74	0.052	
								116.93	0.62	
AREA DE LA CUENCA			RETENCION DE LA CUENCA			COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO				
AC =	19.53	Km2	R =	213.8	mm/año	a =	0.00073	w =	0.978	
PRECIPITACION EFECTIVA			COEFICIENTE DE ESCORRENTIA		COEFICIENTES				COMPROBACION	
PE = C2*PE-II + C3*PE-III			Ce =	0.41	C2 =	0.50	C3 =	0.50	C2 + C3 = 1.00, OK'	

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Gráfica N° 15. Comparación entre caudales generados y aforados Microcuenca Chinchero.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Con la información completada de caudales medios mensuales de la microcuenca, para periodo de 40 años comprendida entre los años 1,976-2015 se tiene los siguientes resultados; el río Chinchero tiene un caudal medio mensual 0.052 m³/s, un máximo de 0.27 m³/s en marzo, un mínimo de 0.0076 m³/s en julio.

6.3.3.5. Caudales generados para periodos extendidos

Se ha realizado el análisis de regresión lineal múltiple para obtener los coeficientes b_1 , b_2 , b_3 , b_4 ; error estándar S y el coeficiente de correlación múltiple R , de la ecuación de generación estocástica. En el siguiente cuadro se muestra la determinación de los coeficientes de correlación triple.

Cuadro N° 42. Cálculo de la Ecuación de Regresión.

MESES AÑO PROMEDIO	Q _t	Q _{t-1}	PE	CUADRO ESTADISTICO PARA EL CALCULO DE LA ECUACION DE REGRESION					
	x mm	y mm	z mm	x ²	xy	xz	y ²	yz	z ²
Jul	1.5	1.6	0.8	2.1	2.3	1.2	2.5	1.3	0.7
Ago	1.9	1.5	1.3	3.5	2.7	2.4	2.1	1.8	1.6
Set	3.4	1.9	2.8	11.9	6.5	9.8	3.5	5.3	8.1
Oct	9.5	3.4	8.9	89.4	32.6	83.9	11.9	30.6	78.6
Nov	11.2	9.5	21.9	124.7	105.6	244.1	89.4	206.7	477.8
Dic	7.1	11.2	56.3	50.1	79.1	398.3	124.7	628.3	3,165.0
Ene	3.0	7.1	99.2	9.0	21.2	297.2	50.1	702.4	9,843.4
Feb	14.8	3.0	72.6	219.8	44.4	1,075.8	9.0	217.4	5,264.6
Mar	53.0	14.8	53.0	2,807.6	785.6	2,807.6	219.8	785.6	2,807.6
Abr	8.0	53.0	7.4	64.4	425.4	59.1	2,807.6	389.8	54.1
May	2.0	8.0	1.4	4.1	16.2	2.7	64.4	10.9	1.8
Jun	1.6	2.0	1.0	2.5	3.2	1.5	4.1	1.9	0.9
TOTAL	116.9	116.9	326.4	3,389.2	1,524.8	4,983.5	3,389.2	2,982.1	21,704.3

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Fórmulas empleadas en la ecuación de regresión múltiple.

J = (SUM X ²)-(SUM X) ² /12	2,527.36
K = SUM XY-(SUM X)*SUM Y/12	512.88
L = (SUM XZ)-SUM X * SUM Z/12	2,280.62
M = (SUM Y ²)-(SUM Y) ² /12	2,527.36
U = (SUM YZ)-SUM Y * SUM Z/12	- 268.42
X = (SUM Z ²)-(SUM Z) ² /12	13,537.59
O = (L*U-K*X)/(U ² -M*X)	0.22
P = (K*U-L*M)/(U ² -M*X)	0.17
Q = (SUM X-O * SUM Y - P * SUM Z)/12	3.12
V = (O*K)	113.49
W = P*L	394.21
r = ((V+W)/J) ^{.5}	0.45
S = ((J-V-W)/(9)) ^{.5}	14.98

Ecuación de caudales medios mensuales:

$$CM_t = 4.052 + 0.184 x CM_{t-1} + 0.143 x PE_t + 13.495 x Z$$

Utilizando la formula CMt se calcula los caudales para los 12 meses, desde el año 1976 hasta 2015. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 43. Registro mensual regionalizado para la altura media de la microcuenca Chinchero.

CAUDALES GENERADOS - PERIODOS EXTENDIDOS																				
Microcuenca	CHINCHERO			(m ³ /s)																
				Latitud	:	13° 23' 53,85"	S	Departamento	:	CUSCO	Longitud	:	72° 03' 51.45"	W	Provincia	:	URUBAMBA	Altitud	:	3,743.10
N°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL							
N° Datos	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40.00							
Q-MEDIO	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.92							
Desv. Estandar	0.07	0.07	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.17							
Coef. Variacion	63.01	70.02	74.43	70.53	72.37	69.90	75.30	85.88	60.74	68.54	63.15	52.43	18.60							
Q-MAX	0.25	0.29	0.27	0.16	0.19	0.15	0.17	0.18	0.16	0.18	0.29	0.20	1.24							
Q-MIN	0.003	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.009	0.57							
Q AL 75 % PERSIST.	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.50							

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

*Los resultados por año se muestra en anexos.

Cuadro N° 44. Caudales Medios Mensuales Generados, Volumen Disponible y de Almacenamiento

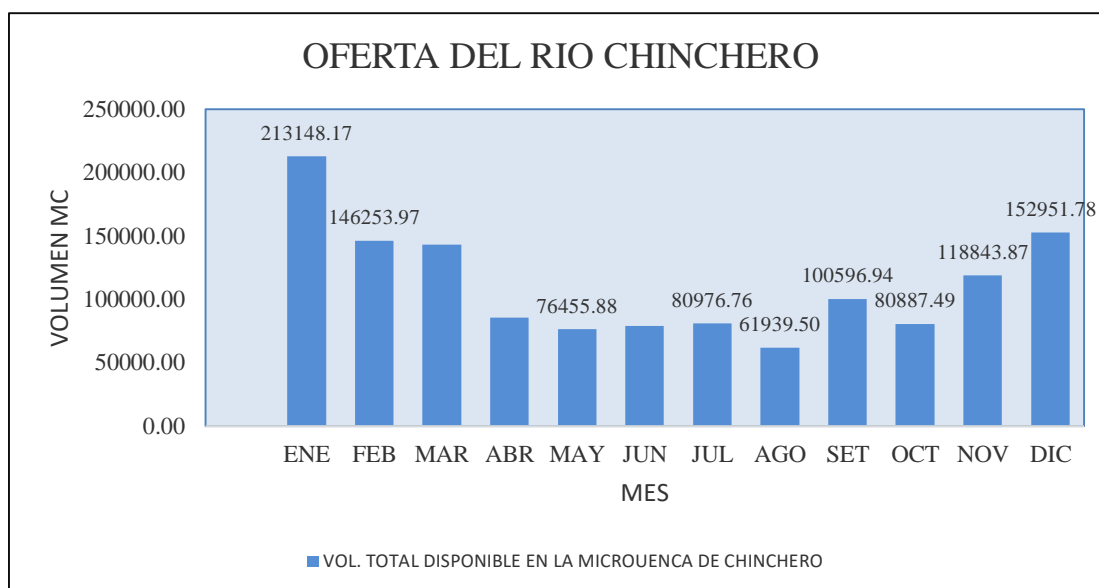
DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
N° Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Q. medio	m³/s	0.129	0.108	0.099	0.064	0.058	0.059	0.064	0.058	0.068	0.060	0.081	0.088	0.935
Desviacion Estándar	m³/s	0.073	0.070	0.067	0.047	0.043	0.042	0.050	0.052	0.043	0.045	0.051	0.045	0.63
C.V.	%	63.014	70.024	74.433	70.531	72.371	69.901	75.303	85.882	60.736	68.541	63.151	52.434	826.32
Q. maximo	m³/s	0.250	0.294	0.265	0.162	0.188	0.149	0.166	0.179	0.156	0.181	0.295	0.201	2.49
Q. minimo	m³/s	0.003	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.009	0.03
Q. 10%	m³/s	0.222	0.198	0.184	0.124	0.114	0.113	0.128	0.125	0.122	0.118	0.147	0.146	1.74
Q. 25%	m³/s	0.178	0.155	0.144	0.096	0.087	0.087	0.098	0.093	0.096	0.091	0.115	0.119	1.36
Q. 75%	m³/s	0.080	0.060	0.053	0.033	0.029	0.030	0.030	0.023	0.039	0.030	0.046	0.057	0.51
VOLUMEN DISPONIBLE														
Tiempo	s/mes	2,678,400	2,419,200	2,678,400	2,592,000	2,678,400	2,592,000	2,678,400	2,678,400	2,592,000	2,678,400	2,592,000	2,678,400	31,536,000
Vol. Disponible 10% de Persist.	m3	595,941	478,620	493,723	321,623	304,432	291,757	342,670	333,897	316,824	316,085	379,786	391,344	4,566,701
Vol. Disponible 25% de Persist.	m3	477,211	375,531	384,968	248,427	233,721	225,779	261,501	249,544	249,757	243,134	298,850	317,402	3,565,823
Vol. Disponible 50% de Persist.	m3	345,180	260,892	264,029	167,031	155,088	152,408	171,239	155,742	175,177	162,011	208,847	235,177	2,452,821
Vol. Disponible 75% de Persist.	m3	213,148	146,254	143,091	85,635	76,456	79,038	80,977	61,940	100,597	80,887	118,844	152,952	1,339,819
Vol. Disponible 10% de Persist. por Almacenar.	m3	595,941	478,620	493,723	160,811							189,893	391,344	2,310,332
Vol. Disponible 25% de Persist. por Almacenar.	m3	477,211	375,531	384,968	124,213							149,425	317,402	1,828,750
Vol. Disponible 50% de Persist. por Almacenar.	m3	345,180	260,892	264,029	83,515							104,423	235,177	1,293,217
Vol. Disponible 75% de Persist. por Almacenar.	m3	213,148	146,254	143,091	42,817							59,422	152,952	757,684

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Los volúmenes disponibles entre los meses de mayo a octubre entran solo en operación dentro del almacenamiento.

En el Cuadro N° 44, se muestra el volumen total anual al 75% de persistencia del río Chinchero alcanza a 1, 339, 819 MC, con un volumen máximo acumulado de 213, 148 MC en enero y un mínimo de 61,940 MC en Agosto.

Gráfica N° 16. Volumen Total de Aguas Superficiales Disponible en la Microcuenca.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.

6.4. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA

El balance hídrico de la microcuenca tiene como objetivo cuantificar los aportes y las pérdidas de agua en la cuenca hidrogeológica.

Todo fenómeno cíclico implica una igualdad de pérdidas y ganancias, por ende el balance de agua para la microcuenca se estima con la siguiente ecuación:

$$P = E + R + I$$

Donde:

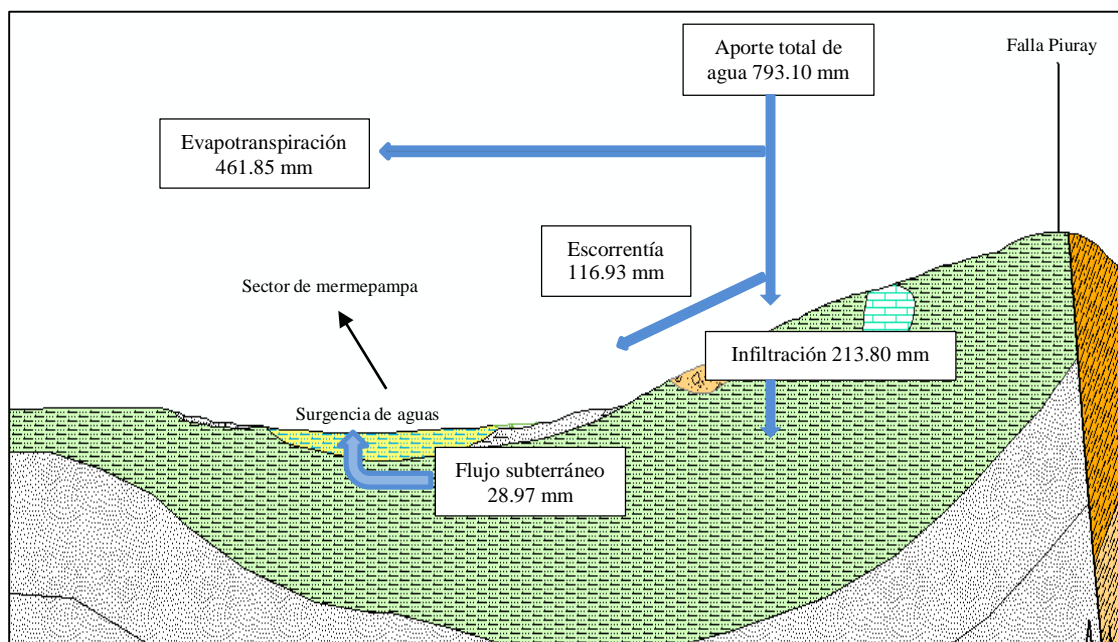
- P: Precipitación de agua en la microcuenca.
- E: Evapotranspiración real.

- R: Escorrentía Superficial.
- I: Infiltración o retención.

El total de agua que cae en la microcuenca es de 793.10 mm/año, la evapotranspiración real de la microcuenca es de 461.85 mm/año, la escorrentía calculado en el cuadro N° 42 es de 116.93 mm/año y la retención o infiltración para la microcuenca es de 213.8 mm/año.

La infiltración es el agua de las precipitaciones que pasa a través del suelo y el subsuelo hacia las litologías profundas, así este recarga los acuíferos ayudado por la percolación como: aguas de retención, circulación hipodérmica, circulación subterránea, alimentación de reservas de acuíferos. De la lámina infiltrada que es 213.8 mm, 102 mm recarga el acuífero (estimado por el método propuesto por Gunther Schosinsky N. (2006) en el capítulo de Hidrogeología); el flujo subterráneo se estimó a partir del total de caudales en la microcuenca y en sus alrededores, donde el caudal de manantes es de 17.9 l/seg, por lo tanto el flujo subterráneo es de 28.97 mm/año.

Imagen N° 3. Esquema de balance hídrico superficial de la microcuenca.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

CAP ITULO VII: HIDROGEOLOGIA

7.1. GENERALIDADES

Los acuífero constituye un almacén natural de agua subterránea muy importante cuya recarga obedece a las condiciones de precipitación permeabilidad del suelo y basamento rocoso y principalmente las características estructurales que la puedan contener y transmitir paulatinamente hacia los manantes, cumpliendo no este proceso periódicamente.

Dentro de este acápite, trataremos sobre las características del comportamiento de los acuíferos identificados y algunas unidades acuíferas más productivas.

7.2. RECURSOS HÍDRICOS

7.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS PARA INVENTARIO DE MANANTES

Los equipos utilizados para la medida de aforos estuvo constituido por:

- Método del RBC de 5 lt Metálico, Nivel de mano, Combillo de 10 lb y pico.
- Método Volumétrico = 02 baldes de medidas conocidas 4lt y 15lt, cronometro de mano, y un pedazo de tubos pvc 2” y 4”.
- Método velocidad sección: Conocido como flotador; sección y longitud uniforme de cauce de riachuelo, cinta métrica, cronometro y fragmentos de tecnoport.

7.2.2. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Está relacionado a la medida del agua, esto a través de obtener caudales (l/s), de surgencias o manantes; cuyo propósito servirá para determinar la cantidad de agua descargada por cada sistema de acuífero y hacer las comparaciones de recarga vs descarga o balance hídrico y determinar la clasificación de acuíferos por su productividad.

7.2.2.1. Aforo de fuentes de agua

El aforo de las fuentes de agua subterránea, se realizó en 07 campañas, desde el 05 al 07, 08, 09, 10, 12 y 13 de abril esto producto de la temporalidad y problemas de orden social con las comunidades.

Cabe indicar que paralelo a la medida de caudales en manantes, se realizó lecturas adicionales como conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y salinidad (ppm), con ayuda de un Conductivímetro portátil. Una vez conocido el emplazamiento y distribución de manantes en la microcuenca, se ha procedido con la toma de muestras de agua para el análisis fisicoquímico correspondiente de manantes estratégicamente distribuidos.

7.2.2.2. Manantes inventariados en la microcuenca

Se ha inventariado 45 manantes, con caudales desde 0.004 l/s humedeciendo (Antaquilca 4) hasta 1.62 l/s (Lullanancay), el volumen total que descarga de los manantes hacia la Microcuenca de Chinchero es de 10.92 l/s para el mes de abril.

Del total de manantes que vierten sus aguas a la microcuenca, 25 son de régimen permanente y 20 son de régimen temporal; los resultados de muestran en el cuadro N° 45 y cuadro N° 46.

Cuadro N° 45. Inventario de fuentes de agua de la comunidad Yanacóna.

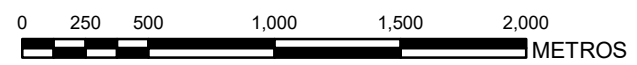
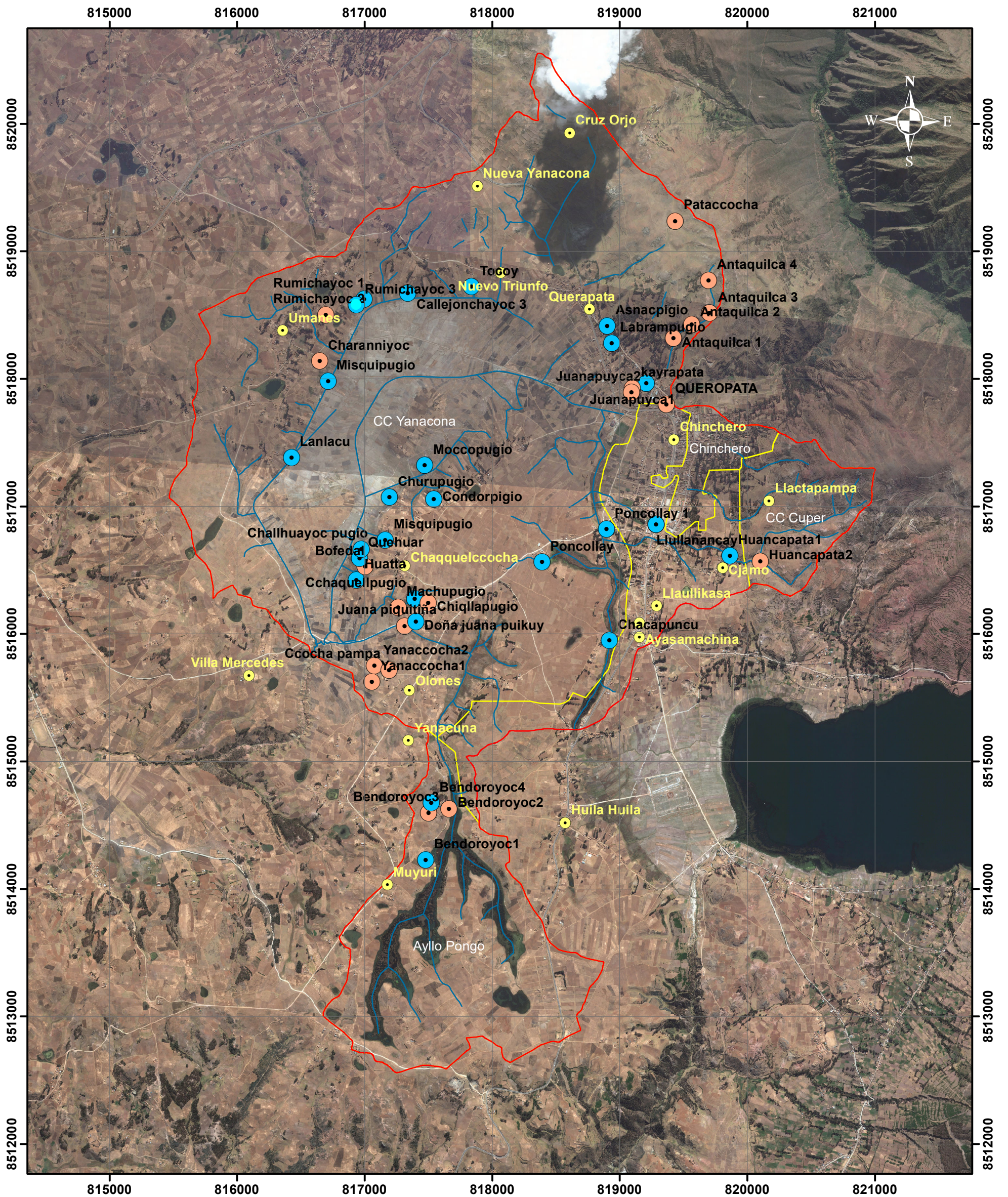
COMUNIDAD	N° Man.	SECTOR	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SALINIDAD	CAUDAL	COORDENADAS UTM		TIPO	REGIMEN	USO
				CE=µs/cm	S=ClCa ppm	Q=l/s	X	Y			
Yanacóna	1	Olonés	Yanacóna1	99	0.02	0.19	817057	8515626	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Yanacóna	2	Olonés	Yanacóna2	98	0.02	0.31	817077	8515751	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Yanacóna	3	Olonés	Poncollay	625	0.24	0.10	818390	8516564	Manante con sist captacion	Permanente	Extraccion por bombeo para Riego
Yanacóna	4	Olonés	Ccocha pampa	205	0.09	0.01	817190	8515718	Manante lagunilla	Temporal	Abrevadero
Yanacóna	5	Olonés	Juana piquitiña	247	0.11	0.00	817312	8516065	Manante empozado	Temporal	Abrevadero
Yanacóna	6	Olonés	Doña juana puikuy	188	0.07	0.15	817401	8516097	Manante empozado	Permanente	Abrevadero
Yanacóna	7	Olonés	Huatata	378	0.18	0.50	816932	8516424	Manante con sist captacion	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	8	Olonés	Bofedal	256	0.12	0.02	817001	8516528	Bofedal	Temporal	Libre
Yanacóna	9	Olonés	Quehwar	297	0.13	0.13	816959	8516594	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	10	Olonés	Challhuayoc pugio	275	0.13	0.60	816972	8516665	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	11	Olonés	Misquipugio	214	0.09	0.09	817160	8516737	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	12	Olonés	Machupugio	276	0.11	0.04	817260	8516209	Manante	Temporal	Abrevadero
Yanacóna	13	Olonés	Cchaquellpugio	305	0.15	0.09	817392	8516278	Manante empozado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	14	Olonés	Chiqllapugio	145	0.06	0.05	817498	8516243	Manante Libre	Temporal	Abrevadero
Yanacóna	15	Olonés	Poncollay 1	256	0.12	0.10	819075	8516756	Manante empozado	Permanente	Riego
						Caudal	2.38				
Yanacóna	1	Chaqullococha	Condorpugio	72	0.02	0.20	817541	8517057	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	2	Chaqullococha	Moccopugio	870	0.43	0.10	817470	8517324	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacóna	3	Chaqullococha	Churupugio	529	0.20	0.08	817192	8517072	Manante con sist captacion	Permanente	Extraccion por bombeo para C.H
						Caudal	0.38				
Yanacóna	1	Antaquilla	Antaquilla 1	481	0.23	0.04	819420	8518324	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Yanacóna	2	Antaquilla	Antaquilla 2	599	0.23	0.01	819563	8518429	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Yanacóna	3	Antaquilla	Antaquilla 3	786	0.38	0.02	819703	8518518	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Yanacóna	4	Antaquilla	Antaquilla 4	0	0.00	0.00	819695	8518775	Humedecimiento	Temporal	Libre Abrevadero
						Caudal	0.07				

Fuente: Elaboración propia e IMA, aforo método volumétrico.

Cuadro N° 46. Inventario de fuentes de agua de las comunidades, Yanacana, Aylo Pongo y poblado de Chinchero.

COMUNIDAD	N° Man.	SECTOR	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	SALINIDAD	CAUDAL	COORDENADAS UTM		TIPO	REGIMEN	USO
				CE = μ s/cm	S=ClCa ppm	Q=l/s	X	Y			
Yanacana	1	Umanes	Lanlacu	398	0.19	0.09	816424	8517384	Manante con sist captacion	Permanente	Extraccion por bombeo para C.H
Yanacana	2	Umanes	Misquipugio	406	0.19	0.04	816712	8517984	Manante con sist captacion	Permanente	Extraccion por bombeo para C.H
Yanacana	3	Umanes	Charanniyoc	311	0.18	0.25	816646	8518142	Manante	Temporal	Abrevadero
Yanacana	4	Umanes	Tocoy	353	0.16	1.00	817836	8518724	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacana	5	Umanes	Callejonchayoc 3	480	0.26	0.35	817339	8518673	Manante con sist captacion	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Yanacana	6	Umanes	Rumichayoc 1	820	0.44	0.01	816995	8518629	Manante Pozo cavado	Permanente	Extraccion por bombeo para Riego
Yanacana	7	Umanes	Rumichayoc 2	289	0.13	0.12	816696	8518503	Manante	Temporal	Abrevadero
Yanacana	8	Umanes	Rumichayoc 3	320	0.00	0.03	816933	8518582	Manante Pozo	permanente	Ocacional Consumo Humano
						Caudal	1.89				
Yanacana	1	Querapata	Pataccochoa	700	0.34	0.20	819434	8519241	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Yanacana	2	Querapata	Queropata	725	0.35	0.01	819366	8517803	Manante	Temporal	Enterrado
Yanacana	3	Querapata	Juanapuyca1	711	0.35	0.04	819209	8517966	Manante Pozo cavado	Permanente	Ocacional Consumo Humano
						Caudal	0.25				
Chinchero	1	Nuevo Triunfo	kayrapata	421	0.24	0.01	819099	8517929	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Chinchero	2	Nuevo Triunfo	Juanapuyca2	356	0.15	0.90	819091	8517896	Manante	Temporal	Libre Abrevadero
Chinchero	3	Nuevo Triunfo	Labrampugio	850	0.44	0.75	818936	8518282	Manante con sist captacion	Permanente	Ocacional Consumo Humano
Chinchero	4	Nuevo Triunfo	Asnacpigio	900	0.44	0.80	818899	8518418	Manante con sist captacion	Permanente	Ocacional Consumo Humano
						Caudal	2.46				
Aylo Pongo	1	Huila Huila	Bendoroyoc1	72	0.02	0.65	817477	8514229	Manante empozado	Permanente	Libre Abrevadero
Aylo Pongo	2	Huila Huila	Bendoroyoc2	57	0.01	0.02	817660	8514627	Humedecimiento	Temporal	Libre
Aylo Pongo	3	Huila Huila	Bendoroyoc3	186	0.08	0.90	817501	8514597	Humedecimiento	Temporal	Libre
Aylo Pongo	4	Huila Huila	Bendoroyoc4	640	0.30	0.01	817520	8514676	Manante empozado	Permanente	Abrevadero
						Caudal	1.58				
Aylo Pongo	1	Cjamo	Huancapata1	758	0.44	0.20	819883	8516595	Manante con sist captacion	Permanente	Consumo Humano
Aylo Pongo	2	Cjamo	Huancapata2	730	0.30	0.05	820109	8516551	Manante con sist captacion	Temporal	Consumo Humano
Aylo Pongo	3	Allpachaca	Chacapuncu	850	0.45	0.05	818919	8515950	Manante con sist captacion	Permanente	Extraccion por bombeo para Riego
Aylo Pongo	4	Llullanancay	Llullanancay	700	0.34	1.62	819043	8516993	Manante	Permanente	Consumo Humano y Riego
						Caudal	1.92				

Fuente: Elaboración propia e IMA, aforo método volumétrico.



LEYENDA

Manantes Inventariados

Regimen

- Permanente
- Temporal

SIMBOLOGIA

- Sector
- Rios
- Comunidad de Chinchero

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>			
<p>TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO</p>			
<p>MAPA: MANANTES</p>			
UBICACION: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	FECHA: ENERO-2019 PROCESADO: EN SIG	MAPA N°: <p style="font-size: 1.5em;">M-12</p>
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA		ESCALA: 1:30,000	

7.2.3. CLASIFICACIÓN DE DESCARGA DE LOS MANANTES

Los variables que determinan la descarga de los manantes son:

- La permeabilidad y transmisibilidad.
- Área de alimentación.
- Volumen de descarga.

Existe una variedad de formas para clasificar los manantes, para el presente estudio la clasificación de los manantes está basado por caudal suministrado, para lo cual se utilizó la tabla N° 5.

Tabla N° 5. Clasificación de la descarga de manantes.

Categoría	Unidad de OMD
Primera	Superior a 2.83 m ³ /seg
Segunda	0.283-2.83 m ³ /seg
Tercera	28.3-283 l/seg
Cuarta	10.0-28.3 l/seg
Quinta	3.0-10.0 l/seg
Sexta	1.0-3.0 l/seg
Séptima	Menores de 1.0 l/seg

Fuente: Dimas Apaza 1983.

Según los datos de caudales del cuadro N° 45 y 46, la gran mayoría de los manantes tienen caudales menores a 1.0 l/seg, lo cual indica que la clasificación de los manantes son de séptima categoría, solo los manantes Llullanancay de caudal 1.62 l/seg y el manante Tocoy de caudal 1.0 l/seg son de sexta categoría.

7.2.4. ORIGEN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

El origen de las aguas subterráneas de la microcuenca de Chinchero, es por la infiltración y percolación a través de fracturas.

7.3. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Las pruebas de infiltración son vitales, sirven para conocer la productividad buena o mala de los capas de los acuíferos que se recargan por medio de la infiltración.

7.3.1. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN EN SUELOS

La infiltración básica (I_b) fue determinada por formula de Kostiakov con Infiltrómetro de anillos concéntricos para suelos (Olarte 2000).

Fotografía N°16. Prueba de Infiltración con el anillo concéntrico.



Fuente: Propia.

La infiltración básica puede ser definida como la entrada vertical del agua en el perfil del suelo. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$I = aT^b$$

Donde:

I: Infiltración básica

a: Coeficiente de infiltración acumulada

b: Pendiente de la recta de infiltración

T: Tiempo de aplicación

La infiltración acumulada es la cantidad de agua retenida por el suelo en un tiempo también acumulado. Se determina aplicando logaritmos a la formula anterior, y se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Log}A = \log\left(\frac{a}{60(b+1)}\right) + (b+1) \times \log T$$

Donde:

A: Infiltración

El ensayo de infiltración básica en suelos se realizó en 5 zonas, Chaquellcochapampa, Poblado de Chinchero (2 pruebas de infiltración), Chaquellococha y Mermepampa. Los resultados de ensayos de infiltración se muestran en anexos 10.5 (Pruebas de infiltración). En el siguiente cuadro se muestra resumen de los resultados finales.

Cuadro N° 47. Resultados de Infiltración básica (Ib) cm/h.

Unidad Geológica	Sector	Prueba	Infiltración Básica		
			cm/seg	cm/hora	m/día
Depósitos Palustres	Chaquellcochapampa	I-8	1.11×10^{-3}	4.00	0.96
Depósitos Aluviales	Pob. Chinchero	I-3	4.42×10^{-4}	1.59	0.38
Depósitos Coluvial	Chaquellococha	I-2	2.14×10^{-3}	7.71	1.85
Depósitos Lacustres	Mermepampa	I-1	1.19×10^{-3}	4.28	1.03
Formación Chincheros	Pob. Chinchero	I-4	1.51×10^{-3}	5.45	1.31

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

7.3.2. PRUEBAS DE INFILTRACIÓN EN ROCAS

La Infiltración Instantánea (Ia) fue determinada por carga variable (inyección con tubo PVC), en rocas como: Lutitas de la formación Maras, calizas de la formación Ayabacas, Areniscas y lutitas de la formación Vilquechico.

Los resultados de pruebas de infiltración en campo se muestra en anexos 10.5 (Pruebas de infiltración). En el siguiente cuadro se muestra los resultados finales de Infiltración instantánea (Ia).

Cuadro N° 48. Resultados finales de prueba de infiltración método de carga variable.

Unidad Geológica	Sector	Prueba	Infiltración Básica		
			cm/seg	cm/hora	m/día
Fm. Vilquechico	Cerro Llutupuquio	I-7	1.42×10^{-4}	0.51	0.12
Fm. Ayabacas	Cerro Antaqasa	I-6	7.75×10^{-3}	27.90	6.70
Fm. Maras	Chaquellcochapampa	I-5	2.12×10^{-4}	0.76	0.18

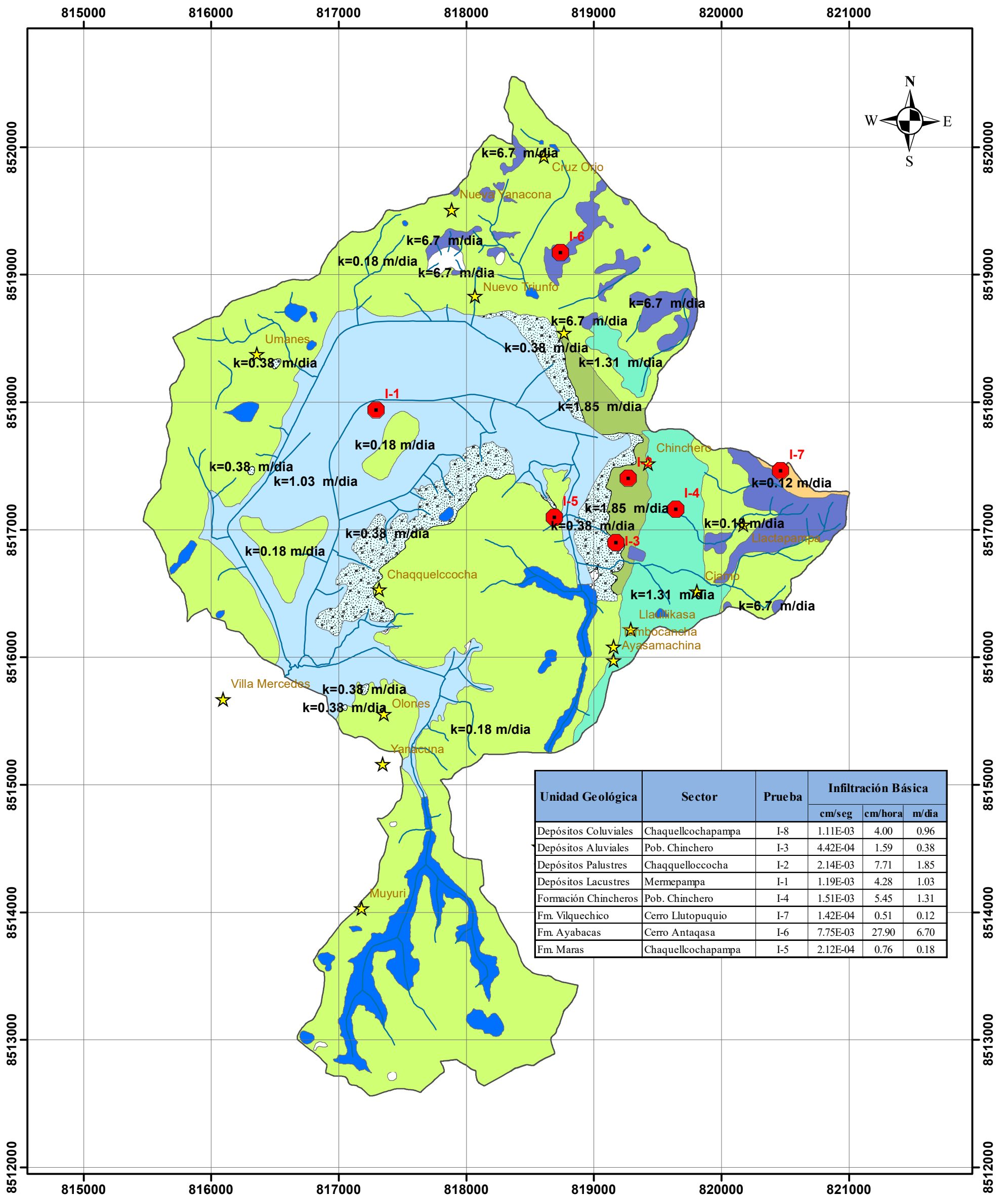
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 6. Clasificación de la infiltración según USBR.

CLASE	Infiltración básica (cm/h)
Infiltración lenta	< 0.5
Infiltración moderadamente lenta	0.5 - 2.0
Infiltración moderada	2.1 - 6.0
Infiltración moderadamente rápida	6.1 - 13
Infiltración rápida	13.1 - 25
Infiltración muy rápida	> 25

Fuente: International institute for Land Reclamation and Improvement. “Principios y Aplicaciones del Drenaje”- I.L.R.I (1977).

Según la tabla N° 6 la infiltración en las rocas varía desde moderadamente lenta, 0.51 cm/hr (Fm. Vilquechico), hasta muy rápida, 27.90 cm/hr (Fm. Ayabacas).



Unidad Geológica	Sector	Prueba	Infiltración Básica		
			cm/seg	cm/hora	m/día
Depósitos Coluviales	Chaquellcochapampa	I-8	1.11E-03	4.00	0.96
Depósitos Aluviales	Pob. Chinchero	I-3	4.42E-04	1.59	0.38
Depósitos Palustres	Chaquellococha	I-2	2.14E-03	7.71	1.85
Depósitos Lacustres	Mermepampa	I-1	1.19E-03	4.28	1.03
Formación Chincheros	Pob. Chinchero	I-4	1.51E-03	5.45	1.31
Fm. Vilquechico	Cerro Lutupuquio	I-7	1.42E-04	0.51	0.12
Fm. Ayabacas	Cerro Antaqasa	I-6	7.75E-03	27.90	6.70
Fm. Maras	Chaquellcochapampa	I-5	2.12E-04	0.76	0.18

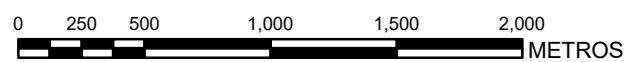
LEYENDA

Unidades Geológicas

- Depósito Coluvial
- Depósitos Aluviales
- Depósitos Lacustres
- Depósitos Palustres
- Fm. Chincheros
- Fm. Vilquechico
- Fm. Ayabacas
- Fm. Maras
- Lagunetas

SIMBOLOGIA

- Sector
- Ríos
- Pruebas de infiltración



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO**

MAPA: **PERMEABILIDADES**

UBICACIÓN	ASESOR:	FECHA:	MAPA Nº:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ENERO-2019	M-13
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			

7.4. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

La clasificación de las unidades litológicas que tienen interés para el aprovechamiento de las aguas subterráneas. En la zona de estudio se ha clasificado dos unidades geohídricas, en función a las pruebas de infiltración (cuadro N° 47 y 48); para lo cual se siguió el modelo propuesto por E. Custodio & R. Llamas.

Tabla N° 7. Clasificación de los acuíferos por la permeabilidad.

Permeabilidad m/día	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴
Calificación	Impermeable		Poco permeable			Algo permeable		Permeable		Muy permeable	
Tipo de materiales	Arcilla Compacta Pizarra Granito		Limo arenosa Limo Arcilla limosa			Arena fina Arena limosa		Arena limpia Grava y arena		Grava limpia	
Calificación del acuífero	Acuífugo		Acuitardo			Acuífero pobre		Acuífero de regular a buena		Acuífero excelente	

Fuente: Hidrología Subterránea E. Custodio. R.Llamas Pág. 473. Tomo-I.

Tabla N° 8. Clasificación de la Conductividad hidráulica.

K (m/día)	Calificación	Comportamiento	Kh > kv (kh 10 a 20 veces mayor)
K < 10 ⁻²	Muy baja	Impermeables	
10 ⁻² < K < 1	Baja	Acuíferos Pobres	
1 < k < 10	Media	Buenos acuíferos	
10 < k < 100	Alta		
K > 100	Muy alta		

Fuente: Hidrología Subterránea E. Custodio. R.Llamas.Tomo-I.

Las unidades geohídricas clasificadas para microcuenca de Chinchero son:

- Acuíferos.
- Acuitardos

Las cuales a su vez se han dividido en 07 subunidades por su permeabilidad y litología.

Cuadro N° 49. Unidades Hidrogeológicas

Unidad Geohídrica	Tipo	Subunidad Geohídrica	Unidad Geológica	Permeabilidad	Área
				m/día	Km2
Acuífero	Suelo	Acuífero Diatomítico	Dep. Lacustres	1.03	4.30
		Acuífero Limo-Arcillosa	Dep. Aluviales	0.38	0.55
		Acuífero Poroso Palustre	Dep. Palustres	1.85	0.86
		Acuífero Limo-gravoso	Fm. Chinchero	1.31	1.05
	Roca	Acuífero Kárstico	Fm. Ayabacas	6.70	0.82
Acuitardo	Roca	Acuitardo Fisurado	Fm. Vilquechico	0.12	0.06
		Acuitardo Lutítico	Fm. Maras	0.18	10.99
Lagunetas					0.84
Vasos de Almacenamiento					0.06
Superficie Total					19.53

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.4.1. ACUIFEROS

Son aquellas formaciones geológicas con capacidad de almacenar agua en los poros, fisuras, fracturas y circula con facilidad y son factibles para su explotación dependiendo de la tipología de acuífero presente.

7.4.1.1. Acuífero Diatomítico (suelo)

Acuífero Poroso lacustre de productividad baja, dentro del ámbito de estudio se emplaza en la parte baja de la microcuenca el cual constituye el basamento de un antiguo lago, fisiográficamente constituye el fondo de valle lacustre de relieve llano; litológicamente está conformado por diatomitas calcáreas de color blanco cremoso, arcillas y limos, pertenece a los depósitos cuaternarios lacustres. Estos ocupan una superficie de 4.30 Km² que representa el 22 % de la superficie total. Superficialmente posee permeabilidad variable de 1.03 m/día y una porosidad eficaz de 36 %, el nivel freático fue identificado a 30 cm.

7.4.1.2. Acuífero Limo-Arcillosa (suelo)

Acuífero Limo-arenosa de productividad baja, esta unidad geohídrico, está constituida por niveles limos y arcillas de depósitos aluviales y coluviales, identificados en el sector de Chaquellcochapampa. Ocupan una superficie de 0.55 Km², que representa el 2.8 % de la superficie de la microcuenca. Superficialmente posee permeabilidad variable de 0.38 m/día, medido en el sector mencionado.

7.4.1.3. Acuífero Poroso Palustre (suelo)

Acuífero Poroso palustre de productividad baja, se ubica al oeste poblado de Chinchero, junto a los depósitos diatomíticos, constituyen la capa paleo lacustre que rellena la depresión de la microcuenca. Litológicamente está conformado por limos, arenas y arcillas orgánicas de coloración oscura, con abundante presencia de raíces y tallos de plantas, pertenecientes a depósitos palustres. Estos ocupan una superficie de 0.86 que representa el 4.4 % de la superficie total.

7.4.1.4. Acuífero Limo-gravoso (suelo)

Acuífero Limo-gravoso de productividad muy baja. Están constituidos por arcillas, limos, arenas y gravas acumuladas del grupo Yuncaypata, perteneciente a la formación Chinchero. Se encuentran ubicados en el mismo poblado de Chinchero, ocupando un área de 1.05 Km², que representa el 5.4 % de la superficie total. Su permeabilidad es de 1.31 m/día.

7.4.1.5. Acuífero Kárstico (Roca)

Acuífero Kárstico de productividad medio, se encuentra distribuido en la parte alta de la microcuenca de chinchero. Litológicamente está compuesto por calizas de la formación Ayabacas, con fuerte presencia kárstica y diaclasas. Esta unidad es responsable de la existencia de la mayoría de manantes productivos, como los de Tocoy, y los manantes por el sector de Querapata, etc. Abarca una superficie de 0.82 Km², que representa el 4.2 % de la superficie total. Este acuífero superficialmente

tiene una permeabilidad media, igual a 6.70 m/día, medido en la cantera del cerro Antaqasa.

7.4.2. ACUITARDOS

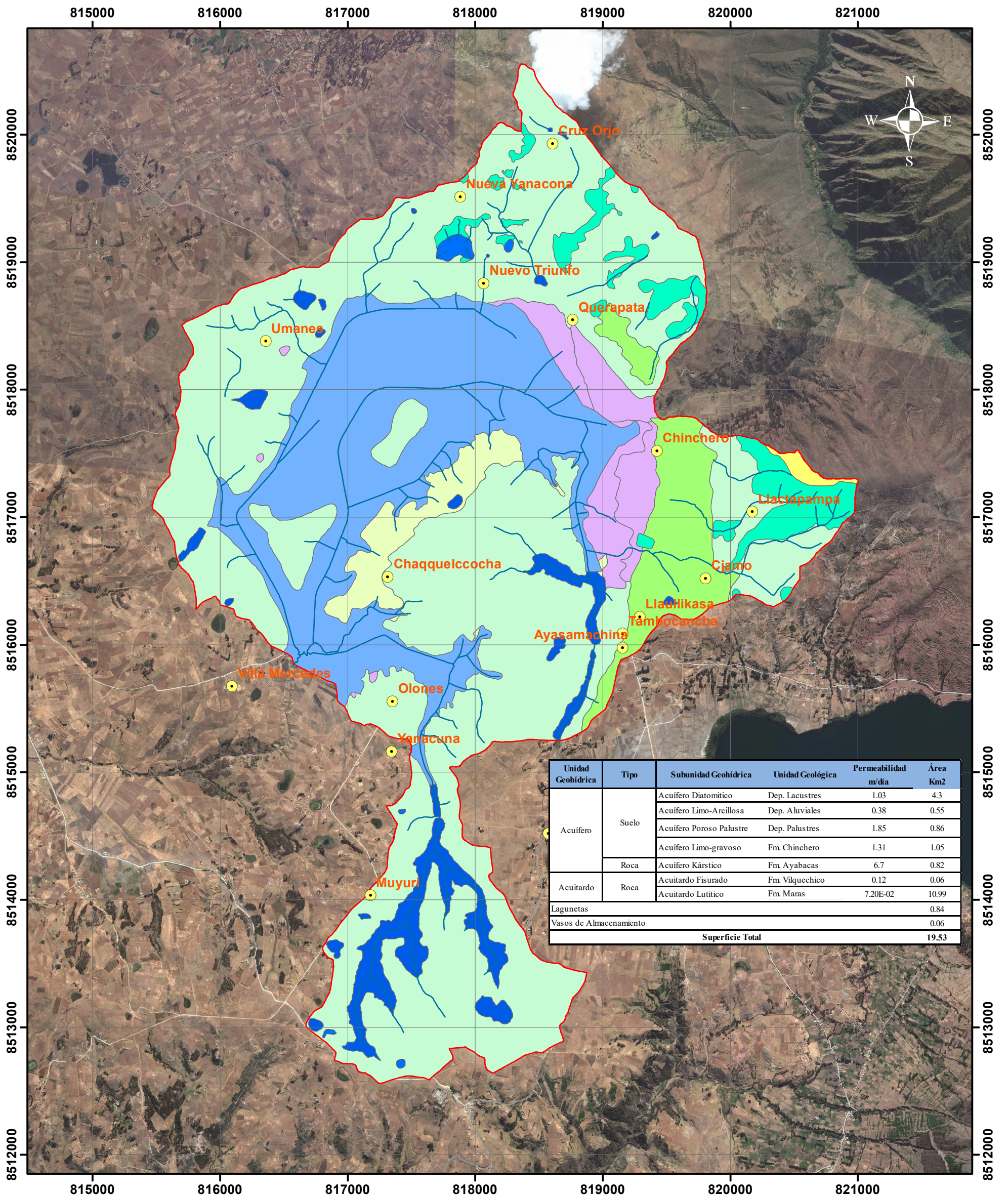
Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable pero que circula a través de ella con gran dificultad.

7.4.2.1. Acuitardo Lutítico (Roca)

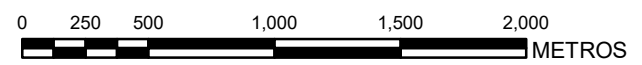
Acuitardo Lutítico de productividad muy baja. Está constituido por lutitas de la formación Maras y Cubren una área de 10.99 km², que representa el 56.3 % de la superficie total. Superficialmente posee permeabilidad variable menores a 0.18 m/día y una porosidad eficaz de 20 %.

7.4.2.2. Acuitardo Fisurado (Roca)

Acuífero fisurado de productividad baja, litología correspondiente a la formación Vilquechico, se ubica al este poblado de Chinchero. Litológicamente está conformado por arenicas y lutitas fuertemente fracturadas, con una permeabilidad baja. Estos ocupan una superficie de 0.06 que representa el 0.03 % de la superficie total. Superficialmente posee permeabilidad variable menores a 0.12 m/día.



Unidad Geohídrica	Tipo	Subunidad Geohídrica	Unidad Geológica	Permeabilidad m/día	Área Km2
Acuífero	Suelo	Acuífero Diatomítico	Dep. Lacustres	1.03	4.3
		Acuífero Limo-Arcillosa	Dep. Aluviales	0.38	0.55
		Acuífero Poroso Palustre	Dep. Palustres	1.85	0.86
		Acuífero Limo-gravoso	Fm. Chinchero	1.31	1.05
Acuífero Roca	Roca	Acuífero Kárstico	Fm. Ayabacas	6.7	0.82
		Acuífero Fisurado	Fm. Vilquechico	0.12	0.06
		Acuífero Lutítico	Fm. Maras	7.20E-02	10.99
Lagunetas					0.84
Vasos de Almacenamiento					0.06
Superficie Total					19.53



LEYENDA

Unidades Geohídricas

- Acuífero diatomítico
- Acuífero Limo-arcillosa
- Acuífero poroso Palustre
- Acuífero Limo-Gravoso
- Acuífero Kárstico
- Acuífero Fisurado
- Acuífero Lutítico
- Lagunetas

SIMBOLOGIA

- Sector
- Ríos
- Microcuenca de Chinchero



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO**

MAPA: **HIDROGEOLÓGICO**

UBICACION	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ENERO-2019	M-14
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			

7.5. RECARGA DEL ACUÍFERO.

Para el cálculo de la recarga de un acuífero, existen varios métodos, para el presente estudio se tomó la metodología de Gunther Schosinsky N. (2006) y las teorías de Losilla, 2000” y “Butler, 1957”.

La recarga al acuífero se lleva a cabo, si la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas (cultivos de papa, avena, y pastos habas hallados en la zona). El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recargará al acuífero.

7.5.1. CÁLCULO DE RECARGA POTENCIAL AL ACUÍFERO (RP)

Siendo más específicos enfocándonos solamente en la recarga partiendo del agua que infiltra Schosinsky (2006), propone la siguiente ecuación:

$$R_p = P_i + H_{si} - H_{sf} - ETR$$

Donde:

R_p	=	Recarga potencial mensual en mm/mes.
P_i	=	Precipitación que infiltra en mm/mes.
H_{si}	=	Humedad del suelo al inicial del mes en mm.
H_{sf}	=	Humedad del suelo al final del mes en mm.
ETR	=	Evapotranspiración real en mm/mes

7.5.2. CÁLCULO DE INFILTRACIÓN PLUVIAL MENSUAL (PI)

En el cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente, se han de considerar los siguientes factores: la precipitación mensual, la retención pluvial mensual en el follaje y el coeficiente de infiltración.

Esta precipitación que infiltra mensualmente (P_i) al suelo, está dado por la siguiente ecuación:

$$P_i = (C_i)(P - \text{Ret})$$

Donde:

- P_i = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes.
- C_i = Coeficiente de infiltración adimensional.
- P = Precipitación mensual en mm/mes.
- Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes.

7.5.2.1. Coeficientes de infiltración (C_i)

El Manual de Instrucciones de Estudios Hidrogeológicos elaborado por la ONU con colaboración de los gobiernos de Centroamérica y Panamá, proponen la siguiente ecuación para el cálculo del coeficiente de infiltración que corresponde a la fracción de lluvia mensual que infiltra. Como se puede ver en la ecuación tiene restricciones limitándose al valor de 1 como valor máximo para el coeficiente.

Condición:

Si: $K_p + K_v + K_{fc} \leq 1$, entonces $C_i = K_p + K_v + K_{fc}$.

Si: $K_p + K_v + K_{fc}$ es mayor de 1, entonces $C_i = 1$

Donde:

- C_i = Coeficiente de infiltración adimensional.
- K_p = Fracción que infiltra por efecto de pendiente adimensional.
- K_v = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal adimensional.
- K_{fc} = Fracción que infiltra por textura del suelo adimensional.

Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (K_{fc}), que está dado tentativamente por la siguiente ecuación (Schosinsky & Losilla, 2000):

$$K_{fc} = 0,267 \ln(fc) - 0,000154fc - 0,723$$

Donde:

K_{fc} = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo).

f_c = Infiltración básica del suelo [mm/día].

Aplicable si f_c se encuentra entre 16 a 1568 mm/día (infiltración básica calculada en campo).

Para f_c menores a 16 mm/día: $K_{fc} = 0,0148f_c/16$.

Para valores de f_c mayor a 1568 mm/día: $K_{fc} = 1$.

El valor de f_c corresponde a la permeabilidad del suelo saturado, en los primeros 30 centímetros de profundidad, por considerar que este es el espesor que está en contacto directo con el agua de lluvia.

El ensayo se realizó en todas las formaciones aflorantes dentro de la microcuenca, donde los suelos son de uso agrícola en descanso, litológicamente formado por limo-arcilloso calcáreo, según los resultados de prueba de infiltración realizada en el campo (cuadro N° 47 y 48), se calculó las infiltraciones básicas (f_c), los resultados se muestra en el cuadro N°50.

La pendiente del suelo agrícola varía de 2% a 50%, fracción que infiltra por efecto de pendiente (K_p) se muestra cuadro N° 50; y la fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (K_v) es de 0.10, según la tabla propuesta por Schosinsky & Losilla, 2000 (ver anexos).

Cuadro N° 50. Resumen de Fracciones de infiltración y Coeficiente de infiltración

Unidad geológica	f_c (mm/día)	K_{fc}	k_p	k_v	$K_{fc}+K_p+K_v$	C_i
Depósitos Coluviales	961	0.96	0.06	0.10	1.12	1.00
Depósitos Aluviales	382	0.81	0.06	0.10	0.97	0.97
Depósitos Palustres	1851	0.81	0.15	0.10	1.06	1.00
Depósitos lacustres	1026	0.97	0.15	0.10	1.22	1.00
Formación Chincheros	1309	0.99	0.06	0.10	1.15	1.00
Fm. Vilquechico	123	0.54	0.06	0.10	0.70	0.70
Fm. Ayabacas	6696	1.00	0.06	0.10	1.16	1.00
Fm. Maras	183	0.64	0.06	0.10	0.80	0.80

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.5.2.2. Fracción de lluvia interceptada por el follaje (Ret)

Según (Schosinsky & Losilla, 2000) lluvias menores a 5 mm mensuales no generan infiltración pues quedan retenidas en el follaje sin llegar al suelo, además (Butler, 1957), considera que la retención de la lluvia en follajes es del 12% de la precipitación mensual. Para calcular la retención de lluvia mensual interceptada por el follaje (Ret), se aplicará la siguiente ecuación: Ecuación para el cálculo de la retención mensual de lluvia por follaje.

Condición:

Si P es menor o igual a 5 mm/mes; $Ret = P$.

Si el producto $(P)*(Cfo)$ es mayor o igual de 5 mm/mes; $Ret = (P)*(Cfo)$.

Si P es mayor de 5 mm/mes y el producto $(P)*(Cfo)$ menor de 5, $Ret = 5$.

Donde:

P = Precipitación mensual del mes [mm/mes].

Ret = Retención de lluvia en el follaje [mm/mes].

Cfo = Coeficiente de retención del follaje (0.12).

Con la metodología anterior se calculó la retención para la microcuenca de Chinchero para zonas agrícolas, por lo tanto la precipitación retenida en el follaje “Ret” en (mm/mes) será:

Cuadro N° 51. Cálculo de la retención hídrica por vegetación (mm).

Mes	PRECIPITACION MENSUAL	RETENCION
	mm/mes	mm/mes
Ene	172.17	20.66
Feb	145.32	17.44
Mar	124.39	14.93
Abr	45.72	5.49
May	7.46	5.00
Jun	5.10	5.00
Jul	4.46	4.46
Ago	6.89	5.00
Sep	17.36	5.00
Oct	52.15	6.26
Nov	84.23	10.11
Dic	127.85	15.34
Total	793.10	114.68

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Como resultado final se ha obtenido la Precipitación infiltrada (Pi) mm/mes y mm/año, en la microcuenca cuyo resultado se aprecia en el cuadro N° 58.

$$P_i = (C_i)(P - Ret)$$

Cuadro N° 52. Precipitación infiltrada por mes (mm).

MES	PRECIPITACION INFILTRADA
	mm/mes
Ene	151.51
Feb	127.88
Mar	109.46
Abr	40.24
May	2.46
Jun	0.10
Jul	0.00
Ago	1.89
Sep	12.36
Oct	45.89
Nov	74.13
Dic	112.51
Total	678.43

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Quiere decir que de la precipitación total (793. 10 mm), el 86 % se retendrá en por infiltración, el 14 % quedara retenido en el follaje de las plantas.

7.5.3. METODOLOGÍA DE BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO Y CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DE LOS RAICES DE LAS PLANTAS.

Para el balance del suelo, en primera instancia se requiere la infiltración mensual al suelo, generada por la lluvia. Posteriormente, es necesario conocer la capacidad de campo y punto de marchitez del suelo. También es necesario conocer la profundidad aproximada de las raíces extractoras de agua, en la zona donde se ha de realizar el balance. O sea, el balance se realizará en un prisma rectangular, que tiene en la cara superior un cuadrado de 1 metro de lado y de profundidad la de las raíces, con capacidad de absorción del agua en el suelo.

La forma natural de extracción de agua del suelo es mediante la transpiración de las plantas. Dicha extracción se realiza mediante las raíces; por lo tanto, la extracción de agua se realizará en una franja de suelo que tiene una profundidad igual a la mostrada en el Anexo cuadro de Profundidad de raíces de diferentes cultivo (Grassi,1976).La máxima humedad que puede tener un suelo que no se encuentre saturado, es igual a la capacidad de campo, es entonces cuando la planta tiene la máxima capacidad de transpiración. La mínima humedad que puede tener un suelo es aproximadamente igual al punto de marchitez, pues con humedades menores la planta muere.

Para poder convertir la humedad del suelo, punto de marchitez y capacidad de campo a milímetros, los pasaremos de porcentaje por peso de suelo seco. Se calcula el porcentaje por volumen mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen} = (\% \text{ suelo seco}) (\text{Densidad Aparente}) (\text{Profundidad de raíces})$$

Para el cálculo de capacidad de campo y Punto de martichez en la microcuenca, se tomó tres muestras de suelo de formación Maras, depósitos aluviales y depósitos lacustres (M-1, M-2 y M-3) respectivamente, en el mes de febrero, los resultados de laboratorio de suelos se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 53. Resultados de las muestras M-1, M-2 y M-3.

Parámetro		Fm. Maras	Depósitos Aluviales	Depósitos Lacustres
		M-1	M-2	M-3
Densidad aparente	gr/cm ³	1.38	1.46	1.16
Humedad máxima del suelo	%	20	23	36
Profundidad raíces	mm	250	300	250
Capacidad de Campo (CC)	mm	87	133	162
Humedad mínima del suelo	%	12	13	12
Punto de Marchitez (PMP)	mm	42	57	35

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo.

7.5.3.1. Humedad inicial del suelo (Hsi)

Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (HSi), perteneciente al mes anterior. La humedad inicial de los suelos en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril es igual a la capacidad de campo porque el suelo llega a su humedad máxima, por lo tanto las humedades iniciales para los suelos de las unidades geológicas son:

Cuadro N° 54. Humedad inicial del suelo en la microcuenca en el mes febrero.

Unidad geológica	Humedad inicial (hsi)
	mm
Depósitos Coluviales	87
Depósitos Aluviales	87
Depósitos Palustres	102
Depósitos lacustres	117
Formación Chincheros	87
Fm. Vilquechico	87
Fm. Ayabacas	87
Fm. Maras	87

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.2. Coeficientes de humedad del suelo (C1 y C2)

Si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (Pi) vendría a aumentar la humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración. Si

no consideramos la evapotranspiración, el coeficiente de humedad, al final del mes, sería (C1):

$$C1 = (HSi - PM + Pi) / (CC - PM)$$

Donde:

- C1 = Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.
- Hsi = Humedad al inicio del mes
- PM = Punto de marchitez en mm.
- Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.
- CC = Capacidad de campo en mm.

Si consideramos que ocurre la evapotranspiración, una vez ocurrida la infiltración, el coeficiente de humedad, al final del mes sería:

$$C2 = (HSi - PM + Pi - ETR1) / (CC - PM)$$

Donde:

- C2 = Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.
- ETP = Evapotranspiración potencial mm/mes.

Cuadro N° 55. Coeficientes de humedad del suelo para la microcuenca de Chinchero.

MES	Depósitos Aluviales		Depósitos lacustres		Fm. Maras	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Ene	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Feb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Mar	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Abr	1.00	0.00	1.00	0.26	1.00	0.00
May	0.74	0.00	0.76	0.00	1.00	0.00
Jun	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
Jul	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Ago	0.06	0.06	0.06	0.01	0.06	0.06
Sep	0.40	0.40	0.17	0.15	0.37	0.37
Oct	1.00	1.00	0.59	0.59	1.00	1.00
Nov	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00
Dic	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.3. Humedad disponible (HD)

Humedad disponible (HD) es aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD \text{ (mm/mes)} = HSi + Pi - PM$$

Donde:

- HD = Humedad disponible en mm/mes.
- Hsi = Humedad de suelo inicial al inicio del mes en mm.
- Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.
- PM = Punto de marchitez en mm.

Cuadro N° 56. Humedad disponible (HD) para la microcuenca en mm.

MES	Depósitos Aluviales	Depósitos lacustres	Fm. Maras
	HD	HD	HD
Ene	175.90	229.04	167.85
Feb	153.08	205.41	148.95
Mar	135.29	186.99	134.22
Abr	68.44	117.77	78.85
May	21.98	58.74	31.97
Jun	0.10	18.16	0.08
Jul	0.00	7.45	0.00
Ago	1.82	4.76	1.51
Sep	11.94	13.28	9.89
Oct	44.32	45.89	36.71
Nov	71.58	74.13	59.29
Dic	138.24	190.04	136.66

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.4. Evapotranspiración real de las raíces del subsuelo (ETR)

Entonces para el cálculo de la ETR se toma en cuenta la HD:

- $ETR \text{ (mm/mes)} = ((C1+C2)/2)*ETP$, si $ETR \leq HD$
- $ETR \text{ (mm/mes)} = HD$, si $(C1+C2)/2)*ETP \geq HD$

Donde:

- ETR = Evapotranspiración real promedio de la zona, ocurrida durante el mes mm/mes.
- C1 = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración (adimensional).
- C2 = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1, (adimensional).
- ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes).
- HD = Humedad disponible (mm/mes).

Cuadro N° 57. Evapotranspiración real de las raíces del subsuelo en mm.

MES	Depósitos Aluviales	Depósitos lacustres	Fm. Maras
	ETR	ETR	ETR
Ene	98.00	98.00	49.00
Feb	89.87	89.87	44.94
Mar	98.92	98.92	49.46
Abr	48.84	61.49	48.84
May	21.98	40.68	31.97
Jun	0.10	10.70	0.08
Jul	0.00	4.57	0.00
Ago	1.82	3.84	1.51
Sep	11.94	13.28	9.89
Oct	44.32	45.89	36.71
Nov	71.58	74.13	59.29
Dic	107.03	110.52	55.26
Total	594.41	651.91	386.95

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.5. Humedad del suelo final (HSf)

Condición:

- Si $(HD + PM - ETR)$ es menor que la CC, $HSf = HD + PM - ETR$
- Si $(HD + PM - ETR)$ es mayor o igual que la CC, $HSf = CC$.

Donde:

- HSf = Humedad del suelo final (final de mes) [mm].

- HD = Humedad disponible en mm/mes.
- PM = Punto de marchitez en mm.
- ETR= Evapotranspiración real en mm/mes.
- CC = Capacidad de campo en mm.

Cuadro N° 58. Humedad del suelo final (HSf) en mm.

MES	Depósitos Aluviales	Depósitos lacustres	Fm. Maras
	HSf	HSf	HSf
Ene	86.54	116.55	86.54
Feb	86.54	116.55	86.54
Mar	86.54	116.55	86.54
Abr	76.55	95.29	69.88
May	56.95	57.07	39.88
Jun	56.95	46.47	39.88
Jul	56.95	41.89	39.88
Ago	56.95	39.94	39.88
Sep	56.95	39.02	39.88
Oct	56.95	39.02	39.88
Nov	86.54	116.55	86.54
Dic	86.54	116.55	86.54

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 59. Recarga del acuífero de mermepampa (acuífero diatomítico).

Depósitos Lacustres				Propiedades Físicas de Suelo									
Litología:		Limos, diatomitas y arcilla.		Profundidad de raíces :					250.00 mm				
Coefficiente de Infiltración				Densidad aparente :					1.81 gr/cm ³				
Infiltración básica (Ib):	4.28	cm/hr		Humedad Inicial (Hsi) :					117 mm				
fc :	1026	(mm/día)		Mes de la Hsi :					meses (1-12)				
Kp :	0.15			Capacidad de campo (CC) :					36 %		117 mm		
Kv (pastos y cultivos) :	0.10			Punto de Marchitez Permanente (PMP) :					12 %		39 mm		
Kfc :	0.97			CC-PMP :					24 %		78 mm		
Coef. de Infiltración (Ci) :	1.00			Coefficiente retención de follaje (Cfo) :					12.0 %		0.12		
Area de Recarga:	1.05 (Km ²)			Pendiente media: 2-8 %									
Parametro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación (mm)	172.2	145.3	124.4	45.7	7.5	5.1	4.5	6.9	17.4	52.2	84.2	127.9	793.1
Retención (mm)	20.7	17.4	14.9	5.5	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	6.3	10.1	15.3	114.7
Infiltración (mm)	151.5	127.9	109.5	40.2	2.5	0.1	0.0	1.9	12.4	45.9	74.1	112.5	678.4
Escorrentía (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ETP (mm)	98.0	89.9	98.9	97.7	107.4	91.4	95.2	108.0	108.8	127.5	125.7	110.5	1259.0
Hsi (mm)	116.5	116.5	116.5	116.5	95.3	57.1	46.5	41.9	39.9	39.0	39.0	116.5	
Coef. Humedad C1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.76	0.23	0.10	0.06	0.17	0.59	0.96	1.00	
ETPR(mm)	98.0	89.9	98.9	97.7	78.0	21.3	9.1	4.0	1.3	0.0	0.0	110.5	
Coef. Humedad C2	1.00	1.00	1.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.01	0.15	0.59	0.96	1.00	
HD (mm)	229.0	205.4	187.0	117.8	58.7	18.2	7.5	4.8	13.3	45.9	74.1	190.0	
ETR (mm)	98.0	89.9	98.9	61.5	40.7	10.7	4.6	3.8	13.3	45.9	74.1	110.5	651.9
Hsf (mm)	116.5	116.5	116.5	95.3	57.1	46.5	41.9	39.9	39.0	39.0	116.5	116.5	
Recarga Potencial (mm)	53.5	38.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	104.0
Recarga Potencial (MMC)	0.056	0.040	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.110

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Cuadro N° 60. Recarga del acuífero en la formación Maras.

Formación maras				Propiedades Físicas de Suelo									
Litología:			Lutitas	Profundidad de raíces :			240.00		mm				
Coefficiente de Infiltración				Densidad aparente :			1.38		gr/cm ³				
Infiltración básica (Ib):	0.76	cm/hr		Humedad Inicial (Hsi) :			87		mm				
fc :	183	(mm/día)		Mes de la Hsi :					meses (1-12)				
Kp :	0.06			Capacidad de campo (CC) :			20		%		87		mm
Kv (pastos y cultivos) :	0.10			Punto de Marchitez Permanente (PMP) :			12		%		40		mm
Kfc :	0.64			CC-PMP :			8		%		27		mm
Coef. de Infiltración (Ci) :	0.80			Coefficiente retención de follaje (Cfo) :			12.0		%		0.12		
Area de Recarga:			10.94	(Km ²)		Pendiente media:			2-25		%		
Parametro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación (mm)	172.2	145.3	124.4	45.7	7.5	5.1	4.5	6.9	17.4	52.2	84.2	127.9	793.1
Retención (mm)	20.7	17.4	14.9	5.5	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	6.3	10.1	15.3	114.7
Infiltración (mm)	121.2	102.3	87.6	32.2	2.0	0.1	0.0	1.5	9.9	36.7	59.3	90.0	542.7
Escorrentía (mm)	30.3	25.6	21.9	8.1	0.5	0.0	0.0	0.4	2.5	9.2	14.8	22.5	135.8
ETP (mm)	98.0	89.9	98.9	97.7	107.4	91.4	95.2	108.0	108.8	127.5	125.7	110.5	1259.0
Hsi (mm)	86.5	86.5	86.5	86.5	69.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	86.5	
Coef. Humedad C1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.06	0.37	1.00	1.00	1.00	
ETPR(mm)	172.0	157.7	173.6	171.5	121.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.0	
Coef. Humedad C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.37	1.00	1.00	0.00	
HD (mm)	167.9	149.0	134.2	78.8	32.0	0.1	0.0	1.5	9.9	36.7	59.3	136.7	
ETR (mm)	49.0	44.9	49.5	48.8	32.0	0.1	0.0	1.5	9.9	36.7	59.3	55.3	387.0
Hsf (mm)	86.5	86.5	86.5	69.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	86.5	86.5	
Recarga Potencial (mm)	72.2	57.4	38.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.7	202.4
Recarga Potencial (MMC)	0.790	0.628	0.417	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.380	2.215

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

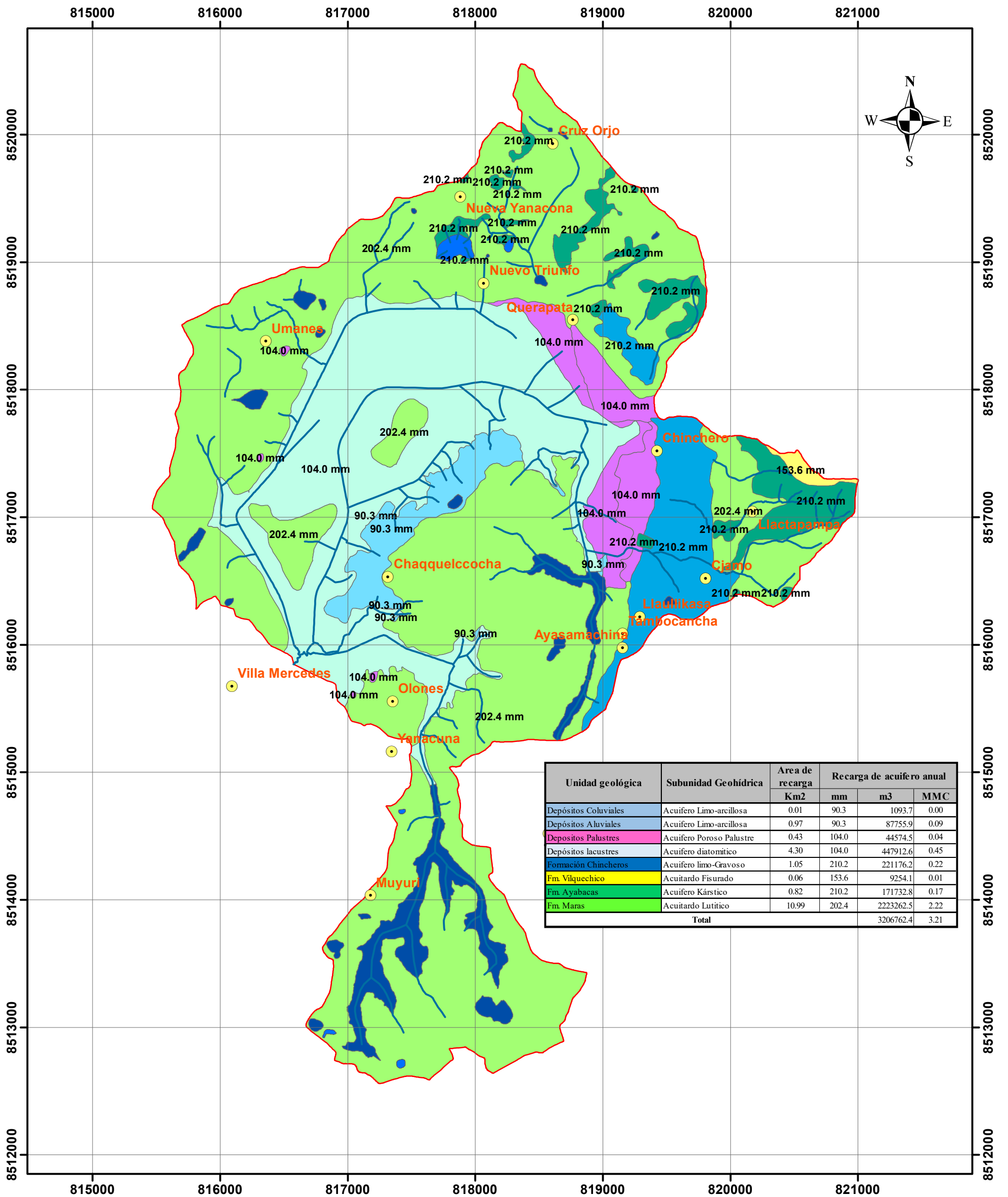
En los depósitos lacustres de la precipitación total de 793.10 mm, 114.70 mm es retenida en el follaje de los cultivos, árboles y plantas (papa, haba, avena, etc), 651.9 mm es la fracción de lluvia necesario para que los cultivos y plantas cumplan su desarrollo fenológico y solo el 104.0 mm es la lámina de precipitación de recarga potencial que recargara el acuífero. Mientras en la formación Maras, 387 mm es la fracción de lluvia necesaria para que los cultivos y plantas cumplan su desarrollo fenológico y 202.4 es la lámina que recarga los acuíferos.

Cuadro N° 61. Recarga de acuíferos en la microcuenca de Chinchero.

Unidad geológica	Subunidad Geohídrica	Área de recarga	Recarga de acuífero anual		
		Km2	mm	m3	MMC
Depósitos Coluviales	Acuífero Limo-arcillosa	0.01	90.3	1093.7	0.00
Depósitos Aluviales	Acuífero Limo-arcillosa	0.97	90.3	87755.9	0.09
Depósitos Palustres	Acuífero Poroso Palustre	0.43	104.0	44574.5	0.04
Depósitos lacustres	Acuífero diatomítico	4.30	104.0	447912.6	0.45
Formación Chincheros	Acuífero limo-Gravoso	1.05	210.2	221176.2	0.22
Fm. Vilquechico	Acuitardo Fisurado	0.06	153.6	9254.1	0.01
Fm. Ayabacas	Acuífero Kárstico	0.82	210.2	171732.8	0.17
Fm. Maras	Acuitardo Lutitico	10.99	202.4	2223262.5	2.22
Total				3206762.4	3.21

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

La recarga total anual al acuífero en la microcuenca es 3, 206 762.40 m³, quiere decir que del agua precipitada en toda la microcuenca que es 15, 487 313.15 m³ durante año, el 20.71 % recarga a los acuíferos.



Unidad geológica	Subunidad Geohídrica	Área de recarga Km ²	Recarga de acuífero anual		
			mm	m ³	MMC
Depósitos Coluviales	Acuífero Limo-arcillosa	0.01	90.3	1093.7	0.00
Depósitos Aluviales	Acuífero Limo-arcillosa	0.97	90.3	87755.9	0.09
Depósitos Palustres	Acuífero Poroso Palustre	0.43	104.0	44574.5	0.04
Depósitos lacustres	Acuífero diatomítico	4.30	104.0	447912.6	0.45
Formación Chincheros	Acuífero limo-Gravoso	1.05	210.2	221176.2	0.22
Fm. Vilquechico	Acuífero Fisurado	0.06	153.6	9254.1	0.01
Fm. Ayabacas	Acuífero Kárstico	0.82	210.2	171732.8	0.17
Fm. Maras	Acuífero Lutítico	10.99	202.4	2223262.5	2.22
Total				3206762.4	3.21

LEYENDA

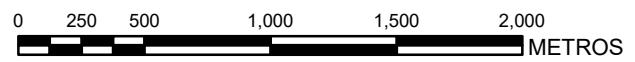
Unidades Geohídricas

Tipología

- Acuífero diatomítico
- Acuífero Limo-arcillosa
- Acuífero Limo-Gravoso
- Acuífero poroso Palustre
- Acuífero Kárstico
- Acuífero Fisurado
- Acuífero Lutítico
- Lagunetas

SIMBOLOGIA

- Sector
- Ríos
- Microcuenca de Chinchero



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO**

MAPA: **RECARGA DE ACUIFERO**

UBICACIÓN	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	JUNIO-2019	M-15
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			

7.6. ACUIFERO DE MERMEPAMPA

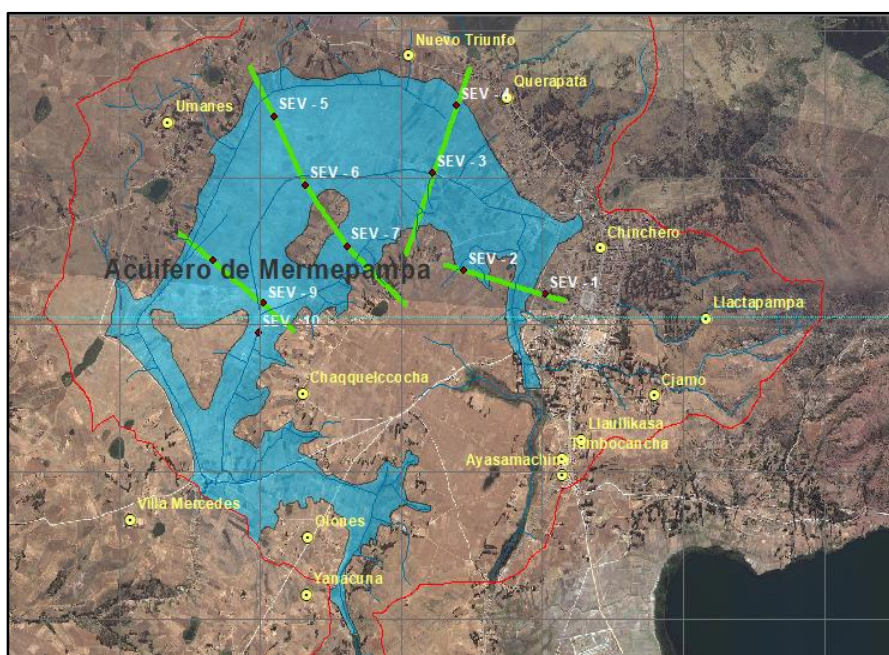
Acuífero poroso lacustre, está formado por intercalación de diatomitas, limos y arcillas, con una porosidad eficaz en promedio de 29 %. Lo cual es de interés hidrogeológico en la microcuenca de Chinchero.

7.6.1. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DEL ACUIFERO

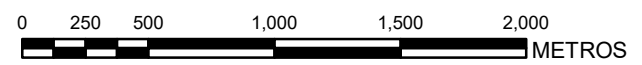
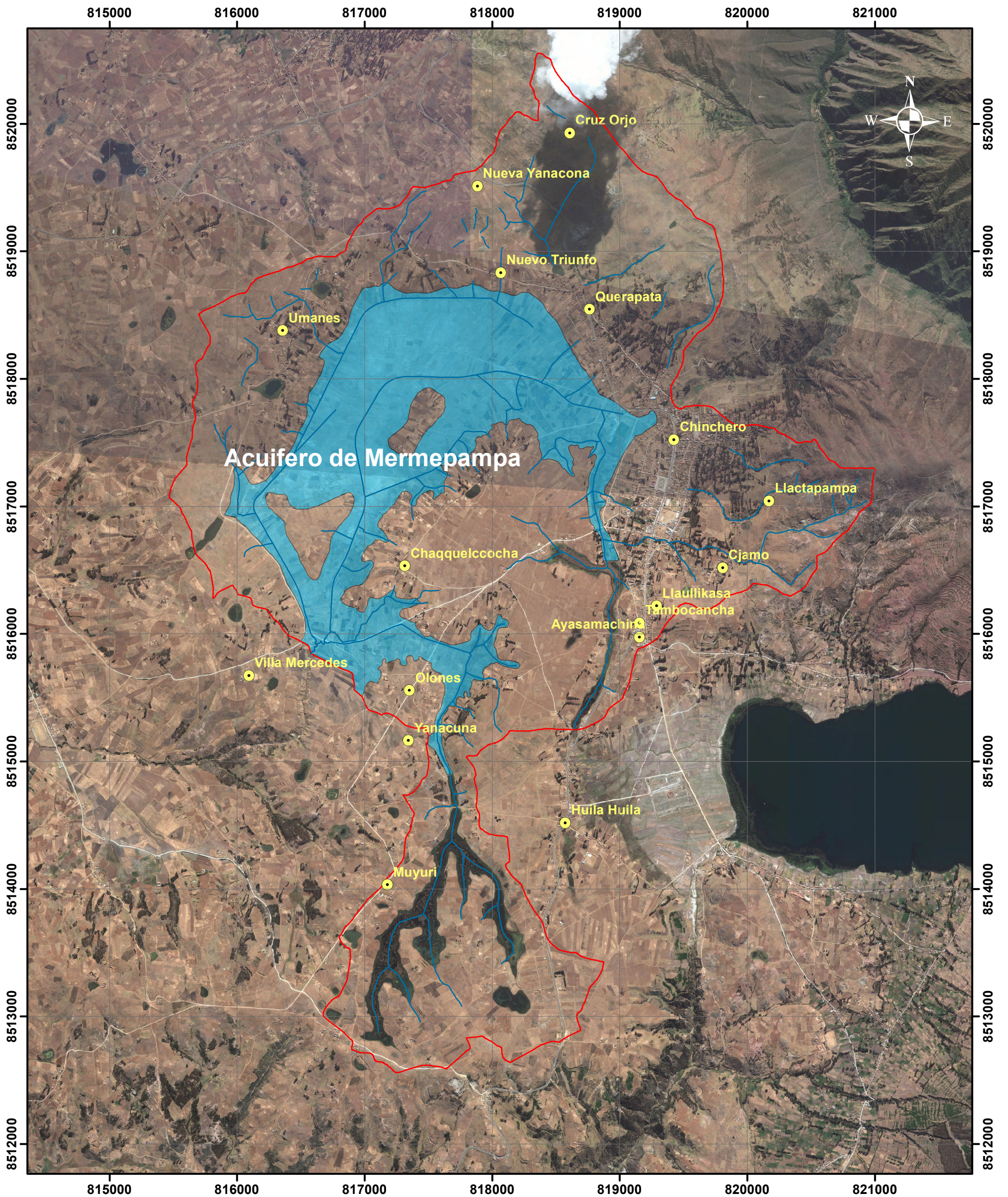
Para la determinación del volumen potencial de los acuíferos es necesario determinar el volumen neto mediante modelo conceptual utilizando para ello los modelos de elevación DEM. Para el acuífero de mermepampa, se ha calculado el volumen total utilizando los datos de geofísica, y luego realizando un modelamiento 3D (TIN) en el Software Arcgis. 10.3.

El ensayo de Geofísica fue realizado por método de Resistividad Geoeléctrica - Sondeos Eléctricos Verticales, con el equipo modelo SYSCAL JUNIOR.

Imagen N° 4. Ubicación de los Sondeos Eléctricos verticales.



Fuente: Elaborado por los Tesistas.



LEYENDA	
	Acuífero de Mermepampa

SIMBOLOGIA	
	Sector
	Ríos
	Microcuenca de Chinchero

	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: ACUIFERO DE MERMEPAMPA			
UBICACIÓN:	ASESOR:	FECHA:	MAPA N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	JUNIO-2019	M-16
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR:	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI		

7.6.1.1. Interpretación de la curvas geoelectricas

El estudio comprendió la realización de cuatro perfiles de longitud 250 y 300 metros por disparo y una profundidad de 100 metros promedio, y un sondaje de profundidad realizado a 300 m. El método utilizado fue el de Schulmberger con adaptaciones de Megger para la corrección de datos, la información se interpolo y determinaron las condiciones resistivas a través del software IPI2WIN. El modelo de SEV, es SYSCAL JUNIOR.

En el sector de mermepampa se realizó 10 Sondeos Eléctricos Verticales, a partir de Resultados de los SEV (anexos), se realizó la generación de las Curvas Geo eléctricas (anexos), utilizando el software IPI2WIN, para luego interpretarlos. La resistencia y espesores de los estratos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 62. Resistividad ($\Omega.m$) y espesores (m) de los estratos cortados.

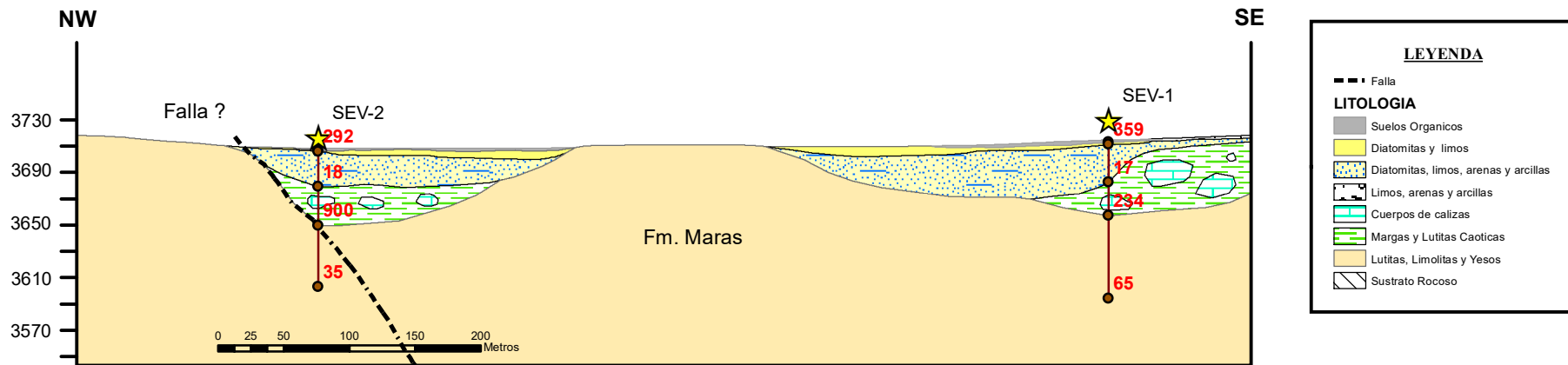
SEV	ρ_1	E1	ρ_2	E2	ρ_3	E3	ρ_4	E4	ρ_5	E5	ρ_6
1	27	1.7	359	1.6	17	28.8	234	25.4	65	63.1	25
2	16	1.8	292	0.8	18	26.7	900	29.5	35	46.7	29
3	11	1.9	201	0.7	8	26.6	81	29.5	26	107.0	145
4	21	2.0	304	1.4	14	31.5	7	7.5	192	7.5	125
5	10	1.8	104	0.7	10	10.4	2	14.6	6037	121.0	90
6	10	1.5	82	0.7	10	11.5	1	10.4	384	216.0	212
7	16	1.5	200	0.6	23	13.5	3	9.3	131	31.1	11
8	10	1.5	200	0.5	17	9.2	3	11.6	28	128.0	115
9	6	1.5	135	0.9	5	12.0	51	71.6	15	93.4	5
10	19	1.6	127	1.1	3	2.8	54	17.8	6	28.6	3730

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

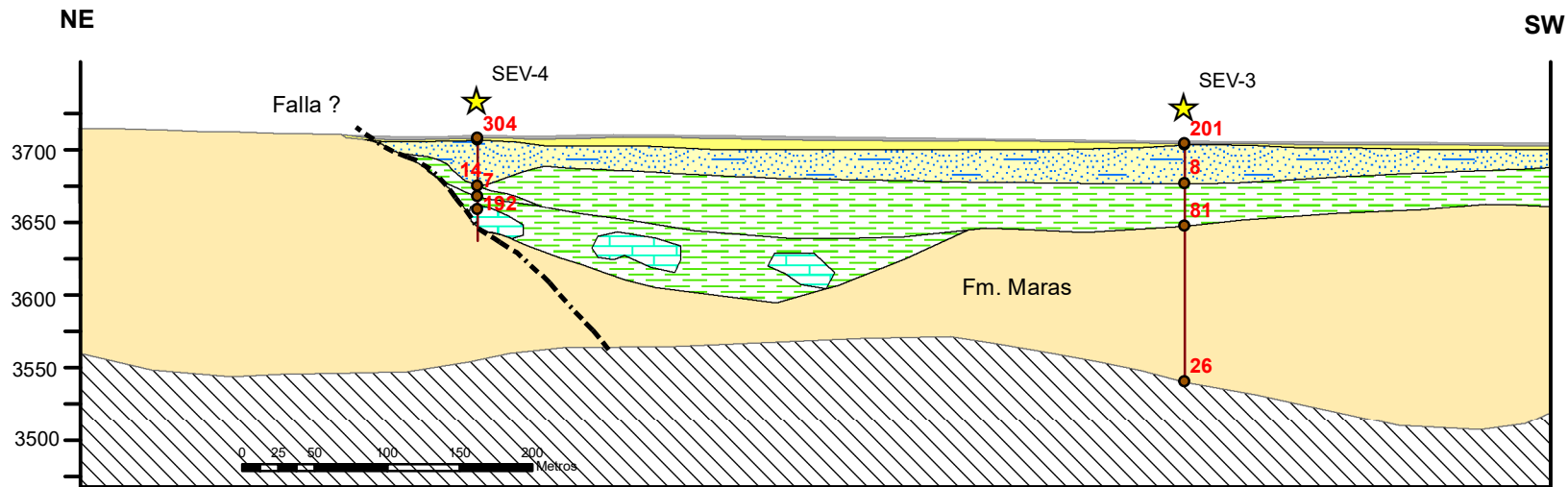
Tomando los valores de resistividad y espesores estimados en el cuadro N°62, se realizó la interpretación geofísica.

PERFILES GEOFISICOS SECTOR MERMEPAMPA

PERFIL GEOFISICO SEV-1 Y SEV-2



PERFIL GEOFISICO SEV-3 Y SEV-4

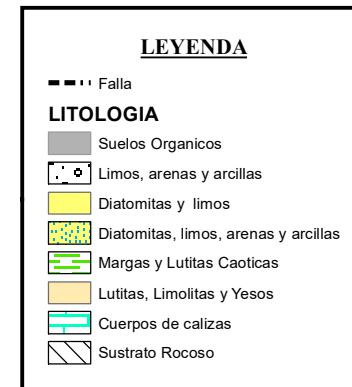
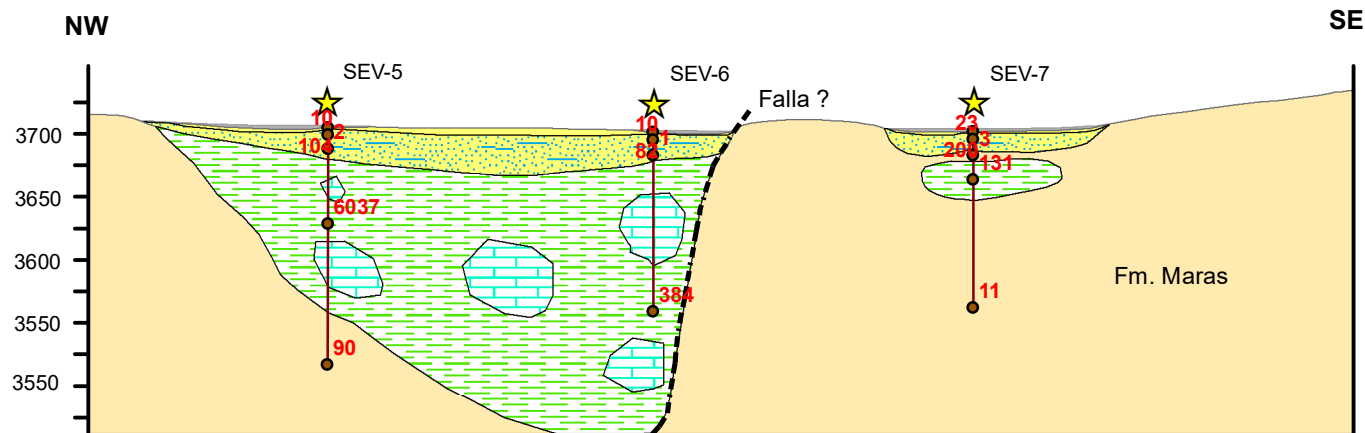


Fuente: Elaboración Propia.

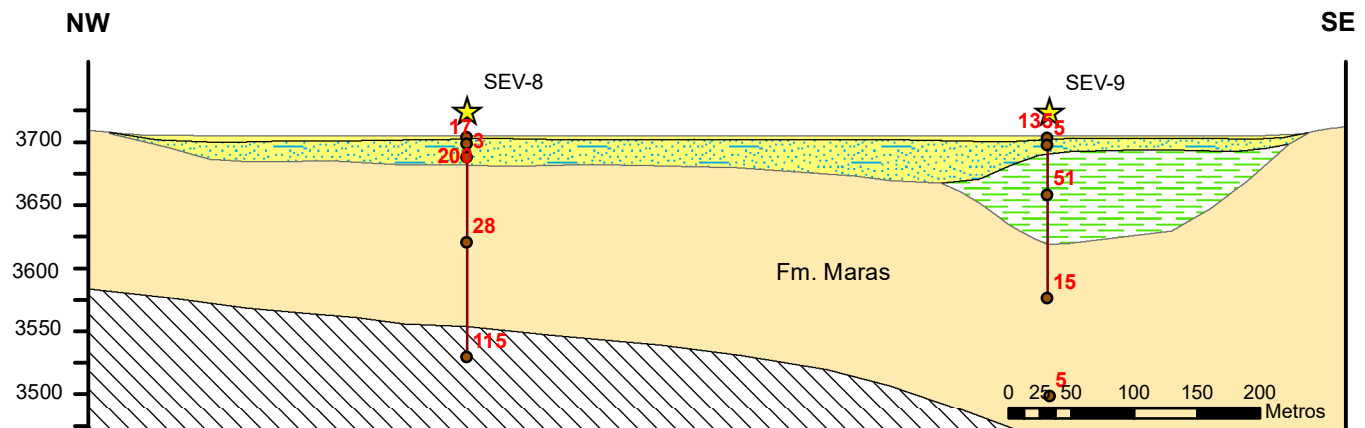
ESCALA 1:5,000

PERFILES GEOFISICOS ACUIFERO MERMEPAMPA

PERFIL GEOFISICO SEV-5, SEV-6 Y SEV-7



PERFIL GEOFISICO SEV-8 Y SEV-9



Fuente: Elaboración Propia

ESCALA 1:6,000

Del cuadro N° 63 se realizó los cálculos de profundidad de nivel freático, Profundidad Nivel saturado y potencia neta para el acuífero de Mermepampa.

Cuadro N° 63. Profundidades de los estratos según SEV.

SEV	CORDENADAS		Profundidad	Profundidad	Potencia
	X	Y	N.F	Nivel saturado	Neta (m)
SEV - 1	819027	8517206	2.3	5.8	3.5
SEV - 2	818446	8517370	3.4	5.7	2.3
SEV - 3	818228	8518032	0.3	29.28	29.0
SEV - 4	818394	8518490	0.4	19	18.6
SEV - 5	817102	8518418	0.4	27.52	27.1
SEV - 6	817323	8517950	0.5	30	29.5
SEV - 7	817617	8517536	0.4	24.98	24.6
SEV - 8	816668	8517436	0.3	32	31.7
SEV - 9	817029	8517150	0.3	14.39	14.1
SEV - 10	816988	8516944	0.4	23.29	22.9
Profundidades Promedios			0.87	21.20	20.3

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.6.1.2. Estimación de volumen neto Saturado del acuífero de Mermepampa

A partir del modelado en 3D, utilizando el software GIS 10.3, se determinó el volumen total del acuífero teniendo como base la superficie del acuífero pobre que es de 4'207,330 m². Para la estimación de volumen neto saturado del acuífero se utilizó la siguiente formula:

$$Vn = Vt \times n$$

Donde:

Vn = Volumen neto saturado (m³)

Vt = Volumen total (m³)

n = Porosidad Eficaz

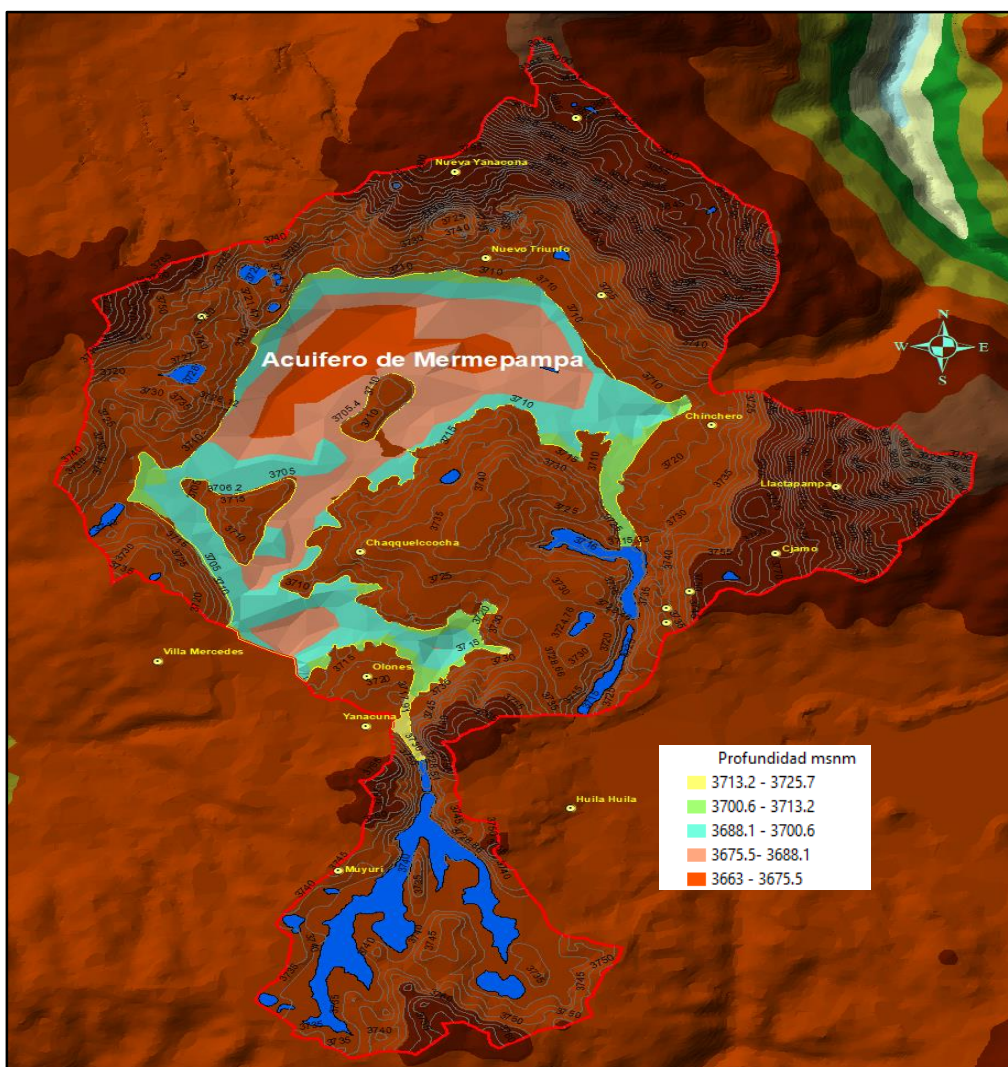
Cuadro N° 64. Volumen neto del acuífero.

Lugar	Sup. Acuífero	Volumen Total	Porosidad Eficaz	Volumen Neto Acuífero
Mermepampa	m2	m3	%	m3
Acuífero diatomítico	4207330	89211007	29	25871192

Fuente: Elaboración propia.

Con la que se tiene un volumen neto del acuífero pobre saturado de 25'871,192 m3 de agua.

Imagen N° 5. Profundidad del acuífero de mermepampa.

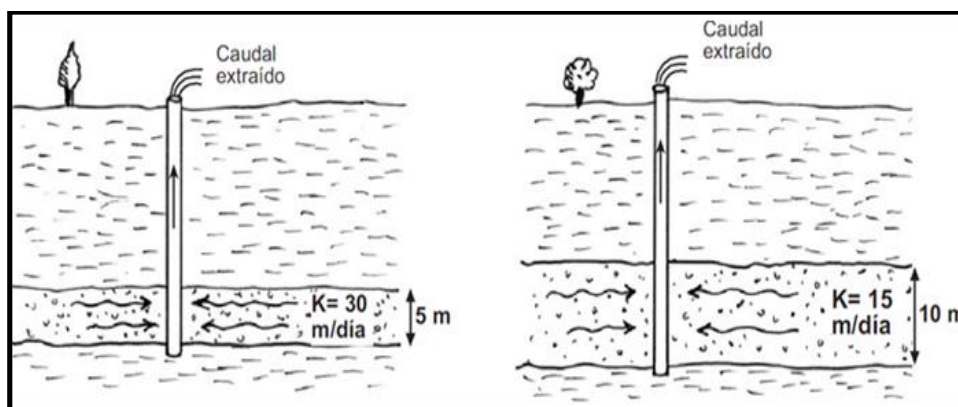


Fuente: Elaboración Propia

7.6.2. TRANSMISIVIDAD

El parámetro que nos indica la facilidad del agua para circular horizontalmente por una formación geológica es una combinación de la permeabilidad (K) y del espesor.

Imagen N° 6. Transmisibilidad del agua.



$$\text{Transmisividad} = \text{permeabilidad} * \text{espesor saturado}$$

Como las unidades de permeabilidad son L/T y las del espesor L, las unidades de la Transmisividad serán L²/T (m²/día o cm²/seg).

Tabla N° 9. Clasificación de Transmisividad.

T (m ² /día)	Calificación estimada	Posibilidades del Acuífero
< 10	Muy baja	Pozos menores de 1 l/s ,con 10 m de depresión teórica
10 < T > 100	Baja	Pozos entre 1 l/s y 10 l/s, con 10 m de depresión teórica
100 < T > 500	Media a alta	Pozos entre 10 l/s y 50 l/s, con 10 m de depresión teórica
500 < T > 1000	Alta	Pozos entre 50 l/s y 100 l/s, con 10 m de depresión teórica
> 1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s, con 10 m de depresión teórica

Fuente: Zamorano (Hidrogeología) pag. Internet.

Del resultado obtenido de permeabilidad, el acuífero poroso diatomítico (lacustre – palustre), tiene una permeabilidad promedio (I-1 ; I-2) de: $K = 4.14 \text{ cm/hora} = 0.9936 \text{ m/día}$.

Así mismo, la interpretación de los registros geofísicos, señalan una profundidad de zona saturada (L) en promedio de 20.3 m.

Aplicando la fórmula de Transmisividad, se tiene:

$$T [\text{m}^2/\text{día}] = K (\text{m/día}) * L (\text{m})$$

$$T = 0.99 \text{ m/día} * 20.3 \text{ m} = 20.09 \text{ m}^2/\text{día}$$

Según la tabla N°8, este acuífero presenta una transmisividad baja, con una producción de pozo aproximada de 2.01 l/s.

7.6.3. GRADIENTE HIDRÁULICA

Estrictamente el gradiente hidráulico es una medida de la resistencia de un medio al paso del agua a través suyo y en su definición debe considerarse una combinación de la carga hidráulica externa y de la permeabilidad. Al discriminar las componentes de carga externa y de permeabilidad puede establecerse una propiedad de los materiales permeables para la que es plausible acuñar el término resistividad hidráulica, análogo a la resistividad en las propiedades eléctricas de los materiales.

Teniendo este aspecto las curvas isopotenciales de mayor abertura representa las zonas de mayor permeabilidad y por ende mayor gradiente hidráulica, ubicadas mayormente en las partes bajas del acuífero de buena productividad principalmente en las partes de descarga en tanto las curvas de isopiezas de menor espaciamiento menor permeabilidad son de menor gradiente hidráulica ubicado en los picos de menor caudal.

El criterio para determinar una gradiente hidráulica dentro del acuífero tomamos como muestra en 3 sectores y determinar la gradiente hidráulica promedio del acuífero con la siguiente fórmula:

$$.I = h_2-h_1/L$$

Donde:

I = Gradiente Hidráulica

h1, h2 = Curvas piezométrica

L = Distancia horizontal.

A	B	C	PROMEDIO
0.15	0.12	0.14	0.137

A partir del cuadro anterior se deduce que la variación de la gradiente hidráulica tomada en distintos puntos del acuífero no tiene mucha variabilidad con respecto a su gradiente, lo que determina la homogeneidad del acuífero teniendo como promedio un valor de 0.137.

7.6.4. VELOCIDAD REAL (VE)

Conociendo la dirección del flujo de agua subterránea es posible determinar a través del coeficiente de permeabilidad de Darcy (K) en m/seg, la gradiente hidráulico I y la porosidad eficaz (Me), podemos calcular la velocidad real aplicando la ley de Darcy.

$$Ve = K.i/Me$$

Para el acuífero Mermepampa se tiene los siguientes valores:

I= Gradiente Hidráulico, K= permeabilidad en m/seg y Me = Porosidad eficaz:

Donde:

- I = 0.14
- K = 0.00115 cm/seg = 0.0000115 m/seg
- Me = 0.638861416
- Ve = K.i/Me

Remplazando se tiene $V_e =$

$$V_e = 0.00000252 \text{ m/seg} = 79.47 \text{ m/año.}$$

7.7. CURVAS ISOPOTENCIALES

Se entiende por Piezometría a las líneas isopotenciales generado a partir de la interpolación de las cotas de los manantes, para este efecto se ha asumido como punto del nivel piezométrico equivalente a la cota del terreno, por la que se han identificado todas la surgencias de agua posible.

El estudio y análisis de los movimientos de las aguas subterráneas en los acuíferos en general se acostumbra realizar mediante la interpretación de mapas o líneas isopotenciales o piezométrico e isoconductividad, etc.

La forma de la superficie piezométrica en los mantos del acuífero Mermepampa nos interpreta la dimensión de la cuenca hidrogeológica así como las direcciones de flujo, para a partir de ella determinar cualitativamente la gradiente hidráulica en cualquier punto de la superficie.

La dirección de flujo del acuífero tiene una dirección de NE a SW controlados básicamente por la falla inversa que pone en contacto el grupo Yuncaypata y formación Vilquechico.

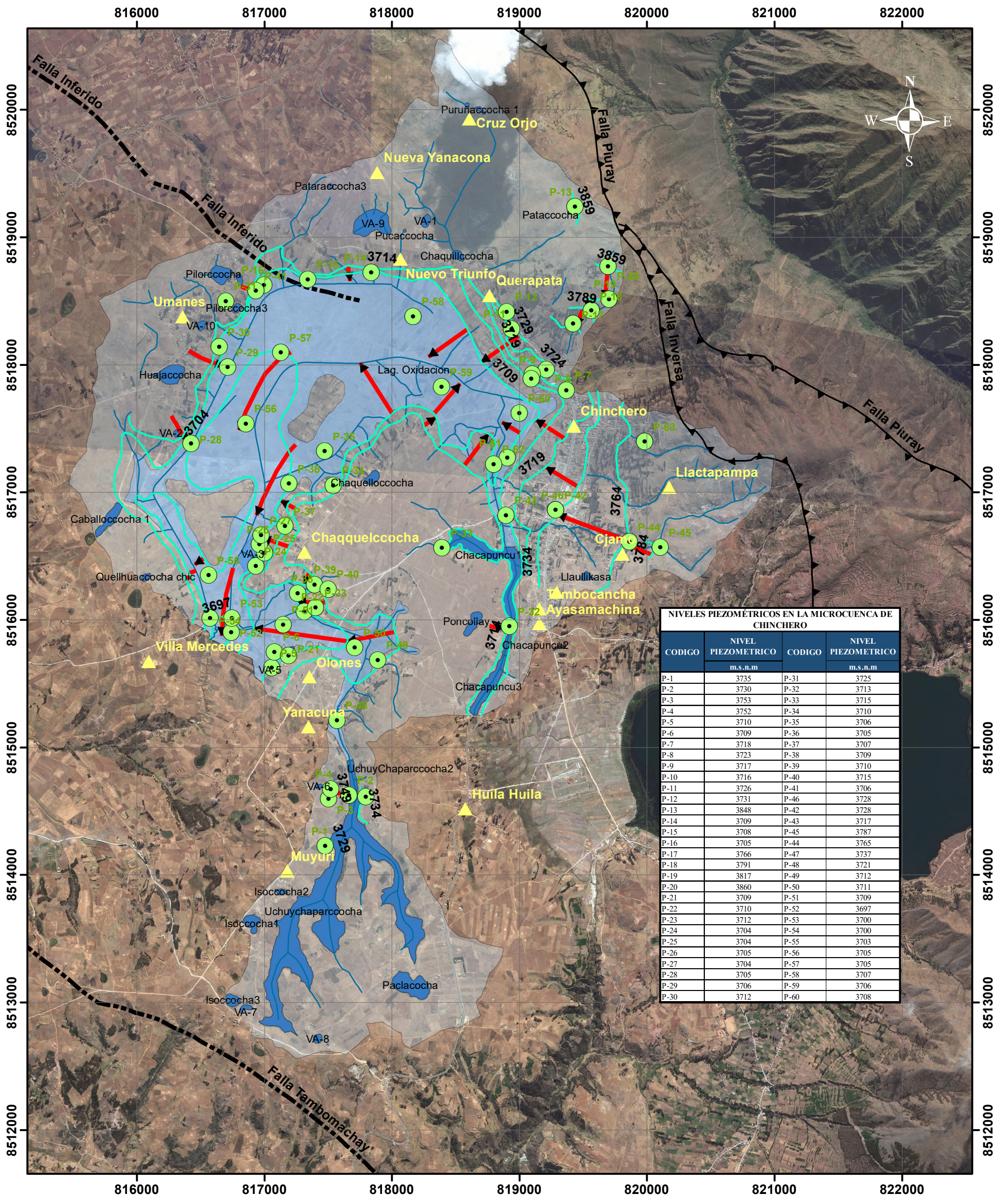
Otro factor importante es la concavidad de las curvas; curvas con concavidad hacia abajo drenan hacia abajo y curvas con concavidad hacia arriba son áreas de recarga, así misma en curvas con mayor espaciamiento tienen una permeabilidad mayor y curvas de menor espaciamiento presenta permeabilidad menor.

Con esto se puede deducir que la zona de mayor pico de recarga se ubican en los cerros Antaqasa y llutopuquio las misma que tiene una dirección de recarga de N-S y NE-SW.

Cuadro N° 65. Niveles piezométricos de los manantes en la microcuenca.

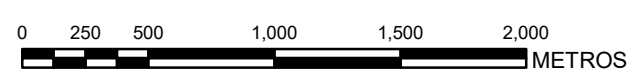
CODIGO	NIVEL PIEZOMETRICO	CODIGO	NIVEL PIEZOMETRICO
	m.s.n.m		m.s.n.m
P-1	3735	P-31	3725
P-2	3730	P-32	3713
P-3	3753	P-33	3715
P-4	3752	P-34	3710
P-5	3710	P-35	3706
P-6	3709	P-36	3705
P-7	3718	P-37	3707
P-8	3723	P-38	3709
P-9	3717	P-39	3710
P-10	3716	P-40	3715
P-11	3726	P-41	3706
P-12	3731	P-46	3728
P-13	3848	P-42	3728
P-14	3709	P-43	3717
P-15	3708	P-45	3787
P-16	3705	P-44	3765
P-17	3766	P-47	3737
P-18	3791	P-48	3721
P-19	3817	P-49	3712
P-20	3860	P-50	3711
P-21	3709	P-51	3709
P-22	3710	P-52	3697
P-23	3712	P-53	3700
P-24	3704	P-54	3700
P-25	3704	P-55	3703
P-26	3705	P-56	3705
P-27	3704	P-57	3705
P-28	3705	P-58	3707
P-29	3706	P-59	3706
P-30	3712	P-60	3708

Fuente: Elaborado por los tesisistas.



NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN LA MICROCUENCA DE CHINCHERO

CODIGO	NIVEL PIEZOMÉTRICO	CODIGO	NIVEL PIEZOMÉTRICO
	m.s.n.m		m.s.n.m
P-1	3735	P-31	3725
P-2	3730	P-32	3713
P-3	3753	P-33	3715
P-4	3752	P-34	3710
P-5	3710	P-35	3706
P-6	3709	P-36	3705
P-7	3718	P-37	3707
P-8	3723	P-38	3709
P-9	3717	P-39	3710
P-10	3716	P-40	3715
P-11	3726	P-41	3706
P-12	3731	P-46	3728
P-13	3848	P-42	3728
P-14	3709	P-43	3717
P-15	3708	P-45	3787
P-16	3705	P-44	3765
P-17	3766	P-47	3737
P-18	3791	P-48	3721
P-19	3817	P-49	3712
P-20	3860	P-50	3711
P-21	3709	P-51	3709
P-22	3710	P-52	3697
P-23	3712	P-53	3700
P-24	3704	P-54	3700
P-25	3704	P-55	3703
P-26	3705	P-56	3705
P-27	3704	P-57	3705
P-28	3705	P-58	3707
P-29	3706	P-59	3706
P-30	3712	P-60	3708



LEYENDA

- Nivel Piezométrico de los Manantes
- Isopiezas
- ← Dirección de Flujo
- Falla Inferido
- ▲ Falla Inversa
- Microcuenca de Chinchero
- Acuífero de Mermepampa



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO**

MAPA: **ISOPIEZAS**

UBICACION: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ESCALA: 1:30,000	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	FECHA: JUNIO-2019 PROCESADO: EN SIG
--	--	--

M-17

7.8. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

El modelo conceptual de la microcuenca de Chinchero se plantea a partir del análisis conjunto de la información geológica, hidrogeológica y geofísica.

Como frontera horizontal se tiene la falla inversa Piuray al noreste, esta falla hace contacto entre la formación Maras y las formaciones Vilquechico, Chilca, Quilque y Kayra que buzcan 65° hacia suroeste.

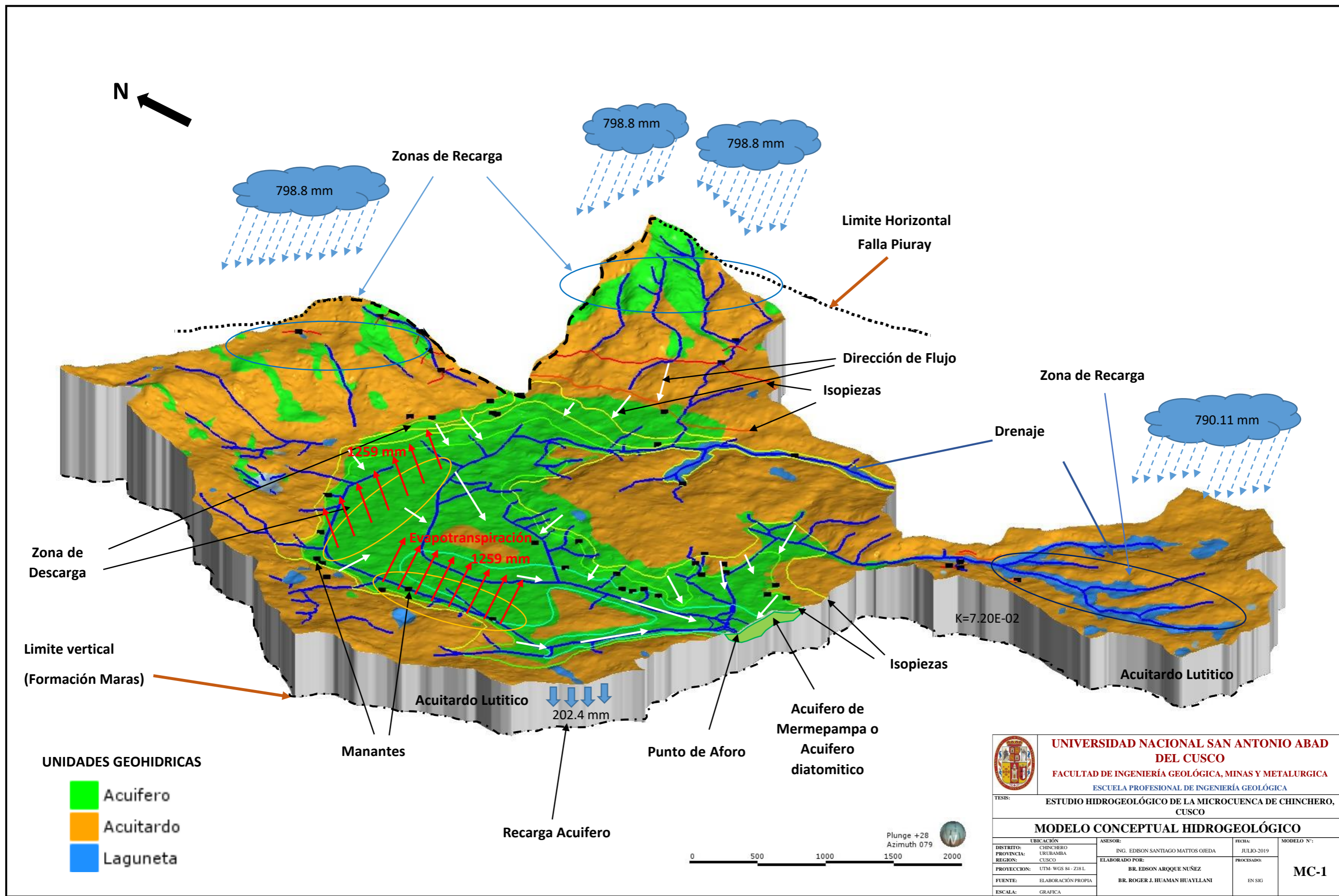
La frontera vertical está dada por la formación Maras, conformado por Lutitas caóticas impermeables con una potencia hasta 150 m (según datos Geofísicos).

Las zonas de mayor recarga de acuífero en la microcuenca son en cerro Antaqasa y LLutopuquio, están ubicados al noreste y norte de la microcuenca. La recarga del acuífero total es de 3.21 MMC, este volumen de agua alimenta los manantes y flujo subterráneo a lo largo del año.

La descarga natural a través de manantes para el mes de abril es de 10.92 l/seg, este caudal alimenta el riachuelo de Chinchero. El flujo subterráneo en el acuífero de Mermepampa tiene una velocidad de 79.97 m/año.

La microcuenca presenta dos unidades geohídricas: Acuíferos que comprende 5 subunidades (Acuífero diatomítico, acuífero limo-arcilloso, acuífero poroso palustre, acuífero limo-gravoso, acuífero kárstico) y Acuitados que comprende 2 unidades (acuitado fisurado, y acuitado lutítico). El acuífero lutítico tiene su predominancia, alcanzando 150 metros en algunas zonas.

En la parte superior se presenta el acuífero dolomítico o acuífero de Mermepampa, se trata de un acuífero poroso conformado por intercalación de diatomitas, limos y arcillas, con una permeabilidad en promedio de 1.03 m/día y transmisividad baja de 20.09 m²/día. Los niveles freáticos en la parte baja presenta a 30 cm y en la parte alta a 1.2 m de profundidad. Su volumen neto saturado es de 25, 871,192 m³.

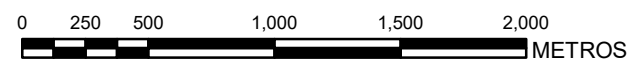
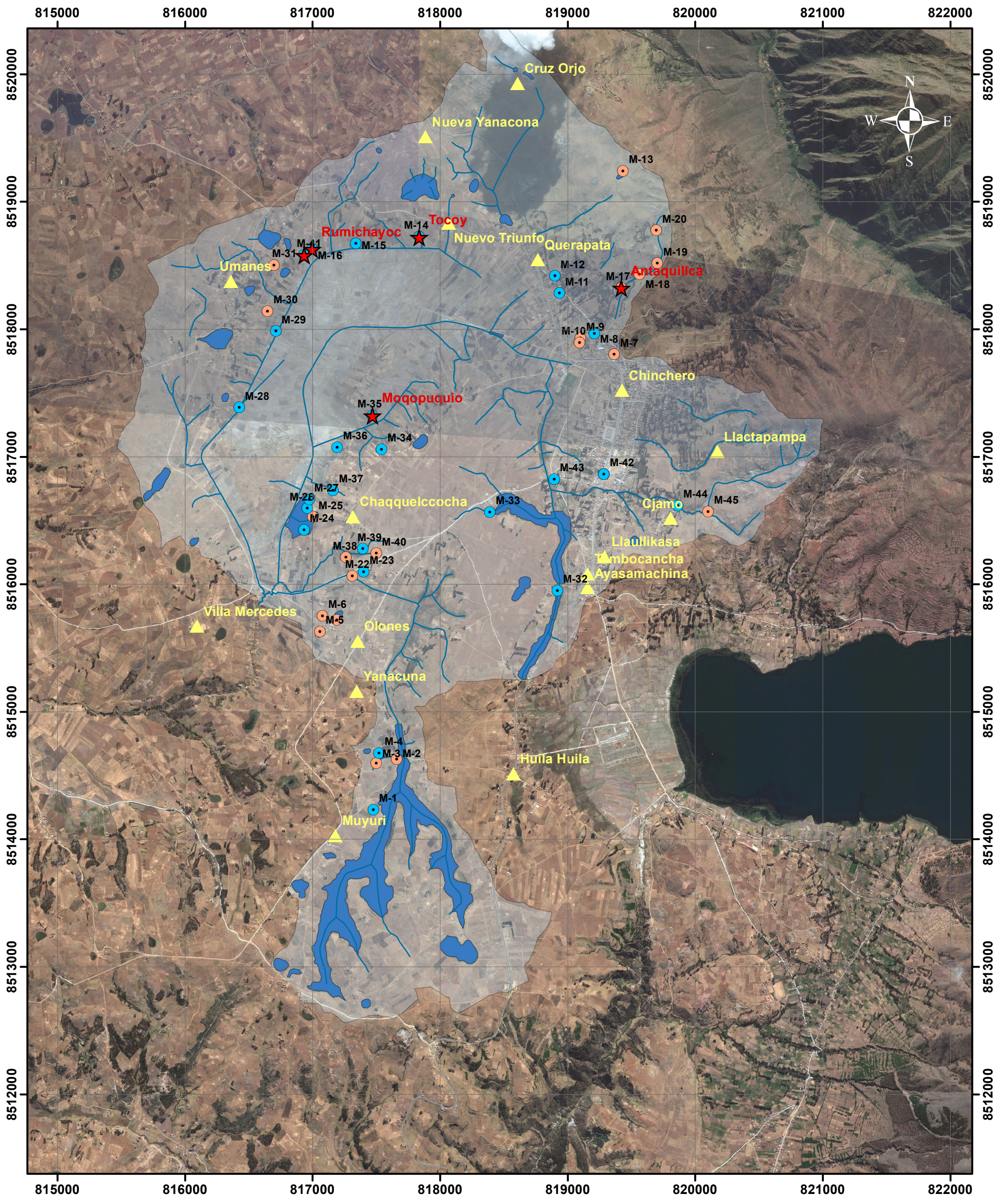


 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
MODELO CONCEPTUAL HIDROGEOLÓGICO			
UBICACIÓN	ASESOR:	FECHA:	MODELO N°:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	JULIO-2019	MC-1
PROYECCION: UTM-WGS 84-Z18L	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	PROCESADO:	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: GRAFICA			

7.9. HIDROQUIMICA


Para el análisis de hidroquímico se ha desarrollado a través de un muestreo directo de 5 manantes representativas.

Dichos resultados fueron procesados en el laboratorio fisicoquímico de SEDA-CUSCO (4 muestras), y 1 muestras en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, lo cual garantiza los resultados adquiridos, siendo los principales elementos analizados para el estudio hidrogeológico el pH, Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁻, CO₃⁻, HCO₃⁻, Fe⁻, B⁻⁻ y Sólidos disueltos.



LEYENDA

- ★ Puntos de Muestreo Hidroquímico
- Manantes**
 - Permanente
 - Temporal
- Microcuenca de Chinchero

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>			
TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO			
MAPA: MUESTREO HIDROQUÍMICO			
UBICACIÓN DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO		ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L		FECHA: JUNIO-2019	
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA		PROCESADO: EN SIG	
ESCALA: 1:30,000		MAPA N°: M-18	

Cuadro N° 66. Resumen de análisis fisicoquímico por manante en Mg/lit, realizado en laboratorio de SEDA Cusco.

Manante	T°	Turbiedad	Color	pH	Alcalinidad Total	Dureza Total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	C.E	TSD	Salinidad
	°c	NTU	UC		mg/lit CaCO ₃	mg/lit CaCO ₃	mg/lit Ca ⁺⁺	mg/lit Mg ⁺⁺	mg/lit	uS/cm	mg/lit	%
Antaquillca	14.4	0.55	4	7.61	90.43	161.29	49.29	9.31	7.04	288	136	0
Rumichayoc	14.5	0.63	6	6.92	78.1	264.11	67.07	23.52	26.17	481	227	0
Tocoy	15	0.3	4	7.51	88.38	211.69	70.3	8.82	53.34	394	186	0
Moqopugio	16.4	0.66	14	7.59	45.22	574.6	195.55	21.07	15.1	897	427	0.2

Cuadro N° 67. Resumen de análisis fisicoquímico por manante en ppm. Realizado en laboratorio de UNSAAC.

Manante	pH	Dureza Total	Ca ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Fe ⁺	B ⁺⁺	C.E	TSD
		(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	uS/cm	(ppm)
Rumichayoc 3	7.45	211.2	59.28	22.7	4	13.8	19.4	78.2		190.5	0.12	0.022	320	390.3

7.9.1. CLASIFICACION DE LAS AGUA POR IONES DOMINANTES

La clasificación de las aguas subterráneas mediante los cationes y aniones más abundantes, estableciendo el porcentaje de cada relación con la concentración en equivalentes, obteniéndose las cantidades en relación porcentual, la que nos da como resultado los pesos de determinada sustancia analizada y predominancia en las aguas.

Cuadro N° 68. Composición Química de las fuentes en %.

MANANTES	CATIONES (%)					ANIONES (%)			SUMA (%)	
	Ca	Mg	Na	K	Fe	HCO ₃	SO ₄	Cl	Catión	Anión
Rumichayoc 3	28.21	10.8	9.42	0.98	0.04	29.78	15.53	5.22	49.48	50.52

Fuente: Elaborado por los tesisistas, a base de datos de laboratorio de Ing. Química-UNSAAC.

Para la clasificación del agua, se determinaron los cationes y aniones más abundantes, estableciendo el porcentaje de cada elemento en relación con la concentración en equivalentes, obteniéndose las cantidades en relación porcentual, la que nos da como resultado los pesos de determinada sustancia analizada y predominancia en las aguas, por tanto podemos distinguir un solo tipo de agua en el acuífero por la se puede deducir que pertenece a un solo cuerpo de acuífero.

Cuadro N° 69. En cuadro siguiente se ha determinado las siguientes tipos de agua.

Manantes y Ríos	CatiónAnión	Tipo de agua
Rumichayoc 3	Ca>Mg>Na>K>Fe.....HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Cálcica Bicarbonatada

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Como se puede apreciar en los resultados, se tiene una predominancia de cationes calcio sobre el sodio y entre los aniones bicarbonatos sobre los sulfatos. Todo ello indicaría la poca presencia de elementos sódicos neutralizantes. El alto contenido de calcio se debe al alto contenido de calcita en las evaporitas y las calizas estas a su vez por la circulación de las aguas ionizan estos elemento lixiviando la misma en aguas con contenido de carbonato de calcio.

7.9.2. PARAMETRO FISICOS QUIMICOS

7.9.2.1. Conductividad eléctrica (C.E.)

La conductividad eléctrica es un medio importante de investigación, para la realización del presente estudio se ha contado con un conductivímetro portátil. Sus variaciones están estrechamente ligadas, a las variaciones de la mineralización de las aguas subterráneas.

La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm).

La variación de la conductividad obedece a dos factores: Uno a que la composición de la roca (Fm. Maras, y Fm. Ayabaca) cuyos niveles estratigráfico son de origen marino de plataforma compuestos básicamente de calizas, margas, lutitas y yesos. de modo que la conductividad en los manantes inventariadas se distribuye de la siguiente forma:

Cuadro N° 70. Clasificación del agua por conductividad eléctrica y dureza

uS/cm	Parámetros Internacionales	Numero	CE Manantes
0.055	Agua Pura	0	
0.5	Agua Destilada	0	
1.0	Agua de Montaña	0	
500-800	Agua para uso domestico	45	57-900
10055.0	Max. Para agua potable.		
52.0	Agua de mar	0	

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Diferenciado en el cuadro anterior se deduce que las aguas son de uso doméstico con tratamiento de su dureza.

7.9.2.2. Dureza de las fuentes evaluadas

Indica el valor global de sales de calcio y de magnesio del agua, de un modo accesorio pueden añadir su influencia otros elementos, tales como el hierro o el

aluminio. El grado hidrotimétrico indica la dureza del agua, un agua dura es el agua que incrusta, en frío o en caliente, los recipientes que la contienen o en las mismas redes de conducción, y su contenido es mayor puede causar problemas en el organismo humano.

Tabla N° 10. Conductividad eléctrica de los manantes.

Conductividad y dureza del agua			
ppm	$\mu\text{S/cm}$	°f	Dureza
0-70	0-140	0-7	muy blanda
70-150	140-300	7-15	blanda
150-250	300-500	15-25	ligeramente dura
250-320	500-640	25-32	moderadamente dura
320-420	640-840	32-42	dura
superior a 420	superior a 840	superior 42	muy dura

Fuente: WWW. infoagro.com. Internet.

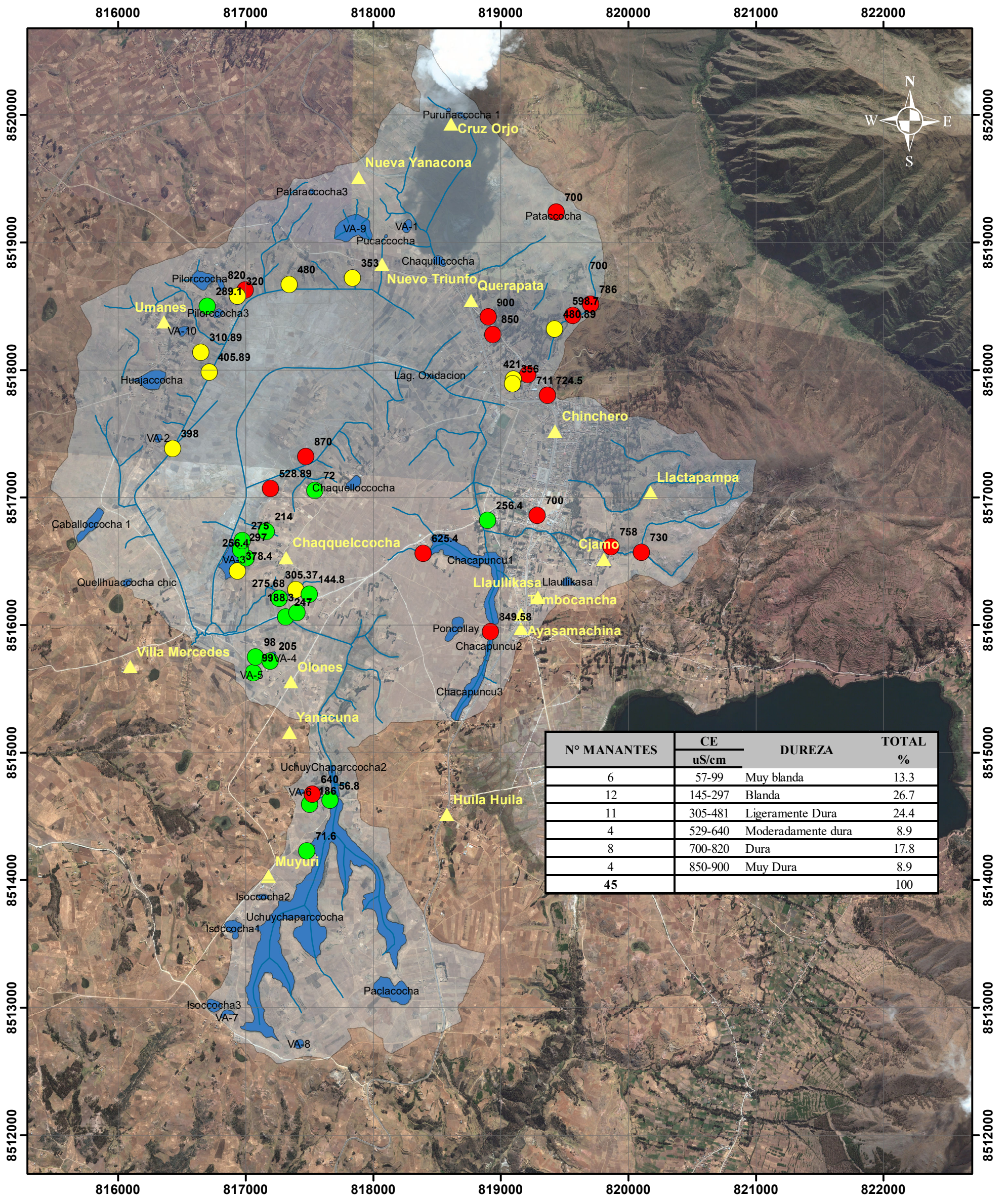
Dividiendo por 10 las medidas en ppm obtenidas con un medidor de sólidos disueltos, se obtiene el valor de dureza del agua en Grados franceses (°F). Como se señalaba anteriormente, 1 ppm = 2 $\mu\text{S/cm}$ de conductividad, por lo tanto:

Cuadro N° 71. Distribución porcentual de manantes según su Conductividad eléctrica.

N° MANANTES	CE	DUREZA	TOTAL
	$\mu\text{S/cm}$		%
6	57-99	Muy blanda	13.3
12	145-297	Blanda	26.7
11	305-481	Ligeramente Dura	24.4
4	529-640	Moderadamente dura	8.9
8	700-820	Dura	17.8
4	850-900	Muy Dura	8.9
45			100.0

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Del análisis del cuadro se puede deducir que el 24.4 % son aguas ligeramente duras y el 8.9 % moderadamente duras y duras a muy duras el 26.4 %, lo que nos demuestra que las aguas de las fuente inventariadas presentan altos contenidos de carbonatos seguido de los sulfatos.



N° MANANTES	DUREZA		TOTAL %
	CE uS/cm		
6	57-99	Muy blanda	13.3
12	145-297	Blanda	26.7
11	305-481	Ligeramente Dura	24.4
4	529-640	Moderadamente dura	8.9
8	700-820	Dura	17.8
4	850-900	Muy Dura	8.9
45			100

LEYENDA

Dureza de las aguas

- Muy Blanda
- Blanda
- Ligeramente Dura
- Moderadamente Dura
- Dura
- Muy Dura
- Microcuenca de Chinchero

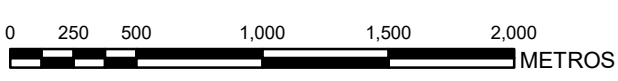


UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO

MAPA: **DUREZA DE AGUAS**

UBICACIÓN: DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ASESOR: ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	FECHA: JUNIO-2019	MAPA N°:
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	PROCESADO:	M-19
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			



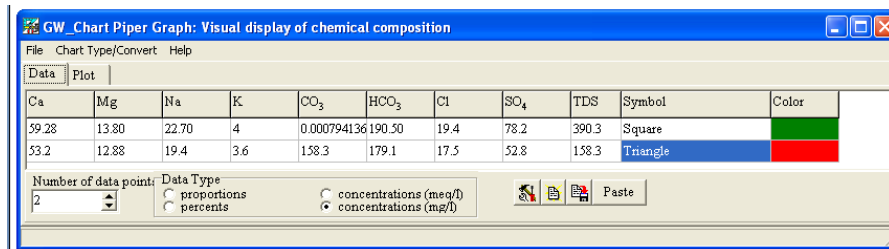
Así mismo del análisis de laboratorio de la UNSAAC. La agua muestreada del pozo no refleja los valores reales del cuerpo del acuífero puesto que son de procedencia de acuífero de las partes alta y de origen pluvial reciente, los que se muestran como aguas blandas.

7.9.3. RELACIONES ENTRE COMPONENTES QUIMICOS ELEMENTALES

7.9.3.1. Diagrama de PIPER – HILL.

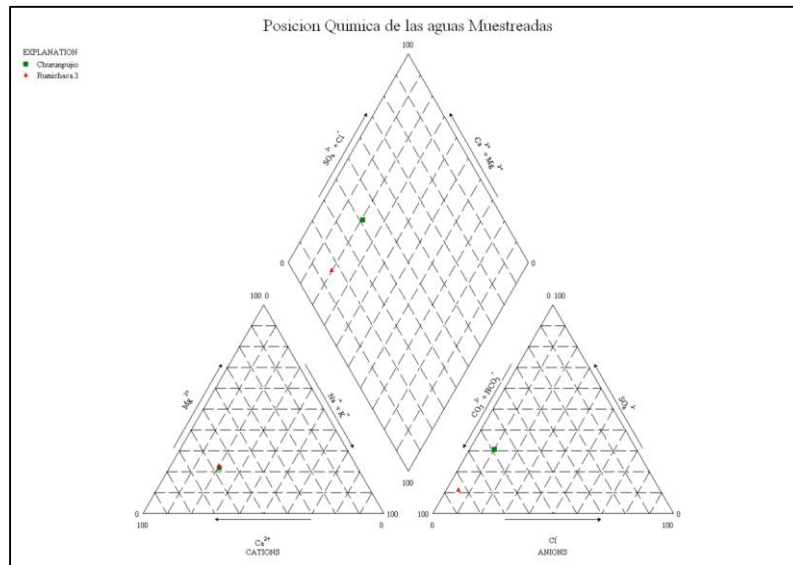
Para una mejor interpretación de las fuentes muestreadas se recurrió a modelos triangulares de Piper-Hill.

Imagen N° 7. Diagrama Triangular de Piper-Hill-Langelier.



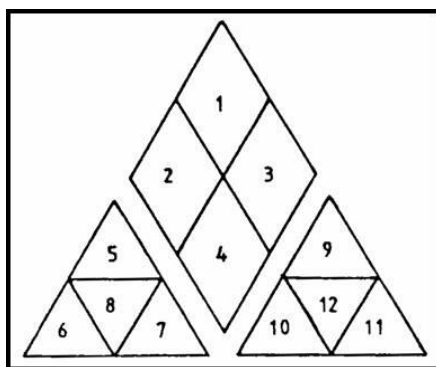
Fuente: Elaborado por los testistas.

Imagen N° 8. Diagrama de Piper-Hill-Langelier para el análisis correspondiente a los afloros de manantes del entorno del acuífero.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 9. Diagrama de Piper-Hill-Langelier para el análisis correspondiente a los afloros de manantes del entorno del acuífero.



Fuente: Elaboración propia.

1. Aguas sulfatadas y/o cloruras, cálcicas y/o magnésicas
2. Aguas bicarbonatadas, cálcicas y/o magnésicas
3. Aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas
4. Aguas bicarbonatadas sódicas
5. Aguas magnésicas
6. Aguas cálcicas
7. Aguas sódicas
8. Aguas magnésicas, cálcicas y sódicas.
9. Aguas sulfatadas
10. Aguas bicarbonatadas
11. Aguas cloruradas
12. Aguas sulfatadas, bicarbonatadas y cloruradas

Según el diagrama triangular, el manante presenta aguas de la clase : cálcicas, Bicarbonatas y Aguas Bicarbonatadas cálcica y/o magnésicas.

7.9.3.2. Diagrama radial de los componentes químicos.

Para fines de mejor interpretación de los acuíferos, se han graficado los componentes iónicos registrados en los análisis químicos de cada acuífero, para lo cual se utilizó el método de diagrama radial, como se aprecia en el Gráfico N° 18.

Del mismo modo en el siguiente cuadro se muestran los valores mayoritarios porcentuales con respecto a la suma de los cationes y aniones que se utilizarán con fines comparativos entre ellos.

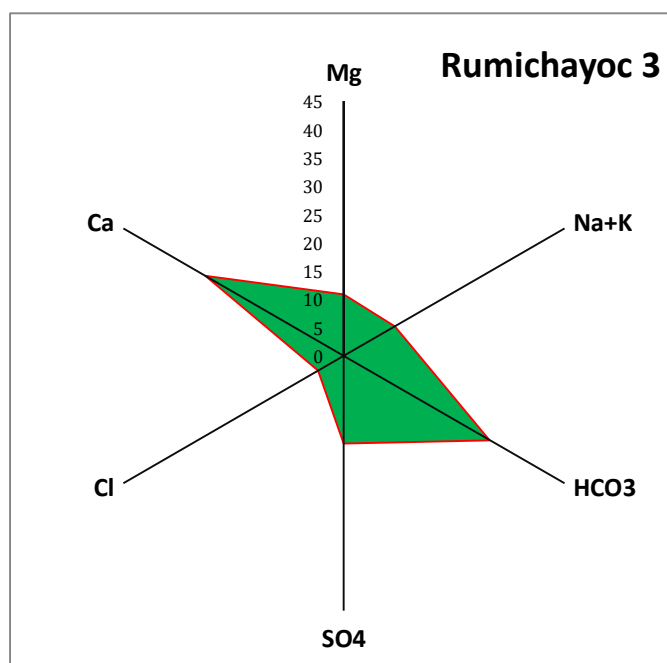
Cuadro N° 72. Componente Químico en %.

Fuentes	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca
Rumichayoc 3	10.83	10.39	29.78	15.53	5.22	28.21

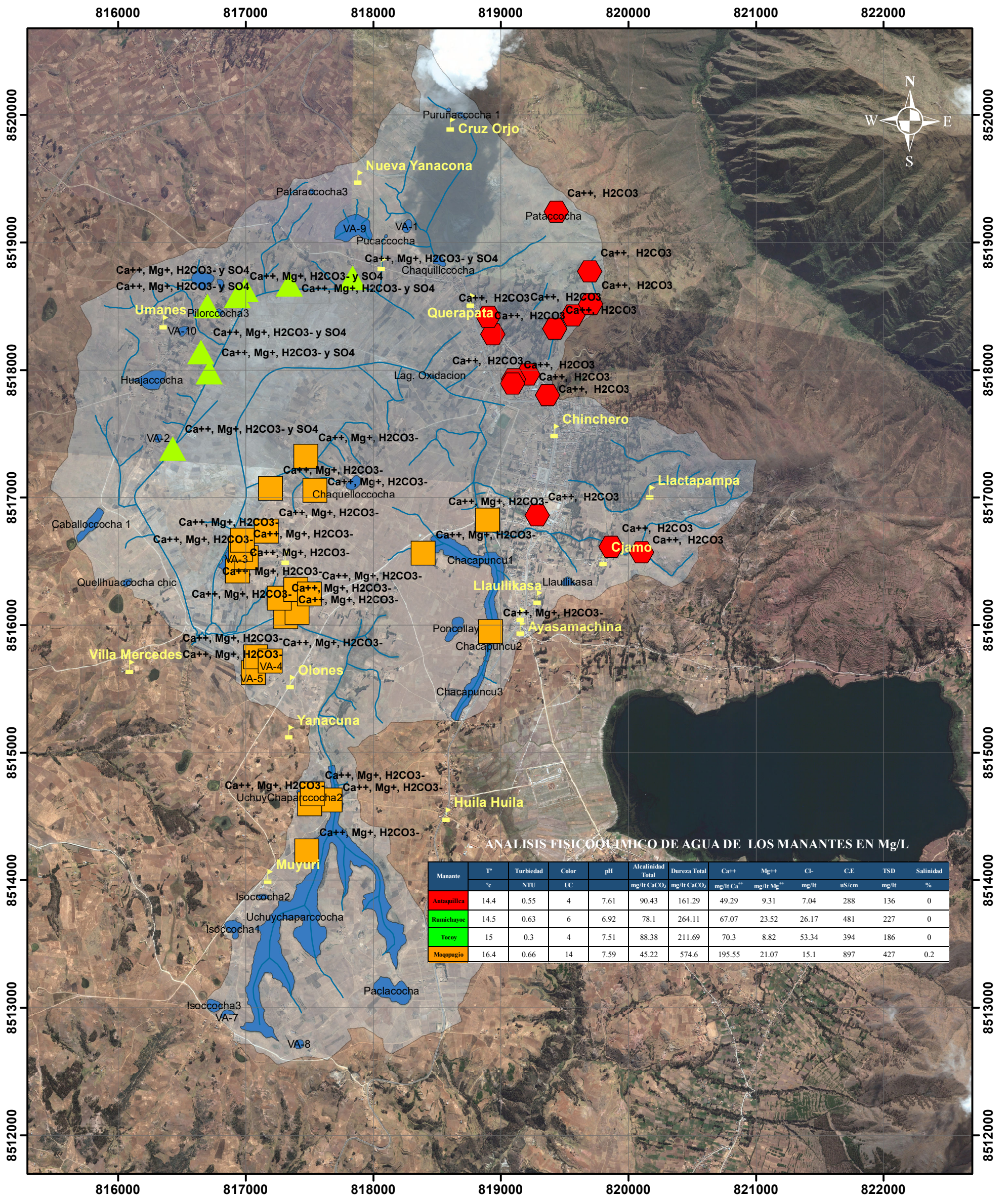
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Del siguiente cuadro se deduce que la variación de los elementos mayoritarios con mayor presencia iones como cationes de Ca⁺⁺ y Mg⁺, aniones H₂CO₃⁻, y SO₄⁻. Corroboran una vez más que las aguas son cálcica Magnésica Bicarbonatadas a sulfatadas.

Gráfica N° 17. Diagrama radial de la composición química de la fuente muestreada.

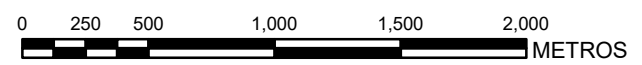


Fuente: Elaborado por los tesisistas.



ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA DE LOS MANANTES EN Mg/L

Manante	T°	Turbiedad	Color	pH	Alcalinidad Total	Dureza Total	Ca++	Mg++	Cl-	C.E	TSD	Salinidad
	°c	NTU	UC		mg/l CaCO ₃	mg/l CaCO ₃	mg/l Ca ⁺⁺	mg/l Mg ⁺⁺	mg/l	uS/cm	mg/l	%
Antaquilla	14.4	0.55	4	7.61	90.43	161.29	49.29	9.31	7.04	288	136	0
Ramichayoc	14.5	0.63	6	6.92	78.1	264.11	67.07	23.52	26.17	481	227	0
Tocoy	15	0.3	4	7.51	88.38	211.69	70.3	8.82	53.34	394	186	0
Mopopugio	16.4	0.66	14	7.59	45.22	574.6	195.55	21.07	15.1	897	427	0.2



LEYENDA

Tipo de agua

- Cálculo-Magnésica-bicarbonatada-Sulfatada
- Cálculos bicarbonatadas
- Cálculo- magnésicas a bicarbonatadas
- Microcuena de Chinchero



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENA DE CHINCHERO, CUSCO

MAPA: **HIDROQUÍMICO**

UBICACIÓN	ASESOR:	FECHA:	MAPA Nº:
DISTRITO: CHINCHERO PROVINCIA: URUBAMBA REGION: CUSCO	ING. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	OCTUBRE-2019	M-20
PROYECCION: UTM- WGS 84 - Z18 L	ELABORADO POR: BR. EDSON ARQUE NUÑEZ	PROCESADO:	
ELABORACION: PROPIA	BR. ROGER J. HUAMAN HUAYLLANI	EN SIG	
ESCALA: 1:30,000			

CAPÍTULO VIII: BALANCE ENTRE OFERTA Y DEMANDA

8.1. GENERALIDADES

El balance hídrico es la comparación entre la oferta y demanda hídrica de una cuenca, cuyo resultado permite conocer el déficit y/o exceso del recurso hídrico en la microcuenca.

El punto de referencia para desarrollar el balance hídrico de la microcuenca, es la “Salida” de la misma, a partir de ese punto se contabilizan la oferta y la demanda hídrica. Actualmente no existen irrigaciones en funcionamiento con infraestructura de riego a mayor escala, generalmente son pequeñas irrigaciones.

8.2. DEMANDA DE AGUA

La demanda hídrica es la cantidad de agua necesaria de los usuarios para satisfacer las necesidades de agua en uso agrícola, uso poblacional, industria, etc.

Es necesario precisar que en la microcuenca de Chinchero, se distingue varios tipos de usos actuales de agua superficial, siendo en orden de prioridad, por la magnitud de volumen consumido: uso poblacional y agrícola.

8.2.1. DEMANDA PERCÁPITA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

En el ámbito de la microcuenca, el uso del agua para consumo humano depende de la disponibilidad de recursos hídricos, la cual se sustenta en el aprovechamiento de las principales fuentes de recursos hídricos, como manantes o surgencias de agua principalmente.

La demanda del recurso hídrico está determinada por la cantidad de población y sus necesidades de consumo. Según la Organización Mundial de Salud establece lo siguiente:

Tabla N° 11. Dotaciones de agua según OMS, en l/día/hab.

POBLACIÓN	CLIMA	
	FRIO	CALIDO
Rural	100	100
2,000-10,000	120	150
10,000-50,000	150	200
50,000	200	250

Fuente: Organización Mundial de Salud (OMS).

La microcuenca está ubicado en una zona de clima frio, por lo tanto para las zonas rurales el consumo per cápita de agua es de 100 l/día/hab.; mientras para zonas urbana es de 120 l/día/hab.

Cuadro N° 73. Distribución de la Población en la Microcuenca de Chinchero.

Nombre de la comunidad o sector			Población
N°	Área urbana		
1	Mateo Pumacchahua	Centro poblado	970
2	Calle Garcilaso	Centro poblado	622
3	Cuper Pueblo	Sector	546
4	Querapata	Sector	955
5	Nueva Victoria	Sector	589
6	Tambocancha	Sector	322
7	Nuevo Triunfo	Sector	219
8	Kjambu	Sector	108
Total población área urbana			4331
Área rural			
N°	Cooperativa Huaypo		Población
1	Muyuri	Sector	147
7	Villa Mercedes	Sector	24
N°	Comunidad de Yanacona		Población
1	Olonos	Sector	173
2	Chaqueccocho	Sector	35
3	Queullaccocha	Sector	103
4	Huatata	Sector	520
5	Umanes	Sector	260
N°	Comunidad de Aylopongo		Población
1	Huila Huila	Sector	51
N°	Otras Comunidades y Asociaciones		Población
10	Asociación de Vivienda Nueva Yanacona	Asociación	228
Total población área rural			1541
Total población Microcuenca Chinchero			5872

Fuente: Oficina Municipal de Saneamiento Básico Rural, MDCH (2015).

Cuadro N° 74. Demanda Percápita de Agua para Consumo Humano.

Población		Consumo	
		l/seg	m3/año
Zonas Urbanas			
Mateo Pumacahua	970	1.35	42486.0
Calle Garcilaso	622	0.86	27243.6
Cuper Pueblo	546	0.76	23914.8
Querapata	955	1.33	41829.0
Nueva Victoria	589	0.82	25798.2
Tambocancha	322	0.45	14103.6
Nuevo Triunfo	219	0.30	9592.2
Kjamu	108	0.15	4730.4
Subtotal	4331	6.02	189697.8
Zonas Rurales			
Muyuri	147	0.17	5365.5
Villa Mercedes	24	0.03	876.0
Comunidad de Yanacona			
Olonos	173	0.20	6314.5
Chaqueccocho	35	0.04	1277.5
Queullaccocha	103	0.12	3759.5
Huatata	520	0.60	18980.0
Umanes	260	0.30	9490.0
Comunidad de Ayllopongo			
Huila Huila	51	0.06	1861.5
Asociación de Vivienda Nueva Yanacona	228	0.26	8322.0
Subtotal	1541	1.78	56246.5
Total	5872	7.80	245,944.3

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Con la información de consumo per cápita tanto para centros urbanos como para centros rurales y la información estimada de la población por el equipo técnico de la municipalidad de Chinchero, se determina que la demanda de agua para consumo humano anual en la microcuenca de Chinchero, es de 245,944.3 m³/año.

Cuadro N° 75. Demanda Potencial proyectada al 2025 en la Microcuenca de Chinchero.

MC Chinchero	N° de habitantes	Consumo	
		(l/seg)	(m ³ /año)
Zona Urbana	9256	12.86	405412.8
Zona Rural	2799	3.24	102163.5
Total	12055	16.10	507,576.3

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Al realizar una proyección de consumo de agua para 10 años, se tiene que el consumo de agua para la demanda poblacional en la microcuenca llegara a 507, 576.3 m³/año.

8.2.2. ACTIVIDAD AGRICOLA

La demanda hídrica en agricultura se define como la cantidad de agua necesaria para que los cultivos desarrollen su máximo potencial productivo, en función de la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de sus procesos fisiológicos (respiración y fotosíntesis), manteniendo los otros factores de producción constantes. Para el cálculo de la demanda de agua de un proyecto se debe tener en cuenta, por lo tanto todas las pérdidas resultantes del sistema de distribución del agua de riego y de la eficiencia de aplicación del agua al cultivo.

8.2.2.1. Cédula de cultivos e intensidad de uso de suelo

Debido a la disponibilidad de extensiones de terreno en la microcuenca, existen demandas actuales que están relacionados mayormente con la agricultura.

En la microcuenca existen 886.0 ha, utilizadas para cultivos, siendo los cultivos más representativos papa, avena, haba, alfalfa, pastos, hortalizas, etc.

Cuadro N° 76. Cédula de cultivos en la microcuenca de Chinchero.

Cultivo	Área de Cultivo
	Ha
Papa	341.4
Hortalizas	106.7
Haba	149.3
Tarwi	10.7
Trigo	14.9
Cebada-Avena	135.0
Alfalfa	106.7
Pastos Naturales	21.3
Total	886.0

Fuente: Municipalidad Distrital de Chinchero, 2015.

Se ha efectuado el cálculo de la demanda de agua, tomando en consideración la Evapotranspiración Potencial y la Precipitación Efectiva al 75% de persistencia, relacionándolas con el piso altitudinal, clima y área de cultivos. La demanda de agua se ha proyectado basándose en la cedula de cultivos representativa y correspondientes al calendario agrícola; también se ha considerado la tradición productiva de la zona. El cálculo fue realizado considerando 12 horas de riego diario, dado que las parcelas a ser regados, podrían sufrir deterioro en caso de uso eventual descontrol en el suministro de agua particularmente en la noche.

Según ENEI, las áreas de riego en el distrito de Chinchero representan solamente el 13.2% de la superficie total.

Cuadro N° 77. Cedula de cultivo para riego.

Cultivo	Área de Cultivo
	Ha
Papa	45.1
Hortalizas	14.1
Haba	19.7
Tarwi	1.4
Trigo	2.0
Cebada-Avena	17.8
Alfalfa	14.1
Pastos Naturales	2.8
Total	117.0

Fuente: INEI.

Cuadro N° 78. Cálculo de la demanda de agua para uso agrícola en la microcuenca.

CULTIVOS	AREA		PERIODO											
	%	(ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC
Papa	38.5	45.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.4			0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
Hortalizas	12.0	14.1	1.0	1.0	0.5	0.2						0.3	0.5	0.8
Haba	16.9	19.7	0.7	0.7	0.7	0.3					0.7	1.0	0.9	0.4
Tarwi	1.2	1.4	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7				0.7	0.7	0.7
Trigo	1.7	2.0	0.7	0.6	0.7	0.9	0.8	0.4						0.9
Cebada-Avena	15.2	17.8	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.3						0.9
Alfalfa	12.0	14.1	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Pastos Naturales	2.4	2.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9
Total área anualmente	100.0	117.0												
Área Cultivada Mensual		ha	117.0	117.0	117.0	117.0	83.2	38.1	16.9	53.0	81.7	97.2	97.2	117.0
Kc Ponderado			0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
ETP		mm	98.0	89.9	98.9	97.7	107.4	91.4	95.2	108.0	108.8	127.5	125.7	110.5
ETc		mm	82.2	78.1	82.7	64.7	59.2	47.6	65.5	79.3	70.5	88.9	89.4	80.2
PE 75%		mm	141.0	126.8	95.1	33.4	4.2	0.1	0.0	2.7	11.2	35.9	64.6	104.8
Consumo Teórico		mm	-58.8	-48.6	-12.4	31.3	55.0	47.5	65.5	76.6	59.3	53.0	24.8	-24.7
Demanda Unitaria Neta		m ³ /ha	0.0	0.0	0.0	312.9	550.0	474.6	655.2	765.8	593.0	530.1	248.1	0.0
Eficiencia de riego		%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Demanda Bruta de Agua		mm/ha	0.0	0.0	0.0	62.6	110.0	94.9	131.0	153.2	118.6	106.0	49.6	0.0
N° Días /mes		días	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Jornada de Riego (horas)		horas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Módulo de Riego		l/s/ha	0.00	0.00	0.00	0.48	0.82	0.73	0.98	1.14	0.92	0.79	0.38	0.00
Caudal requerido		l/s	0.00	0.00	0.00	56.47	68.31	27.90	16.53	60.59	74.74	76.92	37.20	0.00

Fuente: Elaboración propia a base de datos de, Plan de desarrollo Local concertado Chinchero al 2021, MDCH (2015).

El módulo de riego calculado para la microcuenca es de 0.92 l/seg/ha, para el mes de requerimiento máximo.

Para los meses de mayo a septiembre, el resumen se muestra el siguiente cuadro:

Cuadro N° 79. Demanda de agua para uso agrícola.

Meses	Total (l/seg)
Mayo	68.3
Junio	27.9
Julio	16.5
Agosto	60.6
Setiembre	74.7
Total	248.1

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Del cuadro anterior, la demanda de agua total para uso agrícola en los meses de mayo, junio julio, agosto y setiembre, es de 248.1 l/seg.

8.2.3. DEMANDA HÍDRICA FUTURA

Las demandas hídricas de usos futuros de agua correspondiente al Proyecto de Construcción y funcionamiento del Aeropuerto Internacional de Chinchero AICC.

Las necesidades de abastecimiento de agua para un aeropuerto internacional se calculan empleando los métodos en el Manual de Parámetros de Diseño y Planificación de Aeropuertos Ed. 2000, del Ministerio de Fomento del Gobierno de España. A partir del volumen de agua, en m³, consumida por los aeropuertos españoles y de los valores del tráfico de pasajeros, aeronaves, de los pasajeros y aeronaves hora punta, y de la superficie en Ha ocupada por cada aeropuerto, se realiza una serie de ajustes para obtener leyes de variación para el global de los aeropuertos y para cada uno de los grupos. Los ajustes elegidos son los que presentan mayor coeficiente de correlación R.

En el Aeropuerto Internacional de Chinchero AICC, se demandara 208,300 m³/año de agua.

Cuadro N° 80. Necesidades de suministro de agua anual para el Aeropuerto Internacional de Chinchero AICC.

Horizonte	Capacidad de Abastecimiento (Pasajeros anuales)	Suministro de Agua
		(m ³ al año)
Apertura	4496400	164,800
1 ^a Ampliación	5009600	182,700
2 ^a Ampliación	5,736,400	208,300

Fuente: Sociedad Aeroportuaria KUNTUR WASI S.A.

8.3. DISPONIBILIDAD DE RECURSO HIDRÍCO

La disponibilidad hídrica de una cuenca hidrográfica es la cantidad de volumen total de agua (oferta hídrica) que dispone la cuenca, provenientes de diferentes fuentes, tales como aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas de recuperación, aguas de almacenamiento en represas, aguas de trasvase y otras fuentes hídricas.

Conocer la disponibilidad hídrica de la cuenca permite optimizar y utilizar el recurso hídrico en forma racional y eficiente, en aprovechamiento de uso poblacional, agrícola, pecuario, industria, minera, energético, entre otros usos.

8.3.1. OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL

8.3.1.1. Ríos

Una característica importante del riachuelo Chinchero, es su régimen temporal, el mismo que presenta irregularidad en su descarga, con corto período de abundancia o avenida de 5 meses (diciembre a abril) y prolongado período de estiaje de 7 meses (mayo a noviembre), situación no favorable a las necesidades hídricas de la microcuenca.

La mayoría de los riachuelos de la microcuenca Chinchero se originan por las precipitaciones pluviales y manantes. El río Chinchero no tiene uso alguno en la microcuenca.

Cuadro N° 81. Oferta Hídrica generada para el Rio Chinchero.

Meses	Caudal Medio	Caudal	Caudal
	m3/seg	m3/seg	l/seg
Enero	0.12	0.016	15.5
Febrero	0.10	0.085	85.0
Marzo	0.09	0.275	274.5
Abril	0.07	0.043	43.0
Mayo	0.06	0.010	10.4
Junio	0.06	0.009	8.5
Julio	0.07	0.008	7.6
Agosto	0.06	0.010	9.7
Septiembre	0.07	0.018	18.5
Octubre	0.07	0.049	49.0
Noviembre	0.08	0.060	59.8
Diciembre	0.09	0.037	36.7

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

8.3.1.2. Lagunetas

En la microcuenca existen 24 lagunetas, el agua almacenado en estos son usados para agricultura por medio de riego, los volúmenes de almacenamiento se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 82. Volumen de oferta de las lagunetas en la microcuenca.

Meses	Volumen de almacenamiento
	m3
Enero	1479523.7
Febrero	1479523.7
Marzo	1479523.7
Abril	1069833.6
Mayo	741638.9
Junio	525278.7
Julio	369359.6
Agosto	260815.6
Septiembre	151937.5
Octubre	110352.8
Noviembre	83552.0
Diciembre	1479523.7

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

8.3.2. OFERTA DE AGUA SUBTERRANEO

El agua subterránea se encuentra almacenada en acuíferos bajo la superficie de la tierra y ocupa los poros y las fisuras de las rocas más sólidas. La más profunda puede permanecer oculta durante miles y millones de años.

La disponibilidad actual del agua subterránea en la microcuenca son los siguientes:

- Volumen del acuífero mermepampa pobre saturado de 25, 871,192.14 m³, con pozo de producción aproximado de 2.09 l/seg, igual a 65,910.24 m³/año.
- Los 45 manantes presentan un caudal total 10.92 l/seg, del cual los que ofertan agua para consumo humano y riego son:

Cuadro N° 83. Manantes para consumo humano.

COMUNIDAD	SECTOR	NOMBRE	CAUDAL l/seg	REGIMEN
Yanacona	Olonos	Huatata	0.500	Permanente
Yanacona	Olonos	Quehuar	0.130	Permanente
Yanacona	Olonos	Challhuayoc pugio	0.600	Permanente
Yanacona	Olonos	Misquipugio	0.090	Permanente
Yanacona	Olonos	Cchaquellpugio	0.090	Permanente
Yanacona	Chaquellococha	Condorpugio	0.200	Permanente
Yanacona	Chaquellococha	Moccopugio	0.100	Permanente
Yanacona	Chaquellococha	Churupugio	0.080	Permanente
Yanacona	Umanes	Lanlacu	0.090	Permanente
Yanacona	Umanes	Misquipugio	0.040	Permanente
Yanacona	Umanes	Tocoy	1.000	Permanente
Yanacona	Umanes	Callejonchayoc 3	0.350	Permanente
Yanacona	Umanes	Rumichayoc 3	0.030	permanente
Yanacona	Querapata	Juanapuyca1	0.040	Permanente
Chinchero	Nuevo Triunfo	Labrampugio	0.750	Permanente
Chinchero	Nuevo Triunfo	Asnacpugio	0.800	Permanente
Ayllo Pongo	Cjamo	Huancapata1	0.200	Permanente
Ayllo Pongo	Cjamo	Huancapata2	0.050	Temporal
Chinchero	Chinchero	Tinquipugio	0.500	Permanente
Total			5.640	

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

Del cuadro anterior se estima que la microcuenca presenta una oferta de agua para consumo humano de 5.64 l/seg, igual a 177,863.04 m³/año.

Cuadro N° 84. Oferta de agua para riego.

COMUNIDAD	SECTOR	NOMBRE	CAUDAL l/seg	REGIMEN
Yanacona	Olonos	Poncollay	0.100	Permanente
Yanacona	Olonos	Poncollay 1	0.100	Permanente
Yanacona	Umanes	Rumichayoc 1	0.005	Permanente
Ayllo Pongo	Allpachaca	Chacapuncu	0.050	Permanente
Ayllo Pongo	Llullanancay	Llullanancay	1.624	Permanente
Total			1.879	

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

La microcuenca presenta una oferta de agua para riego de 1.88 l/seg, igual a 59,256.14 m³/año.

8.4. BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA

El balance hídrico se determinó tomando en consideración la demanda y oferta agua, para cada tipo de uso, los resultados se muestran en cuadro N° 85.

Del cuadro N° 85 se observa que para consumo humano o uso poblacional existe un déficit de 68,081.3 m³/año, que es igual a 2.16 l/seg.

Del mismo cuadro también se observa que para uso agrícola (riego) existe un superávit de 2, 800,205.7 m³/año, que es igual a 88.79 l/seg.

Cuadro N° 85. Balance hídrico para uso poblacional y uso agrícola.

COMPONENTE	VARIABLE	VOLUMEN MENSUAL EN M3												TOTAL
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Oferta hídrica	Aguas superficiales ríacuelo Chinchero (75 % de Persist.)	87449.9	229060.0	657959.6	39589.8	28541.0	22368.1	20214.0	29715.0	47150.3	40161.9	47668.0	64483.7	1314361.4
	Aguas de Lagunetas	1479523.7	1479523.7	1479523.7	1069833.6	741638.9	525278.7	369359.6	260815.6	151937.5	110352.8	83552.0	1479523.7	
	Aguas de manantes C.H	15106.2	13644.3	15106.2	14618.9	15106.2	14618.9	15106.2	15106.2	14618.9	15106.2	14618.9	15106.2	177863.0
	Aguas de manantes para riego de cultivos	5032.7	4545.7	5032.7	4870.4	5032.7	4870.4	5032.7	5032.7	4870.4	5032.7	4870.4	5032.7	59256.1
	Total (MMC)	1.59	1.73	2.16	1.13	0.79	0.57	0.41	0.31	0.22	0.17	0.15	1.56	10.78
Demanda hídrica	Uso agrícola (riego)	0.0	0.0	0.0	73182.8	91479.6	36163.8	22141.7	81137.8	96858.5	103005.3	48206.1	0.0	552175.5
	Uso poblacional	20888.4	18867.0	20888.4	20214.6	20888.4	20214.6	20888.4	20888.4	20214.6	20888.4	20214.6	20888.4	245944.3
	Total (MMC)	0.02	0.02	0.02	0.09	0.11	0.06	0.04	0.10	0.12	0.12	0.07	0.02	0.80
Balance hídrico	Uso poblacional	-5782.2	-5222.7	-5782.2	-5595.7	-5782.2	-5595.7	-5782.2	-5782.2	-5595.7	-5782.2	-5595.7	-5782.2	-68081.3
	Uso poblacional (MMC)	-0.006	-0.005	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.068
	Uso agrícola (riego)	0	0	0	1001521.2	655192.0	493985.3	352250.7	184710.6	59949.4	12380.2	40216.3	0.0	2800205.69
	Uso agrícola (MMC)	0	0	0	1.00	0.66	0.49	0.35	0.18	0.06	0.01	0.04	0	2.80

Fuente: Elaborado por los Tesistas.

CONCLUSIONES

1. La microcuenca presenta un módulo pluviométrico de 793.10 mm/año, el 82.5 % de esta caen en los meses de Noviembre a Marzo y el 17.5 % de la pluviosidad cae en los meses de Abril a Octubre; la temperatura media anual oscila en 9.07 °C, con una radiación en horas sol de 2662.8 hora/año; la evaporación es calculada en 1370.1 mm/año. Correspondientes a una altitud media de 3743.1 msnm.
2. La oferta hídrica superficial está clasificada por lagunetas y el riachuelo de Chinchero. Se identificaron 24 lagunetas dentro de la microcuenca, de los cuales 18 son de retención temporal (desde fines de Mayo y Agosto) y 06 se mantienen hasta diciembre; estos vasos lacustres llegan a acumular en total alrededor de 1, 479,523.7 m³, de los cuales el 71.4 % corresponde a la laguna de Uchuychaparccochoa, estos lagunetas tienen uso único para agricultura (riego). El riachuelo de chinchero oferta un volumen de 1, 339,818.7 m³/año.
3. Se identificó 45 manantes, de los cuales 25 son de régimen permanente y 20 son de régimen temporal; con caudales desde 0.004 l/s humedeciendo (Antaquilca 4) hasta 1.624 l/s (Llullanancay), el volumen total que descarga de los manantes hacia la Microcuenca de Chinchero es de 10.92 l/s.
4. La microcuenca presenta 7 unidades geohídricas como: Acuífero diatomítico, acuífero limo-arcillosa, acuífero poroso palustre, acuífero limo-gravoso, acuífero kárstico, acuitardo fisurado, y acuitardo lutítico. De los cuales el acuífero diatomítico es de interés hidrogeológico.
5. Según el análisis de la calidad del agua subterránea, se ha distinguido tres tipos de aguas; una corresponde a Mermepampa cuya clase de agua va de cálcica–magnésica-bicarbonatada-sulfatada (Ca⁺⁺, Mg⁺, H₂CO₃⁻ y SO₄⁻), las aguas provenientes del Acuitardo lutíticos son cálcico-magnésica a bicarbonatadas y los acuíferos kársticos su calidad de agua son cálcicas bicarbonatadas. De los 45 mamantes, el 24.4 % son aguas ligeramente duras y el 8.9 % moderadamente duras y duras a muy duras el 26.4 %.

6. La oferta hídrica subterránea se identificó en manantes y el acuífero diatomítico. Los manantes que ofertan agua para consumo humano es de 5.64 l/s, es decir 177,863.04 m³/año, mientras los manantes que ofertan para riego es de 1.88 l/seg, igual a 59,256.14 m³/año. El acuífero diatomítico pobre de Mermepampa, presenta un volumen ocupado por agua de 25'871,192 MC; la transmisividad de este acuífero es baja (20.09 m²/día), permitiendo una producción de hasta 2.01 l/s por pozo.
7. De acuerdo al balance entre oferta y demanda, el agua para consumo humano presenta un déficit de 68,081.3 m³/año, que es igual a 2.16 l/seg. Por otra parte el agua para uso agrícola (riego) presenta un superávit de 2, 800,205.7 m³/año, que es igual a 88.79 l/seg.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un monitoreo de manantes por dos a mas meses después de la temporada de lluvias (julio – octubre) para saber el verdadero comportamiento; así mismo debe realizarse un nuevo análisis físico químico, que refleje el verdadero componente químico de esta aguas.
2. Realizar un pozo de exploración hasta los 20 m con la finalidad de realizar pruebas de bombeo, monitoreo piezométrico y calidad de agua en el acuífero pobre Mermepampa.
3. Realizar sistemas de captación de agua para consumo humano, de esta manera explotar y aprovechar el agua subterránea.
4. Se recomienda el mejoramiento y ampliación de las Lagunetas, con fines agrícolas para las comunidades aledañas.
5. Se recomienda para las lagunetas realizar batimetría, para obtener datos más exactos.

BIBLIOGRAFÍA

- Custodio, E., & Llamas, M.R., (1966). Hidrología Subterránea. Tomo-I.
- Internacional institute for Land Reclamation and Improve, (1977). Principios y Aplicaciones del Drenaje- I.L.R.I.
- FAO, (1996). Planificación y Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas con ayuda de Computadora, Tecnologías para la Planificación Nacional, Guía de Conservación 28/1 -Roma.
- Carlotto, V., Gil, W., Cardenas, J., & Chávez, R., (1996). Geología - Cuadrangulos de Urubamba (27r) y Calca (27s), Boletín INGEMET.
- CCAIJO, (1999). La gestión de Microcuencas, una Estrategia para el Desarrollo Sostenible de las Montañas del Perú, Propuesta, Lima – Perú.
- Villón Béjar Máximo, (2002). Hidrología. Editorial Villon-Lima.
- INRENA, (2007). Inventario de Fuentes de Aguas Superficiales del Rio Vilcanota Ámbito de la ATDR- Cusco.
- IMA, (2009). Zonificación Ecológica Económica de la Región Cusco.
- E. Montalvo & S. Jancco, (2009). Estudio Hidrogeológico y Ambiental de la Microcuenca de Andahuaylillas. Tesis-UNSAAC.
- IMA, (2010). Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado en la Localidad de Chinchero-Urubamba-Cusco, Estudio Hidrológico.
- ANA, (2010). Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches. Estudio Hidrológico-Puno.
- ANA, (2010). Diagnóstico y Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la cuenca Vilcanota Urubamba- Fase I.

IMA, (2011). Evaluación Hidrológica e Hidrogeológica a nivel de Reconocimiento del Aeropuerto Internacional Chinchero-Cusco.

ProInversión, (2013). Estudio Hidrológico y Drenaje Superficial en el Ámbito del Aeropuerto Internacional Chinchero-Cusco AICC.

Kuntur Wasi, (2014). Nuevo Aeropuerto Internacional de Cusco-Perú diseño geométrico y estructural, Lima.

Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, (2015). Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Chinchero. Municipalidad Distrital de Chinchero.

ANEXOS

CONTENIDO DE ANEXOS

- 12.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA
- 12.2. ESTRATIGRAFÍA
- 12.3. DATOS DE ESTACIONES METEOROLOGICAS
- 12.4. DATOS COMPLETADOS Y EXTENDIDOS DE LA PRECIPITACIÓN
- 12.5. CUADROS DE REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN
- 12.6. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN AL 75 % DE PERSISTENCIA
(FILA 3/4 EN ORDEN DECRECIENTE)
- 12.7. CAUDALES GENERADOS PARA LA MICROCUENCA DE CHINCHERO
- 12.8. ENSAYOS DE INFILTRACIÓN
- 12.9. DATOS DE GEOFÍSICA
- 12.10. CURVAS GEOELÉCTRICAS GENERADAS CON SOFTWARE IPI2WIN
- 12.11. INVENTARIO DE MANANTES
- 12.12. AFORO DE CAUDALES DEL RIACHUELO CHINCHERO Y SUS
AFLUENTES
- 12.13. HIDROQUIMICA (ENSAYO FISICO QUIMICOS DEL LABORATORIO
SEDA-CUSCO).
- 12.14. TABLAS DE INTERPRETACION HIDROGEOLOGICA
- 12.15. PANEL FOTOGRÁFICO

12.1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MICROCUENCA DE CHINCHERO, CUSCO”

MARCO TEÓRICO	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	RECURSOS																																			
<p>Bases teóricas</p> <p>Conociendo las características de una cuenca (precipitación, escurrimiento, evapotranspiración e infiltración de agua subterránea), permitirá evaluar la temporada y la disponibilidad espacial del agua, esto es útil para la asignación y control de flujo del agua. Se empleara el modelo hidrológico de Lutz Scholz, para generación de caudales o escorrentía superficial.</p> <p>Se empleara la metodología de Gunter Schosinsky N. (2006) y las teorías de Losilla (2000) y Butler (1957), para la estimación de la lámina que recarga los acuíferos.</p> <p>Se utiliza el método de anillos concéntricos, Olarte (2000) para pruebas de infiltración en suelos y método de caga variable en ricas.</p> <p>Para la clasificación de unidades geohídricas se toma el modelo propuesto por E. Custodio & R. Llamas.</p> <p>La información geomorfológica, topografía, geología, hidrometeorología, hidrología e hidrogeología permite plantear un modelo hidrogeológico conceptual para la microcuenca. El balance hídrico es una herramienta que permite conocer características de la cuenca mediante la aplicación del principio de conservación de la masa o la ecuación de continuidad (Rose, 2004; Essam, 2007), de acuerdo con este principio, cualquier diferencia entre las entradas y salidas deben reflejarse en un cambio en el almacenamiento de agua dentro del área del presupuesto (UNESCO, 1988; Simón, 2010). Entradas = Salidas + Cambio en el almacenamiento.</p>	<p>Problema general</p> <p>La incertidumbre que existe en saber el volumen que oferta las aguas subterráneas para consumo humano y las actividades socioeconómicas. Cuando entre en operación el futuro aeropuerto internacional de Chinchero, la demanda de agua será aún más, y también la construcción del aeropuerto afectara la existencia de sus fuentes hídricas, más allá que en estos últimos años se ven que disminuyen los caudales y régimen de sus manantes, el cual ha conllevado a cambios en las dotaciones de agua para los proyectos de riego agrícola y poblacional de las comunidades enmarcadas dentro del polígono de delimitación de la Microcuenca Chinchero, y alrededor de la misma.</p> <p>¿Cuáles son las características hidrogeológicas y el balance hídrico en la Microcuenca de Chinchero?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Realizar el estudio Hidrogeológico y determinar el balance hídrico, para la planificación hídrica en la microcuenca de Chinchero.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Mediante el estudio hidrogeológico de aguas subterráneas y superficiales se podrá conocer las condiciones hidrogeológicas y el balance hídrico en la microcuenca de Chinchero.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Características hidrogeológicas • Balance Hídrico <p>Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geomorfología • Estratigrafía • Geología estructural • Parámetros hidrometeorológicos • Hidrología 	<p>Tipo de Investigación</p> <p>El método utilizado para la elaboración del presente estudio es Analítico – Hipotético – Deductivo.</p> <p>Alcance de la Investigación</p> <p>Descriptivo - correlacional - analítico</p> <p>Fases de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pre-campo: Recolección de Información. • Campo: Reconocimiento del terreno, mapeo geológico, toma de mediciones, ensayos y recolección de muestras. • Post Campo: Procesamiento de datos y elaboración de mapas temáticos y documento de tesis. 	<p>Recursos humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingenieros Geologos - Personal de apoyo - Asesores académicos 																																			
	<p>Problemas específicos</p> <p>PE1: ¿Qué valores tienen los parámetros hidrometeorológicos en la microcuenca?</p> <p>PE2: ¿Cuánto es la oferta hídrica superficial en la microcuenca?</p> <p>PE3: ¿Cuántos son las surgencias de agua subterránea en la microcuenca?</p> <p>PE4: ¿Qué formaciones geológicas tienen potencial geohídrico en la microcuenca de Chinchero?</p> <p>PE5: ¿Cuál es la calidad de agua en la microcuenca?</p> <p>PE6: ¿Cuánto es la oferta hídrica subterránea en la microcuenca?</p> <p>PE7: ¿Cuánto es el balance hídrico entre oferta y demanda en la microcuenca?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>OE1: • Determinar los parámetros hidrometeorológicos de la microcuenca.</p> <p>OE2: • Determinar la oferta hídrica superficial de la microcuenca.</p> <p>OE3: Realizar el inventario de surgencias de agua subterránea.</p> <p>OE4: Identificar las unidades geológicas con potencial geohídrico.</p> <p>OE5: Determinar propiedades fisico-químicas de las aguas.</p> <p>OE6: Determinar la oferta hídrica subterránea.</p> <p>OE7: Realizar el balance hídrico dentro de la microcuenca.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>HE1: Los parámetros hidrometeorológicos como: precipitación, temperatura, evaporación, evapotranspiración y evapotranspiración real. Proporcionará la información para generación de caudales (escorrentía superficial) y recarga de acuífero.</p> <p>HE2: La abundancia de lagunetas y vasos de almacenamiento dentro de la microcuenca, facilita el represamiento de agua de la precipitación.</p> <p>HE3: El inventario de los manantes, permitirá conocer el caudal que oferta las aguas subterráneas dentro de la microcuenca.</p> <p>HE4: En microcuenca aflora los depósitos lacustres y palustres del cuaternario, compuesto por diatomitas, limos y arcillas, estos materiales tienen porosidad alto, por ende almacenan agua en mayor porcentaje.</p> <p>HE5: Las propiedades fisico-químicas de las aguas permitirá conocer si las aguas de los manantes son aptos para consumo humano y para uso agrícola.</p> <p>HE6: Existen manantes y acuíferos quienes ofertan agua para diferentes usos, dentro de la microcuenca.</p> <p>HE7: • El poblado de Chinchero está en constante crecimiento, por el tema del Aeropuerto Internacional de Chinchero y el turismo, este crecimiento poblacional demanda más agua, por lo cual existe un déficit de agua para consumo humano.</p>	<p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pendiente • Fisiografía • Morfometría de Unidad Hidrográfica • Precipitación • Temperatura • Evapotranspiración • Litología • Potencia • Formas estructurales • Deformaciones • Caudal • Permeabilidad • Porosidad 	<p>Muestra de la investigación</p> <p>Muestra: Microcuenca de Chinchero (19.53 Km2).</p> <p>Instrumento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Investigación documental: Estudios relacionados, libros, revistas, memorias y artículos científicos. 2. Investigación y trabajo de campo. 3. Manejo de imágenes satelitales y datos topográficos. 4. Ensayos de permeabilidad, aforos de caudales, toma de datos fisico-químicos y muestras. <p>Softwares Aplicados</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Arcgis 10.3 2. Autocad 2016 3. Sat-Planet 15.1 4. Google Earth 5. Global Mapper 16 6. IPI2WIN 2.0 7. Leapfrog Geo 4.0 8. Microsoft office 9. Excel 2013 	<p>Presupuesto</p> <p>Descripción</p> <p>Recursos humanos S/10,000.00</p> <p>Viaticos S/. 1,200.00</p> <p>Bienes y materiales S/. 2,500.00</p> <p>Servicios S/. 3,000.00</p> <p>Total S/16,700.00</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>FASES Y ACTIVIDADES</th> <th>Mar</th> <th>Abr</th> <th>May</th> <th>Jun</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- Gabinete 1, Elaboración del Proyecto de Inv.</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Trabajo de campo 1.</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Trabajo de gabinete 2, Diseño de Instrumentos.</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Trabajo de campo 2, Recolección de información.</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Trabajo de gabinete 2 y laboratorio. Análisis y procesamiento de la información.</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Elaboración de la tesis y revisión crítica del documento.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	FASES Y ACTIVIDADES	Mar	Abr	May	Jun	- Gabinete 1, Elaboración del Proyecto de Inv.	X				- Trabajo de campo 1.	X	X			- Trabajo de gabinete 2, Diseño de Instrumentos.		X			- Trabajo de campo 2, Recolección de información.		X			- Trabajo de gabinete 2 y laboratorio. Análisis y procesamiento de la información.			X		- Elaboración de la tesis y revisión crítica del documento.				X
FASES Y ACTIVIDADES	Mar	Abr	May	Jun																																					
- Gabinete 1, Elaboración del Proyecto de Inv.	X																																								
- Trabajo de campo 1.	X	X																																							
- Trabajo de gabinete 2, Diseño de Instrumentos.		X																																							
- Trabajo de campo 2, Recolección de información.		X																																							
- Trabajo de gabinete 2 y laboratorio. Análisis y procesamiento de la información.			X																																						
- Elaboración de la tesis y revisión crítica del documento.				X																																					

12.2. ESTRATIGRAFÍA

ESTRATIGRÁFICA LOCAL DE LA MICROCUENCA CHINCHERO.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	GROSOR (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA
MESOZOICO	CUATERNARIO		Depósito Coluvial		Rocas detríticas, gravillas, limos y arenas
			Depósitos Aluvial		Depósitos heterogéneos de material aluvial
			Deposito Palustres		Depósitos diatomitas calcáreas.
			Depósitos lacustres		Materia de turba, arcillas negras.
			Formación Chincheros	200	Arenosa de yeso, lutita, calizas y brechas calcáreas.
	NEOGEN		Fm. Vilquechico	130	Areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos
CENOZOICO	CRETACEO	S	Fm. Ayabacas		Calizas gris oscura, amarillenta, rosado
		S y I	Fm. Maras	200	Intercalación de arcillas, lutitas, margas y estratos de yeso

Fuente: Elaborado por los Tesisistas.

12.3. DATOS DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

REGISTRO METEOROLOGICO ESTACION INDICE KAYRA

Estación : K'AYRA				Latitud : 13° 33' S						Departamento: Cusco				
Tipo: CP-607				Longitud : 71° 52' W						Provincia: Cusco				
				Altitud : 3,219 msnm						Distrito: San Jeronimo				
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1971	128.9	161.6	83.6	40.0	1.5	0.1	0.0	5.7	3.5	55.7	51.0	127.5	659.1
2	1972	192.1	66.8	57.2	29.7	3.4	0.0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2	553.5
3	1973	221.3	120.9	99.6	75.2	14.0	0.0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5	816.8
4	1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1.0	34.6	5.9	43.3	60.9	108.0	681.7
5	1975	124.7	131.0	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51.0	170.1	721.6
6	1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13.0	8.7	0.7	2.5	26.8	25.3	47.8	66.8	560.3
7	1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0.0	4.4	0.0	29.9	65.0	71.5	78.0	613.1
8	1978	175.4	106.1	88.5	48.7	11.4	0.0	3.4	0.0	13.7	12.3	86.7	117.9	664.1
9	1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0.0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8	600.8
10	1980	106.2	126.4	135.0	23.2	3.7	0.0	5.3	1.0	12.6	62.9	60.2	83.1	619.6
11	1981	225.4	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0.0	9.8	45.9	108.9	120.8	144.3	922.9
12	1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0.0	9.2	3.4	4.9	14.0	37.9	122.5	98.6	786.8
13	1983	128.4	84.0	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26.0	44.3	100.5	484.0
14	1984	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0	1.3	1.3	11.4	4.2	114.6	69.4	103.1	800.1
15	1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0.0	43.3	60.8	116.5	122.4	727.0
16	1986	76.3	86.2	125.7	65.5	6.2	0.0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7	563.0
17	1987	223.3	88.4	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0.0	8.2	26.5	101.8	107.6	630.1
18	1988	163.8	84.3	166.5	108.9	4.6	0.0	0.0	0.0	9.9	36.2	47.6	113.7	735.5
19	1989	151.4	126.8	119.3	39.6	9.4	9.1	0.0	6.1	30.7	48.7	60.7	88.5	690.3
20	1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5	641.1
21	1991	97.6	163.6	105.2	45.1	11.0	5.1	1.5	0.0	21.4	49.3	83.6	99.0	682.4
22	1992	114.1	102.4	104.0	14.9	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.0	609.3
23	1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0.0	2.7	6.9	18.0	46.2	111.9	201.5	799.9
24	1994	177.0	163.9	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	40.2	40.5	119.9	798.4
25	1995	122.0	94.8	95.3	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6	560.0
26	1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	58.4	49.0	133.2	610.2
27	1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4	805.3
28	1998	116.3	156.2	22.6	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9	493.9
29	1999	89.3	92.2	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.8	39.7	119.5	543.1
30	2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0	652.0
31	2001	233.0	173.1	137.4	36.4	11.5	0.0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4	864.1
32	2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4	822.1
33	2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8	713.7
34	2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9	632.0
35	2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5	638.9
36	2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2	856.3
37	2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0	46.3	69.4	88.4	615.3
38	2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9	592.4
39	2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9	525.5
40	2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0.0	1.4	4.7	8.2	70.0	40.0	172.7	881.1
N° Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Media		151.9	120.6	100.0	40.8	6.0	4.1	3.2	6.3	16.6	46.3	74.5	109.0	679.2
Desv. Estandar		46.08	31.34	34.44	22.59	5.42	6.76	5.66	7.81	12.55	23.82	33.29	31.32	113.36
Coef. Variacion		0.30	0.26	0.34	0.55	0.91	1.64	1.76	1.24	0.76	0.51	0.45	0.29	0.17
Prec. Max.		268.5	184.6	173.9	108.9	22.5	31.8	27.1	34.6	51.1	114.6	201.5	201.5	268.5
Prec. Min.		76.3	58.7	22.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.9	23.1	57.0	0.0

Fuente: SENAMHI

REGISTRO METEOROLOGICO ESTACION CORPAC

Estación : CORPAC Tipo: CO				Latitud : 13°32'00" S Longitud : 71°56'00" W Altitud : 3,248 msnm						Departamento: Cusco Provincia: Cusco Distrito: San Jeronimo				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1971	94.8	127.4	46.9	32.7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	49.1	44.4	125.5	522.5
2	1972	154.3	68.0	54.1	36.7	0.0	0.0	5.5	24.2	18.0	11.3	66.2	147.4	585.7
3	1973	205.5	78.5	127.1	91.0	4.0	0.0	1.0	18.0	16.5	22.0	74.4	80.5	718.5
4	1974	124.4	153.9	138.2	72.2	8.0	12.0	0.0	32.2	5.0	25.6	37.6	123.2	732.3
5	1975	145.9	179.4	126.3	115.0	26.6	0.0	0.0	4.2	9.6	37.1	49.8	130.0	823.9
6	1976	201.0	200.0	106.6	35.0	12.0	7.1	0.0	3.0	72.0	27.5	37.7	117.5	819.4
7	1977	77.7	236.5	53.2	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	25.4	38.8	84.3	50.2	601.5
8	1978	167.1	62.1	70.1	41.2	6.6	2.0	0.0	0.0	1.0	19.0	128.0	126.0	623.1
9	1979	137.0	112.0	134.0		17.0	0.0	5.0	15.5	2.5	16.0	148.0	158.5	
10	1980	120.0	184.0	165.7	34.0	9.0	0.0	2.0	0.0	0.0	82.0	89.1	73.9	759.7
11	1981	256.0	91.1	153.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	19.0	84.4	95.5	120.7	825.9
12	1982	168.4	160.4	186.4	28.6	0.0	0.0	0.0	16.0	22.0	67.2	104.9	63.6	817.5
13	1983		82.4	43.1	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	20.0	61.1		
14	1984													
15	1985													
16	1986													
17	1987													
18	1988													
19	1989													
20	1990	158.9	89.8	68.5	99.8	7.1	27.9	0.0	9.2	23.6	97.8	90.1	73.5	746.2
21	1991	77.0	139.5	87.0	45.8	5.5	6.2	2.6	0.0	19.2	47.6	100.7	94.9	626.0
22	1992	72.7	121.3	76.0	32.0	0.0	0.0	0.0	15.3	32.0	84.4	140.8	199.7	774.2
23	1993	256.0	78.8	94.5	9.6	14.5	0.2	0.0	5.6	6.5	76.4	103.5	175.3	820.9
24	1994	198.2	203.8	186.0	56.5	10.0	0.0	0.0	0.0	12.0	38.6	71.9	127.0	904.0
25	1995	145.9	92.3	120.3	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	20.2	55.8	110.0	572.5
26	1996	157.0	113.8	66.6	31.0	17.0	0.0	0.0	7.0	22.5	34.5	67.5	165.3	682.2
27	1997	152.8	109.6	115.1	50.4	5.0	1.0	0.5	10.8	16.8	31.0	133.9	180.8	807.7
28	1998	145.1	170.1	62.3	32.5	10.0	2.0	0.0	4.5	1.8	40.7	29.3	60.5	558.8
29	1999	125.3	87.3	80.3	61.0	8.2	3.8	0.7	0.0	41.3	11.4	39.0	142.6	600.9
30	2000	168.5	132.4	139.1	6.8	4.7	5.2	2.8	5.6	10.8	53.5	44.6	90.6	664.6
31	2001	370.9	150.8	177.0	24.7	8.3	0.0	27.6	11.1	13.5	52.9	87.7	87.3	1,011.8
32	2002	145.1	199.3	122.9	23.6	8.6	2.2	36.1	3.6	18.6	77.0	111.2	133.0	881.2
33	2003	182.5	143.8	146.4	71.4	4.8	5.8	0.2	22.6	6.2	26.5	30.8	99.4	740.4
34	2004	179.2	124.6	75.6	33.2	3.6	20.6	11.0	8.9	18.4	34.0	49.6	91.4	650.1
35	2005	106.6	100.4	92.6	19.0	1.8	0.2	1.8	2.8	4.4	31.0	40.6	86.8	488.0
36	2006	226.0	93.5	121.2	60.2	0.0	8.0	0.1	7.2	7.6	87.4	61.0	183.0	855.2
37	2007	94.8	74.5	133.4	70.0	9.2	0.0	3.2	0.1	2.0	49.2	99.6	71.0	607.0
38	2008	134.2	183.2	74.4	11.4	10.6	2.2	1.8	4.6	27.2	61.9	48.6	147.0	707.1
39	2009	117.6	102.4	72.0	20.2	1.0	0.0	1.8	4.4	16.6	33.2	116.6	103.8	589.6
40	2010	245.2	150.4	123.2	13.8	2.4	0.2	2.6	1.6	11.4	65.4	34.2	200.6	851.0
Nº Datos		33	34	34	33	34	34	34	34	34	34	34	33	32
Media		161.0	129.3	107.0	39.8	6.3	3.1	3.1	7.2	15.4	45.7	75.8	119.4	713.3
Desv. Estandar		61.60	45.54	40.94	27.92	6.18	6.18	7.70	8.03	14.09	24.57	34.26	41.31	125.68
Coef. Variacion		0.38	0.35	0.38	0.70	0.97	1.97	2.46	1.11	0.91	0.54	0.45	0.35	0.18
Prec. Max.		370.9	236.5	186.4	115.0	26.6	27.9	36.1	32.2	72.0	97.8	148.0	200.6	370.9
Prec. Min.		72.7	62.1	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	29.3	50.2	0.0

Fuente: SENAMHI

REGISTRO METEOROLOGICO ESTACION PISAC

Estación : PISAC		Latitud : 13° 24' S								Departamento: Cusco				
Tipo: CO		Longitud : 71° 46' W								Provincia: Calca				
		Altitud : 2,900 msnm								Distrito: Pisac				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1971	117.8	220.8	61.2	44.2	3.1	4.5	1.6	6.9	4.7	38.1	14.1	33.1	550.1
2	1972	88.4	46.3	118.6	22.5	3.6	0.0	6.4	11.4	11.6	3.6	21.5	67.3	401.3
3	1973	189.7	145.6	100.1	43.0	6.7	6.9	9.1	9.5	5.0	23.4	40.6	107.9	687.4
4	1974	103.6	139.6	102.4	39.9	3.2	9.0	0.8	21.9	4.9	7.9	9.1	55.1	497.4
5	1975	66.5	83.6	69.2	36.4	36.8	4.2	0.4	0.0	21.1	28.0	39.0	56.6	441.9
6	1976	111.7	44.7	103.9	32.8	41.6	2.7	1.8	1.7	18.3	3.4	33.2	33.4	429.1
7	1977	73.9	96.1	59.3	29.3	0.0	0.0	3.4	3.5	10.6	16.2	110.4	12.1	414.7
8	1978	160.6	114.6	88.3	61.5	23.5	0.0	0.0	0.0	16.5	1.6	28.6	61.8	557.2
9	1979	156.5	121.5	133.4	44.1	5.3	5.9	4.5	1.5	14.8	13.7	29.1	54.4	584.6
10	1980	70.1	137.7	171.4	67.8	1.5	0.0	0.0	8.5	27.7	30.1	3.8	36.7	555.4
11	1981	73.5	133.9	67.4	23.6	5.5	3.2	11.6	2.3	12.3	47.8	95.3	90.0	566.3
12	1982	195.6	48.4	167.1	138.4	18.0	5.7	0.7	10.7	14.1	21.3	62.5	13.2	695.7
13	1983	5.4	33.1	69.6	31.7	0.0	2.1	11.8	6.5	14.1	19.7	32.4	36.1	262.5
14	1984	81.7	102.4	75.4	49.9	4.4	2.2	2.6	13.7	2.5	36.1	61.4	11.3	443.6
15	1985	101.1	147.8	139.9	46.3	6.0	0.0	0.0	3.7	20.1	77.8	92.9	18.0	653.6
16	1986	25.9	108.9	125.7	36.0	11.7	0.0	2.0	3.1	3.7	19.6	7.8	11.0	355.3
17	1987	233.1	38.7	20.8	11.2	0.0	12.3	7.7	2.9	9.1	6.9	45.9	29.3	417.8
18	1988	95.4	99.6	191.4	52.4	2.0	0.0	0.0	0.0	2.3	12.0	13.7	85.8	554.6
19	1989	116.3	94.8	111.4	25.9	7.0	0.0	3.0	9.2	7.2	20.5	20.5	27.1	442.9
20	1990	76.7	45.6	20.3	82.6	6.2	38.4	0.0	3.0	8.4	44.1	96.4	115.0	536.7
21	1991	76.2	101.8	64.5	31.4	11.5	8.0	0.0	2.0	2.0	50.7	70.7	65.7	484.5
22	1992	81.0	45.4	31.7	22.6	0.0	24.0	0.0	13.3	4.0	22.4	56.0	24.6	325.0
23	1993	178.9	75.9	12.4	38.2	8.2	4.2	8.2	14.0	3.0	18.2	87.0	109.8	558.0
24	1994	166.8	125.0	151.6	59.8	5.3	0.0	0.0	0.0	12.4	52.6	13.2	158.6	745.3
25	1995	98.7	79.5	80.0	7.2	4.2	0.0	0.0	0.0	12.2	24.2	18.2	57.6	381.8
26	1996	117.6	69.3	44.4	69.3	12.1	0.0	0.0	21.6	9.3	52.5	49.3	60.5	505.9
27	1997	82.7	99.9	97.6	3.3	2.9	0.0	0.0	21.3	18.1	13.5	108.9	97.8	546.0
28	1998	126.3	98.7	38.2	21.6	4.2	3.0	0.0	1.0	13.5	63.8	55.2	55.3	480.8
29	1999	90.2	89.7	81.1	39.0	5.0	4.2	2.4	2.9	19.9	20.3	33.6	58.5	446.8
30	2000	117.8	100.4	90.2	31.2	5.5	6.7	3.4	6.1	9.7	27.3	29.3	53.5	481.1
31	2001	87.3	111.6	113.8	37.3	9.4	0.8	12.6	7.8	12.6	20.6	51.2	54.5	519.4
32	2002	101.3	109.3	87.7	33.7	11.4	3.3	18.6	4.6	9.6	34.0	52.8	60.1	526.4
33	2003	108.7	98.1	99.2	42.1	5.2	7.2	1.8	12.9	7.5	23.9	27.9	58.9	493.4
34	2004	111.1	96.6	72.1	33.4	5.4	21.2	9.1	7.1	13.1	21.8	40.4	54.1	485.4
35														
36														
37														
38														
39														
40														
Nº Datos		34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Media		108.5	97.2	90.0	40.9	8.1	5.3	3.6	6.9	11.1	27.0	45.6	56.6	500.8
Desv. Estandar		46.91	38.78	43.72	24.30	9.34	8.12	4.74	6.36	6.23	17.78	30.11	33.60	103.45
Coef. Variacion		0.43	0.40	0.49	0.59	1.15	1.54	1.31	0.92	0.56	0.66	0.66	0.59	0.21
Prec. Max.		233.1	220.8	191.4	138.4	41.6	38.4	18.6	21.9	27.7	77.8	110.4	158.6	233.1
Prec. Min.		5.4	33.1	12.4	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.6	3.8	11.0	0.0

Fuente: SENAMHI

REGISTRO METEOROLOGICO ESTACION ANCACHURO

Estación : ANCACHURO				Latitud : 13° 30' S						Departamento: Cusco				
Tipo: CO				Longitud : 72° 10' W						Provincia: Anta				
				Altitud : 3,340 msnm						Distrito: Anta				
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1971	159.8	151.6	94.6	36.2	1.0	0.1	0.0	9.8	1.4	66.4	71.8	149.5	742.2
2	1972	207.2	52.2	150.7	42.6	0.6	0.0	12.2	27.6	19.8	12.6	78.3	126.8	730.6
3	1973	219.6	191.2	107.2	72.6	12.0	2.8	10.4	8.7	17.2	26.0	101.2	118.8	887.7
4	1974	146.4	186.7	143.0	60.8	9.2	17.8	0.0	41.2	10.8	29.0	38.4	101.2	784.5
5	1975	107.6	198.2	89.2	79.5	13.0	1.4	0.0	1.0	27.0	28.0	51.0	207.2	803.1
6	1976	143.7	112.1	138.8	52.4	11.0	10.4	27.0	0.0	29.0	9.2	48.0	90.0	671.6
7	1977	118.4	127.3	113.3	51.0	4.2	0.0	0.0	5.0	20.4	84.4	175.0	125.1	824.1
8	1978	172.2	93.2	142.8	43.5	13.2	0.2	0.0	0.0	16.5	7.4	103.0	104.6	696.6
9	1979	80.0	123.0	140.0	49.4	8.8	0.0	0.0	6.6	12.0	22.0	95.6	113.6	651.0
10	1980	98.0	116.0	154.6	15.4	4.0	0.0	1.0	2.2	2.4	76.8	92.0	93.8	656.2
11	1981	156.5	101.6	148.5	113.5	5.7	2.0	0.0	10.7	24.5	86.3	78.9	105.7	833.9
12	1982	236.7	140.8	139.0	50.0	2.9	10.7	4.8	5.6	13.6	40.4	94.9	123.6	863.0
13	1983	147.0	124.3	101.3	32.5	4.5	7.1	0.3	0.7	10.1	34.6	72.8	124.1	659.3
14	1984	165.1	135.8	108.2	64.2	2.9	2.2	1.6	13.4	9.6	77.1	65.0	124.9	769.9
15	1985	45.9	83.0	57.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	52.8	128.3	137.7	544.2
16	1986	101.9	152.1	116.3	44.8	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	52.5	80.8	591.9
17	1987	189.7	83.3	72.6	0.0	0.0	0.0	33.4	0.0	0.0	25.2	100.6	165.0	669.8
18	1988	223.3	138.5	254.7	93.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	43.0	107.3	868.5
19	1989	191.3	97.6	136.4	30.2	27.3	0.0	0.0	4.4	6.1	26.7	54.8	41.7	616.5
20	1990	133.4	64.3	24.6	32.0	0.0	36.6	0.0	16.6	15.0	122.4	86.8	36.6	568.3
21	1991	47.6	180.7	123.0	27.5	0.0	21.5	0.0	0.0	4.4	44.6	83.2	69.0	601.5
22	1992	130.6	136.0	40.8	18.8	0.0	16.8	0.0	24.8	11.0	45.7	92.4	107.5	624.4
23	1993	74.1	218.8	54.3	18.3	3.5	0.0	0.0	11.6	29.8	98.2	111.5	289.2	909.3
24	1994	284.1	183.2	192.7	23.7	15.7	0.0	0.0	0.1	19.1	39.2	89.9	123.5	971.1
25	1995	141.1	34.4	162.9	14.4	1.3	3.8	0.4	0.0	16.5	11.3	68.5	227.3	682.0
26	1996	245.4	212.8	72.7	17.3	2.8	0.4	0.1	7.9	11.1	26.1	51.7	138.5	786.9
27	1997	126.1	100.2	125.5	20.5	7.0	0.0	0.0	12.2	5.6	53.3	114.5	139.3	704.2
28	1998	142.3	137.1	87.4	32.3	3.7	1.9	0.0	1.5	9.5	44.9	73.6	107.7	641.8
29	1999	135.6	125.0	115.1	38.9	3.5	3.6	1.0	0.0	24.5	30.6	70.9	128.9	677.7
30	2000	162.1	133.3	126.0	20.7	4.1	6.3	3.5	4.8	12.0	44.5	68.1	115.7	700.9
31	2001	257.4	93.3	202.5	16.9	5.7	0.0	20.0	18.5	9.7	75.1	44.7	186.8	930.6
32	2002	108.4	173.5	128.7	45.9	15.0	9.9	44.4	5.8	35.0	61.9	67.1	99.9	795.3
33	2003	124.9	132.3	157.7	17.5	5.1	5.5	0.0	22.9	7.9	47.7	28.7	126.9	677.2
34	2004	191.0	138.5	40.3	36.3	1.9	20.4	19.5	8.4	26.7	39.4	48.4	93.2	664.1
35	2005	147.6	131.7	125.5	33.0	4.3	0.3	1.3	4.1	9.6	39.5	75.8	122.2	694.9
36	2006	162.6	136.2	135.4	37.3	3.0	5.2	0.0	11.4	10.7	54.4	78.0	137.4	771.6
37	2007	147.4	118.4	120.2	66.5	5.4	0.0	5.2	0.0	8.2	44.0	79.5	117.2	712.1
38														
39														
40														
N° Datos		37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Media		153.3	131.3	120.1	39.6	6.0	5.0	5.0	7.8	13.8	44.9	77.8	124.5	729.1
Desv. Estandar		55.06	42.52	46.30	23.91	6.13	8.15	10.53	9.42	9.11	26.67	28.21	46.31	105.32
Coef. Variacion		0.36	0.32	0.39	0.60	1.03	1.62	2.09	1.21	0.66	0.59	0.36	0.37	0.14
Prec. Max.		284.1	218.8	254.7	113.5	27.3	36.6	44.4	41.2	35.0	122.4	175.0	289.2	289.2
Prec. Min.		45.9	34.4	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	28.7	36.6	0.0

Fuente: SENAMHI

REGISTRO METEOROLOGICO ESTACION YAURI

Estación : YAURI				Latitud : 14° 48' S						Departamento: Cusco				
Tipo: CO				Longitud : 71° 25' W						Provincia: Espinar				
				Altitud : 3,927 msnm						Distrito: Yauri				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1971	174.3	284.4	111.7	49.6	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	10.1	6.0	119.3	757.9
2	1972	193.7	180.3	144.7	34.0	0.0	0.0	16.2	8.6	25.4	53.2	64.4	163.7	884.2
3	1973	360.3	360.1	248.4	186.6	15.6	0.0	3.3	5.9	69.2	24.8	71.1	104.7	1,450.0
4	1974	248.9	253.4	187.9	63.8	2.6	18.6	0.0	115.4	28.2	23.3	12.2	45.0	999.3
5	1975	166.5	221.0	128.2	124.6	32.6	7.8	0.0	0.0	0.0	9.0	43.4	99.4	832.5
6	1976	192.8	182.4	119.1	26.4	11.8	37.4	0.0	31.8	77.0	1.6	23.6	71.6	775.5
7	1977	43.8	154.6	60.8	0.0	1.4	0.0	6.2	0.0	10.2	49.2	42.0	40.2	408.4
8	1978	204.2	39.0	44.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
9	1979	240.7	95.9	99.9	14.0	0.0	4.5	13.0	15.7	10.5	70.4	128.7	90.1	783.4
10	1980	210.7	149.9	73.0	51.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0				
11	1981													
12	1982													
13	1983													
14	1984													
15	1985													
16	1986											14.5	108.5	
17	1987	23.0	11.1	25.7	21.0	0.0	11.0	20.4						
18	1988	295.9						6.8	0.0	6.3	24.3	13.7	99.4	
19	1989	192.8	182.4	119.1	26.4	11.8	37.4	0.0	31.8	1.3	1.6	23.6	71.6	699.8
20	1990	43.8	154.6	60.8	0.0	1.4	0.0	6.2	0.0	10.2	49.2	42.0	40.2	408.4
21	1991	204.2	39.0	44.0	34.1	15.8	47.0	0.0	0.0	55.9	0.0			
22	1992						8.0	0.0	45.3	0.0	59.8	75.6	37.8	
23	1993	269.3	107.2	133.6	116.5	5.5	0.0	0.8	15.0	7.7	93.7	173.7	157.1	1,080.1
24	1994	205.6	221.6	191.1	56.6	16.7	0.0	0.0	0.0	22.2	13.1	66.4	100.6	893.9
25	1995	165.8	141.2	209.4	81.7	2.7	0.0	0.0	2.8	13.0	51.6	37.6	128.2	834.0
26	1996	160.4	187.8	109.2	96.9	16.9	0.0	0.0	20.3	13.6	31.0	51.1	105.0	792.2
27	1997	246.5	209.7	116.4	66.7	3.2	0.0	0.0	26.2	38.4	14.6	91.7	122.6	936.0
28	1998	217.1	150.4	89.8	13.8	0.0	2.5	0.0	3.6	0.8	48.3	47.0	48.0	621.3
29	1999	141.6	229.3	159.1	125.5	3.6	0.0	0.0	0.8	47.8	52.9	45.3	155.3	961.2
30	2000	160.7	194.6	161.8	41.1	4.2	5.6	0.0	12.7	6.2	78.5	26.8	167.8	860.0
31	2001	265.9	230.5	254.9	99.5	32.0	0.9	4.3	4.8	4.2	32.2	25.8	67.5	1,022.5
32	2002	111.4	294.3	148.0	67.6	24.7	0.5	16.7	0.0	40.5	56.0		142.8	
33	2003	171.1	230.0	193.3	36.9	5.7	0.8	0.0	5.5	34.8	11.1	73.4	129.2	891.8
34	2004	215.7	166.5	84.5	48.4	0.0	1.8	10.7	17.7	25.6	25.7	56.7	105.4	758.7
35	2005	114.3	176.5	123.2	43.1	1.1	0.0	0.0	4.8	5.6	55.9	41.9	162.2	728.6
36	2006	295.0	119.9	175.6	45.8	1.4	5.4	0.0	9.7	18.6	59.1	64.1	122.6	917.2
37	2007	129.7	133.6	108.1	58.6	4.6	0.0	3.4	0.0	16.3	36.3	43.5	117.7	651.8
38	2008	197.9	107.5	72.5	1.2	4.9	5.8	0.0	0.0	0.2	43.4	24.8	103.3	561.5
39	2009	102.0	164.6	102.2	44.5	5.5	0.0	1.4	0.0	2.0	43.8	172.6	133.9	772.5
40	2010	172.6	165.7	114.9	32.0	13.6	0.0	0.0	0.0	1.7				
Nº Datos		33	32	32	32	32	33	34	33	33	30	29	30	26
Media		186.0	173.1	125.5	54.2	7.5	6.0	3.4	11.5	18.0	37.5	55.3	105.4	783.2
Desv. Estandar		73.87	73.88	56.79	41.72	9.21	11.92	5.63	21.94	20.80	24.09	42.00	38.95	210.46
Coef. Variacion		0.40	0.43	0.45	0.77	1.23	1.99	1.67	1.91	1.16	0.64	0.76	0.37	0.27
Prec. Max.		360.3	360.1	254.9	186.6	32.6	47.0	20.4	115.4	77.0	93.7	173.7	167.8	360.3
Prec. Min.		23.0	11.1	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	37.8	0.0

Fuente: SENAMHI

Datos de precipitación Mensual Completados Estación Corpac.

Estación : CORPAC				Latitud : 13°32'00" S						Departamento: Cusco				
Tipo: CO				Longitud : 71°56'00" W						Provincia: Cusco				
				Altitud : 3,248 msnm						Distrito: San Jerónimo				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1976	194.8	193.9	103.3	33.9	11.6	6.9	0.0	2.9	69.8	26.7	36.5	113.9	794.2
2	1977	75.4	229.6	51.6	34.4	0.0	0.0	0.0	0.0	24.7	37.7	81.8	48.7	583.9
3	1978	162.5	60.4	68.2	40.1	6.4	1.9	0.0	0.0	1.0	18.5	124.5	122.5	605.9
4	1979	133.4	109.1	130.5	28.2	16.6	0.0	4.9	15.1	2.4	15.6	144.1	154.4	754.2
5	1980	117.0	179.5	161.6	33.2	8.8	0.0	2.0	0.0	0.0	80.0	86.9	72.1	741.0
6	1981	250.1	89.0	149.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	18.6	82.5	93.3	117.9	806.9
7	1982	164.8	157.0	182.4	28.0	0.0	0.0	0.0	15.7	21.5	65.8	102.6	62.2	799.9
8	1983	141.2	80.8	42.2	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	19.6	59.9	154.5	508.2
9	1984	185.2	152.1	86.3	58.7	2.5	3.8	0.0	11.6	15.3	84.6	70.3	106.9	777.3
10	1985	109.0	133.6	108.3	46.8	12.5	8.5	2.4	4.9	24.8	53.1	96.1	131.3	731.4
11	1986	96.7	117.2	130.7	70.3	6.1	0.9	2.6	7.4	10.0	33.8	90.8	90.9	657.4
12	1987	257.3	109.1	81.8	26.6	5.5	6.6	11.4	1.8	10.9	47.2	91.7	142.7	792.5
13	1988	191.9	133.8	185.7	30.5	4.5	0.9	0.0	1.8	14.2	34.3	56.5	135.7	789.7
14	1989	188.6	139.3	161.0	39.8	4.6	6.7	0.0	5.0	12.5	65.7	64.9	82.4	770.5
15	1990	157.5	89.0	67.9	98.9	7.0	27.7	0.0	9.1	23.4	96.9	89.3	72.8	739.6
16	1991	76.4	138.5	86.4	45.5	5.5	6.2	2.6	0.0	19.1	47.3	100.0	94.2	621.5
17	1992	72.3	120.6	75.6	31.8	0.0	0.0	0.0	15.2	31.8	83.9	140.0	198.6	769.8
18	1993	255.0	78.5	94.1	9.6	14.4	0.2	0.0	5.6	6.5	76.1	103.1	174.6	817.6
19	1994	197.7	203.3	185.5	56.4	10.0	0.0	0.0	0.0	12.0	38.5	71.7	126.7	901.8
20	1995	145.8	92.2	120.2	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	20.2	55.8	109.9	572.0
21	1996	157.1	113.9	66.7	31.0	17.0	0.0	0.0	7.0	22.5	34.5	67.6	165.4	682.8
22	1997	153.2	109.9	115.4	50.5	5.0	1.0	0.5	10.8	16.8	31.1	134.2	181.2	809.7
23	1998	145.7	170.8	62.6	32.6	10.0	2.0	0.0	4.5	1.8	40.9	29.4	60.7	561.1
24	1999	126.0	87.8	80.8	61.3	8.2	3.8	0.7	0.0	41.5	11.5	39.2	143.4	604.3
25	2000	169.7	133.4	140.1	6.9	4.7	5.2	2.8	5.6	10.9	53.9	44.9	91.3	669.5
26	2001	374.2	152.2	178.6	24.9	8.4	0.0	27.8	11.2	13.6	53.4	88.5	88.1	1,021
27	2002	146.7	201.4	124.2	23.9	8.7	2.2	36.5	3.6	18.8	77.8	112.4	134.4	890.6
28	2003	184.8	145.6	148.2	72.3	4.9	5.9	0.2	22.9	6.3	26.8	31.2	100.6	749.5
29	2004	181.7	126.3	76.7	33.7	3.7	20.9	11.2	9.0	18.7	34.5	50.3	92.7	659.2
30	2005	108.3	102.0	94.1	19.3	1.8	0.2	1.8	2.8	4.5	31.5	41.2	88.2	495.7
31	2006	229.9	95.1	123.3	61.2	0.0	8.1	0.1	7.3	7.7	88.9	62.1	186.2	870.1
32	2007	96.6	75.9	135.9	71.3	9.4	0.0	3.3	0.1	2.0	50.1	101.5	72.4	618.6
33	2008	137.0	187.0	75.9	11.6	10.8	2.2	1.8	4.7	27.8	63.2	49.6	150.1	721.8
34	2009	120.2	104.7	73.6	20.7	1.0	0.0	1.8	4.5	17.0	33.9	119.2	106.1	602.8
35	2010	251.1	154.0	126.2	14.1	2.5	0.2	2.7	1.6	11.7	67.0	35.0	205.4	871.6
36	2011	144.9	141.2	118.2	43.9	5.2	2.8	3.6	2.7	25.2	44.4	73.1	118.0	723.2
37	2012	134.3	136.4	88.4	37.6	5.4	2.1	0.1	2.8	16.2	37.1	93.1	134.2	687.5
38	2013	171.3	131.9	99.4	26.5	6.2	4.0	2.0	9.6	10.9	70.3	79.5	129.3	740.9
39	2014	163.0	127.4	87.7	33.4	7.6	1.6	3.1	5.9	13.6	61.3	67.1	128.3	700.0
40	2015	159.5	132.4	96.3	44.5	10.0	3.1	9.8	5.2	15.1	36.8	69.8	118.2	700.8
Nº Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Media		163.2	130.9	109.6	36.3	6.2	3.4	3.4	5.6	16.0	49.4	78.7	120.2	722.9
Desv. Estandar		58.74	38.76	38.55	20.95	4.59	5.56	7.35	5.29	12.57	22.79	30.35	38.60	112.22
Coef. Variac		0.36	0.30	0.35	0.58	0.75	1.64	2.17	0.94	0.78	0.46	0.39	0.32	0.16
Prec. Max.		374.2	229.6	185.7	98.9	17.0	27.7	36.5	22.9	69.8	96.9	144.1	205.4	374.2
Prec. Min.		72.3	60.4	42.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	29.4	48.7	0.0

Fuente: SENAMHI.

Datos de precipitación Mensual Completados Estación Pisac.

Estación : PISAC Tipo: CO				Latitud : 13° 24' S Longitud : 71° 46' W Altitud : 2900 msnm						Departamento: Cusco Provincia: Calca Distrito: Pisac				
Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1976	111.7	44.7	103.9	32.8	41.6	2.7	1.8	1.7	18.3	3.4	33.2	33.4	429.1
2	1977	73.9	96.1	59.3	29.3	0.0	0.0	3.4	3.5	10.6	16.2	110.4	12.1	414.7
3	1978	160.6	114.6	88.3	61.5	23.5	0.0	0.0	0.0	16.5	1.6	28.6	61.8	557.2
4	1979	156.5	121.5	133.4	44.1	5.3	5.9	4.5	1.5	14.8	13.7	29.1	54.4	584.6
5	1980	70.1	137.7	171.4	67.8	1.5	0.0	0.0	8.5	27.7	30.1	3.8	36.7	555.4
6	1981	73.5	133.9	67.4	23.6	5.5	3.2	11.6	2.3	12.3	47.8	95.3	90.0	566.3
7	1982	195.6	48.4	167.1	138.4	18.0	5.7	0.7	10.7	14.1	21.3	62.5	13.2	695.7
8	1983	5.4	33.1	69.6	31.7	0.0	2.1	11.8	6.5	14.1	19.7	32.4	36.1	262.5
9	1984	81.7	102.4	75.4	49.9	4.4	2.2	2.6	13.7	2.5	36.1	61.4	11.3	443.6
10	1985	101.1	147.8	139.9	46.3	6.0	0.0	0.0	3.7	20.1	77.8	92.9	18.0	653.6
11	1986	25.9	108.9	125.7	36.0	11.7	0.0	2.0	3.1	3.7	19.6	7.8	11.0	355.3
12	1987	233.1	38.7	20.8	11.2	0.0	12.3	7.7	2.9	9.1	6.9	45.9	29.3	417.8
13	1988	95.4	99.6	191.4	52.4	2.0	0.0	0.0	0.0	2.3	12.0	13.7	85.8	554.6
14	1989	116.3	94.8	111.4	25.9	7.0	0.0	3.0	9.2	7.2	20.5	20.5	27.1	442.9
15	1990	76.7	45.6	20.3	82.6	6.2	38.4	0.0	3.0	8.4	44.1	96.4	115.0	536.7
16	1991	76.2	101.8	64.5	31.4	11.5	8.0	0.0	2.0	2.0	50.7	70.7	65.7	484.5
17	1992	81.0	45.4	31.7	22.6	0.0	24.0	0.0	13.3	4.0	22.4	56.0	24.6	325.0
18	1993	178.9	75.9	12.4	38.2	8.2	4.2	8.2	14.0	3.0	18.2	87.0	109.8	558.0
19	1994	166.8	125.0	151.6	59.8	5.3	0.0	0.0	0.0	12.4	52.6	13.2	158.6	745.3
20	1995	98.7	79.5	80.0	7.2	4.2	0.0	0.0	0.0	12.2	24.2	18.2	57.6	381.8
21	1996	117.6	69.3	44.4	69.3	12.1	0.0	0.0	21.6	9.3	52.5	49.3	60.5	505.9
22	1997	82.7	99.9	97.6	3.3	2.9	0.0	0.0	21.3	18.1	13.5	108.9	97.8	546.0
23	1998	126.3	98.7	38.2	21.6	4.2	3.0	0.0	1.0	13.5	63.8	55.2	55.3	480.8
24	1999	90.2	89.7	81.1	39.0	5.0	4.2	2.4	2.9	19.9	20.3	33.6	58.5	446.8
25	2000	117.8	100.4	90.2	31.2	5.5	6.7	3.4	6.1	9.7	27.3	29.3	53.5	481.1
26	2001	87.3	111.6	113.8	37.3	9.4	0.8	12.6	7.8	12.6	20.6	51.2	54.5	519.4
27	2002	101.3	109.3	87.7	33.7	11.4	3.3	18.6	4.6	9.6	34.0	52.8	60.1	526.4
28	2003	108.7	98.1	99.2	42.1	5.2	7.2	1.8	12.9	7.5	23.9	27.9	58.9	493.4
29	2004	111.1	96.6	72.1	33.4	5.4	21.2	9.1	7.1	13.1	21.8	40.4	54.1	485.4
30	2005	104.8	97.9	96.8	37.9	5.0	0.9	2.1	5.4	8.4	24.4	38.2	55.2	477.1
31	2006	117.0	103.7	107.8	39.9	2.3	5.3	1.4	8.4	9.0	33.2	41.2	60.9	530.1
32	2007	104.6	80.7	90.9	53.3	7.2	0.5	3.8	3.5	7.8	26.2	41.7	53.3	473.6
33	2008	98.3	92.6	72.2	31.3	9.8	2.5	1.4	5.3	10.1	27.6	48.9	58.8	458.8
34	2009	99.0	92.3	78.4	34.8	6.8	0.5	3.4	3.9	10.3	16.2	48.3	52.5	446.3
35	2010	129.1	106.3	99.8	33.6	3.3	0.5	2.2	5.7	9.1	32.3	31.2	63.9	516.8
36	2011	104.8	177.5	113.6	34.2	7.1	7.3	8.9	0.6	29.0	27.3	49.9	145.2	705.5
37	2012	69.9	163.8	56.5	31.4	1.3	0.0	0.8	0.5	25.1	9.0	132.5	153.2	644.0
38	2013	109.6	159.2	71.2	24.4	11.2	5.6	4.3	16.5	5.9	138.1	55.3	177.9	779.3
39	2014	150.8	86.6	72.1	52.4	13.4	0.0	3.8	7.5	11.4	53.5	32.3	107.9	591.8
40	2015	122.3	116.2	63.9	55.4	16.7	5.1	8.2	6.6	12.3	17.3	38.9	76.1	539.1
Nº Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Media		108.3	98.6	88.3	40.8	7.7	4.6	3.6	6.2	11.7	30.5	49.6	65.2	515.3
Desv. Estand		41.74	33.20	40.69	22.76	7.53	7.62	4.40	5.60	6.46	24.04	29.74	41.13	107.53
Coef. Variac		0.39	0.34	0.46	0.56	0.98	1.66	1.21	0.90	0.55	0.79	0.60	0.63	0.21
Prec. Max.		233.1	177.5	191.4	138.4	41.6	38.4	18.6	21.6	29.0	138.1	132.5	177.9	233.1
Prec. Min.		5.4	33.1	12.4	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.6	3.8	11.0	0.0

Fuente: SENAMHI.

Datos de precipitación Mensual Completados Estación Ancachuro.

Estación : ANCACHURO				Latitud : 13° 30' S						Departamento: Cusco				
Tipo: CO				Longitud : 72° 10' W						Provincia: Anta				
				Altitud : 3340 msnm						Distrito: Anta				
Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1976	141.9	110.7	137.0	51.7	10.9	10.3	26.7	0.0	28.6	9.1	47.4	88.9	663.1
2	1977	117.0	125.8	111.9	50.4	4.1	0.0	0.0	4.9	20.2	83.4	172.9	123.6	814.2
3	1978	170.2	92.1	141.2	43.0	13.0	0.2	0.0	0.0	16.3	7.3	101.8	103.4	688.7
4	1979	79.1	121.7	138.5	48.9	8.7	0.0	0.0	6.5	11.9	21.8	94.6	112.4	644.0
5	1980	97.0	114.8	153.0	15.2	4.0	0.0	1.0	2.2	2.4	76.0	91.1	92.9	649.6
6	1981	155.0	100.6	147.1	112.4	5.6	2.0	0.0	10.6	24.3	85.5	78.2	104.7	826.0
7	1982	234.6	139.6	137.7	49.6	2.9	10.6	4.7	5.5	13.5	40.0	94.1	122.5	855.4
8	1983	145.8	123.3	100.5	32.2	4.5	7.1	0.3	0.7	10.0	34.3	72.2	123.1	653.9
9	1984	163.8	134.7	107.4	63.7	2.9	2.1	1.5	13.3	9.5	76.6	64.5	124.0	764.1
10	1985	45.6	82.4	56.6	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8	52.4	127.4	136.8	540.5
11	1986	101.3	151.2	115.6	44.5	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	52.2	80.3	588.2
12	1987	188.6	82.8	72.2	0.0	0.0	0.0	33.2	0.0	0.0	25.1	100.0	164.1	666.1
13	1988	222.2	137.8	253.4	93.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	42.8	106.8	864.2
14	1989	190.5	97.2	135.8	30.1	27.2	0.0	0.0	4.4	6.1	26.6	54.6	41.5	613.9
15	1990	132.9	64.1	24.5	31.9	0.0	36.5	0.0	16.5	14.9	122.0	86.5	36.5	566.2
16	1991	47.5	180.2	122.6	27.4	0.0	21.4	0.0	0.0	4.4	44.5	83.0	68.8	599.7
17	1992	130.3	135.7	40.7	18.8	0.0	16.8	0.0	24.7	11.0	45.6	92.2	107.2	622.9
18	1993	73.9	218.4	54.2	18.3	3.5	0.0	0.0	11.6	29.8	98.0	111.3	288.7	907.8
19	1994	283.8	183.0	192.5	23.7	15.7	0.0	0.0	0.1	19.1	39.2	89.8	123.4	970.2
20	1995	141.0	34.4	162.9	14.4	1.3	3.8	0.4	0.0	16.5	11.3	68.5	227.2	681.8
21	1996	245.5	212.9	72.7	17.3	2.8	0.4	0.1	7.9	11.1	26.1	51.7	138.6	787.1
22	1997	126.2	100.3	125.6	20.5	7.0	0.0	0.0	12.3	5.6	53.4	114.6	139.5	704.9
23	1998	142.6	137.3	87.6	32.3	3.7	1.9	0.0	1.5	9.5	44.9	73.7	107.9	642.9
24	1999	135.9	125.3	115.4	39.0	3.5	3.6	1.0	0.0	24.6	30.7	71.0	129.2	679.2
25	2000	162.6	133.7	126.4	20.8	4.1	6.3	3.5	4.8	12.0	44.6	68.3	116.0	703.0
26	2001	258.3	93.6	203.3	16.9	5.7	0.0	20.1	18.6	9.7	75.4	44.8	187.5	934.0
27	2002	108.9	174.2	129.2	46.1	15.0	9.9	44.6	5.8	35.1	62.1	67.4	100.3	798.8
28	2003	125.5	132.9	158.5	17.6	5.2	5.5	0.0	23.0	8.0	48.0	28.8	127.5	680.5
29	2004	192.1	139.3	40.5	36.5	1.9	20.5	19.6	8.5	26.9	39.6	48.7	93.7	667.8
30	2005	148.6	132.5	126.3	33.2	4.4	0.3	1.3	4.1	9.6	39.8	76.3	123.0	699.3
31	2006	163.7	137.1	136.3	37.6	3.1	5.2	0.0	11.5	10.8	54.8	78.5	138.4	776.9
32	2007	148.5	119.3	121.1	67.1	5.5	0.0	5.2	0.0	8.3	44.4	80.1	118.1	717.6
33	2008	120.8	120.6	79.0	11.3	6.7	2.4	0.0	4.5	12.6	48.7	82.4	137.1	626.2
34	2009	122.7	120.2	91.9	20.9	5.3	0.5	4.4	1.2	13.0	19.6	81.7	97.7	579.1
35	2010	212.7	139.1	136.3	17.6	3.7	0.5	1.8	5.3	10.7	60.6	62.7	168.5	819.6
36	2011	116.9	142.3	138.2	53.1	4.7	3.3	4.9	0.4	20.7	39.3	70.4	118.6	713.0
37	2012	97.8	135.3	57.9	39.3	4.9	1.6	0.0	0.5	14.0	26.9	100.1	172.6	651.1
38	2013	164.3	128.6	87.5	14.9	5.7	5.8	2.6	13.2	10.1	104.8	112.5	162.0	812.1
39	2014	142.2	125.0	72.1	46.9	9.0	0.0	0.0	1.3	11.6	63.7	38.1	162.8	672.7
40	2015	192.0	104.8	94.5	80.2	2.9	2.3	6.3	7.3	31.9	51.6	76.4	119.0	769.3
Nº Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Media		149.7	127.1	115.1	36.4	5.7	4.5	4.6	5.8	13.9	47.8	78.8	125.9	715.4
Desv. Estandar		53.31	35.10	46.28	23.15	5.58	7.57	10.02	6.64	8.76	26.74	27.13	44.53	103.70
Coef. Variacion		0.36	0.28	0.40	0.64	0.98	1.68	2.19	1.14	0.63	0.56	0.34	0.35	0.14
Prec. Max.		283.8	218.4	253.4	112.4	27.2	36.5	44.6	24.7	35.1	122.0	172.9	288.7	288.7
Prec. Min.		45.6	34.4	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	28.8	36.5	0.0

Fuente: SENAMHI.

12.5. CUADROS DE REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Registro de precipitación media mensual regionalizada para la altitud media de la Microcuenca Chinchero (mm).

Estación :		Latitud : 13° 23' 53.85" S			Departamento :		CUSCO							
CHINCHERO		Longitud : 72° 03' 51.45" W			Provincia :		URUBAMBA							
		Altitud : 3,743.10 msnm			Distrito :		CHINCHERO							
OB.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1976	175.95	137.94	143.07	48.90	21.42	10.99	10.29	3.96	46.08	18.07	49.22	93.70	759.61
2	1977	114.8	176.9	92.2	47.1	3.6	0.0	2.5	2.6	25.2	65.4	134.1	84.6	748.9
3	1978	205.9	108.0	117.5	56.1	15.1	0.6	0.9	0.0	13.7	13.4	104.6	124.0	760.0
4	1979	145.2	143.5	152.9	49.0	10.6	1.8	3.5	10.0	12.2	24.8	111.3	123.3	788.2
5	1980	125.8	166.9	181.0	40.6	5.2	0.0	2.6	3.1	10.8	75.7	76.6	89.6	777.8
6	1981	211.8	122.9	151.1	63.9	4.0	2.9	2.9	9.5	31.0	96.2	112.9	137.3	946.5
7	1982	234.7	144.9	186.4	77.2	5.5	8.0	3.0	10.8	18.7	49.8	113.6	96.2	948.8
8	1983	136.2	104.9	84.8	32.1	2.8	5.1	3.2	2.3	9.6	31.5	64.7	127.8	604.9
9	1984	191.4	162.4	105.5	75.0	2.9	3.0	1.7	15.3	9.8	91.8	78.7	109.6	847.0
10	1985	114.2	142.6	109.7	41.3	9.9	5.8	1.0	2.4	33.1	70.4	129.2	127.9	787.5
11	1986	99.0	143.9	148.2	63.4	13.3	0.6	1.8	4.4	6.2	29.5	63.8	89.4	663.5
12	1987	252.8	92.1	68.0	15.2	2.0	6.2	21.2	1.4	7.9	32.6	102.2	139.3	740.8
13	1988	216.1	140.6	240.6	84.5	3.2	0.6	0.4	0.5	7.3	25.7	46.9	131.2	897.5
14	1989	199.3	139.9	157.8	39.6	15.9	6.6	0.7	8.9	14.9	44.6	58.9	70.6	757.8
15	1990	151.9	93.8	52.2	70.4	5.4	37.9	0.5	10.6	18.0	103.6	104.0	80.8	729.0
16	1991	94.6	170.2	112.3	43.3	8.1	16.0	1.1	0.5	16.4	56.0	99.0	97.3	714.8
17	1992	125.1	127.5	75.9	27.6	0.1	17.1	0.0	24.6	15.6	61.3	118.7	115.8	709.3
18	1993	206.1	152.1	74.7	30.1	7.8	1.1	2.7	11.7	18.0	77.6	127.1	237.0	946.1
19	1994	253.1	205.8	211.2	53.1	13.6	0.0	0.0	0.1	20.7	48.0	69.4	153.1	1028.0
20	1995	154.9	88.7	147.8	19.0	1.7	1.4	0.3	0.5	21.8	25.2	63.6	159.3	684.1
21	1996	202.6	160.9	79.3	45.7	12.4	0.1	0.0	12.9	18.0	47.5	64.3	148.7	792.4
22	1997	152.4	134.0	133.0	33.6	5.9	0.3	0.1	15.9	16.4	42.5	157.7	166.7	858.6
23	1998	165.3	167.9	70.1	34.2	5.5	2.6	0.0	2.6	8.3	58.1	63.2	86.5	664.4
24	1999	135.2	126.6	114.7	58.0	5.3	4.2	1.4	0.8	38.0	26.8	56.7	137.6	705.1
25	2000	189.5	153.0	143.6	22.0	5.0	7.0	3.5	6.6	12.6	53.7	52.7	109.2	758.3
26	2001	287.4	156.5	197.5	36.4	11.2	0.3	22.3	14.3	15.3	57.8	76.8	130.1	1005.9
27	2002	141.9	205.1	137.1	40.5	15.8	5.6	38.0	5.1	25.1	73.5	94.9	126.8	909.4
28	2003	170.4	156.8	166.6	51.6	5.3	6.9	0.5	23.0	9.4	39.1	35.5	124.2	789.2
29	2004	199.0	147.3	73.5	38.3	3.6	23.1	16.9	10.4	24.5	36.5	58.5	98.9	730.6
30	2005	147.8	140.0	129.8	36.7	4.1	0.5	1.8	4.8	8.1	41.2	64.2	115.2	694.1
31	2006	214.5	143.2	152.9	52.2	1.8	6.8	0.4	11.2	11.0	72.2	74.7	156.6	897.6
32	2007	145.2	105.1	134.0	81.3	7.9	0.1	4.8	0.9	6.7	48.8	85.3	102.6	722.7
33	2008	141.7	148.6	85.9	16.7	10.0	2.9	0.8	5.1	17.8	55.9	77.0	140.9	703.3
34	2009	132.8	128.8	96.4	29.2	5.4	0.3	3.7	2.8	15.4	24.9	104.2	103.9	647.8
35	2010	247.2	165.9	143.9	24.1	3.9	0.4	2.2	4.8	11.2	66.6	51.6	180.2	902.0
36	2011	138.2	188.0	147.7	58.8	6.3	4.5	5.8	1.7	32.2	42.5	75.6	143.4	844.8
37	2012	115.3	177.2	79.8	47.5	5.3	1.4	0.2	1.1	20.4	28.3	129.0	185.1	790.6
38	2013	184.4	161.6	97.9	22.0	8.1	6.8	3.2	15.4	9.5	115.6	98.1	181.9	904.3
39	2014	179.7	136.5	82.0	49.6	11.5	0.8	2.7	5.8	14.3	73.8	51.0	162.7	770.3
40	2015	187.3	143.8	97.1	73.2	12.5	4.2	9.6	7.2	23.2	39.4	69.9	125.4	792.8
N° Datos		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Media		172.2	145.3	124.4	45.7	7.5	5.1	4.5	6.9	17.4	52.2	84.2	127.9	793.1
Desv. Estandar		46.1	27.5	43.4	18.2	4.8	7.4	7.6	6.2	9.1	24.1	29.0	34.1	101.9
Coef. Variacion		26.8	18.9	34.9	39.9	64.0	144.5	170.7	90.4	52.3	46.3	34.5	26.7	12.8
Prec. Max.		287.4	205.8	240.6	84.5	21.4	37.9	38.0	24.6	46.1	115.6	157.7	237.0	1028.0
Prec. Min.		94.6	88.7	52.2	15.2	0.1	0.0	0.0	0.0	6.2	13.4	35.5	70.6	604.9
PP 75% Persist.		141.0	126.8	95.1	33.4	4.2	0.1	0.0	2.7	11.2	35.9	64.6	104.8	619.9

Fuente: Elaboración Propia a base de datos de las estaciones mencionadas (SENAMHI).

REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA																
MICROCUENCA DE CHINCHERO (mm)																
Estaci :		Latitud : 13° 23' 17.84" S			Departamento : CUSCO		Longitud : 72° 03' 27.79" W			Provincia : URUBAMBA		Altitud : 3,709.48 msnm			Distrito : CHINCHERO	
BAJA																
OBSV	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL		
1	1976	175.94	137.56	142.68	48.62	21.81	10.95	9.82	4.05	46.19	18.11	49.04	93.12	757.90		
2	1977	114.20	177.08	91.34	46.74	3.59	0.00	2.55	2.60	25.14	64.45	132.79	82.92	743.40		
3	1978	206.15	108.27	116.47	56.41	15.23	0.61	0.87	0.00	13.65	13.47	103.84	123.77	758.75		
4	1979	146.76	143.61	152.86	48.90	10.55	1.83	3.61	9.97	12.21	24.83	110.83	122.70	788.67		
5	1980	125.89	167.59	181.19	41.37	5.14	0.00	2.59	3.19	11.14	75.16	75.52	88.99	777.76		
6	1981	211.58	123.42	150.28	62.32	4.00	2.89	3.08	9.40	31.00	95.88	113.40	137.43	944.67		
7	1982	234.02	143.94	187.03	78.31	5.69	7.95	2.90	10.86	18.80	49.71	113.40	94.77	947.38		
8	1983	134.66	103.79	84.22	32.04	2.70	5.00	3.38	2.40	9.58	31.26	64.10	126.94	600.07		
9	1984	190.82	162.30	105.04	74.91	2.89	3.03	1.68	15.35	9.72	91.50	78.74	108.23	844.22		
10	1985	115.56	143.89	111.04	41.88	10.04	5.84	1.02	2.51	33.18	70.81	128.69	126.59	791.06		
11	1986	98.27	143.25	148.60	63.47	13.13	0.56	1.85	4.44	6.26	29.50	63.48	88.81	661.64		
12	1987	253.52	91.65	67.36	15.49	2.05	6.37	20.78	1.45	8.09	32.50	101.63	137.50	738.38		
13	1988	214.69	140.12	239.48	83.87	3.27	0.56	0.46	0.50	7.41	25.91	46.57	131.18	894.02		
14	1989	198.50	140.38	157.68	39.61	15.56	6.72	0.77	8.99	15.01	44.70	58.59	70.84	757.34		
15	1990	151.39	93.99	52.48	71.21	5.49	37.83	0.54	10.42	17.94	102.51	104.13	81.98	729.89		
16	1991	95.56	169.08	111.44	43.52	8.27	15.79	1.08	0.51	16.56	56.18	98.96	97.51	714.48		
17	1992	124.52	126.47	76.31	27.77	0.06	17.15	0.00	24.45	15.60	61.17	118.57	114.88	706.95		
18	1993	208.61	149.72	74.55	30.53	7.88	1.13	2.80	11.73	17.61	76.55	126.98	234.28	942.38		
19	1994	251.26	205.31	210.82	53.74	13.45	0.00	0.00	0.05	20.66	48.14	68.30	153.62	1,025.34		
20	1995	154.52	89.85	146.73	19.01	1.71	1.30	0.29	0.47	21.80	25.50	62.97	156.58	680.74		
21	1996	200.54	158.76	79.08	46.58	12.57	0.12	0.04	13.07	18.04	47.94	64.31	147.93	788.99		
22	1997	152.31	134.39	132.62	33.58	5.87	0.28	0.14	16.07	16.64	41.89	158.07	166.43	858.28		
23	1998	165.30	167.80	69.30	34.03	5.51	2.63	0.00	2.66	8.31	58.43	62.84	85.60	662.40		
24	1999	134.59	126.23	114.28	58.23	5.31	4.19	1.39	0.80	38.11	26.61	56.05	136.87	702.67		
25	2000	189.18	152.80	143.38	22.12	5.01	7.02	3.49	6.60	12.53	53.66	51.99	108.48	756.24		
26	2001	285.80	157.44	196.41	36.89	11.34	0.26	22.18	14.16	15.40	56.94	77.15	127.91	1,001.88		
27	2002	142.12	204.75	136.63	40.31	15.77	5.49	37.56	5.04	24.66	73.35	95.03	126.63	907.35		
28	2003	170.64	156.72	165.97	52.19	5.28	6.90	0.51	22.82	9.42	38.72	35.58	123.35	788.09		
29	2004	198.17	146.89	74.16	38.27	3.61	23.09	16.74	10.41	24.32	36.27	58.51	98.52	728.96		
30	2005	147.21	139.69	129.40	36.72	4.08	0.46	1.76	4.81	8.09	41.05	63.61	114.36	691.24		
31	2006	214.61	142.85	152.76	52.30	1.78	6.86	0.37	11.13	11.00	72.17	74.17	155.96	895.96		
32	2007	144.58	104.40	133.68	81.31	7.95	0.13	4.80	0.93	6.66	48.62	84.85	101.66	719.57		
33	2008	141.60	148.45	85.76	16.94	10.08	2.93	0.86	5.11	17.80	55.72	76.46	140.02	701.74		
34	2009	132.53	128.54	96.22	29.39	5.37	0.31	3.72	2.80	15.34	24.92	104.17	103.44	646.76		
35	2010	246.58	165.74	143.48	24.27	3.91	0.37	2.25	4.80	11.20	66.28	51.10	179.15	899.12		
36	2011	138.22	188.78	147.40	58.70	6.33	4.51	5.81	1.72	32.43	42.41	75.37	143.83	845.51		
37	2012	115.15	177.89	80.11	47.51	5.24	1.38	0.24	1.11	20.53	28.10	129.54	184.82	791.61		
38	2013	183.96	162.17	97.70	22.16	8.12	6.77	3.19	15.41	9.38	115.86	97.23	182.03	904.00		
39	2014	180.03	136.19	82.00	49.62	11.54	0.76	2.74	5.91	14.34	73.75	51.03	161.99	769.90		
40	2015	186.32	144.29	96.72	72.75	12.71	4.21	9.70	7.21	22.87	38.90	69.37	124.93	789.96		
N° Datos	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
Media	171.90	145.15	124.12	45.84	7.50	5.10	4.44	6.90	17.37	51.99	83.92	127.16	791.38			
Desv. Estandar	45.90	27.46	43.30	18.17	4.80	7.36	7.51	6.20	9.07	24.03	29.11	33.92	101.84			
Coef. Variacion	26.70	18.91	34.89	39.63	64.06	144.17	169.29	89.88	52.20	46.22	34.69	26.68	12.87			
Prec. Max.	285.80	205.31	239.48	83.87	21.81	37.83	37.56	24.45	46.19	115.86	158.07	234.28	1025.34			
Prec. Min.	95.56	89.85	52.48	15.49	0.06	0.00	0.00	0.00	6.26	13.47	35.58	70.84	600.07			
PP 75%																
Persist.	140.91	126.62	94.89	33.58	4.26	0.14	0.00	2.71	11.25	35.77	64.27	104.26	618.66			

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA															
MICROCUENCA DE CHINCHERO (mm)															
Estacion :		Latitud : 13° 22' 45.71" S			Departamento : CUSCO			Longitud : 72° 03' 49.71" W			Provincia : URUBAMBA			Distrito : CHINCHERO	
MEDIA		Altitud : 3,729.57 msnm													
OBSV	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	1976	176.8	137.9	143.7	49.0	22.0	11.1	10.0	4.1	46.3	18.0	49.4	93.4	761.7	
2	1977	115.0	177.6	92.2	47.0	3.6	0.0	2.6	2.7	25.2	65.0	134.2	83.7	748.8	
3	1978	207.5	109.1	117.6	56.8	15.4	0.6	0.9	0.0	13.8	13.5	104.2	124.3	763.6	
4	1979	147.7	144.5	153.9	49.3	10.6	1.9	3.6	10.0	12.4	25.1	111.1	123.1	793.1	
5	1980	126.6	168.3	182.3	41.7	5.1	0.0	2.6	3.2	11.2	75.5	75.8	89.6	782.0	
6	1981	211.9	124.5	151.1	63.3	4.1	2.9	3.1	9.5	31.2	96.3	113.9	138.1	949.8	
7	1982	235.9	144.6	188.0	79.1	5.8	8.1	2.9	10.9	18.9	49.8	113.9	95.5	953.4	
8	1983	135.3	104.6	85.2	32.4	2.7	5.1	3.4	2.4	9.7	31.5	64.5	127.4	604.3	
9	1984	191.6	163.2	105.9	75.3	2.9	3.0	1.7	15.5	9.7	91.8	79.2	108.8	848.6	
10	1985	115.9	144.6	111.6	42.0	10.0	5.8	1.0	2.5	33.3	71.3	129.6	127.2	794.9	
11	1986	98.9	144.5	149.5	63.6	13.3	0.6	1.8	4.4	6.2	29.7	63.4	89.1	665.0	
12	1987	254.5	91.9	67.6	15.4	2.0	6.4	21.0	1.5	8.1	32.5	102.2	138.3	741.4	
13	1988	216.2	141.1	241.4	84.6	3.3	0.6	0.5	0.5	7.4	25.9	46.7	131.7	899.7	
14	1989	199.7	141.0	158.5	39.8	15.8	6.7	0.8	9.1	15.0	44.6	58.8	70.9	760.7	
15	1990	151.9	94.5	52.5	71.3	5.5	38.1	0.6	10.5	18.0	103.2	104.8	82.4	733.1	
16	1991	96.1	170.1	112.2	43.7	8.3	16.0	1.1	0.5	16.6	56.5	99.4	97.9	718.5	
17	1992	125.7	127.3	76.5	27.9	0.1	17.4	0.0	24.7	15.5	61.3	118.8	114.9	710.0	
18	1993	208.9	151.4	74.7	30.9	7.9	1.1	2.8	11.9	17.8	77.1	127.9	236.2	948.6	
19	1994	253.3	206.5	212.2	53.9	13.6	0.0	0.0	0.1	20.8	48.5	68.8	154.7	1032.2	
20	1995	155.5	90.1	148.0	19.2	1.7	1.3	0.3	0.5	21.9	25.6	63.3	158.2	685.7	
21	1996	202.3	160.4	79.6	47.0	12.6	0.1	0.0	13.2	18.1	48.2	64.6	148.5	794.6	
22	1997	153.2	135.3	133.5	33.6	5.9	0.3	0.1	16.2	16.7	42.2	158.7	167.1	862.8	
23	1998	166.5	168.6	70.0	34.2	5.5	2.6	0.0	2.7	8.4	58.9	63.5	86.4	667.3	
24	1999	135.5	127.4	115.3	58.6	5.3	4.2	1.4	0.8	38.2	26.9	56.6	137.5	707.8	
25	2000	190.1	153.8	144.2	22.4	5.0	7.1	3.5	6.6	12.6	53.9	52.4	109.3	761.1	
26	2001	286.6	158.1	197.9	37.2	11.4	0.3	22.2	14.3	15.4	57.4	77.2	129.2	1007.1	
27	2002	142.7	205.9	137.5	40.8	15.9	5.6	37.8	5.1	24.9	73.6	95.2	127.1	912.1	
28	2003	171.3	157.7	167.0	52.2	5.3	6.9	0.5	22.9	9.5	39.0	35.9	124.2	792.4	
29	2004	199.4	147.9	74.5	38.6	3.6	23.2	16.9	10.5	24.5	36.5	58.8	99.1	733.5	
30	2005	148.3	140.8	130.4	37.1	4.1	0.5	1.8	4.9	8.2	41.4	64.2	115.3	696.7	
31	2006	215.5	143.9	153.8	52.5	1.8	6.9	0.4	11.2	11.1	72.3	74.7	156.4	900.5	
32	2007	145.7	105.4	134.4	81.7	8.0	0.1	4.8	0.9	6.8	48.8	85.2	102.5	724.5	
33	2008	142.5	148.9	86.4	17.1	10.1	3.0	0.9	5.1	17.8	55.9	77.0	140.6	705.3	
34	2009	133.4	129.5	97.0	29.6	5.4	0.3	3.8	2.8	15.4	25.0	104.6	104.0	650.9	
35	2010	247.5	166.6	144.4	24.5	4.0	0.4	2.3	4.9	11.3	66.6	51.6	179.8	903.7	
36	2011	139.0	190.1	148.5	59.1	6.4	4.5	5.9	1.7	32.6	42.6	75.8	144.9	851.1	
37	2012	115.8	179.2	80.6	47.8	5.3	1.4	0.2	1.1	20.7	28.2	130.4	186.2	796.9	
38	2013	184.9	163.3	98.3	22.3	8.2	6.8	3.2	15.6	9.4	116.8	97.9	183.5	910.2	
39	2014	181.1	137.0	82.5	50.1	11.6	0.8	2.7	5.9	14.4	74.2	51.2	163.1	774.7	
40	2015	187.7	145.1	97.4	73.4	12.8	4.2	9.7	7.3	23.1	39.2	69.8	125.7	795.3	
N° Datos		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	
Media		172.9	146.0	124.9	46.1	7.5	5.1	4.5	7.0	17.5	52.3	84.4	127.9	796.1	
Desv. Estandar		46.1	27.6	43.6	18.3	4.8	7.4	7.6	6.2	9.1	24.2	29.3	34.2	102.4	
Coef. Variacion		26.7	18.9	34.9	39.6	64.2	144.1	169.2	89.9	52.1	46.3	34.7	26.7	12.9	
Prec. Max.		286.6	206.5	241.4	84.6	22.0	38.1	37.8	24.7	46.3	116.8	158.7	236.2	1032.2	
Prec. Min.		96.1	90.1	52.5	15.4	0.1	0.0	0.0	0.0	6.2	13.5	35.9	70.9	604.3	
PP 75%															
Persist.		141.75	127.43	95.50	33.81	4.28	0.14	0.00	2.73	11.32	35.94	64.63	104.82	622.34	

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA															
MICROCUENCA DE CHINCHERO (mm)															
Estacion :		Latitud : 13° 22' 41.23" S			Departamento : CUSCO			Longitud : 72° 03' 27.87" W			Provincia : URUBAMBA			Distrito : CHINCHERO	
ALTA		Altitud : 3,769.37 msnm													
OBS V.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1	1976	179.1	139.6	145.3	49.4	22.5	11.2	9.9	4.2	47.0	18.4	49.9	94.4	770.8	
2	1977	116.1	180.1	92.9	47.5	3.6	0.0	2.6	2.6	25.5	65.3	135.0	83.8	755.2	
3	1978	210.2	110.6	118.4	57.6	15.6	0.6	0.9	0.0	13.9	13.7	105.2	125.8	772.6	
4	1979	150.3	146.4	155.8	49.8	10.7	1.9	3.7	10.1	12.5	25.4	112.4	124.5	803.5	
5	1980	128.3	170.9	184.7	42.6	5.2	0.0	2.6	3.3	11.5	76.2	76.3	90.4	792.0	
6	1981	214.8	126.2	152.6	63.1	4.1	3.0	3.2	9.5	31.5	97.4	115.7	140.0	961.1	
7	1982	238.4	146.1	190.8	80.5	5.9	8.1	2.9	11.1	19.1	50.5	115.3	96.0	964.7	
8	1983	136.3	105.3	85.8	32.8	2.7	5.1	3.5	2.5	9.8	31.8	65.1	128.7	609.3	
9	1984	193.9	165.2	106.9	76.2	3.0	3.1	1.7	15.7	9.8	92.9	80.2	109.5	858.2	
10	1985	118.2	147.1	113.7	42.9	10.3	5.9	1.0	2.6	33.8	72.4	131.0	128.2	807.1	
11	1986	99.7	145.8	151.6	64.6	13.4	0.6	1.9	4.5	6.4	30.0	64.2	90.0	672.7	
12	1987	258.3	92.9	68.2	15.8	2.1	6.6	21.1	1.5	8.3	33.0	103.2	139.2	750.1	
13	1988	218.2	142.6	243.8	85.3	3.3	0.6	0.5	0.5	7.5	26.4	47.2	133.5	909.3	
14	1989	201.9	143.1	160.5	40.3	15.8	6.9	0.8	9.2	15.3	45.4	59.4	72.0	770.5	
15	1990	153.7	95.8	53.4	72.7	5.6	38.5	0.6	10.5	18.2	103.9	106.2	84.1	743.3	
16	1991	97.8	171.7	113.2	44.4	8.5	16.1	1.1	0.5	16.9	57.3	100.7	99.4	727.6	
17	1992	126.8	128.3	77.7	28.4	0.1	17.6	0.0	24.9	15.8	62.1	120.4	116.2	718.2	
18	1993	213.2	151.8	75.7	31.4	8.0	1.2	2.9	12.0	17.8	77.5	129.4	237.7	958.6	
19	1994	255.4	208.9	214.6	55.0	13.7	0.0	0.0	0.1	21.0	49.1	69.1	156.8	1043.8	
20	1995	157.3	91.9	149.2	19.4	1.8	1.3	0.3	0.5	22.2	26.1	63.8	158.6	692.4	
21	1996	203.7	161.1	80.5	48.0	12.9	0.1	0.0	13.4	18.3	49.0	65.5	150.1	802.7	
22	1997	155.0	137.1	135.0	34.1	6.0	0.3	0.1	16.5	17.1	42.4	161.0	169.2	873.8	
23	1998	168.6	170.7	70.4	34.6	5.6	2.7	0.0	2.7	8.5	59.7	64.0	86.9	674.5	
24	1999	136.9	128.7	116.4	59.4	5.4	4.3	1.4	0.8	38.8	27.1	56.9	139.0	715.2	
25	2000	192.5	155.6	145.9	22.7	5.1	7.2	3.6	6.7	12.7	54.6	52.7	110.3	769.6	
26	2001	289.8	160.6	199.7	37.8	11.6	0.3	22.5	14.4	15.7	57.7	78.5	129.5	1018.1	
27	2002	144.7	208.3	139.0	41.1	16.1	5.6	38.1	5.1	25.0	74.5	96.6	128.7	922.9	
28	2003	173.7	159.6	168.8	53.2	5.4	7.0	0.5	23.2	9.6	39.3	36.3	125.3	802.1	
29	2004	201.5	149.5	75.8	39.0	3.7	23.5	17.0	10.6	24.7	36.8	59.6	100.2	741.9	
30	2005	149.8	142.3	131.8	37.5	4.2	0.5	1.8	4.9	8.2	41.8	64.6	116.2	703.6	
31	2006	218.4	145.5	155.6	53.3	1.8	7.0	0.4	11.3	11.2	73.3	75.4	158.2	911.4	
32	2007	147.2	106.3	136.0	82.8	8.1	0.1	4.9	1.0	6.8	49.4	86.1	103.3	731.9	
33	2008	144.2	150.9	87.4	17.4	10.3	3.0	0.9	5.2	18.1	56.6	77.7	142.1	713.7	
34	2009	134.9	130.9	98.1	30.1	5.5	0.3	3.8	2.9	15.6	25.4	106.0	105.1	658.5	
35	2010	250.5	168.7	146.0	24.9	4.0	0.4	2.3	4.9	11.4	67.3	51.9	181.7	914.0	
36	2011	140.8	192.8	150.1	59.7	6.5	4.6	6.0	1.8	33.1	43.1	76.7	146.8	862.0	
37	2012	117.2	181.7	81.8	48.4	5.3	1.4	0.2	1.1	21.0	28.5	132.3	188.3	807.3	
38	2013	187.1	165.6	99.4	22.6	8.3	6.9	3.3	15.8	9.5	118.3	98.7	185.8	921.3	
39	2014	183.6	138.6	83.6	50.7	11.8	0.8	2.8	6.1	14.6	75.1	51.9	164.8	784.3	
40	2015	189.5	147.2	98.4	74.0	13.0	4.3	9.9	7.4	23.2	39.4	70.4	127.0	803.8	
N° Datos		40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	
Media		174.9	147.8	126.4	46.8	7.7	5.2	4.5	7.0	17.7	52.9	85.3	129.2	805.3	
Desv. Estandar		46.6	28.0	44.1	18.5	4.9	7.5	7.6	6.3	9.2	24.4	29.7	34.5	103.7	
Coef. Variacion		26.6	18.9	34.9	39.5	64.2	144.0	168.5	89.7	52.1	46.2	34.8	26.7	12.9	
Prec. Max.		289.8	208.9	243.8	85.3	22.5	38.5	38.1	24.9	47.0	118.3	161.0	237.7	1043.8	
Prec. Min.		97.8	91.9	53.4	15.8	0.1	0.0	0.0	0.0	6.4	13.7	36.3	72.0	609.3	
PP 75% Persist.		143.5	128.9	96.6	34.3	4.3	0.1	0.0	2.8	11.5	36.4	65.3	105.9	629.6	

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

**12.6. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN AL 75 % DE
PERSISTENCIA (FILA 3/4 EN ORDEN DECRECIENTE).**

Nº	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	287.38	205.76	240.59	84.45	21.42	37.87	37.95	24.56	46.08	115.63	157.74	236.96
2	253.09	205.10	211.20	81.35	15.92	23.10	22.27	22.95	38.01	103.63	134.13	185.08
3	252.75	188.01	197.51	77.23	15.80	17.10	21.19	15.95	33.09	96.20	129.16	181.86
4	247.22	177.20	186.36	74.98	15.14	15.98	16.90	15.36	32.23	91.78	129.04	180.19
5	234.68	176.86	180.96	73.17	13.58	10.99	10.29	15.33	31.03	77.64	127.09	166.68
6	216.10	170.23	166.58	70.39	13.28	8.04	9.65	14.34	25.19	75.70	118.71	162.70
7	214.54	167.93	157.83	63.86	12.46	7.02	5.77	12.89	25.05	73.80	113.57	159.27
8	211.80	166.89	152.95	63.38	12.36	6.88	4.83	11.72	24.51	73.55	112.91	156.65
9	206.06	165.87	152.94	58.84	11.48	6.84	3.75	11.18	23.20	72.23	111.32	153.13
10	205.94	162.39	151.14	57.99	11.22	6.76	3.52	10.76	21.80	70.43	104.63	148.72
11	202.58	161.64	148.25	56.15	10.58	6.61	3.50	10.64	20.71	66.55	104.24	143.44
12	199.29	160.94	147.82	53.08	10.02	6.17	3.24	10.40	20.37	65.37	103.97	140.89
13	199.04	156.84	147.68	52.16	9.86	5.76	3.17	9.98	18.75	61.25	102.22	139.26
14	191.39	156.53	143.91	51.59	8.05	5.62	2.96	9.49	18.04	58.15	99.01	137.56
15	189.46	152.98	143.64	49.60	8.05	5.07	2.94	8.88	17.99	57.78	98.10	137.26
16	187.26	152.13	143.07	49.02	7.91	4.47	2.69	7.22	17.98	56.04	94.93	131.22
17	184.42	148.58	137.07	48.90	7.79	4.19	2.67	6.57	17.79	55.89	85.28	130.12
18	179.66	147.34	133.98	47.49	6.29	4.16	2.57	5.79	16.39	53.73	78.68	127.94
19	175.95	144.86	132.95	47.06	5.93	3.02	2.48	5.11	16.39	49.82	76.97	127.84
20	170.39	143.92	129.77	45.72	5.53	2.92	2.24	5.07	15.64	48.80	76.79	126.77
21	165.28	143.80	117.46	43.33	5.49	2.87	1.81	4.81	15.36	47.99	76.62	125.40
22	154.89	143.51	114.70	41.32	5.37	2.61	1.75	4.79	15.32	47.47	75.59	124.16
23	152.45	143.24	112.29	40.59	5.36	1.75	1.67	4.36	14.89	44.60	74.66	124.01
24	151.90	142.62	109.71	40.53	5.29	1.40	1.38	3.96	14.32	42.55	69.91	123.28
25	147.81	140.62	105.49	39.57	5.28	1.37	1.07	3.13	13.71	42.47	69.37	115.77
26	145.24	140.03	97.85	38.32	5.27	1.08	1.01	2.76	12.56	41.21	64.66	115.17
27	145.20	139.93	97.09	36.66	5.16	0.75	0.86	2.65	12.20	39.43	64.25	109.58
28	141.94	137.94	96.40	36.42	4.99	0.61	0.84	2.65	11.23	39.13	64.21	109.23
29	141.66	136.54	92.19	34.16	4.09	0.55	0.73	2.45	11.02	36.53	63.84	103.88
30	138.24	134.01	85.86	33.58	4.02	0.55	0.53	2.33	10.81	32.60	63.58	102.56
31	136.18	128.80	84.80	32.06	3.91	0.46	0.48	1.70	9.80	31.45	63.23	98.92
32	135.19	127.53	81.99	30.15	3.64	0.37	0.45	1.41	9.56	29.52	58.94	97.25
33	132.81	126.60	79.84	29.17	3.56	0.32	0.36	1.11	9.45	28.28	58.52	96.20
34	125.79	122.95	79.30	27.64	3.21	0.28	0.30	0.89	9.39	26.76	56.67	93.70
35	125.13	108.01	75.93	24.06	2.89	0.25	0.23	0.77	8.31	25.66	52.65	89.63
36	115.29	105.06	74.69	22.03	2.77	0.13	0.14	0.49	8.13	25.20	51.61	89.38
37	114.79	104.94	73.51	22.02	2.03	0.12	0.04	0.49	7.91	24.90	50.99	86.50
38	114.18	93.76	70.06	18.97	1.80	0.00	0.00	0.46	7.30	24.85	49.22	84.57
39	99.04	92.11	68.00	16.73	1.68	0.00	0.00	0.05	6.69	18.07	46.86	80.78
40	94.63	88.75	52.17	15.19	0.06	0.00	0.00	0.00	6.15	13.43	35.51	70.64
3/4 PARTES												
30	138.24	134.01	85.86	33.58	4.02	0.55	0.53	2.33	10.81	32.60	63.58	102.56

Fuente: Elaborado por los testistas.

12.7. CAUDALES GENERADOS PARA LA MICROCUENCA DE CHINCHERO

Registro mensual regionalizado para la altura media de la microcuenca Chinchero.

CAUDALES GENERADOS - PERIODOS EXTENDIDOS														
Microcuenca		(m3/s)												
CHINCHERO		Latitud : 13° 23' 53,85" S			Departamento : CUSCO			Longitud : 72° 03' 51,45" W			Provincia : URUBAMBA			
		Altitud : 3,743.10 msnm			Distrito : CHINCHERO									
Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1976	0.24	0.11	0.13	0.10	0.07	0.03	0.13	0.03	0.12	0.10	0.05	0.06	1.16
2	1977	0.03	0.13	0.05	0.12	0.00	0.02	0.02	0.04	0.01	0.05	0.07	0.07	0.61
3	1978	0.20	0.05	0.09	0.05	0.03	0.06	0.04	0.02	0.06	0.03	0.07	0.06	0.76
4	1979	0.03	0.17	0.09	0.00	0.03	0.05	0.09	0.08	0.00	0.11	0.12	0.01	0.78
5	1980	0.04	0.06	0.16	0.11	0.07	0.05	0.09	0.04	0.05	0.04	0.08	0.03	0.83
6	1981	0.16	0.02	0.14	0.07	0.11	0.15	0.06	0.13	0.03	0.02	0.13	0.11	1.12
7	1982	0.16	0.04	0.27	0.04	0.06	0.05	0.01	0.00	0.04	0.02	0.13	0.03	0.83
8	1983	0.11	0.04	0.05	0.02	0.08	0.03	0.14	0.18	0.13	0.01	0.05	0.10	0.94
9	1984	0.17	0.00	0.06	0.05	0.01	0.09	0.16	0.10	0.12	0.03	0.11	0.04	0.94
10	1985	0.06	0.14	0.00	0.12	0.04	0.00	0.16	0.05	0.06	0.13	0.09	0.13	0.97
11	1986	0.16	0.08	0.22	0.05	0.07	0.07	0.01	0.11	0.03	0.06	0.09	0.11	1.06
12	1987	0.25	0.09	0.06	0.06	0.09	0.05	0.04	0.02	0.06	0.09	0.01	0.15	0.97
13	1988	0.10	0.05	0.06	0.01	0.19	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.58
14	1989	0.05	0.29	0.17	0.08	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.05	0.12	0.04	0.86
15	1990	0.03	0.11	0.01	0.16	0.07	0.05	0.04	0.07	0.12	0.14	0.10	0.04	0.95
16	1991	0.06	0.04	0.10	0.08	0.02	0.01	0.06	0.01	0.07	0.06	0.11	0.08	0.70
17	1992	0.00	0.12	0.03	0.07	0.04	0.11	0.05	0.01	0.06	0.01	0.14	0.08	0.73
18	1993	0.20	0.03	0.09	0.16	0.10	0.09	0.05	0.01	0.06	0.09	0.11	0.13	1.12
19	1994	0.21	0.18	0.26	0.03	0.03	0.12	0.08	0.02	0.11	0.02	0.08	0.11	1.24
20	1995	0.16	0.08	0.02	0.03	0.09	0.01	0.10	0.05	0.03	0.08	0.04	0.06	0.74
21	1996	0.20	0.16	0.06	0.13	0.01	0.05	0.01	0.06	0.10	0.01	0.09	0.07	0.96
22	1997	0.02	0.11	0.17	0.07	0.03	0.02	0.09	0.03	0.07	0.07	0.09	0.05	0.82
23	1998	0.01	0.27	0.06	0.05	0.13	0.05	0.03	0.04	0.08	0.04	0.07	0.18	1.00
24	1999	0.04	0.02	0.12	0.11	0.05	0.01	0.06	0.16	0.02	0.11	0.00	0.08	0.78
25	2000	0.01	0.07	0.05	0.16	0.13	0.08	0.02	0.06	0.03	0.15	0.10	0.15	1.03
26	2001	0.10	0.24	0.03	0.12	0.04	0.13	0.04	0.02	0.16	0.07	0.12	0.14	1.19
27	2002	0.19	0.06	0.03	0.01	0.09	0.12	0.03	0.11	0.05	0.06	0.02	0.11	0.90
28	2003	0.14	0.15	0.12	0.06	0.04	0.06	0.11	0.02	0.01	0.11	0.01	0.08	0.90
29	2004	0.10	0.13	0.05	0.01	0.08	0.07	0.00	0.00	0.09	0.09	0.05	0.08	0.75
30	2005	0.14	0.18	0.11	0.05	0.15	0.06	0.01	0.13	0.10	0.07	0.07	0.07	1.14
31	2006	0.21	0.12	0.01	0.00	0.00	0.14	0.05	0.04	0.13	0.10	0.29	0.06	1.17
32	2007	0.22	0.09	0.09	0.00	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.01	0.04	0.20	0.99
33	2008	0.03	0.01	0.17	0.05	0.03	0.04	0.00	0.00	0.15	0.18	0.04	0.06	0.78
34	2009	0.07	0.17	0.08	0.02	0.01	0.10	0.09	0.16	0.10	0.08	0.02	0.02	0.91
35	2010	0.13	0.06	0.13	0.11	0.07	0.05	0.09	0.04	0.05	0.11	0.07	0.03	0.95
36	2011	0.11	0.03	0.14	0.08	0.10	0.15	0.06	0.12	0.03	0.00	0.11	0.11	1.04
37	2012	0.07	0.06	0.01	0.03	0.06	0.05	0.01	0.00	0.04	0.01	0.14	0.09	0.57
38	2013	0.14	0.09	0.05	0.02	0.08	0.03	0.14	0.18	0.13	0.05	0.07	0.18	1.16
39	2014	0.17	0.02	0.05	0.04	0.01	0.09	0.16	0.10	0.12	0.02	0.10	0.08	0.95
40	2015	0.11	0.14	0.01	0.13	0.04	0.00	0.17	0.05	0.07	0.12	0.05	0.13	1.00
Nº Datos		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40.00
Q-MEDIO		0.12	0.10	0.09	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.92
Desv. Estandar		0.07	0.07	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.17
Coef. Variacion		63.01	70.02	74.43	70.53	72.37	69.90	75.30	85.88	60.74	68.54	63.15	52.43	18.60
Q-MAX		0.25	0.29	0.27	0.16	0.19	0.15	0.17	0.18	0.16	0.18	0.29	0.20	1.24
Q-MIN		0.003	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.009	0.57
Q AL 75 % PERSIST.		0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.50

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

12.8. ENSAYOS DE INFILTRACIÓN

Prueba de infiltración en depósito Palustre.

Prov: Urubamba Dist: Chinchero Sector: Yanacona Coordenadas UTM-WG 84 : Norte:8'517,939 Este: 817,296 Lugar: Chaquellopampa				Método: Infiltrómetro anillos concéntricos Deposito: Palustre Textura: Areno - Arcilloso Calcareo Prueba: I - 8	
Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instant.	Media
0	0				
5	5	1.00	1.00	12.0	12.0
5	10	0.50	1.50	6.0	9.0
5	15	0.63	2.13	7.6	8.5
5	20	0.47	2.60	5.6	7.8
5	25	0.40	3.00	4.8	7.2
5	30	0.50	3.50	6.0	7.0
5	35	0.40	3.90	4.8	6.7
5	40	0.60	4.50	7.2	6.8
5	45	0.40	4.90	4.8	6.5
5	50	0.50	5.40	6.0	6.5
5	55	0.40	5.80	4.8	6.3
5	60	0.40	6.20	4.8	6.2
5	65	0.40	6.60	4.8	6.1
5	70	0.40	7.00	4.8	6.0
5	75	0.30	7.30	3.6	5.8
5	80	0.30	7.60	3.6	5.7
5	85	0.30	7.90	3.6	5.6
5	90	0.50	8.40	6.0	5.6
5	95	0.50	8.90	6.0	5.6
5	100	0.40	9.30	4.8	5.6
5	105	0.20	9.50	2.4	5.4
5	110.00	0.60	10.10	7.2	5.5
5	115.00	0.40	10.50	4.8	5.5

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

$b = -0.24$
 $y = 1.12$
 $a = 13.06$
 $B = 0.76$
 $A = 0.29$
 $a' = 17.15$
 $Tb = 142.99$
 $Ib = 4.00$
 $r^2 = 0.38$

Prueba de infiltración en depósito Lacustre

Prov: Urubamba CC. Yanacona			Método: Infiltrómetro anillos concéntricos		
Dist: Chinchero Sector: Olones			Deposito: Lacustre		
Coordenadas UTM-WG 84 : Norte:8'517,411 Este: 816,922			Textura: limo, arcilloso y diatomita		
Lugar: Mermepampa			Prueba: I - 1		
Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instant.	Media
0	0				
5	5	1.20	1.20	14.4	14.4
5	10	0.60	1.80	7.2	10.8
5	15	0.70	2.50	8.4	10.0
5	20	0.80	3.30	9.6	9.9
5	25	0.30	3.60	3.6	8.6
5	30	0.60	4.20	7.2	8.4
5	35	0.90	5.10	10.8	8.7
5	40	0.30	5.40	3.6	8.1
5	45	0.30	5.70	3.6	7.6
5	50	0.80	6.50	9.6	7.8
5	55	0.30	6.80	3.6	7.4
5	60	0.70	7.50	8.4	7.5
5	65	0.50	8.00	6.0	7.4
5	70	0.50	8.50	6.0	7.3
5	75	0.50	9.00	6.0	7.2

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

$$\begin{aligned}
 b &= -0.27 \\
 y &= 1.22 \\
 a &= 16.6913 \\
 B &= 0.73 \\
 A &= 0.3800626 \\
 a' &= 22.8038 \\
 Tb &= 160.83 \\
 \mathbf{Ib} &= \mathbf{4.28} \\
 r^2 &= 0.22
 \end{aligned}$$

Prueba de infiltración en depósito Coluvial.

PRUEBA DE INFILTRACION					
Prov: Urubamba CC. Yanacona Dist: Chinchero Sector: Chaquellocco Coordenadas UTM-WG 84 : Norte: 8'516,779.8 Este: 817,841.9 Lugar: Chaquellcocha				Método: Infiltrómetro anillos concéntricos Depósito: Coluvial Textura: Franco limo arcilloso	
				Prueba: I - 2	
Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instantánea	Media
0	0				
1	1	0.30	0.30	18.0	18.0
2	3	0.50	0.80	15.0	16.0
2	5	0.48	1.28	14.4	15.4
2	7	0.44	1.72	13.2	14.7
2	9	0.38	2.10	11.4	14.0
5	14	0.90	3.00	10.8	12.9
5	19	0.81	3.81	9.7	12.0
5	24	0.77	4.58	9.2	11.5
5	29	0.68	5.26	8.2	10.9
10	39	1.60	6.86	9.6	10.6
10	49	1.55	8.41	9.3	10.3
10	59	1.46	9.87	8.8	10.0
10	69	1.38	11.25	8.3	9.8
15	84	2.19	13.44	8.8	9.6
15	99	2.05	15.49	8.2	9.4
15	114	1.97	17.46	7.9	9.2
15	129	1.87	19.33	7.5	9.0
15	144	1.84	21.17	7.4	8.8
15	159	1.74	22.91	7.0	8.6

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

$$\begin{aligned}
 b &= -0.18 \\
 y &= 1.25 \\
 a &= 17.7377 \\
 B &= 0.82 \\
 A &= 0.360 \\
 a' &= 21.5848 \\
 T_b &= 106.94 \\
 \mathbf{I_b} &= \mathbf{7.71} \\
 r^2 &= 0.94
 \end{aligned}$$

Prueba de infiltración en la formación Ayabacas.

Ubicación:		CC. Yanacona	Coordenadas UTM					
Sector:		Cerro Antaqasa	Este:	8519176				
Long. del tubo (cm):		50	Norte:	818737				
Diámetro (pulg):		2	Metodo:	Carga Variable				
Penet. en terreno (cm):		40	Material:	Caliza				
Prueba:		I-5						
Hora		Hora decimal	Nivel A	Ha	DHa	DT	Hma	$Ka=rDH/8DTHm$
Horas	Minutos	(horas)	(cm)	(cm)	(cm)	(seg)	(cm)	(cm/seg)
12	0	12.00	0.00	50.00				
12	0.3	12.01	17.30	32.70	17.30	18	41.4	1.48E-02
12	01	12.01	22.00	28.00	4.70	24	30.4	4.10E-03
12	01	12.02	28.10	21.90	6.10	18	25.0	8.63E-03
12	01	12.02	33.00	17.00	4.90	18	19.5	8.89E-03
12	02	12.03	36.50	13.50	3.50	24	15.3	6.07E-03
12	02	12.03	39.50	10.50	3.00	18	12.0	8.82E-03
12	02	12.04	41.80	8.20	2.30	18	9.4	8.68E-03
12	03	12.05	43.20	6.80	1.40	24	7.5	4.94E-03
12	03	12.05	44.60	5.40	1.40	18	6.1	8.10E-03
12	03	12.06	45.80	4.20	1.20	18	4.8	8.82E-03
12	04	12.06	46.70	3.30	0.90	24	3.8	6.35E-03
12	04	12.07	47.40	2.60	0.70	18	3.0	8.37E-03
12	04	12.07	48.00	2.00	0.60	18	2.3	9.20E-03
12	05	12.08	48.20	1.80	0.20	24	1.9	2.79E-03

$$I = Ka = rDH/8DTHm, \text{ (cm/seg)}$$

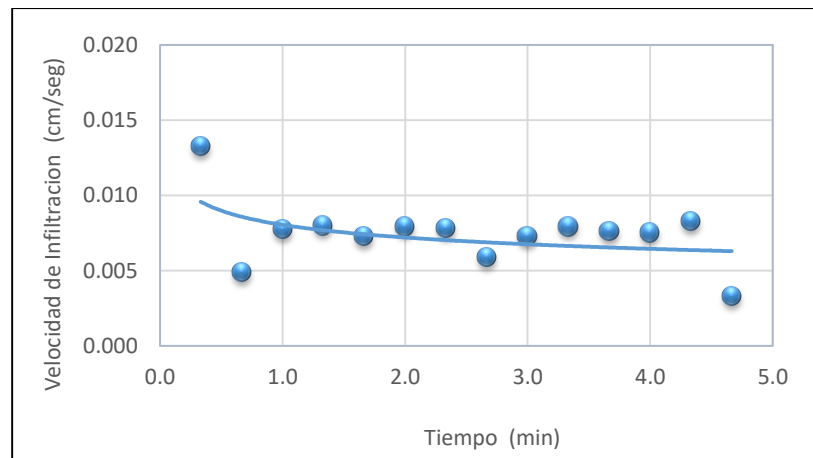
$$Ia = 7.75E-03 \text{ cm/seg}$$

$$Ia = 27.90 \text{ cm/hr}$$

$$Ia = 6.70 \text{ m/día}$$

Fuente: Elaborado por los testistas.

Fluctuación del agua Tiempo vs velocidad.



Fuente: Elaborado por los testistas.

Prueba de infiltración en la formación Maras.

Fecha:		13/02/2019	Coordenadas UTM					
Ubicación:		CC. Yanacona	Este:	818714				
Long. del tubo (cm):		100	Norte:	8517083				
Diámetro (pulg):		2	Metodo:	Carga Variable				
Penet. en terreno (cm):		40	Material:	Lutita				
Prueba:		I-6						
Hora		Hora decimal	Nivel A	Ha	DHa	DT	Hma	Ka=rDH/8DTHm
Horas	Minutos	(horas)	(cm)	(cm)	(cm)	(seg)	(cm)	(cm/seg)
11	0	11.00	0.00	100.00				
11	1	11.02	2.00	98.00	2.00	60	99.0	2.14E-04
11	6	11.10	10.00	90.00	8.00	300	94.0	1.80E-04
11	11	11.18	16.00	84.00	6.00	300	87.0	1.46E-04
11	16	11.27	22.50	77.50	6.50	300	80.8	1.70E-04
11	21	11.35	28.50	71.50	6.00	300	74.5	1.70E-04
11	26	11.43	34.50	65.50	6.00	300	68.5	1.85E-04
11	31	11.52	40.50	59.50	6.00	300	62.5	2.03E-04
11	41	11.68	52.00	48.00	11.50	600	53.8	2.26E-04
11	51	11.85	62.00	38.00	10.00	600	43.0	2.46E-04
12	1	12.02	73.50	26.50	11.50	600	32.3	3.77E-04

$$I = K_a = rDH/8DTHm, \text{ (cm/seg)}$$

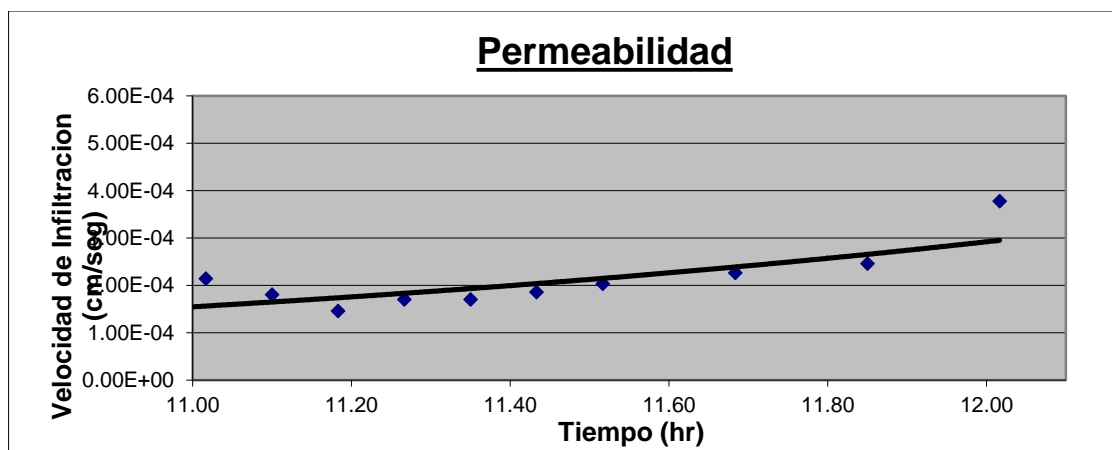
$$I_a = 0.00021 \text{ cm/seg}$$

$$I_a = 0.76 \text{ cm/hr}$$

$$I_a = 0.18 \text{ m/día}$$

Fuente: Elaborado por los tesistas.

Fluctuación del agua Tiempo vs velocidad.



Fuente: Elaborado por los tesistas.

Prueba de infiltración en la formación Chinchero.

Fecha:		13/02/2019	Coordenadas UTM					
Ubicación:		Pob. Chinchero	Este:	819595	Norte:	8517159	Metodo:	Carga Variable
Long. del tubo (cm):		100	Material:	Limos, gravas y arcillas				
Diámetro (pulg):		2						
Penet. en terreno (cm):		40						
Prueba:		1-7						
Hora		Hora decimal	Nivel A	Ha	DHa	DT	Hma	$Ka=rDH/8DTHm$
Horas	Minutos	(horas)	(cm)	(cm)	(cm)	(seg)	(cm)	(cm/seg)
13	0	13.00	0.00	160.00				
13	1	13.02	17.00	143.00	17.00	60	151.5	1.19E-03
13	2	13.03	35.00	125.00	18.00	60	134.0	1.42E-03
13	4	13.07	58.00	102.00	23.00	120	113.5	1.07E-03
13	6	13.10	75.00	85.00	17.00	120	93.5	9.62E-04
13	8	13.13	87.00	73.00	12.00	120	79.0	8.04E-04
13	10	13.17	97.00	63.00	10.00	120	68.0	7.78E-04
13	12	13.20	105.00	55.00	8.00	120	59.0	7.18E-04
13	14	13.23	112.00	48.00	7.00	120	51.5	7.19E-04
13	16	13.27	118.00	42.00	6.00	120	45.0	7.06E-04
13	18	13.30	131.00	29.00	13.00	120	35.5	1.94E-03
13	20	13.33	144.00	16.00	13.00	120	22.5	3.06E-03
13	22	13.37	154.00	6.00	10.00	120	11.0	4.81E-03

$$I = Ka = rDH/8DTHm, \text{ (cm/seg)}$$

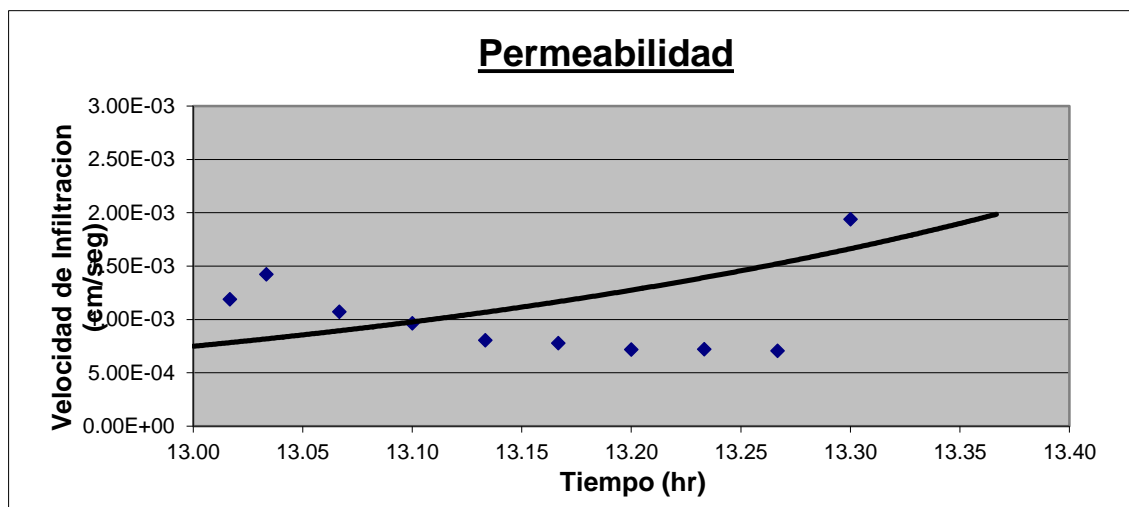
$$Ia = 0.00151 \text{ cm/seg}$$

$$Ia = 5.45 \text{ cm/hr}$$

$$Ia = 1.31 \text{ m/día}$$

Fuente: Elaborado por los testistas.

Fluctuación del agua Tiempo vs velocidad.



Fuente: Elaborado por los testistas.

Prueba de infiltración en depósitos aluviales.

Fecha:		13/02/2019	Coordenadas UTM					
Ubicación:		Pob. Chinchero	Este:	819607	Norte:	8517147	Metodo:	Carga Variable
Long. del tubo (cm):		100	Material:	Limos y arcillas				
Diámetro (pulg):		2	Prueba:					
Penet. en terreno (cm):		40	l-3					
Hora		Hora decimal	Nivel A	Ha	DHa	DT	Hma	$Ka=rDH/8DTHm$
Horas	Minutos	(horas)	(cm)	(cm)	(cm)	(seg)	(cm)	(cm/seg)
14	0	14.00	0.00	100.00				
14	1	14.02	8.50	91.50	8.50	60	95.8	9.40E-04
14	3	14.05	18.50	81.50	10.00	120	86.5	6.12E-04
14	5	14.08	25.50	74.50	7.00	120	78.0	4.75E-04
14	7	14.12	31.50	68.50	6.00	120	71.5	4.44E-04
14	12	14.20	41.50	58.50	10.00	300	63.5	3.33E-04
14	17	14.28	48.50	51.50	7.00	300	55.0	2.69E-04
14	22	14.37	54.50	45.50	6.00	300	48.5	2.62E-04
14	32	14.53	62.50	37.50	8.00	600	41.5	2.04E-04

$$I = Ka = rDH/8DTHm, \text{ (cm/seg)}$$

$$Ia = 0.00044 \text{ cm/seg}$$

$$Ia = 1.59 \text{ cm/hr}$$

$$Ia = 0.38 \text{ m/día}$$

Fuente: Elaborado por los tesistas.

12.9. DATOS DE GEOFÍSICA

SONDEO ELECTRICO VERTICAL HOJA DE CAMPO

ESTUDIO: HIDROGEOLOGIA
 TIPO SONDAJE: SEV
 UBICACIÓN: _____
 AZIMUT: _____
 ALTITUD: 3722
 COORD.: UTM-W84
 ESTE: 8517206
 NORTE: 819027
 FECHA: 15/04/2011

REGION: CUSCO
 DPTO.: CUSCO
 PROVINCIA: URUBAMBA
 DISTRITO: CHINCHERO
 LUGAR: AYLLO PONGO

P- 66 OPERADOR: 200V

RUMBO: 285° SEV N°: 1

HORA INICIO:		HORA FINAL:			OBSERVACION
AB/2	MN/2	K	Δ v(mv)	I (m.A)	
1	0.25	5.89			
2	0.25	13.75			
3	0.25	56.16			
3	0.75	17.67	1526.48	651.15	41.42
4	0.75	32.33	1066.02	733.46	46.99
5	0.75	51.18	711.56	656.08	55.51
7	0.75	101.40	613.19	669.15	92.92
10	0.75	208.30	516.79	670.28	160.60
10	2.50	58.90	187.55	667.35	16.55
15	2.50	137.40	110.62	660.29	23.02
20	2.50	247.40	98.87	678.23	36.06
25	2.50	388.80	72.87	667.87	42.42
30	2.50	561.60	47.53	659.95	40.45
30	7.50	176.70	52.13	659.48	13.97
40	7.50	327.30	37.02	672.48	18.02
50	7.50	511.80	28.10	661.83	21.73
70	7.50	1014.50	22.08	664.94	33.69
100	7.50	2082.60	13.42	682.73	40.95
100	25.00	589.00	19.47	586.27	19.56
150	7.50	4706.00	9.37	677.38	65.09
150	25.00	1374.40	19.53	676.59	39.67
200	25.00	2474.00	14.45	669.72	53.36
250	25.00	3887.70	3.81	570.72	25.97
300	25.00	5613.60			
300	75.00	1767.20			
400	25.00	1001.40			
400	75.00	3233.20			
500	75.00	5118.20			

Fuente: IMA

SONDEO ELECTRICO VERTICAL

HOJA DE CAMPO

ESTUDIO: HODROGEOLOGIA
 TIPO SONDAJE: SEV
 UBICACIÓN: _____ REGION: CUSCO
 AZIMUT: _____ DPTO.: CUSCO
 ALTITUD: 3731 PROVINCIA: URUBAMBA
 COORD.: UTM-W84 DISTRITO: CHINCHERO
 ESTE: 818446 P - 67 LUGAR: CHACCALCCOCHA
 NORTE: 8517370
 FECHA: 15/04/2011 OPERADOR: 200V

RUMBO: 285° SEV N°: 2

HORA INICIO:		HORA FINAL:				OBSERVACION
AB/2	MN/2	K	Δ v(mv)	I (m.A)	ρ (omh-m)	
1	0.25	5.89				
2	0.25	13.75				
3	0.25	56.16				
3	0.75	17.67	690.42	616.77	19.78	
4	0.75	32.33	494.45	616.18	25.94	
5	0.75	51.18	424.24	597.64	36.33	
7	0.75	101.40	373.07	590.03	64.11	
10	0.75	208.30	348.30	578.84	125.34	
10	2.50	58.90	118.55	576.33	12.12	
15	2.50	137.40	84.11	585.60	19.74	
20	2.50	247.40	57.98	583.77	24.57	
25	2.50	388.80	54.27	605.35	34.85	
30	2.50	561.60	48.13	606.38	44.58	
30	7.50	176.70	57.82	613.49	16.65	
40	7.50	327.30	38.49	601.77	20.93	
50	7.50	511.80	32.81	614.67	27.32	
70	7.50	1014.50	21.40	591.26	36.72	
100	7.50	2082.60	15.20	579.41	54.64	
100	25.00	589.00	25.08	579.17	25.50	
150	7.50	4706.00	12.25	588.39	98.01	
150	25.00	1374.40	14.28	588.42	33.35	
200	25.00	2474.00	5.14	515.86	24.66	
250	25.00	3887.70	7.38	580.79	49.41	
300	25.00	5613.60				
300	75.00	1767.20				
400	25.00	1001.40				
400	75.00	3233.20				
500	75.00	5118.20				

Fuente: IMA

SONDEO ELECTRICO VERTICAL

HOJA DE CAMPO

ESTUDIO: **HIDROGEOLOGIA**
 TIPO SONDAJE: **SEV**
 UBICACIÓN: _____ REGION: **CUSCO**
 AZIMUT: _____ DPTO.: **CUSCO**
 ALTITUD: **3726** PROVINCIA: **URUBAMBA**
 COORD.: **UTM-W84** DISTRITO: **CHINCHERO**
 ESTE: **818228** P - 68 LUGAR: **YANACONA**
 NORTE: **8518032**
 FECHA: **15/04/2011** OPERADOR: **200V**

RUMBO: **N20°E** SEV Nº: **3**

HORA INICIO:		HORA FINAL:				OBSERVACION
AB/2	MN/2	K	Δ v(mv)	I (m.A)	ρ (omh-m)	
1	0.25	5.89				
2	0.25	13.75				
3	0.25	56.16				
3	0.75	17.67	705.35	839.62	14.84	
4	0.75	32.33	450.04	838.68	17.35	
5	0.75	51.18	322.01	817.95	20.15	
7	0.75	101.40	219.99	762.64	29.25	
10	0.75	208.30	147.88	728.28	42.30	
10	2.50	58.90	88.73	727.96	7.18	
15	2.50	137.40	63.48	762.60	11.44	
20	2.50	247.40	59.50	768.95	19.14	
25	2.50	388.80	43.83	720.20	23.66	
30	2.50	561.60	47.00	845.02	31.23	
30	7.50	176.70	44.03	845.23	9.20	
40	7.50	327.30	27.48	827.65	10.87	
50	7.50	511.80	22.09	840.63	13.45	
70	7.50	1014.50	14.31	808.43	17.95	
100	7.50	2082.60	10.94	818.67	27.82	
100	25.00	589.00	7.36	692.93	6.26	
150	7.50	4706.00	8.73	816.70	50.29	
150	25.00	1374.40	11.41	816.56	19.20	
200	25.00	2474.00	8.26	822.11	24.86	
250	25.00	3887.70	5.89	802.60	28.51	
300	25.00	5613.60				
300	75.00	1767.20				
400	25.00	1001.40				
400	75.00	3233.20				
500	75.00	5118.20				

Fuente: IMA

SONDEO ELECTRICO VERTICAL

HOJA DE CAMPO

ESTUDIO: **HIDROGOEOLOGIA**
 TIPO SONDAJE: **SEV**
 UBICACIÓN: _____ REGION: **CUSCO**
 AZIMUT: _____ DPTO.: **CUSCO**
 ALTITUD: **3728** PROVINCIA: **URUBAMBA**
 COORD.: **UTM-W84** DISTRITO: **CHINCHERO**
 ESTE: **818394** P-70 LUGAR: **NUEVO TRIUNFO**
 NORTE: **8518490**
 FECHA: **15/04/2011** OPERADOR: **200V**

RUMBO: **N20°E** SEV N°: **4**

HORA INICIO:		HORA FINAL:				OBSERVACION
AB/2	MN/2	K	Δ v(mv)	I (m.A)	ρ (omh-m)	
1	0.25	5.89				
2	0.25	13.75				
3	0.25	56.16				
3	0.75	17.67	1196.05	704.85	29.98	
4	0.75	32.33	749.96	700.69	34.60	
5	0.75	51.18	623.73	714.68	44.67	
7	0.75	101.40	479.88	696.13	69.90	
10	0.75	208.30	396.14	696.75	118.43	
10	2.50	58.90	209.53	693.17	17.80	
15	2.50	137.40	116.04	676.40	23.57	
20	2.50	247.40	96.42	676.71	35.25	
25	2.50	388.80	96.43	654.85	57.25	
30	2.50	561.60	84.22	646.32	73.18	
30	7.50	176.70	40.50	646.40	11.07	
40	7.50	327.30	26.31	642.60	13.40	
50	7.50	511.80	24.96	702.40	18.19	
70	7.50	1014.50	17.71	674.58	26.64	
100	7.50	2082.60	17.41	674.72	53.72	
100	25.00	589.00	14.65	674.50	12.79	
150	7.50	4706.00	15.31	708.54	101.67	
150	25.00	1374.40	10.94	708.70	21.22	
200	25.00	2474.00	8.69	723.56	29.72	
250	25.00	3887.70	7.37	735.21	38.96	
300	25.00	5613.60	4.97	670.38	41.60	
300	75.00	1767.20				
400	25.00	1001.40				
400	75.00	3233.20				
500	75.00	5118.20				

Fuente: IMA

SONDEO ELECTRICO VERTICAL HOJA DE CAMPO

ESTUDIO: HIDROLOGIA
 TIPO SONDAJE: SEV
 UBICACIÓN: _____ REGION: CUSCO
 AZIMUT: _____ DPTO.: CUSCO
 ALTITUD: 3724 PROVINCIA: URUBAMBA
 COORD.: UTM-W84 DISTRITO: CHINCHERO
 ESTE: 817102 P-71 LUGAR: UMANES
 NORTE: 8518418
 FECHA: 15/04/2011 OPERADOR: 200V

RUMBO: N160° SEV N°: 5

HORA INICIO:		HORA FINAL:				OBSERVACION
AB/2	MN/2	K	Δ v(mv)	I (m.A)	ρ (omh-m)	
1	0.25	5.89				
2	0.25	13.75				
3	0.25	56.16				
3	0.75	17.67	660.23	896.60	13.01	
4	0.75	32.33	443.27	1008.46	14.21	
5	0.75	51.18	348.48	1017.24	17.53	
7	0.75	101.40	243.52	1028.44	24.01	
10	0.75	208.30	218.20	1012.78	44.88	
10	2.50	58.90	86.47	1011.68	5.03	
15	2.50	137.40	52.66	1025.19	7.06	
20	2.50	247.40	45.25	1051.04	10.65	
25	2.50	388.80	43.73	1050.61	16.18	
30	2.50	561.60	42.34	1042.46	22.81	
30	7.50	176.70	15.96	1041.91	2.71	
40	7.50	327.30	10.71	1020.81	3.43	
50	7.50	511.80	9.46	1043.43	4.64	
70	7.50	1014.50	7.43	1025.62	7.35	
100	7.50	2082.60	6.36	1033.65	12.81	
100	25.00	589.00	10.43	1033.88	5.94	
150	7.50	4706.00	5.64	1032.03	25.72	
150	25.00	1374.40	7.82	1031.15	10.43	
200	25.00	2474.00	6.29	1020.64	15.24	
250	25.00	3887.70	5.16	1019.15	19.68	
300	25.00	5613.60	3.91	988.00	22.22	
300	75.00	1767.20				
400	25.00	1001.40				
400	75.00	3233.20				
500	75.00	5118.20				

Fuente: IMA

SONDEO ELECTRICO VERTICAL HOJA DE CAMPO

ESTUDIO: HIDROGEOLOGIA
 TIPO SONDAJE: SEV
 UBICACIÓN: _____ REGION: CUSCO
 AZIMUT: _____ DPTO.: CUSCO
 ALTITUD: 3727 PROVINCIA: URUBAMBA
 COORD.: UTM-W84 DISTRITO: CHINCHERO
 ESTE: 817323 P - 72 LUGAR: CHAQUELCCO CHA PAMPA
 NORTE: 8517950
 FECHA: 16/04/2011 OPERADOR: 200V

RUMBO: N160° SEV N°: 6

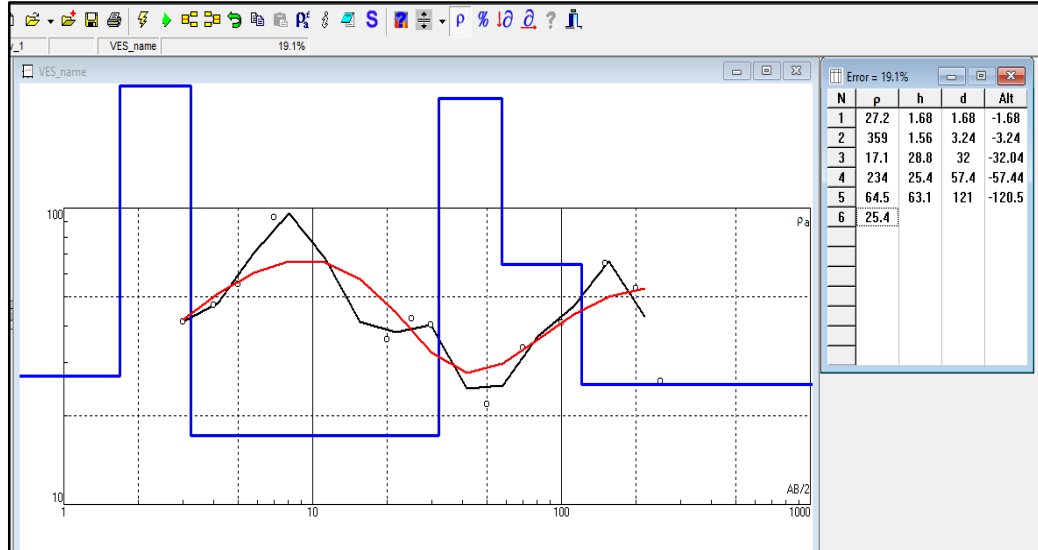
HORA INICIO:		HORA FINAL:				OBSERVACION
AB/2	MN/2	K	Δ v(mv)	I (m.A)	ρ (omh-m)	
1	0.25	5.89				
2	0.25	13.75				
3	0.25	56.16				
3	0.75	17.67	1002.40	935.40	18.94	
4	0.75	32.33	693.92	947.79	23.67	
5	0.75	51.18	591.74	935.88	32.36	
7	0.75	101.40	381.26	943.32	40.98	
10	0.75	208.30	287.18	961.84	62.19	
10	2.50	58.90	121.26	958.99	7.45	
15	2.50	137.40	66.51	950.88	9.61	
20	2.50	247.40	57.99	924.56	15.52	
25	2.50	388.80	52.06	948.62	21.34	
30	2.50	561.60	55.08	924.52	33.46	
30	7.50	176.70	18.88	923.93	3.61	
40	7.50	327.30	15.84	939.26	5.52	
50	7.50	511.80	13.48	926.53	7.44	
70	7.50	1014.50	10.09	928.49	11.03	
100	7.50	2082.60	7.83	971.20	16.79	
100	25.00	589.00	12.12	970.23	7.36	
150	7.50	4706.00	5.37	937.12	26.95	
150	25.00	1374.40	7.96	936.39	11.68	
200	25.00	2474.00	5.29	865.95	15.11	
250	25.00	3887.70	4.20	906.96	17.99	
300	25.00	5613.60				
300	75.00	1767.20				
400	25.00	1001.40				
400	75.00	3233.20				
500	75.00	5118.20				

Fuente: IMA

12.10. CURVAS GEOELÉCTRICAS GENERADAS CON SOFTWARE

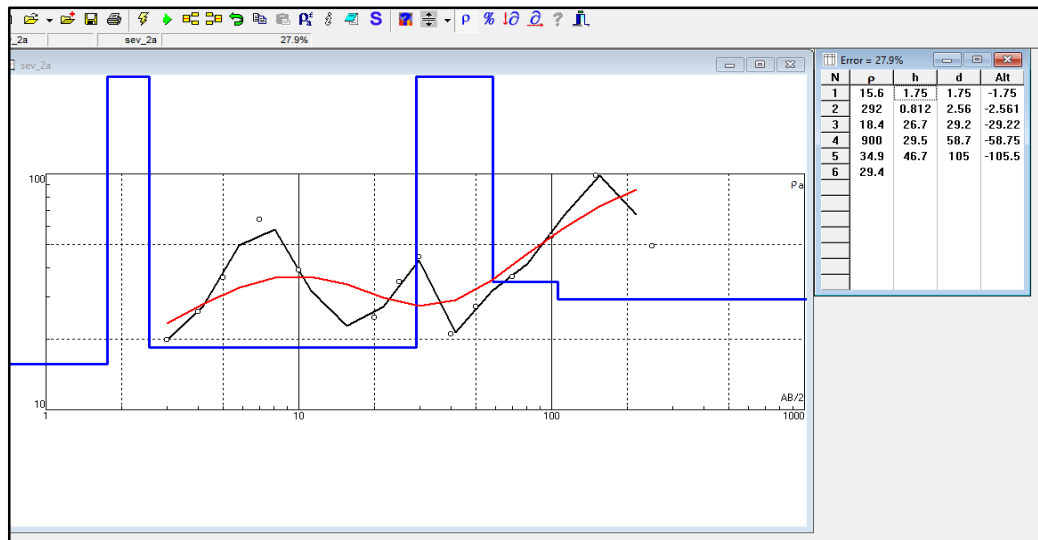
IPI2WIN

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-1



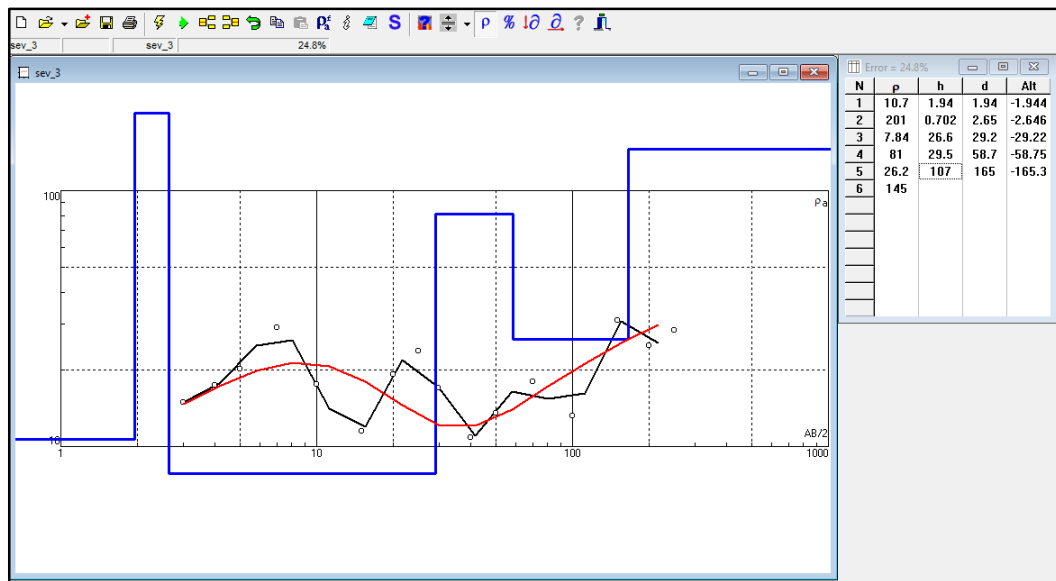
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV 2



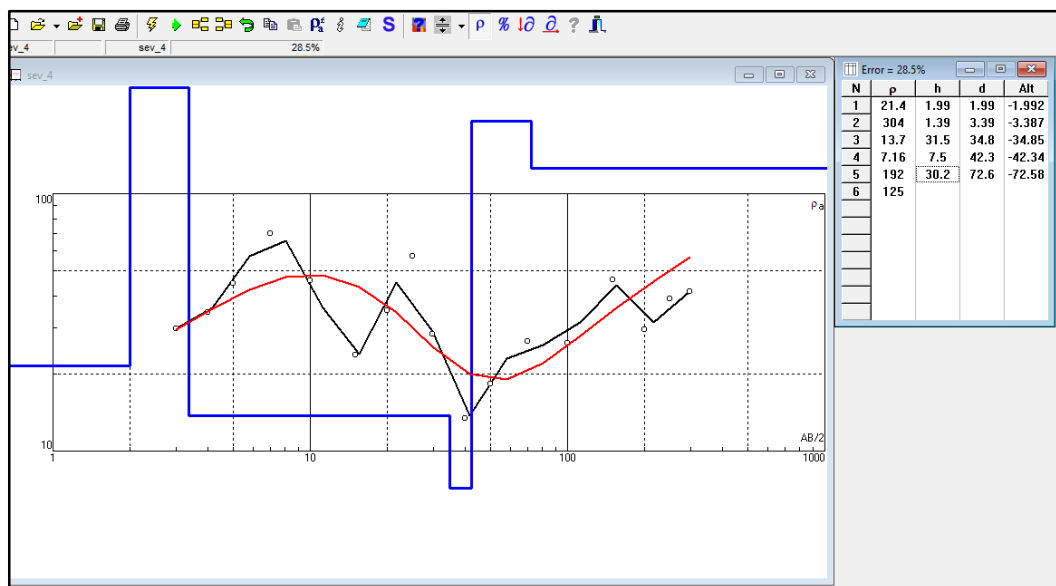
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-3



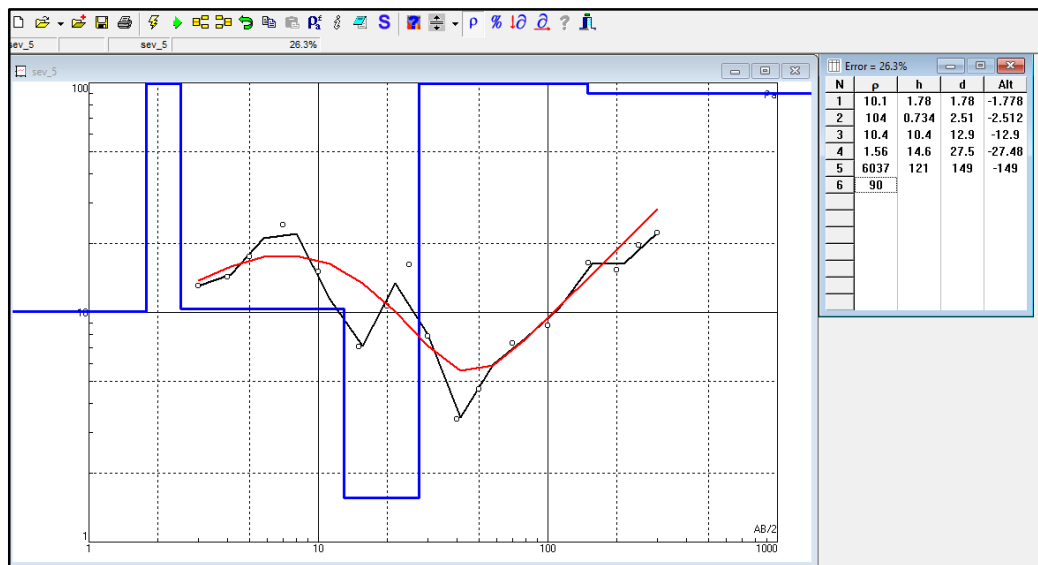
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-4



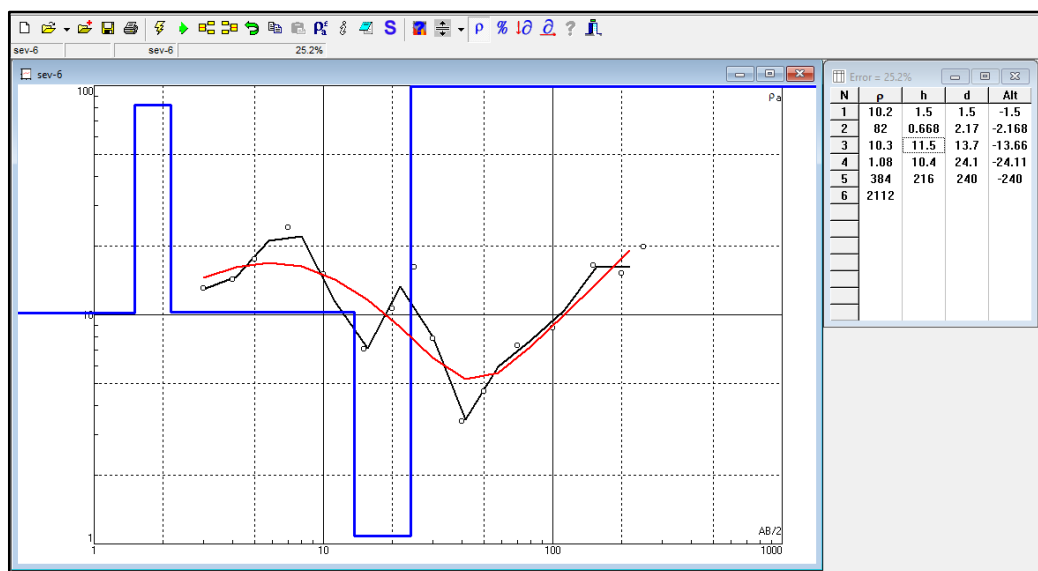
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-5



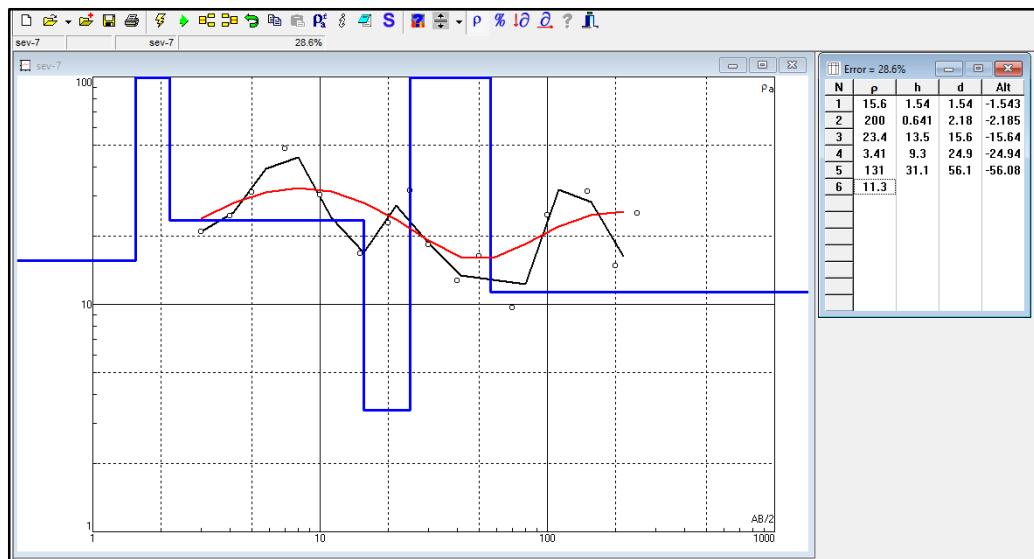
Fuente: Elaborado por los testistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-6



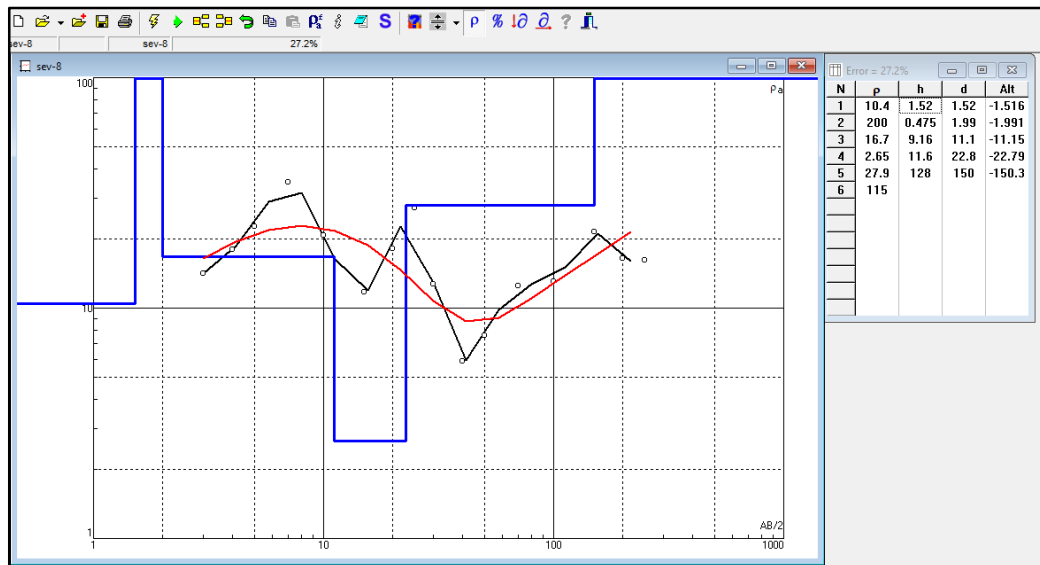
Fuente: Elaborado por los testistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV 7



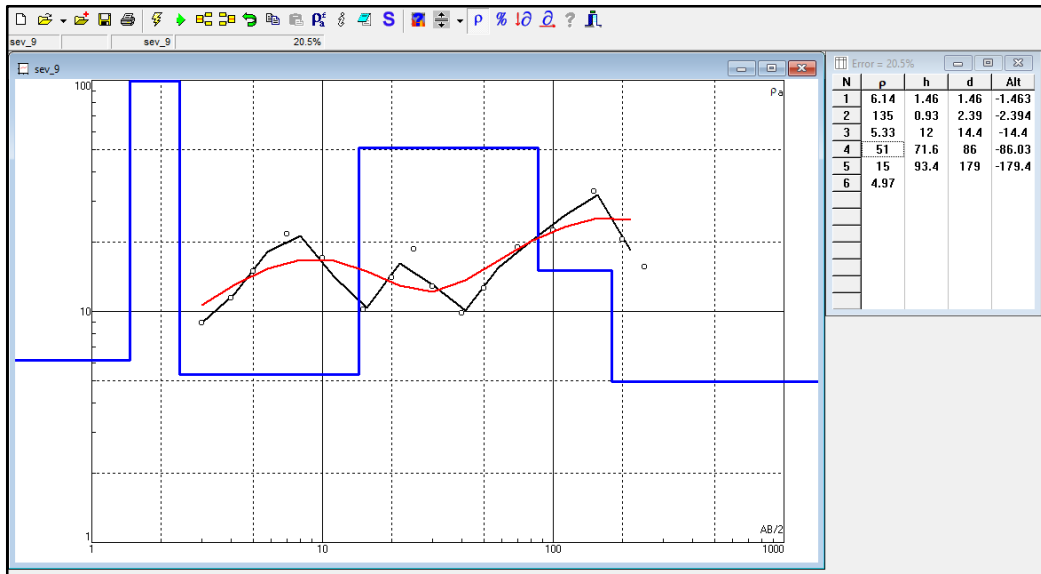
Fuente: Elaborado por los testistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-8



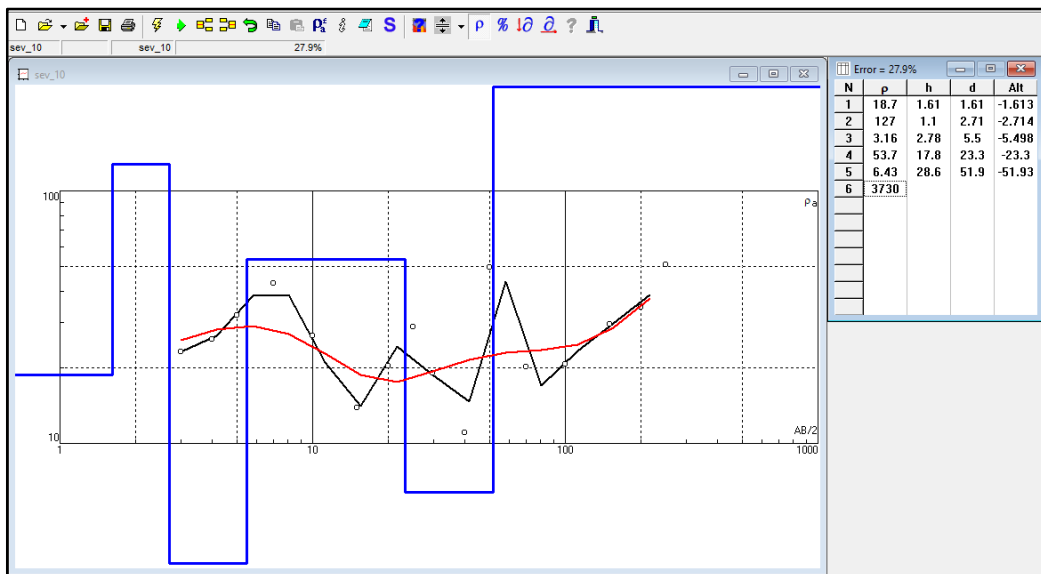
Fuente: Elaborado por los testistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-9



Fuente: Elaborado por los testistas.

CURVA GEOELÉCTRICA SEV-10



Fuente: Elaborado por los testistas.


Cuadro de resumen de resistividades y espesores.

SEV	ρ_1	E1	ρ_2	E2	ρ_3	E3	ρ_4	E4	ρ_5	E5	ρ_6	E6
1	27	1.7	359	1.6	17	28.8	234	25.4	65	63.1	25	-
2	16	1.8	292	0.8	18	26.7	900	29.5	35	46.7	29	-
3	11	1.9	201	0.7	8	26.6	81	29.5	26	107.0	145	-
4	21	2.0	304	1.4	14	31.5	7	7.5	192	7.5	125	-
5	10	1.8	104	0.7	10	10.4	2	14.6	6037	121.0	90	-
6	10	1.5	82	0.7	10	11.5	1	10.4	384	216.0	212	-
7	16	1.5	200	0.6	23	13.5	3	9.3	131	31.1	11	-
8	10	1.5	200	0.5	17	9.2	3	11.6	28	128.0	115	-
9	6	1.5	135	0.9	5	12.0	51	71.6	15	93.4	5	-
10	19	1.6	127	1.1	3	2.8	54	17.8	6	28.6	3730	-

Fuente: Elaboración propia a base de resultados de las curvas geoeléctricas.

12.11. INVENTARIO DE MANANTES

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Lullanancay		NORTE	8516993
LUGAR	Chincheró		ESTE	819043
CONDUCTIVIDAD	700		ALTITUD	3718
SALINIDAD (ppm)	0.34		UBICACION	
CAUDAL (l/s)	1.62		MICROCUENCA	Chincheró
REGIMEN	Permanente		DIST.	Chincheró
USO	Consumo Humano y Riego		PROV.	Urubamba


DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Bendoroyoc1		NORTE	8514229
SECTOR	Huila Huila		ESTE	817477
CONDUCTIVIDAD	72		ALTITUD	3733
SALINIDAD (ppm)	0.02		UBICACION	
CAUDAL (l/s)	0.65		MICROCUENCA	Chincheró
REGIMEN	Permanente		DIST.	Chincheró
USO	Libre Abrevadero		PROV.	Urubamba

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Bendoroyoc2		NORTE	8514627
SECTOR	Huila Huila		ESTE	817660
CONDUCTIVIDAD	57		ALTITUD	3736
SALINIDAD (ppm)	0.01		UBICACION	
CAUDAL (l/s)	0.02		MICROCUENCA	Chincheró
REGIMEN	Temporal		DIST.	Chincheró
USO	Libre		PROV.	Urubamba

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Bendoroyoc3		NORTE	8514597
SECTOR	Huila Huila		ESTE	817501
CONDUCTIVIDAD	186		ALTITUD	3753
			UBICACION	
SALINIDAD (ppm)	0.08		MICROCUENCA	Chinchoero
CAUDAL (l/s)	0.90		DIST.	Chinchoero
REGIMEN	Temporal		PROV.	Urubamba
USO	Libre			

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Queropata		NORTE	8517803
SECTOR	Queropata		ESTE	819366
CONDUCTIVIDAD	725		ALTITUD	3717
			UBICACION	
SALINIDAD (ppm)	0.35		MICROCUENCA	Chinchoero
CAUDAL (l/s)	0.01		DIST.	Chinchoero
REGIMEN	Temporal		PROV.	Urubamba
USO	Enterrado			

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Poncollay 1		NORTE	8516756
SECTOR	Olonos		ESTE	819075
CONDUCTIVIDAD	256		ALTITUD	3716
			UBICACION	
SALINIDAD (ppm)	0.12		MICROCUENCA	Chinchoero
CAUDAL (l/s)	0.10		DIST.	Chinchoero
REGIMEN	Permanente		PROV.	Urubamba
USO	Riego			

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Huancapata		NORTE	8516706
LUGAR	Huancapata		ESTE	819385
CONDUCTIVIDAD	800		ALTITUD	3728
			UBICACION	
SALINIDAD (ppm)	0.45		MICROCUENCA	Chinchoero
CAUDAL (l/s)	0.08		DIST.	Chinchoero
REGIMEN	Temporal		PROV.	Urubamba
USO	Riego			

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Huancapata		NORTE	8507228
LUGAR	Mc.Chinchoero		ESTE	179258
CONDUCTIVIDAD	800		ALTITUD	3793
			UBICACION	
SALINIDAD (ppm)	0.45		MICROCUENCA	Chinchoero
CAUDAL (l/s)	0.08		DIST.	Chinchoero
REGIMEN	Temporal		PROV.	Urubamba
USO	Riego			

DATOS GENERALES		FOTOGRAFIA	REGISTRO DE DATOS	
DESCRIPCION			COORDENADAS	
NOMBRE	Bofedal		NORTE	8516830
LUGAR	Bocatoma Bofedal		ESTE	818857
CONDUCTIVIDAD	750		ALTITUD	3715
SALINIDAD (ppm)	0.48		UBICACION	
CAUDAL (l/s)	0.46		MICROCUENCA	Chincheró
REGIMEN	Temporal		DIST.	Chincheró
USO	Permanente		PROV.	Urubamba

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

12.12. AFORO DE CAUDALES DEL RIACHUELO CHINCHERO Y SUS AFLUENTES

AFORO DE CAUDAL RIACHUELO CHINCHERO MES SETIEMBRE				
Prov:	Urubamba		CC:	Yanacona
Dist:	Chincheró		Sector:	Olonés
Lugar:	Punto de salida de la microcuenca		Método:	Volumétrico
Mes:	Setiembre-2015		Norte:	8515844
Dia:	13		Este:	816575
Hora:	11.00 a.m.		Altura:	3700 msnm
N° Aforo	Tiempo	Volumen	Caudal	
	Seg	L	L/seg	M3/Seg
1	2.09	8.00	3.82	0.0038
2	2.10	8.00	3.81	0.0038
3	2.07	8.00	3.87	0.0039
4	1.90	8.00	4.22	0.0042
5	2.54	8.00	3.15	0.0031
6	1.83	8.00	4.37	0.0044
7	2.04	8.00	3.92	0.0039
8	2.15	8.00	3.72	0.0037
9	2.07	8.00	3.87	0.0039
10	1.94	8.00	4.13	0.0041
11	1.90	8.00	4.20	0.0042
12	1.76	8.00	4.56	0.0046
13	1.76	8.00	4.54	0.0045
14	1.94	8.00	4.13	0.0041
15	2.10	8.00	3.81	0.0038
Caudal Promedio			4.01	0.0040

Fuente: Elaboración propia.

AFORO DE CAUDAL RIACHUELO CHINCHERO MES JULIO				
Prov:	Urubamba		CC:	Yanacona
Dist:	Chincheró		Sector:	Olonés
Lugar:	Punto de salida de la microcuena		Método:	Volumétrico
Mes:	Julio-2016		Norte:	8515844
Día:	18		Este:	816575
Hora:	13.00 p.m.		Altura:	3700 msnm
N° Aforo	Tiempo	Volumen	Caudal	
	Seg	l	l/seg	M3/Seg
1	1.56	7.72	4.95	0.0049
2	1.54	8.00	5.19	0.0052
3	1.59	7.20	4.53	0.0045
4	1.65	8.12	4.92	0.0049
5	1.56	8.50	5.45	0.0054
6	1.69	8.00	4.73	0.0047
7	1.63	7.50	4.60	0.0046
8	1.89	8.20	4.34	0.0043
9	1.61	8.10	5.03	0.0050
10	1.93	8.10	4.20	0.0042
11	1.76	7.90	4.49	0.0045
12	1.99	8.40	4.22	0.0042
13	1.69	8.90	5.27	0.0053
14	1.7	7.50	4.41	0.0044
15	1.78	8.10	4.55	0.0046
16	1.47	7.10	4.83	0.0048
17	1.54	7.90	5.13	0.0051
18	1.56	8.00	5.13	0.0051
19	1.39	7.40	5.32	0.0053
20	1.45	7.20	4.97	0.0050
Caudal Promedio			4.81	0.0048

Fuente: Elaboración propia.

AFORO DE CAUDAL				
Prov:	Urubamba		CC:	Yanacona
Dist:	Chincheró		Sector:	Chincheró
Lugar:	Bocatoma de la laguneta		Método:	Volumétrico
Mes:	Julio-2016		Norte:	8516830
Día:	18		Este:	818857
Hora:	15.00 p.m.		Altura:	3715 msnm
N° Aforo	Tiempo	Volumen	Caudal	
	Seg	l	l/seg	M3/Seg
1	13.9	6.10	0.44	0.0004
2	11.44	5.50	0.48	0.0005
3	16.07	7.40	0.46	0.0005
4	16.31	7.50	0.46	0.0005
5	15.89	7.40	0.47	0.0005
Caudal Promedio			0.46	0.0005

Fuente: Elaboración propia.

**12.13. HIDROQUIMICA (ENSAYO FISICO QUIMICOS DEL
LABORATORIO SEDA-CUSCO).**



EP.S SEDACUSCO SA

ENTIDAD MUNICIPAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DEL CUSCO S.A.

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Punto de Muestreo	Antaquilla P-52	Este= 819702	Norte = 8518517
Distributo/Provincia/Dpto.	Chinchero	Urubamba	Cusco
Fecha y hora de Muestreo:	18-04-11	10:10 AM	
Fecha y hora de Análisis:	20-04-11	1:50 PM	
Muestreado Por:			
Fact.N°			

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

	MUESTRA	OMS	
Temperatura	14.4		° C
Turbiedad	0.55	5.00	NTU
Color	4	15.00	UC
pH	7.61	6.5 - 8.5	
Alcalinidad Total	90.43	250.00	mg/lt CaCO ₃
Dureza Total	161.29	500.00	mg/lt CaCO ₃
Calcio	49.29	250.00	mg/lt Ca ⁺⁺
Magnesio	9.31		mg/lt Mg ⁺⁺
Cloruros	7.04	250.00	mg/lt
Conductividad	288.0	1,500.00	uS/cm
Solidos Totales Disueltos	136.0	1,000.00	mg/lt
Salinidad	0	0.00	%

OBSERVACIONES

Requiere de tratamiento para el consumo humano.

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados para análisis de agua Potable y Residuales.



EP.S SEDACUSCO SA

ENTIDAD MUNICIPAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DEL CUSCO S.A

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Punto de Muestreo	RUMICHAYOC P - 12	Este= 816695	Norte = 8518503
Distribto/Provincia/Dpto.	Chinchoero	Urubamba	Cusco
Fecha y hora de Muestreo:	18-04-11	9:20 AM	
Fecha y hora de Análisis:	20-04-11	2:15 PM	
Muestreado Por:			
Fact.N°			

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

	MUESTRA	OMS	
Temperatura	14.5		° C
Turbiedad	0.63	5.00	NTU
Color	6	15.00	UC
pH	6.92	6.5 - 8.5	
Alcalinidad Total	78.10	250.00	mg/lit CaCO ₃
Dureza Total	264.11	500.00	mg/lit CaCO ₃
Calcio	67.07	250.00	mg/lit Ca ⁺⁺
Magnesio	23.52		mg/lit Mg ⁺⁺
Cloruros	26.17	250.00	mg/lit
Conductividad	481.0	1,500.00	uS/cm
Solidos Totales Disueltos	227.0	1,000.00	mg/lit
Salinidad	0	0.00	%

OBSERVACIONES

Requiere de tratamiento para el consumo humano.

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados para análisis de agua Potable y Residuales.



EP.S SEDACUSCO SA

ENTIDAD MUNICIPAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DEL CUSCO S.A

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Punto de Muestreo	TOCOY P-26	Este= 817835	Norte = 8518724
Distribto/Provincia/Dpto.	Chinchoero	Urubamba	Cusco
Fecha y hora de Muestreo:	19-04-11	2:00 PM	
Fecha y hora de Análisis:	20-04-11	11:30 AM	
Muestreado Por:			
Fact.N°			

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

	MUESTRA	OMS	
Temperatura	15		° C
Turbiedad	0.30	5.00	NTU
Color	4	15.00	UC
pH	7.51	6.5 - 8.5	
Alcalinidad Total	88.38	250.00	mg/lit CaCO ₃
Dureza Total	211.69	500.00	mg/lit CaCO ₃
Calcio	70.30	250.00	mg/lit Ca ⁺⁺
Magnesio	8.82		mg/lit Mg ⁺⁺
Cloruros	53.34	250.00	mg/lit
Conductividad	394.0	1,500.00	uS/cm
Solidos Totales Disueltos	186.0	1,000.00	mg/lit
Salinidad	0	0.00	%

OBSERVACIONES

Requiere de tratamiento para el consumo humano.

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados

para análisis de agua Potable y Residuales.



EP.S SEDACUSCO SA

ENTIDAD MUNICIPAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DEL CUSCO S.A

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Punto de Muestreo	MOQOPUGIO P-20	Este= 817469	Norte = 8517324
Distribto/Provincia/Dpto.	Chinchoero	Urubamba	Cusco
Fecha y hora de Muestreo:	19-04-11	9:30 AM	
Fecha y hora de Análisis:	20-04-11	10:30 AM	
Muestreado Por:			
Fact.N°			

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

	MUESTRA	OMS	
Temperatura	16.4		° C
Turbiedad	0.66	5.00	NTU
Color	14	15.00	UC
pH	7.59	6.5 - 8.5	
Alcalinidad Total	45.22	250.00	mg/lit CaCO ₃
Dureza Total	574.60	500.00	mg/lit CaCO ₃
Calcio	195.55	250.00	mg/lit Ca ⁺⁺
Magnesio	21.07		mg/lit Mg ⁺⁺
Cloruros	15.10	250.00	mg/lit
Conductividad	897.0	1,500.00	uS/cm
Solidos Totales Disueltos	427.0	1,000.00	mg/lit
Salinidad	0.2	0.00	%

OBSERVACIONES

Requiere de tratamiento para el consumo humano.

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados

Método utilizado : APHA-AWWA-WPCF- Métodos normalizados

para análisis de agua Potable y Residuales.

12.14. TABLAS DE INTERPRETACION HIDROGEOLOGICA

Tabla de Punto de marchitez permanente y capacidad de campo.

Punto de marchitez permanente y capacidad de campo en porcentaje por peso de suelo seco de diferentes texturas de suelos (Grassi, 1976).			
TEXTURA DEL SUELO	Porcentaje por peso de suelo seco		
	PMP%	CC%	Densidad aparente (g/cm ³)
Arenoso	2-6	6-12	1,55-1,80
Franco-arenoso	4-8	10-18	1,40-1,60
Franco	8-12	18-26	1,35-1,50
Franco- arcilloso	11-15	23-31	1,30-1,40
Arcillo-arenoso	13-17	27-31	1,25-1,35
Arcilloso	15-19	31-39	1,20-1,30

Tabla de coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000)

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).		
Por pendiente:	Pendiente	Kp
Muy plana	0,02%-0,06%	0,30
Plana	0,3%-0,4%	0,20
Algo plana	1%-2%	0,15
Promedio	2%-7%	0,10
Fuerte	mayor de 7%	0,06
Por cobertura vegetal:		Kv
Cobertura con zacate menos del 50%		0,09
Terrenos cultivados		0,10
Cobertura con pastizal		0,18
Bosques		0,20
Cobertura con zacate más del 75%		0,21

Tabla de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976)

Profundidad de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976).	
PROFUNDIDAD DE RAÍCES	
Cultivo	Metros
Alfalfa (pastos)	1-2
Algodón	1-1,7
Banano	0,5-0,8
Caña de azúcar	1,20-2
Frijol	0,5-0,7
Cebolla	0,3-0,5
Cítricos	1,20-2,0
Zacate	0,3-0,5
Bosques	2,0-3,0

12.15. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía N°1. Llanura lacustre de la microcuenca, zona de aforo de la microcuenca.



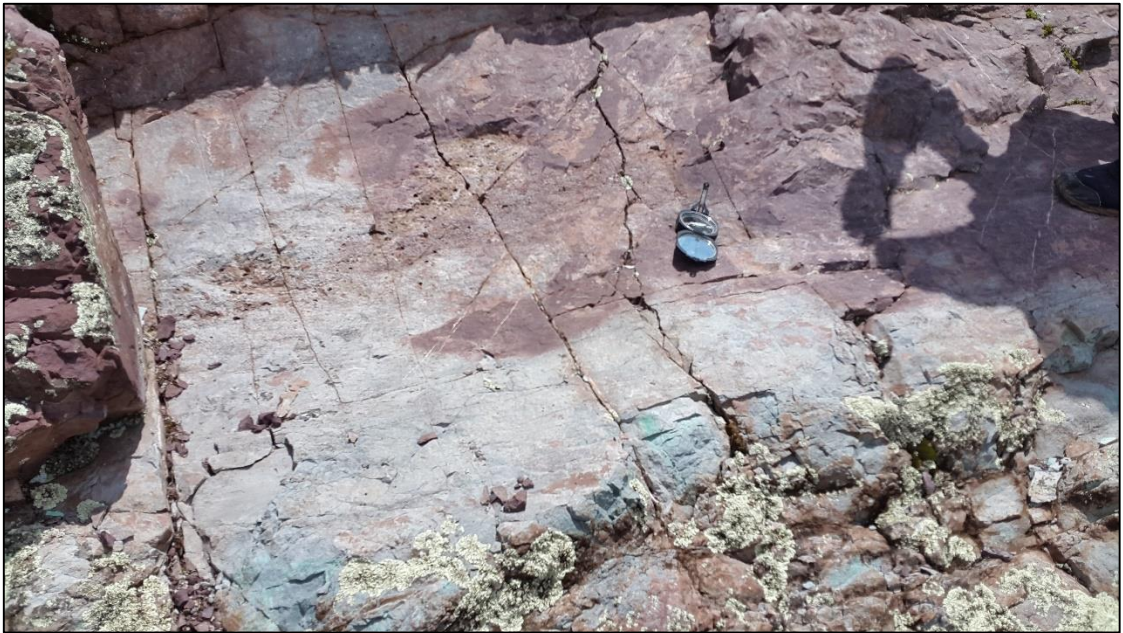
Fuente: Propia.

Fotografía N°2. Afloramiento de las calizas en el sector de Llactapampa.



Fuente: Propia.

Fotografía N°3. Arenisca y lutitas fracturadas rojas de la formación Vilquechico.



Fuente: Propia.

Fotografía N°4. Dren izquierdo la microcuenca.



Fuente: Propia.

Fotografía N°5. Aforo del dren principal de la microcuenca.



Fuente: Propia.

Fotografía N°6. Aforo del riachuelo de la microcuenca.



Fuente: Propia.

Fotografía N°7. Aforo del dren izquierdo de la microcuenca.



Fuente: Propia.

Fotografía N°8. Laguneta Uchuychaparccochoa 2.



Fuente: Propia.

Fotografía N°9. Laguneta Uchuychaparccochoa 2.



Fuente: Propia.

Fotografía N°10. Laguneta Llaullikasa.



Fuente: Propia.

Fotografía N°11. Laguneta Pilorccocha en el sector de Umanes.



Fuente: Propia.

Fotografía N°12. Laguneta Huajacocha en el sector de Umanes.



Fuente: Propia.

Fotografía N°13. Aforo del manante de Llullanancay.



Fuente: Propia.

Fotografía N°14. Manante Rumichayoc.



Fuente: Propia.

Fotografía N°15. Manante Benderoyoc 2.



Fuente: Propia.

Fotografía N°16. Manante Benderoyoc 4.



Fuente: Propia.

Fotografía N°17. Manante Benderoyoc 1.



Fuente: Propia.

Fotografía N°18. Prueba de infiltración en mermepampa, sector Umanes.



Fuente: Propia.

Fotografía N°19. Prueba de infiltración laguneta Uchuychaparccochoa 1.



Fuente: Propia.