



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Evaluación de recarga del acuífero para incrementar captación de agua
utilizando qochas en cabecera de Cuenca Rio Sañu, Espinar 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

BCH: Cesar Ccahua Suni (ORCID: 0000-0001-5973-5771)

ASESOR:

Dr. Gustavo Adolfo Aybar Arriola (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Hidráulica y Abastecimiento de Agua y Alcantarillado

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres Nazario y María Presentación quienes motivaron el inicio de mis estudios universitarios, sobre la importancia del trabajo y el duro compromiso con la educación y la retribución a la sociedad.

A mi esposa Elsa, por ser un pilar fundamental en mi vida, fuente de todas las energías. ¡Gracias por ser mi fortaleza!

A mis hijos: Cesar Augusto y Luisa Estrella, que con su inocencia son mi motivación, inspiración y sobre todo la alegría de mi vida.

El autor

Agradecimiento

Al Creador Todopoderoso, reconociendo que toda la vida y todo lo existente provienen de Él.

A la Universidad Cesar Vallejo, por permitirme la oportunidad de realizar la presente investigación.

Agradezco al Ms. Ing. Gustavo Adolfo Aybar Arriola, asesor técnico de esta tesis, por proporcionarme la motivación y la formación necesaria para la realización de esta investigación, además de brindarme su confianza, amistad y apoyo en todo momento.

El autor

Índice de Contenido

Caratula	<i>i</i>
Dedicatoria	<i>ii</i>
Agradecimiento	<i>iii</i>
Índice de Contenidos	<i>iv</i>
Índice de Tablas	<i>vi</i>
Índice de Figuras	<i>vii</i>
Resumen	<i>viii</i>
Abstract	<i>ix</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la Investigación	5
2.2 Bases teóricas:	8
2.2.1 Sobre la Variable 1	9
2.2.2 Sobre la Variable 2:	16
2.3 Definición de términos básicos	18
III. METODOLOGIA	25
3.1 Tipo y diseño de investigación	25
3.1.1 Tipo de Investigación	25
3.1.2 Diseño de la investigación	25
3.2 Variables y Operacionalización	26
3.3 Población, Muestra, muestreo, Unidad de análisis	26
3.3.1 Población	26
3.3.2 Muestra	26
3.3.3 Muestreo	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27

3.4.1	<i>Técnica:</i>	27
3.4.2	<i>Instrumentos</i>	27
3.5	<i>Procedimiento</i>	28
3.6	<i>Método de análisis de datos</i>	29
3.7	<i>Aspectos éticos</i>	30
IV.	RESULTADOS	31
4.1	<i>Obj.E-1: Parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero</i>	31
4.2	<i>Obj.E-2: Estudio Hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu</i>	32
4.3	<i>Obj.E-3: Propuesta del diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración</i>	33
4.4	<i>Obj. G: Evaluación de la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca rio Sañu, Espinar 2021</i>	37
V.	DISCUSIÓN	39
VI.	CONCLUSIONES	42
VII.	RECOMENDACIONES	44
	REFERENCIAS	46
	ANEXOS	50

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Clasificación de Terrenos por la Permeabilidad</i>	13
<i>Tabla 2: Grupos hidrológicos de Suelos según la SCS (USDA)</i>	13
<i>Tabla 3: rango de población Por segmentos</i>	18
<i>Tabla 4: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d)</i>	18
<i>Tabla 5: Dotación de agua para centros educativos</i>	18
Tabla 6: Valores de permeabilidad en la Qocha Manququere	31
Tabla 7: Resultado del cálculo de oferta Hídrica	33
Tabla 8: Resultado del cálculo de caudal máximo de diseño	33
Tabla 9: cálculo del volumen de almacenamiento de la Qocha	35
Tabla 10: Resultado del Dimensionamiento del dique de tierra para la Qocha	35
Tabla 11: Demanda de agua del C.P. de Machupunte	38
Tabla 12: Costo Calculado para la construcción del dique de tierra para la Qocha	38
Tabla 13: Matriz de Operacionalización de Variables	2
Tabla 14: Matriz de Consistencia	3
Tabla 15: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 01	1
Tabla 16: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 02	2
Tabla 17: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 03	3
Tabla 18: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 04	4
Tabla 19: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 05	5
Tabla 21: Precipitación Máxima en 24 horas – estación Yauri	7
<i>Tabla 22: precipitación mensual Estación Yauri</i>	8
<i>Tabla 23: precipitación mensual Estación La angustura</i>	9
<i>Tabla 24: precipitación mensual Estación La Raya</i>	10
<i>Tabla 25: precipitación mensual Estación Santo Tomas</i>	11
Tabla 26: precipitación mensual Estación Chalhuanca	12
Tabla 27: Factor de Seguridad Sin carga	13
Tabla 28: factor de seguridad Con carga	13

Índice de Figuras

<i>Figura N° 1: Vista general de los elementos de la Investigación de Tesis</i>	1
<i>Figura N° 2: Siembra o recarga del acuífero a través de la Qocha</i>	9
<i>Figura N° 3: Clasificación del acuífero en función de su Estructura</i>	11
<i>Figura N° 4: Clasificación del acuífero en función del Tipo de Porosidad</i>	11
<i>Figura N° 5: Formula de permeabilidad o Conductividad Hidráulica</i>	12
<i>Figura N° 6: Referencia para caracterización de parámetros Hidrogeológicos</i>	12
<i>Figura N° 7: Ensayo Lefranc, con carga constante</i>	14
<i>Figura N° 8: La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes</i> ..	15
<i>Figura N° 9: incremento de Capacidad de almacenamiento de una Qocha de Infiltración</i>	16
<i>Figura N° 10: La reducción de área glaciar en las cordilleras peruanas, entre 1970 a 2003 fue de 870.66 km², que representa en porcentaje 42.64%</i>	17
<i>Figura N° 11: Componentes del Ciclo Hidrológico</i>	19
<i>Figura N° 12: Disponibilidad hídrica por balance Hídrico</i>	20
<i>Figura N° 13: Mapa Hidrogeológico de la zona de la Qocha</i>	31
<i>Figura N° 14: Vista del dique artesanal de piedra que existe actualmente</i>	32
<i>Figura N° 15: Microcuenca o Área de recarga hídrica de la Qocha</i>	32
<i>Figura N° 16: Propuesta del dique de tierra para la Qocha, para la recarga del acuífero</i>	34
<i>Figura N° 17: Recojo de muestra de la cantera, para estudio de suelos, con la finalidad de conformar el núcleo del dique</i>	36
<i>Figura N° 18: Captación Tipo barrage fijo del Sistema de Abastecimiento de agua potable del Centro poblado de Machupunte</i>	37
<i>Figura N° 19: Aforo de Manante Aguas debajo de la Qocha</i>	6
<i>Figura N° 20: Estabilidad sin carga (Condición Estática)</i>	13
<i>Figura N° 21: Estabilidad sin carga (Condición Sísmica = 0.175)</i>	13
<i>Figura N° 22: Estabilidad con carga (Condición Estática)</i>	14
<i>Figura N° 23: Estabilidad con carga (Condición Sísmica = 0.175)</i>	14
<i>Figura N° 24: Discretización de elementos finitos</i>	14
<i>Figura N° 25: Presión de poros</i>	15
<i>Figura N° 26: Presión Total</i>	15
<i>Figura N° 27: Velocidad de descarga horizontal</i>	15
<i>Figura N° 28: Velocidad de descarga vertical</i>	15
<i>Figura N° 29: Velocidad de descarga total</i>	16
<i>Figura N° 30: Vista Aérea de la Qocha Manququere</i>	16

Resumen

La presente investigación titulada “Evaluación de recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca río Sañu, Espinar 2021”, fijo como objetivos: Evaluar la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca río Sañu, Espinar 2021; Identificar los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero; Realizar el Estudio Hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu; Proponer el diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración. Se utilizó metodología basada en recopilación de información relacionada, trabajo de campo y trabajo de gabinete, con enfoque cuantitativo, aplicativo y no experimental; se consideró como muestra una Qocha de infiltración “Qocha Manquere”; se aplicó como instrumentos el levantamiento topográfico, pruebas de permeabilidad, aforamiento de manantes por el método volumétrico y ensayo de laboratorio de mecánica de suelos.

Sobre los resultados se obtuvo los siguientes: Que los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero califica como un regular acuífero por tener su conductividad Hidráulica o Coeficiente de Permeabilidad (K) moderada, $K=1.32\text{m/día}$; según el estudio hidrológico se obtuvieron como oferta hídrica del área de recarga o microcuenca de $125,654\text{m}^3/\text{año}$ de disponibilidad hídrica proveniente de precipitaciones pluviales y el caudal máximo de la máximas avenidas se ha obtenido $2.24\text{m}^3/\text{s}$; como propuesta se plantea un dique de tierra de altura total de 3m, con cimentación de piedra, núcleo de material granular tipo afirmado, impermeabilizado con geomembrana, con espaldones de piedra grande y con su respectivo aliviadero de demasías; finalmente como evaluación se obtiene un incremento teórico de 34.36% de la demanda de agua potable del centro poblado de Machupunte.

Palabra Clave: Recarga acuífera, captación de agua, Qochas y Cuenca.

Abstract

The present investigation entitled "Evaluation of aquifer recharge to increase water uptake using qochas at the head of the Sañu river basin, Espinar 2021", set as objectives: Evaluate the aquifer recharge to increase water uptake using qochas at the head of the Sañu river basin , Espinar 2021; Identify the hydrogeological parameters of the La Qocha reservoir area, to recharge the aquifer; Carry out the Hydrological Study to determine the Aquifer Recharge at the head of the Sañu river basin; Propose the technical design and technical specifications for the construction of the dam for the infiltration Qocha. A methodology was used based on the collection of related information, field work and office work, with a quantitative, applicative and non-experimental approach; A Qocha of infiltration "Qocha Manquere" was considered as a sample; Topographic surveying, permeability tests, welling of springs by the volumetric method and soil mechanics laboratory test were applied as instruments.

The following results were obtained: That the hydrogeological parameters of the Qocha reservoir area, for aquifer recharge, qualify as a regular aquifer due to its moderate Hydraulic conductivity or Permeability Coefficient (K), $K = 1.32\text{m/day}$; According to the hydrological study, the hydrological supply of the recharge area or micro-basin was $125,654\text{m}^3/\text{year}$ of water availability from rainfall and the maximum flow of the maximum floods has been obtained $2.24\text{m}^3/\text{s}$; As a proposal, an earthen dam with a total height of 3m is proposed, with a stone foundation, a core of affirmed granular material, waterproofed with a geomembrane, with large stone shoulders and its respective overflow spillway; Finally, as an evaluation, a theoretical increase of 34.36% of the demand for drinking water in the town of Machupunte is obtained.

Keyword: Aquifer recharge, water catchment, Qochas and Cuenca

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de Recarga del Acuífero (utilizando Qocha de infiltración, medida que permite captar, almacenar e infiltrar agua de lluvia, orientado a transportar hacia los acuíferos para posteriormente recolectarlas en manantiales, quebradas o riachuelos, aguas más debajo de la Qocha) para incrementar disponibilidad hídrica en la captación de agua potable, se vio como base para proyectos futuros y como solución alternativa al problema de la escasa agua, tomando como base el suministro de agua Potable para el Centro Poblado de Machupunte, Espinar - Cusco, por tanto, se realizó un estudio de aplicación general para analizar los aspectos de adaptación de estos tipos de métodos y determinar su contribución a la demanda hídrica.



*Figura N° 1: Vista general de los elementos de la Investigación de Tesis
Fuente: Elaboración propia*

“El concepto siembra de agua, se centra en la reposición de agua del suelo y/o subsuelo. Esto se debe a medidas que estimulan el ingreso de agua de lluvia interceptando e infiltrando la escorrentía superficial provocada por dicha precipitación en el suelo y/o subsuelo...” (MINAGRI - PERÚ, 2016 págs. 25,26). La siembra y recolección de agua es un método antiguo que fue utilizado hace muchos años por nuestros ancestros andinos y su función sigue siendo la misma, la cual es almacenar el agua de las precipitaciones en tiempo de fuertes lluvias y utilizarla

durante los periodos de escasez ya sea para consumo humano o para fines agrarios.

La acumulación de los acuíferos, expresada como el volumen anual promedio de agua que ingresa en el acuífero en relación con la precipitación, se puede estimar por diferentes métodos y condiciones climáticas. En la presente investigación, mediante el desarrollo de la metodología del balance hídrico, se pretende estimar la recarga hídrica mensual en la microcuenca Manquere, ubicado en la cabecera de cuenca del río Sañu.

La metodología aplicada en este estudio considera varias variables que inciden en el llenado del acuífero como aspectos fisiográficos, topográfica y sus propiedades hídricas y aspectos climáticos como la precipitación, temperatura, etc.

Se aplicará el modelo analítico de la infiltración por efecto de la textura del suelo, para ello se calificará la eficiencia del terreno para la recarga hídrica, por medio de ensayos de permeabilidad, dando como resultado una ecuación que puede ser aplicado a zonas de cabecera de cuenca.

Como aplicación, todas las variables se integrarán al patrón del balance hídrico, analizado para cada mes del 2021. obteniendo mapas de la recarga en el acuífero de cabecera de cuenca del río Sañu, determinándose una tasa de recarga anual

Como se observa la V.I. Evaluación de recarga del acuífero y V.D. Incrementar Captación de agua; considerando como una necesidad social y familiar, por ello la importancia dentro de la realidad problemática rural.

Analizando la realidad problemática se precisó formula el problema, considerando como problema general: ¿Cómo podemos evaluar la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca rio Sañu, Espinar 2021? Como problemas específicos; la primera ¿Cómo podemos Identificar los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero?, La segunda ¿De qué manera podemos realizar el estudio hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del rio Sañu? y la Tercera ¿De qué manera podemos proponer el diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración?

Asimismo, como parte de la secuencia del presente proyecto de investigación considero la siguiente justificación del problema; desde el punto de vista social geográficos, considerando que en Perú ya se están viviendo amargas experiencias, como efectos del calentamiento global, la disminución de los niveles de agua subterránea y calidad del agua y disponibilidad de agua en los acuíferos.

La cabecera de cuenca del río Sañu forma parte del sistema acuífero locales y acuíferos extensos y de alta productividad, y ha sido la fuente principal de agua potable para el centro Poblado de Machupunte desde hace más de 15 años. El río Sañu se alimenta a lo largo de la cuenca de los tributarios provenientes de los manantiales, nevados, Bofedales, laguna y lagos que se encuentran en la cabecera de la cuenca. Además, en la cuenca se encuentran asentadas comunidades campesinas y productores agrarios que desarrollan actividades agropecuarias, siendo el río Sañu su principal fuente de agua

Esta cabecera de cuenca está conformada por 8 comunidades pero en todo la cuenca Sañu existen 5 comunidades, que son altamente dependientes del río Sañu para el abastecimiento poblacional y desarrollo de las actividades agropecuarias, de esta manera se abastecen de agua a 7200 usuarios agrarios y 2000 usuarios de consumo poblacional por tanto, es evidente la necesidad de estimar la recarga de los acuíferos para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico y su distribución espacial. Desde la perspectiva práctica la cabecera de cuenca del río Sañu es una zona estratégica para la región Cusco, ya que produce agua de buena calidad y que se utiliza no solamente en las poblaciones locales sino en toda la cuenca, para los diferentes usos, tales como abastecimiento de agua potable, riego, actividad ganadera e industrial. Finalmente, en lo metodológico, utilizaremos como instrumento de investigación el levantamiento topográfico del área de embalse de la Qocha, con un margen de ampliación, las Pruebas de Permeabilidad (ensayos de permeabilidad en el área de espejo de agua de la Qocha proyectada), Aforamiento de manantes (surgencia de agua subterránea o intersección del acuífero con la superficie del suelo) en la parte inferior de la Qocha, por el método volumétrico; Ensayo de Proctor Modificado (se realizará en laboratorio de mecánica de suelos, lo cual servirá para control de compactación del núcleo del dique).

La investigación fijo como objetivo general: Evaluar la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca rio Sañu, Espinar 2021, como objetivos específicos: La primera es Identificar los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero; la segunda Realizar el Estudio Hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu y la tercera Proponer el diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración.

Planteando los problemas y fijado sus objetivos se formulan las siguientes hipótesis, teniendo como hipótesis general: La recarga del acuífero, incrementa la captación de agua, utilizando Qochas en cabecera de cuenca del rio Sañu. Las hipótesis específicas; la primera los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, permite la eficiencia de recarga del acuífero; la segunda El estudio hidrológico, determina la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del rio Sañu y la tercera El diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración, incrementa la disponibilidad hídrica en el rio Sañu.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

A nivel internacional se tiene a (CHAVEZ GOMEZ, y otros, 2017) en su tesis titulado “CARACTERIZACIÓN DE ZONAS POTENCIALES DE RECARGA ACUÍFERA EN EL MUNICIPIO DE SAN JORGE, SAN MIGUEL, EL SALVADOR” (Universidad el Salvador – EL SALVADOR - CENTRO AMERICA), con el objetivo de “caracterizar las principales zonas potenciales de recarga al acuífero y cuantificar su recarga”; utilizando para ello el método del balance hídrico de suelos; aplicando la unidad de análisis (Muestra); se aplicó como instrumentos las pruebas de infiltración, Pendiente y Cobertura vegetal; los resultados fueron que “la recarga anual del acuífero se realiza directamente a partir de precipitaciones alcanzando los 44.26 Mm³”, mapa de cobertura vegetal, uso del suelo y pendientes fueron realizados utilizando tecnologías SIG.

A nivel internacional se tiene la Investigación de (ALMANZA QUIROGA, 2016) en su tesis titulado “DETERMINACIÓN DE LA RECARGA POR PRECIPITACIÓN EN EL ÁPICE DEL ABANICO ALUVIAL DE PUNATA, APLICANDO EL MODELO HIDRAULICO HELP” (Universidad Mayor de San Simón – BOLIVIA), con el objetivo de “determinación de la tasa de infiltración y recarga por precipitación”; utilizando para ello metodología de la recarga por precipitación; utilizando el análisis (Muestra) que integra “el abanico aluvial de Punata”; se aplicó como instrumentos las pruebas de permeabilidad; los resultados fueron que los valores de conductividad hidráulica a profundidades de 0.30; 0.50 y 1.00 m indican valores de 0.38 – 7.62 [m/día] con una desviación estándar de 0.1 – 8.1 m/día, Se obtuvieron mapas que muestran el potencial de recarga con un valor promedio de 110.25 mm/ año que es el 24.1% de la precipitación media anual.

A nivel internacional se tiene la Investigación de (HERRERA JIMÉNEZ, 2017) en su tesis titulado “IDENTIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE ZONAS DE RECARGA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA COMUNA LA ESPERANZA, PROVINCIA DEL CARCHI” (Universidad Técnica

del Norte – ECUADOR), con el objetivo de “identificar zonas potenciales de recarga hídrica y fuentes de abastecimiento de agua”; utilizando para ello la metodología de Caracterización de las condiciones biofísicas e hídricas y Balance hídrico climático; siendo “muestra” su unidad de análisis, se constituye “zonas de recarga hídrica de la Comuna Pasto de la Esperanza”; se aplicó como instrumentos “la delimitación y caracterización de los componentes biofísicos, mediante la sobre posición de información de pendientes del terreno, cobertura vegetal, uso, tipos, textura del suelo, precipitación y evapotranspiración, aplicando el software ArcGIS”; los resultados fueron que se identificaron 4 categorías de posibles zonas de recarga: Baja (la de mayor superficie con 4928,58 ha), Moderada, Alta y Muy Alta, Se obtuvieron una precipitación anual de 850.5 mm.

A nivel internacional se tiene la Investigación de (ANTÓN AVILA, y otros, 2017) en su tesis titulado “USO Y COMPORTAMIENTO DE LA GEOMEMBRANA COMO DELANTAL EN PRESA DE TIERRA”, teniendo como objetivo “Analizar el comportamiento de la geomembrana como delantal impermeable en presas de tierra (caso Presa Baba – cantón Buena Fe)”; utilizando para ello la metodología de análisis de filtraciones en el cuerpo de la presa y su cimentación; siendo “muestra” su unidad de análisis se constituye “la presa Baba”; se aplicó como instrumento la Modelación con el software GGU-SS-FLOW2D para condiciones de presa sin geomembrana y presa con geomembrana; los resultados fueron que la flexibilidad de la Geomembrana permite una fácil instalación en cimentación con topografía irregular y en este caso suelos aluviales, la Geomembrana produce estanqueidad absoluta.

A nivel nacional se tiene la Investigación de (CORNEJO RIVERO, 2019) en su tesis titulado “ESTUDIO DEL POTENCIAL HÍDRICO DE LA CUENCA DE SIHUA – COYA, CUSCO” (UNSAAC), teniendo como objetivo “identificar las características del potencial hídrico, como también definir las acciones de recarga hídrica mejor adecuadas”; utilizando para ello la metodología basada en recopilación de información relacionada, trabajo de campo y trabajo de gabinete; siendo “muestra” su unidad de análisis se constituye “la cuenca hidrográfica Sihua”; se aplicó como instrumentos “las pruebas de

permeabilidad, modelamiento hidrológico de LUTZ SCHOLZ”; los resultados fueron que “los valores de permeabilidad oscilan entre $K=0.20$ m/día hasta $K=3.18$ m/día, Como acciones de recarga artificial de acuíferos se propone zanjas de infiltración de longitud individual de 5m de sección trapezoidal de 0.40m de base inferior, de altura 0.30m y ancho superior de 0.67m con distanciamiento de 20m entre zanjas, así mismo se propone también forestación con plantas nativas”.

A nivel nacional se tiene la Investigación de (BLAS HERRERA, y otros, 2018) en su tesis titulado “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA RECARGA DE ACUÍFEROS EN LA MICROCUENCA TAMBUQUE, DISTRITO PARURO, REGION CUSCO - 2018” (UNSAAC), con el objetivo de “Realizar el estudio hidrogeológico para la recarga de los acuíferos en la microcuenca Tambuque, como también Identificar y limitar las unidades hidrogeológicas en la cuenca”; utilizando para ello la metodología basada en recopilación de información relacionada, trabajo de campo y trabajo de gabinete; siendo “muestra” su unidad de análisis se constituye “la microcuenca de Tambuque”; se aplicó como instrumentos las pruebas de permeabilidad, precipitación anual y balance hídrico; los resultados fueron que “el valor promedio de permeabilidad $K=13.16$ m/día, el acuífero se alimenta de forma directa de las presipitaciones con un vol. de 31,704.19 m³/año, Como acciones de recarga artificial de acuíferos se propone zanjas de infiltración de longitud individual de 5m de sección trapezoidal de 0.35m de base inferior, de altura 0.40m y ancho superior de 0.55m con distanciamiento de 30m entre zanjas, así mismo se propone el represamiento de la laguna Tirina que llegaría a almacenar 20,000.00 m³/año”.

A nivel nacional se tiene la Investigación de (MAMANI QUISPE, 2017) en su tesis titulado “RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOHIDRÁULICAS PARA INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL MANANTIAL COLLANA – CABANILLA” (UNA-PUNO), con el objetivo de “evaluar el sistema de recarga artificial de acuíferos en base a las características geohidráulicas para el aumento de la disponibilidad hídrica, como también determinar las especificaciones técnicas

para el diseño de zanjas de infiltración de acuíferos que están asociados a las precipitaciones pluviales”; utilizando para ello la metodología basada en “recopilación de información relacionada, trabajo de campo y trabajo de gabinete”; siendo “muestra” su unidad de análisis se constituye “la zona alta del manantial Collana Cabanilla”; se aplicó como instrumentos el levantamiento topográfico y prueba de infiltración; los resultados fueron que “ensayo de infiltración en el acuífero de interés, constituida por areniscas de cuarzo, donde se ha determinado buena permeabilidad, se proponen zanjas de infiltración rectangulares de 0.50m de base y de altura 0.40m con distanciamiento de 13m entre zanjas, como acciones de recarga artificial.

A nivel nacional se tiene la Investigación de (LUJAN HUARACA, 2020) en su tesis titulado “CONSTRUCCIÓN DE PRESA EN UNA QOCHA, PARA EL INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA COMUNIDAD DE SARHUA-AYACUCHO” (UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA), con el objetivo de “Construcción de una presa y revestimiento con geomembrana, de la Qocha Pichuicocha para el almacenamiento de agua de escorrentía durante la época de lluvias y regular la disponibilidad de agua en los humedales, así como almacenar agua de lluvia para regular la siembra y recolección de agua”; utilizando para ello una metodología basada en descripción de ejecución de obra; siendo “muestra” su unidad de análisis se constituye “la Qocha denominada Pichuicocha”; se aplicó como instrumentos los registros de ocurrencias; los resultados fueron “la ejecución la presa de la Qocha que permitirá almacenar 6325 m³ de agua provenientes de lluvia para hacer uso en épocas de estiaje, el dique fue construido con núcleo de tierra impermeabilizado con geomembrana de 1.5mm y espaldones de piedra”.

2.2 Bases teóricas:

Toda investigación implica referirse a determinadas fuentes de información especializadas que contextualizan el objeto de la investigación y, en esta medida, determinan su alcance e intenciones (HUAPAYA, y otros, 2018 pág. 28).

2.2.1 Sobre la Variable 1

Variable Independiente: Evaluación de recarga del acuífero

Recarga de acuíferos, Según Glosario de términos de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, se define como “Restauración del volumen natural e incluso expansión del reservorio subterráneo como resultado de la intervención a través de la perforación de pozos excavados” (R.J. N° 151-2020-ANA, 2020 pág. 17). “El concepto de siembra de agua, se centra en la **recarga hídrica** del suelo, subsuelo y/ o acuíferos. Esto se debe a medidas que estimulan la absorción de agua de lluvia interceptando e infiltrando de la escorrentía superficial causada por la precipitación, sea al nivel de la capa cultivable, perfiles de subsuelo o alimentando los acuíferos. La capacidad de sembrar agua depende de la intensidad de la precipitación, el grado de escorrentía, la capacidad de retención del sistema suelo-planta, así como la capacidad de infiltración del suelo” (MINAGRI - PERÚ, 2016 págs. 25,26).

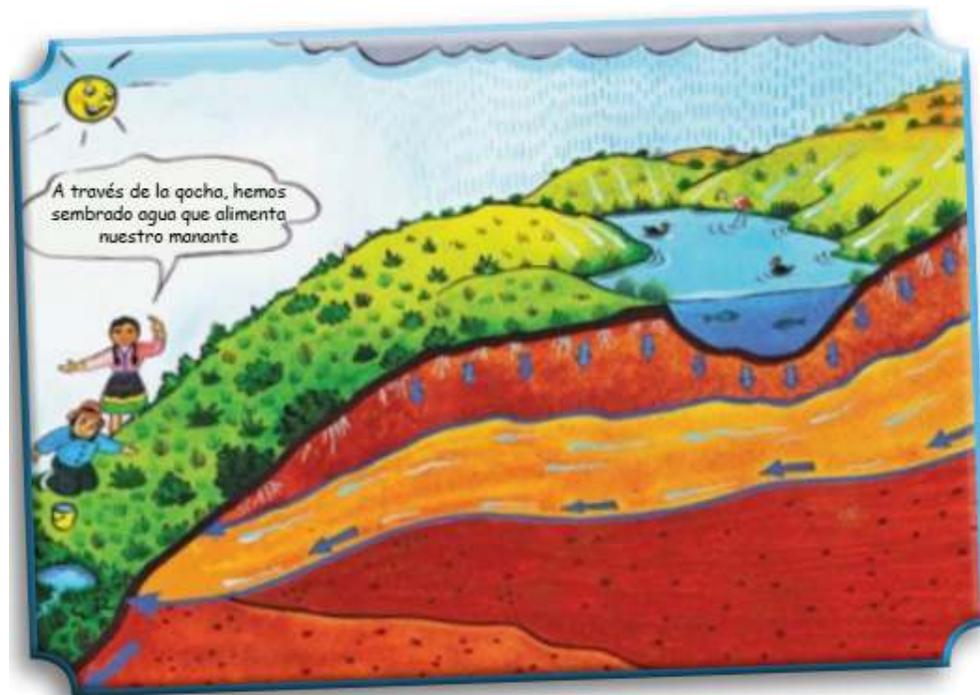


Figura N° 2: Siembra o recarga del acuífero a través de la Qocha
Fuente: (FONCODES, 2015 pág. 13)

Un acuífero es un reservorio o formación geológica que hace circular agua a través de sus poros o grietas, lo que permite a los humanos usarla en cantidades económicamente significativas para satisfacer sus necesidades. (CUSTODIO, y otros, 1983 pág. 259)

Los acuíferos se clasifican según su estructura y tipo de porosidad; Dependiendo de su estructura: a). Acuíferos libres, ilimitados o freáticos: Son acuíferos cuyo fondo es impenetrable y su techo se encuentra bajo presión atmosférica. Este tipo de acuífero se alimenta directamente por infiltración de ríos, lagos o agua de lluvia a través de una zona no saturada. Son los más afectados por la sequía. b). Acuíferos confinados o presurizados: delimitados en la parte superior por una formación de baja o muy baja permeabilidad. La presión hidrostática a nivel del techo del acuífero es superior a la presión atmosférica. c) Acuíferos semicerrados o semicerrados: En estos, el techo, el suelo o ambos están formados por capas de baja permeabilidad que, aunque complejas, no impiden la circulación vertical del agua. Los acuíferos semicerrados se reponen y descargan a través de nodos de baja permeabilidad denominados semiconfinantes o filtrantes. Dependiendo del tipo de porosidad, se clasifican las siguientes: a). Acuíferos de porosidad primaria o porosos. - Constan de formaciones geológicas sedimentarias. Los materiales suelen ser grava y mayoritariamente arena, que varían en composición y tamaño en función de su origen geológico (fluvial, glacial, etc.). b). Acuíferos con porosidad secundaria o fracturas. - Formado por rocas "duras" de origen magmático. La porosidad de estos acuíferos está determinada por la presencia de zonas de cambio, grietas, fallas o juntas, que son la única forma de almacenar y de circulación. c).- Acuíferos por disolución, químicos o kársticos.- Está formado por rocas de origen carbonatado (calizas, dolomías), donde la porosidad se desarrolla por segunda vez debido a la disolución del carbonato (COLLAZO, y otros, 2012 págs. 20,21,22).



Figura N° 3: Clasificación del acuífero en función de su Estructura
Fuente: (LÓPEZ GETA, y otros, 2009 pág. 20)



Figura N° 4: Clasificación del acuífero en función del Tipo de Porosidad
Fuente: (COLLAZO, y otros, 2012 pág. 22)

Se denomina Unidad Hidrogeológica a las formaciones geológicas como son: Acuíferos, Acuífugos, Acuícludos y Acuitardos; son considerados unidad, porque están relacionados entre sí, por lo que su trabajo es entradas, salidas o equilibrio, por lo que se tiene que tratar de manera conjunta, sin embargo, no todas las formaciones geológicas tienen la capacidad de almacenar y trasvasar agua, detectando formaciones que, al poder contener agua, no la traspasan en condiciones naturales y, por tanto, no se pueden extraer, se denominan Acuícludos (por ejemplo, arcillas), otras las formaciones no son capaces de acumular ni trasladar aguas subterráneas, son impermeables y se denominan acuíferas (por ejemplo, granitos, gneis), y finalmente encontramos cuerpos de agua (por ejemplo,

limo, limo arenoso), que son formaciones semipermeables (COLLAZO, y otros, 2012 pág. 20).

Se denomina Parámetros hidrogeológicos, a las propiedades físicas de la unidad hidrogeológica, que definen su capacidad de acumulación y transmitir agua, entre los principales tenemos: a) Porosidad. Es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total de roca o suelo. b) Porosidad efectiva. - es la relación entre el volumen de agua efectivamente liberada y su volumen total". (COLLAZO, y otros, 2012 pág. 24); c) Permeabilidad o Conductividad hidráulica (K).- Esta es la facilidad con la que un cuerpo puede atravesar un líquido, en este caso. d) Transmisividad (T).- indica que el agua circula fácilmente horizontalmente a través de la formación geológica, es una combinación de conductividad hidráulica y espesor. e).- Coeficiente de almacenamiento (S).- Es aplicable al acuífero confinado y es definido como la relación entre el volumen de agua liberado durante la producción y el volumen total que bajó la superficie piezométrica: (SANCHEZ SAN ROMAN, 2012 pág. 7)

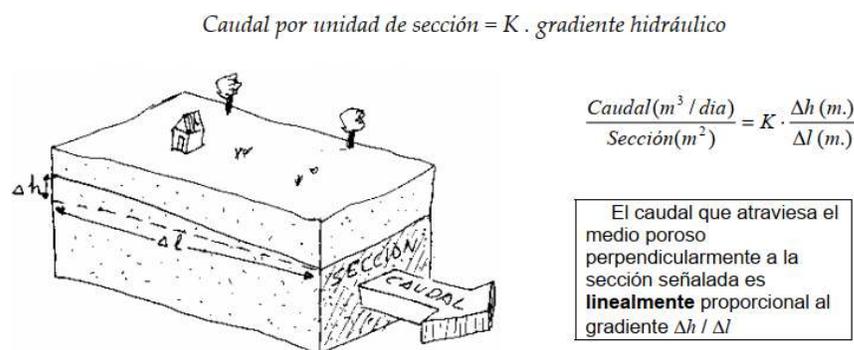


Figura N° 5: Formula de permeabilidad o Conductividad Hidráulica
Fuente: (SANCHEZ SAN ROMAN, 2012 pág. 9)

	Porosidad total	Permeabilidad
Acuíferos	Alta o moderada	Alta
Acuitardos	Alta o moderada	Baja
Acuicludos	Alta	Nula
Acuífugos	Nula o muy baja	Nula

Figura N° 6: Referencia para caracterización de parámetros Hidrogeológicos
Fuente: (SANCHEZ SAN ROMAN, 2012 pág. 10)

Tabla 1: Clasificación de Terrenos por la Permeabilidad

Permeabilidad m/día	10 ⁻⁸	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	Acuífero		Acuitardo			Acuífero pobre		Acuífero de regular a buena		Acuífero excelente	

Fuente: *Hidrología subterránea tomo I* (CUSTODIO, y otros, 1983 pág. 473)

La Soil Conservation Service de los Estados unidos (SCS), recomienda la siguiente clasificación según la permeabilidad:

Tabla 2: Grupos hidrológicos de Suelos según la SCS (USDA)

K (cm/ψ)	<0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 5.0	5.0 - 15.0	15.0 - 30.0	>30.0
Permeabilidad	Muy lenta	Lenta	Moderada	Moderada	Alta	Muy alta

Fuente: *SCS* (LÓPEZ, 2001 pág. 95)

Para determinar la permeabilidad mediante el ensayo Lefranc con nivel constante (carga), “se introduce un caudal constante Q para mantener el nivel de agua en el interior del pozo, estabilizado en la altura hm.... La conductividad hidráulica se obtiene usando la siguiente expresión.” (SÁNCHEZ SAN ROMÁN, 2011 pág. 2):

$$K = \frac{Q}{C \cdot h_m} \quad (1)$$

donde: K = conductividad hidráulica

Q = caudal inyectado

h_m = altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel estático previo

C = factor de forma³:

$$C = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{d}\right)}, \text{ para } L/d > 4 \quad (2)$$

L = longitud de la zona filtrante

d = diámetro la zona filtrante

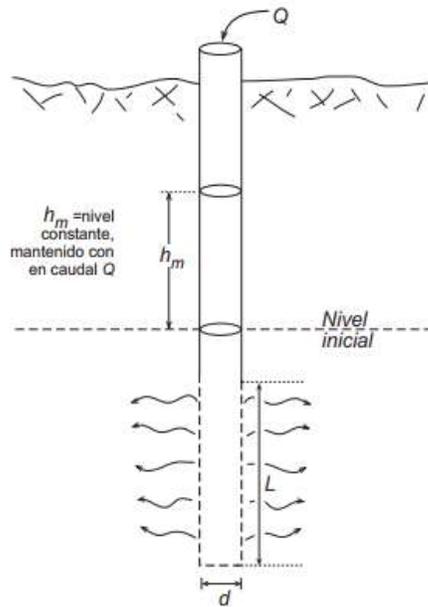


Figura N° 7: Ensayo Lefranc, con carga constante
Fuente: (SÁNCHEZ SAN ROMÁN, 2011 pág. 2)

Para la estimación de la precipitación es recomendable contar con la información pluviométrica proporcionada por SENAMHI (entidad encargada de registro de información), sin embargo, los datos obtenidos deben ser analizados y/o revisados, si están completos, si son consistentes y si es de extensión suficiente.

Para la estimación de la Oferta hídrica, el modelo precipitación - escorrentía Lutz Schulz, el cual nos permite sacar conclusiones sobre caudales y conocer la presencia de agua en un punto de interés donde no existen caudales medidos, como es el caso de la construcción de una presa para koch; El modelo se implementó con el fin de predecir la escorrentía a escala mensual, lo que permite utilizarlo para estudios hidrológicos para casi cualquier propósito, el uso del modelo requiere 3 etapas de trabajo: a).- Análisis cartográfico de la cuenca y zonificación de la información hidrometeorológica, b). - “Aplicación de modelos deterministas parciales (precipitación media, coeficiente de escorrentía, ETP, precipitación efectiva, fundamentos del balance hídrico, entre otros)” (LUTZ SCHOLS, 1980 pág. 12) ; y c).- generación de caudales durante un periodo prolongado (Generación con el modelo marcoviano de primer orden y

validación por medio de pruebas estadísticas a la media y desviación estándar).

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Donde:

- CM_i : Caudal mensual (mm/mes)
- P_i : Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)
- D_i : Déficit de escurrimiento (mm/mes)
- G_i : Gasto de retención de la cuenca (mm/mes)
- A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes).

Figura N° 8: La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes

Fuente: (LUTZ SCHOLS, 1980 pág. 22)

Para el cálculo del caudal máximo de se desarrollará el cálculo del Análisis de Máximas Avenidas, cuya finalidad es determinar los caudales máximos de diseños (por método Hidrograma unitario SCS, o conocido como método NRSC), para diferentes periodos de retorno (el periodo de retorno se calcula según la vida útil de la estructura), el caudal máximo de diseño es una estimación muy importante para dimensionar las estructuras hidráulicas. “El método NRCS (Servicio de Conservación de recursos Naturales USDA) calcula el volumen de escurrimiento de eventos extremos a partir de la precipitación, las características del suelo, cobertura de la cuenca y condiciones antecedentes de humedad. Asume que la intensidad de precipitación es constante y uniforme en toda la cuenca durante cada una de las 12 duraciones de tiempo menores al tiempo de concentración propuesta, y una infiltración decreciente en el tiempo. Además, propone la utilización de un hidrograma unitario triangular o adimensional para la estimación del caudal máximo y el hidrograma correspondiente al evento extremo, a partir de la precipitación efectiva” (TERRA, 2011 pág. 72)

El volumen de escurrimiento tiene que ser mayor que el volumen de almacenamiento según topografía. “Se denomina Qocha de Infiltración a la depresión natural de la tierra, que mantiene temporal o permanentemente el agua de la lluvia y / o su esorrentía, cuya su capacidad de almacenar incrementa con la construcción de una dique de tierra y piedras, que no supera los 3 metros (ya que si fuera mayor, requeriría estudios

especializados más complejos y de mayor costo) de altura” (UEFSA-SIERRA-AZUL, 2019), por lo que se recomienda, que la construcción del dique para la Qocha sea con materiales propios de la zona con el objetivo de garantizar el menor costo posible.



Figura N° 9: incremento de Capacidad de almacenamiento de una Qocha de Infiltración
Fuente: (UEFSA-SIERRA-AZUL, 2019)

2.2.2 Sobre la Variable 2:

Variable dependiente: Incrementar captación de agua

“A nivel mundial, es posible que el cambio de clima aumente la demanda de agua mientras disminuyen los suministros de agua. La alta varianza de la distribución espacial y temporal de precipitación y la extensión de la lluvia (eventos extremos) están dando lugar a una significativa variabilidad temporal y espacial en los recursos hídricos, lo que afectan severamente la disponibilidad de agua en todo el mundo” (KOLOKYTHA, y otros, 2017 pág. 284)



Figura N° 10: La reducción de área glaciar en las cordilleras peruanas, entre 1970 a 2003 fue de 870.66 km², que representa en porcentaje 42.64%

Fuente: (BACA RUEDA, 2014 pág. 16)

“El cambio de clima, el aumento poblacional y una historia de uso excesivo... durante mucho tiempo se ha creído que el suministro de agua dulce y limpia es suficiente y sostenible... la tradicional forma de gestionar el recurso hídrico, ahora es obsoleto... la gestión de agua tiene que ser reemplazada por una que se construye a partir de una posición de respeto por todas las partes interesadas, todos los usuarios y todos los entornos...” (MCNABB, 2017 págs. 129,130)

La fuente de suministro, que se utilizará directamente o para labores regulatorias, deberá proporcionar el caudal máximo diario para el período de diseño. (RNE-OS.010, 2006 pág. 1).

Existen 3 tipos de fuentes de agua, para el consumo familiar (RM-192-VIVIENDA, 2018 pág. 11)

- Grupo N° 1: Fuente Superficial: lago, río, canal, quebrada.
- Grupo N° 2: Fuente Subterránea: Manantial, Pozos y Galerías Filtrantes
- Grupo N° 3: Fuente Pluvial: lluvia, neblina

Por otro lado, para la acreditación de disponibilidad de agua superficial para pequeños proyectos en asentamientos rurales con una población no mayor a dos mil pobladores (RJ-N°007-ANA-Uso-de-Agua, 2015 pág. Art 13°).

Tabla 3: rango de población Por segmentos

Segmento	Rango de población	Tipo de prestador
Urbano	Mayor de 60 000 habitantes	EPS de mayor tamaño
	Desde 15 001 hasta 60 000 habitantes	EPS de menor tamaño
Pequeñas ciudades	Desde 2001 hasta 15 000 habitantes	Unidades de Gestión / Operadores especializados
Rural	Menos de 2001 habitantes	Organizaciones comunales / Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS)

Fuente (VII FORO MUNDIAL DEL AGUA, 2015)

Cabe destacar que “La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de cada miembro del hogar.” (RM-192-VIVIENDA, 2018 pág. 31).

Tabla 4: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d)

REGIÓN	DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRAULICO (COMPOSTERA Y HOYO SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: (RM-192-VIVIENDA, 2018)

Tabla 5: Dotación de agua para centros educativos

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/alumno.d)
Educación primaria e inferior (sin residencia)	20
Educación secundaria y superior (sin residencia)	25
Educación en general (con residencia)	50

Fuente: (RM-192-VIVIENDA, 2018)

2.3 Definición de términos básicos

Afluente. - “Arroyo que fluye hacia un arroyo o lago más grande. También se le conoce como tributario” (LEY DE RECURSOS HRIDRICOS - PERÚ, 2019).

Agua subterránea. - “Se puede definir como agua subterránea que llena continuamente los vacíos en la corteza terrestre y cuyo movimiento se rige exclusiva o casi exclusivamente por la gravedad y la fuerza de fricción causada por el movimiento en sí mismo” (HOLTING, y otros, 2019 pág. 7).

Análisis mecánico del suelo. - “Es una definición del rango de tamaños de partículas presentes en el suelo, que se expresa como porcentaje del peso seco total. Por lo general, se utilizan dos métodos para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.: (1) análisis de tamiz - para partículas con un diámetro de más de 0.075 mm y (2) análisis hidrométrico - para partículas con un diámetro de menos de 0.075 mm.” (DAS, y otros, 2016 pág. 39).

Área de la cuenca.- “El área total proyectada sobre un plano horizontal que contribuye a acumular todos los órdenes de cuencas” (SUBBA RAO, 2016 pág. 300).

Cambio Climático.- “Es la variación significativa en el estado del clima durante un periodo prolongado” (KOLOKYTHA, y otros, 2017 pág. 10)

Ciclo hidrológico.- “El movimiento del agua y vapor de agua del mar a la atmósfera, para la tierra, y de regreso al mar y la atmósfera de nuevo” (PLUMMER, y otros, 2016 pág. 641)

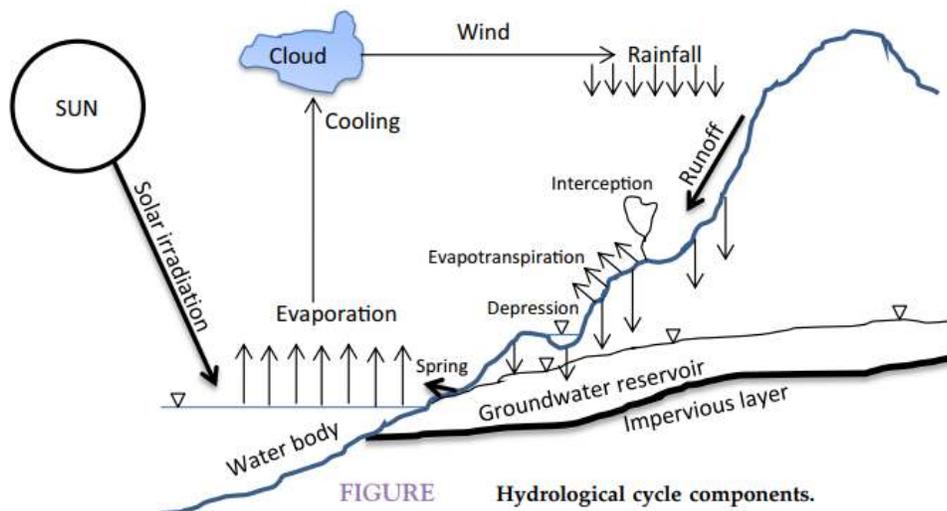


Figura N° 11: Componentes del Ciclo Hidrológico
Fuente: (SEN, 2015 pág. 4)

Conductividad hidráulica: “Una constante proporcional entre el flujo de fluido a través de un material poroso y permeable y el gradiente de presión impulsa el flujo. Es una medida de la facilidad con la que un líquido fluye a través de un material.” (KLEIN, y otros, 2017 pág. 1719)

Disponibilidad hídrica. - “por regla general, es calcular el balance hídrico, que tiene 3 parámetros principales como información inicial: precipitación media, evapotranspiración potencial y reservas en función de la textura media y profundidad del suelo. En la Figura siguiente, proporciona un ejemplo de un balance hídrico que ilustra las áreas donde la precipitación excede la ETP, que es un exceso y lo demás, un déficit. El período durante el cual se consume agua sin insumos adicionales se denomina consumo y el período durante el cual se suministra agua se denomina almacenamiento.” (TORRES, y otros, 2018 págs. 229,230).

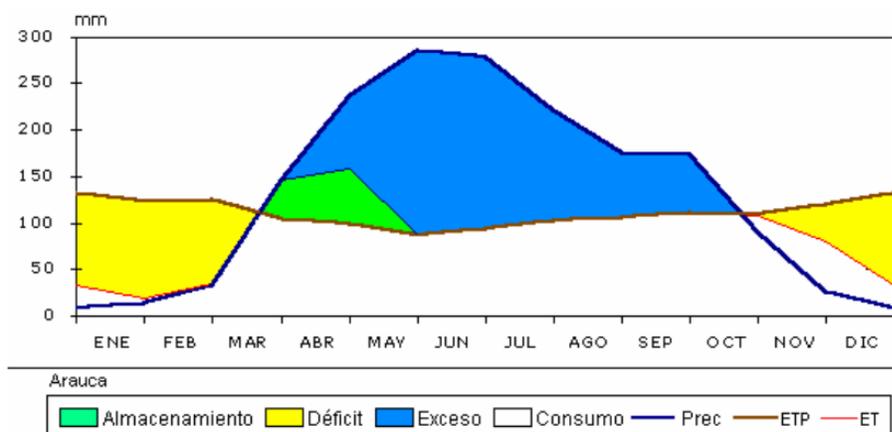


Figura N° 12: Disponibilidad hídrica por balance Hídrico
Fuente: (TORRES, y otros, 2018 pág. 230)

Evaporación.- “Una masa de aire es un cuerpo de aire con relativamente temperatura y humedad uniformes derivadas por un contacto prolongado con el subyacente superficie del suelo. Por muy seco que el aire pueda parecer ser, siempre contiene algunos humedad como moléculas de vapor de agua (Burt, 2012). Un vapor es un gas que está por debajo de su "Temperatura crítica" y, por lo tanto, puede ser fácilmente condensado o licuado por un comparativamente pequeño cambio de temperatura o presión” (ROBINSON, y otros, 2017 pág. 38). “una parte considerable de la precipitación cambia (a temperaturas por debajo del punto de ebullición) de líquido o sólido a estado gaseoso (es decir, vapor de agua). Con el aporte de energía, como la radiación solar, el movimiento de las moléculas de agua (y por tanto su energía cinética) aumentan. Como resultado, pueden salir de la superficie del agua y entrar en el aire superpuesto en forma de vapor y, por lo tanto, los

procesos de en un desequilibrio físico. En resumen, la evaporación depende de los siguientes factores: radiación solar como fuente de energía; temperatura del aire, que a su vez depende de la humedad atmosférica y por tanto, el déficit de saturación del aire; movimiento del viento, especialmente su turbulencia y en consecuencia, la mayor mezcla del aire” (HOLTING, y otros, 2019 pág. 69).

Evapotranspiración.- “La evapotranspiración (ET) incluye todos los procesos mediante los cuales el agua líquida y sólida llega a convertirse en vapor de agua, como el proceso físico de evaporación resultante de los intercambios de energía de la atmósfera terrestre bajo la influencia de la energía solar y los vientos secos y los procesos de transpiración de las plantas en los que el agua del suelo es absorbida por las raíces y transportada a través de las plantas y se evapora de las hojas, tallos y flores. Cuando el agua evapora, la energía térmica (es decir, 590 calorías por gramo) se almacena en el vapor de agua como calor latente. Esta energía proviene principalmente (directa o indirectamente) de la radiación solar. ET suele ser el segundo componente más importante del balance hídrico (es decir, por debajo de la precipitación). En zonas áridas y semiáridas, ET es casi equivalente a P (Precipitación) y es el más difícil Componente del balance hídrico a medir. Esto se debe a su amplia variabilidad espacial. Combinado con su alta variabilidad temporal. La incertidumbre que afecta a la ET a menudo tener un impacto directo en las evaluaciones de recarga de agua subterránea utilizadas para hacer decisiones críticas de gestión de aguas subterráneas. Esta incertidumbre es particularmente alta en zonas áridas y contextos semiáridos donde la precipitación es limitada” (DASSARGUES, 2019 pág. 15)

Geología estructural.- “El estudio de las estructuras de deformación en la litosfera con el fin de comprender su geometría, distribución y formación” (FOSSSEN, 2016 pág. 1923)

Hidrogeología.- “Es una ciencia tanto descriptiva como analítica. Tanto el desarrollo como La gestión de los recursos hídricos también es una parte importante de la hidrogeología. Una cuenta del suministro de agua del mundo revelaría que el agua salada en los océanos representa 97,2% del total. Las

superficies terrestres representan el 2,8% del total. Los casquetes polares y los glaciares tienen el 2,14%; el agua subterránea a una profundidad de 13.000 pies (pies) [4000 metros] representa el 0,61% del total; humedad del suelo, 0,005%; lagos de agua dulce, 0,009; ríos, 0,0001%; y lagos salinos, 0,008%, Más del 75% del agua en áreas terrestres está atrapada en hielo glacial o es salina” (FETTER, 2018 pág. 3)

Importancia del agua subterránea.- “La cantidad de agua subterránea almacenada en las formaciones geológicas y la facilidad con la que se puede extraer depende de dos factores (porosidad y permeabilidad); El agua subterránea se usa mayormente en regiones áridas e islas debido a la falta de fuentes superficiales, también ha comenzado a usarse en países con climas húmedos.” (VÉLEZ OTÁLVARO, 2019 pág. 2).

Infiltración.- “La infiltración es el flujo de agua a través de la superficie del suelo hacia un medio poroso bajo acción de la gravedad y efectos de la presión. La conductividad hidráulica (permeabilidad K) es un parámetro esencial de infiltración. Representa el valor límite de la infiltración si el suelo está saturado y homogéneo. La percolación es el flujo de agua vertical en suelos (poroso ambiente insaturado) en la capa de agua subterránea bajo la influencia de la gravedad. Un proceso de escorrentía que contribuye al interflujo es la retroalimentación de transmisividad. Esto se produce cuando se activa una red de macro poros tras una rápida infiltración. Los macro poros y las tuberías naturales son espacios vacíos en el suelo que proporcionan vías preferenciales. Los factores que afectan los procesos de infiltración son los siguientes: Precipitación (cantidad, intensidad, duración), Compactación del suelo debido al impacto de las gotas de lluvia y otras causas, Humedad inicial del suelo, Tipo de suelo (textura, estructura), Características hidrodinámicas (influyen en las fuerzas capilares y la adsorción), Suelo y cobertura del suelo y vegetación (tiene una influencia positiva en la infiltración al aumentar el tiempo de penetración del agua en el suelo), Topografía y morfología de pendientes, Evapotranspiración” (SACHSE , y otros, 2015 pág. 7).

Ingeniería de presas en el pasado.- “las presas y Aluviones para el desarrollo del agua, se debe Concebir presas de almacenamiento en un marco

bien articulado... La planificación y los diseños fueron concebidos con el tecnología y estructuras de última generación disponibles a través de los ríos, como presas de varios tipos como Albañilería, hormigón, tierra y enrocado, etc. erigido. La evaluación empírica se utilizó cuando la hidrología como ciencia estaba en su infancia o simplemente no disponible en esos días” (SHEKHAR DUTT, 2020 pág. 324)

Interacción presa-agua.- “Las presas sujetas a movimientos de suelo horizontales y verticales, muestra un comportamiento fuertemente resonante con gran amplificación en una banda de frecuencia especialmente estrecha debido a interacción presa-agua y compresibilidad del agua. El pico resonante único en la respuesta del presa sin agua puede convertirse en dos picos resonantes para un depósito lleno si el fondo del depósito es no absorbente, los dos picos se fusionan, dando como resultado un solo pico resonante a una frecuencia resonante intermedia” (CHOPRA, 2020 pág. 34)

Mapa geológico.- “En los mapas geológicos, la ondulación de la topografía está representada por contornos de altura. Estos contornos representan líneas a lo largo de las cuales todos los puntos tienen la misma altitud. Los contornos de altura están representados generalmente por líneas discontinuas y los números adjuntos indican la altitud del contorno correspondiente. Una sección transversal vertical (aquí denominada “sección transversal”) acompaña a un mapa geológico, en casi todos los casos. Las secciones transversales representan varias Características geológicas estructurales topográficas y subterráneas” (MUKHERJEE, y otros, 2017 pág. 1).

Permeabilidad en dique de tierra.- “En las presas de relleno de tierra y roca, el núcleo del suelo es permeable con una permeabilidad muy pequeña, pero no es impermeable como se suponía anteriormente, otra condición que induce la fracturación hidráulica es la baja permeabilidad del suelo del núcleo, especialmente en comparación con la grieta ubicada en el cara aguas arriba del núcleo, la fracturación hidráulica por inducción puede inducir la acción de acuífamiento de agua en la grieta si el suelo del núcleo la permeabilidad no es lo suficientemente baja” (JIE WANG, 2014 pág. 55).

Propiedades fisicoquímicas del suelo.- “Las propiedades fisicoquímicas del suelo son propiedades de los materiales influenciadas por las fuerzas entre partículas. El adjetivo "fisicoquímico" indica que alcanzan a las fuerzas interatómicas o intermoleculares responsables tanto de la física como de la química enlaces tales como covalentes, iónicos y van der Waals” (LU, 2019 pág. 95)

Seguridad hídrica. - “A la luz de la creciente escasez de agua que ha provocado una verdadera crisis hídrica en varias cuencas del mundo. La seguridad hídrica es una condición que asegura un suministro de agua sostenible para todos los usos, de manera equitativa y a precios asequibles, para promover la salud, desarrollo económico, producción de alimentos y energía. mitiga sus consecuencias e incluye medidas para adaptarse a las consecuencias del cambio de clima.” (PLAN CHILE, 2017 págs. 32,33).

Uso/ cobertura del suelo.- “El uso/ cobertura de la tierra juega un papel importante en la ocurrencia y distribución de aguas subterráneas. El uso de la tierra/ Los tipos de cobertura pueden ser tierras arbustivas, tierra cultivadas, pradera, bosque, tierra desnuda, aguas abiertas, otros según geografía. La clasificación de las clases de uso/ cobertura de la tierra para GP, cuerpo de agua> bosque> tierra arbustiva> cultivada tierra> pradera> tierra desnuda” (ALMAW FENTA, y otros, 2015 pág. 202)

Variabilidad hidrológica e hidroclimática.- “Sistemas hidrológicos y climáticos, y su combinación, es decir, sistemas hidroclimáticos, constan de varios procesos interrelacionados. Estos procesos no son susceptibles de análisis determinista. En la mayoría de los casos, si no en todos, las variables hidrológicas e hidroclimáticos están asociadas con la aleatoriedad e incertidumbre y deben tratarse como aleatorias. Los variables por ejemplo incluyen descarga máxima, caudal, precipitación máxima anual, número de días de lluvia, etc. Es bastante difícil identificar cualquier variable hidroclimática que está libre de aleatoriedad” (MAITY, 2018 pág. 2)

III.METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

Los enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos son posibles formas de resolver problemas de investigación, el enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos organizados que secuencialmente comprueba ciertas suposiciones. También es adecuado cuando se quiere estimar la magnitud o la ocurrencia de fenómenos y comprobar hipótesis (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2018 págs. 2,5,6).

Según su finalidad, la investigación aplicada teóricamente se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en conclusiones, descubrimientos y soluciones que se han planteado con fines de investigación, generalmente este tipo de investigación se utiliza en medicina o ingeniería.” (ARIAS GONZALES, 2020 pág. 43).

- Enfoque o ruta de Investigación : Cuantitativo
- Tipo de Investigación : Aplicativo

3.1.2 Diseño de la investigación

En este caso, corresponde a “Diseño no experimental, en este diseño no existen estímulos ni condiciones experimentales a las que se someten las variables estudiadas, los objetos de investigación se estudian en su contexto natural sin cambiar ninguna situación. En este diseño existe el tipo transversal que recopila datos en un momento y solo una vez. Es como tomar una fotografía y posteriormente describirla en un estudio, puede tener áreas exploratorias, descriptivas y de correlación (ARIAS GONZALES, 2020 pág. 50)

- Diseño de Investigación : No Experimental Transversal

3.2 Variables y Operacionalización

Variable 1 (Variable Independiente) : Evaluación de recarga del acuífero

Variable 2 (Variable dependiente) : Incrementar Captación de agua

.La matriz de Operacionalización de variables, se adjunta en anexos

3.3 Población, Muestra, muestreo, Unidad de análisis

3.3.1 Población

Es el total de objetos o elementos que tienen características similares, es determinada por el investigador de acuerdo con los criterios que considere importantes (MEJIA MEJIA, 2005 pág. 95). “La población y el universo tienen las mismas características, por lo que a la población se le puede llamar universo” (ARIAS GONZALES, 2020 pág. 59).

En la presente investigación la población está conformada por las ocho Qochas ubicadas en la cabecera de cuenca del Rio Sañu, los mismos que se encuentran en la Comunidad de Checcani Pucara.

3.3.2 Muestra

“Subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de esta, si se desean generalizar los resultados” (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2018 pág. 196). “debe tener las mismas características generales de la población” (MEJIA MEJIA, 2005 pág. 96).

En la presente investigación, la muestra es de una Qocha, denominada “Qocha Manquere”.

3.3.3 Muestreo

El muestreo es una técnica que permite conocer los parámetros de la población” (MEJIA MEJIA, 2005 pág. 97). “Existen 2 tipos de muestreo: el muestreo probabilístico y No probabilístico... El muestreo no probabilístico se utiliza cuando se desea seleccionar a una población en función de sus

características comunes o debido a un juicio sesgado por parte del investigador, asimismo, en este caso no se utiliza el muestreo estadístico, y no todos los miembros de la población tienen las mismas posibilidades de ser seleccionado (ARIAS GONZALES, 2020 pág. 60)

El tipo de muestreo para la presente investigación es no probabilístico, ya que la muestra fue elegida por conveniencia o criterios personales del investigador.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recolectar datos luego de plantear las preguntas, es importante establecer qué método y herramienta se utilizará, cada método tiene su propio instrumento, y cada instrumento tiene su propia forma de aplicarse, de acuerdo con las características de la población (ARIAS GONZALES, 2020 pág. 54).

3.4.1 Técnica:

“las técnicas son las respuestas a la pregunta "¿Cómo se hace?" Permiten el desarrollo científico y metodológico de la investigación. En esta técnica, la ficha de observación sirve para observar e identificar aspectos del objeto que se evalúa (características, trabajo, comportamiento, entre otras cosas); se puede utilizar en investigación experimental y no experimental (ARIAS GONZALES, 2020 págs. 54,55).

En la presente investigación se utilizó la técnica de la observación, por ser un estudio de ingeniería.

3.4.2 Instrumentos

“Los instrumentos son las herramientas que sirven de soporte para lograr el objetivo de la investigación, en el caso de un artista sus instrumentos son

el pincel y la pintura y las técnicas serán sus trazos y medidas” (ARIAS GONZALES, 2020 pág. 54)

Las Actividades que requieren recolección de datos:

- Levantamiento topográfico: Se realizó el levantamiento topográfico del área de embalse de la Qocha, con un margen de ampliación.
- Pruebas de Permeabilidad: Se realizaron ensayos de permeabilidad en el área de espejo de agua de la Qocha proyectada.
- Aforamiento de manantes (parte baja): Se realizó aforo de manante (surgencia de agua subterránea o intersección del acuífero con la superficie del terreno) en la parte baja de la Qocha, por el método volumétrico.
- Ensayo de Proctor Modificado: Se realizó en laboratorio de mecánica de suelos, lo cual servirá para control de compactación del núcleo del dique.

Los instrumentos utilizados en la presente investigación de tesis fueron:

- Ficha de Registro de Observación y Libreta de campo
- 01 Permeámetro de LEFRANC
- 01 DRONE DJI Phantom 4 pro
- 01 GPS Submétrico (Trimble Geo XT 2005)
- 01 Balde transparente con medidor
- 01 cámara digital
- 01 cronometro

3.5 Procedimiento

Primeramente se realizó el reconocimiento del Terreno, muestreo, seguidamente se evalúa las condiciones de accesibilidad, seguidamente se identificó la calidad de vaso natural y la propuesta de la ubicación del dique para determinar el área de levantamiento topográfico.

Posterior a ello se realizó se realizó la recopilación de información cartográfica e información hidrométrica de las fuentes oficiales, seguidamente se realizaron los estudios básicos decampo y gabinete, como son el

levantamiento topográfico, estudio hidrológico, ensayos de permeabilidad, identificación de las canteras, laboratorio de mecánica de suelos, toma de datos de los agentes de la presente investigación.

Posteriormente se realiza el predimensionamiento del dique para la Qocha, en estricto cumplimiento de las normativas técnicas correspondientes y las bases teóricas consideradas, así mismo se realizó el modelamiento y análisis de la estructura del dique, con lo cual se realizan los diseños requeridos, con los correspondientes chequeos y/o verificaciones necesarias y finalmente realizamos la evaluación integral de la investigación.

3.6 Método de análisis de datos

Se realizó el cálculo de población futura y cálculo de demanda de agua, de los beneficiarios del variable dependiente, con los métodos expuestos en las bases teóricas

Se realizó el ensayo “Proctor modificado”, en el laboratorio de suelos, considerando los parámetros de la normativa E-0.50 del RNE.

Se realizó el aforo de manantes, aguas abajo de la Qocha (objeto de estudio), para ello se utilizó el método volumétrico.

Se realizó el procesamiento de datos de campo del estudio de levantamiento topográfico, en el software Agisoft PhotoScan profesional versión 2.5, así mismo el procesamiento de planos topográficos en el software CIVIL 3D 2021 versión estudiantil.

Se realizó el procesamiento de los datos cartográficos para el cálculo de la microcuenca o área de recarga de la Qocha, en el software HEC-Geo HMS, con sus respectivos parámetros; así mismo el procesamiento de las diferentes mapas requeridas, para el cálculo de Oferta hídrica y caudal máximo de diseño.

Se realizó el cálculo de conductividad hidráulica o permeabilidad “K”, con los datos obtenidos del ensayo de LEFRANC de carga constante, considerando las bases teóricas expuestas

Se realizó el análisis de estabilidad de talud del dique en el software SLIDE, considerando los materiales elegidos para la construcción del dique, a su vez considerando los escenarios de la Qocha agua llena y sin agua.

3.7 Aspectos éticos

En la presente investigación se recopiló información de campo, con el objetivo de realizar los cálculos y garantizar su autenticidad, se respetaron los resultados, por ser original la investigación que le corresponde al autor, así mismo se respetó las normas técnicas y el rigor de los procedimientos que requiere el campo de la ingeniería.

Cabe resaltar, que el aspecto ético, se toma en cuenta, por la confidencialidad, autenticidad y la objetividad de la información.

IV. RESULTADOS

4.1 Obj.E-1: Parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero

A continuación se muestra los valores de permeabilidad obtenido en el área del espejo de agua de la Qocha Manquere, los ensayos se realizaron por el método de LEFRANC de carga constante. Lo cual califica como un regular acuífero por tener su conductividad Hidráulica o Coeficiente de Permeabilidad (K) moderada.

Tabla 6: Valores de permeabilidad en la Qocha Manquere

Pozo N°	Formación Geológica	Tipo de Material	Tiempo de Interv. (min)	Descenso (cm)	Vol=AxDesc (cm3)	Q (Infit) (cm3/s)	Q (Infit) (Lt/s)	K (cm/h)	K (cm/s)	K (m/día)	Acuífero
1	Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)	SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a	1	20.00	405.37	6.7561	0.0068	5.31	0.0015	1.27	REGULAR, K=Moderada
2	Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)	SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a	1	21.00	425.63	7.0939	0.0071	5.87	0.0016	1.41	REGULAR, K=Moderada
3	Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)	SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a	1	19.00	385.10	6.4183	0.0064	5.13	0.0014	1.23	REGULAR, K=Moderada
4	Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)	SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a	1	22.00	445.90	7.4317	0.0074	5.65	0.0016	1.36	REGULAR, K=Moderada
5	Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)	SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a	1	23.00	466.17	7.7695	0.0078	5.64	0.0016	1.35	REGULAR, K=Moderada
<i>K-promedio=</i>								5.52		1.32	REGULAR, K=Moderada

Fuente: Elaboración propia

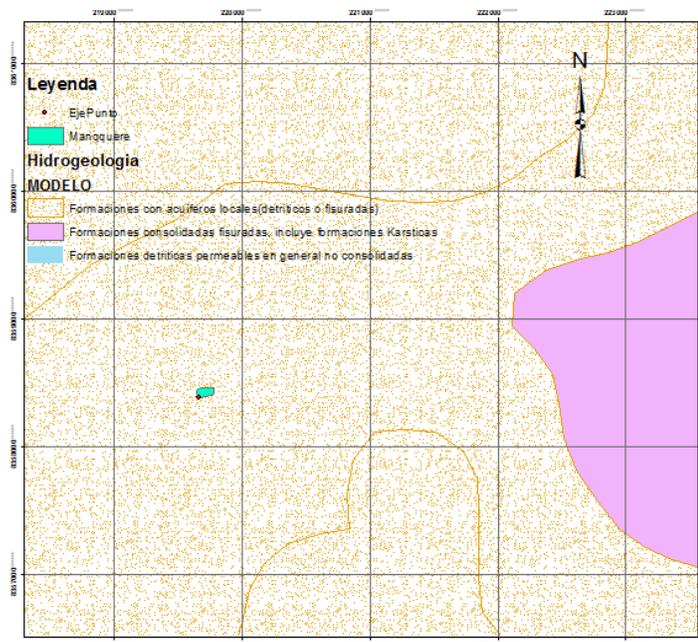


Figura N° 13: Mapa Hidrogeológico de la zona de la Qocha
Fuente: (INGEMMET, 2021)

Actualmente el acuífero de la Qocha Manquere, se encuentra en proceso de descenso de sus niveles de almacenamiento, en vista que el dique de la salida fue realizada de manera artesanal (solamente con piedras); lo cual en los posteriores meses se secará.



Figura N° 14: Vista del dique artesanal de piedra que existe actualmente
Fuente: Elaboración propia

4.2 Obj.E-2: Estudio Hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu

Se realizó el cálculo de oferta hídrica del área de recarga o microcuenca, para el diseño de altura del dique y el caudal máximo de la máximas avenidas para el diseño del aliviadero de demasías del dique.

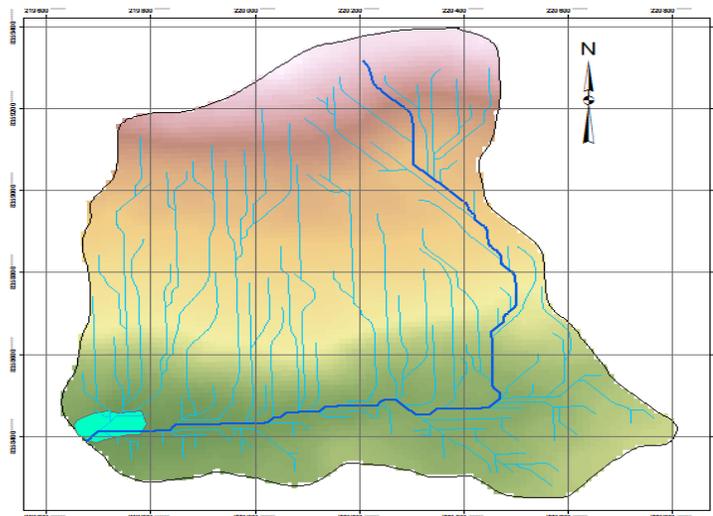


Figura N° 15: Microcuenca o Área de recarga hídrica de la Qocha
Fuente: Elaboración propia

a) Cálculo de Oferta Hídrica (OH)

El cálculo de la Oferta hídrica, se realizó considerando el modelo precipitación - escorrentía Lutz Schulz, con el cual se infirió los caudales y disponibilidad hídrica en un punto de la ubicación del dique para las qochas; para ello se realizó el dibujo de mapas y tratamiento de datos Hidrometeorológicos:

Tabla 7: Resultado del cálculo de oferta Hídrica
OFERTA HIDRICA ANUAL (M3)

Nº	Area de Recarga de la Qocha	Oferta Hidrica (m3)
1	QOCHA MANQUQUERE	125,654.00
Oferta Hidrica Total		125,654.00

Fuente: Elaboración propia

Los mapas y los cuadros de cálculo, se adjunta en el anexo.

b) Cálculo de Caudal máximo (Qmax.)

El cálculo del caudal máximo de diseño se realizó por método de Hidrograma unitario SCS (método NRSC), para un periodo de retorno de 100 años, para ello se realizó el dibujo de mapas y tratamiento de datos pluviométricos.

Tabla 8: Resultado del cálculo de caudal máximo de diseño
Caudales Máximos de Diseño

Nº	Qocha	Qmáx (m3/s)
1	Qocha Manququere	2.240

Fuente: Elaboración Propia.

Los mapas y los cuadros de cálculo, se adjunta en el anexo.

4.3 Obj.E-3: Propuesta del diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración

Dique de tierra para la Qocha y/o Minipresa

La propuesta es construir un dique con material propio de la zona, es decir un dique de tierra, con cimentación de piedra, núcleo de material granular tipo

afirmado, impermeabilizado con geomembrana, con espaldones de piedra grande.

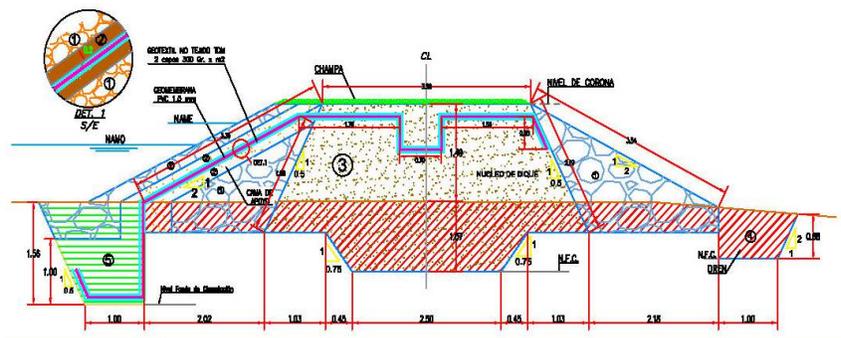


Figura N° 16: Propuesta del dique de tierra para la Qocha, para la recarga del acuífero
Fuente: elaboración propia

Levantamiento topográfico de la Qocha

Se realizó el levantamiento de la Qocha de interés, con los instrumentos correspondientes; para el registro de BMs y puntos de control se utilizó el GPS submétrico, los cuales servirán para Georreferenciación de la configuración de la superficie del terreno. El procedimiento se inició con la colocación de las DIANAS y registro de coordenadas de los puntos de apoyo, seguidamente el levantamiento topográfico con VANT DRON DJI Phantom 4 Pro, el cual nos permitió realizar un levantamiento taquimétrico con datos horizontales y verticales de cada elevación o depresión de acuerdo al relieve del terreno, finalmente el Procesamiento en gabinete con el software Agisoft PhotoScan Professional para la generación de nube de puntos, DEM (modelo de elevación digital) y AUTOCAD CIVIL 3D Professional para generar curvas de nivel.

Dimensionamiento del dique para la Qocha

El dimensionamiento del dique de tierra para la Qocha, se realizó con la ayuda del levantamiento topográfico, con el cual se obtiene el área del espejo del agua y la capacidad de volumen del almacenamiento del vaso, considerando la oferta hídrica y/o disponibilidad hídrica.

Tabla 9: cálculo del volumen de almacenamiento de la Qocha

Nº	Qocha	Área Esp. Agua (m2)	Vol. Almac. del Vaso (m3)	Oferta Hidrica (m3)
1	QOCHA MANQUERE	10,864.00	27,160.00	125,654.00

CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resultado del Dimensionamiento del dique de tierra para la Qocha

COTA	ALTURA	PROFUND.	FETCH	BORDE	TIRANTE	BASE
CORONA	DIQUE	CIMENTAC.		LIBRE		
4,480.60	3.00	2.40	160.00	0.10	0.40	2.50

Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas para la construcción del dique

A continuación, se mencionan algunas especificaciones técnicas más resaltantes para el proceso constructivo:

“Para los trabajos de excavación de material suelto a realizar en el área de cimentación, se deberá de emplear equipo pesado con una retroexcavadora sobre llantas de 87-128HP, debiendo el residente de obra, evaluar la funcionabilidad y operatividad de los mismos para este tipo de trabajo, la retroexcavadora removerá el suelo a un extremo de la cimentación, estas actividades recibirán el apoyo de mano de obra” (UEFSA-SIERRA-AZUL, 2019).

“Se deberá extender los paños de geotextil no tejido de 300gr/m2 en toda la zanja de excavada para luego colocar el material granular. Los geotextiles están fabricados de tal forma, que tiene una alta resistencia a la tensión y pueden absorber los esfuerzos a que estén sometidas las estructuras, poseen una alta elongación, lo que permite un mejor acomodamiento en terrenos irregulares, manteniendo su resistencia bajo deformaciones iniciales que presente la obra, son resistentes a los ácidos, álcalis, insectos y microorganismos, por ser fabricados de fibras sintéticas, materiales químicamente inertes, son resistentes a altas temperaturas, actúan como filtro, permiten el paso del agua y retienen materiales finos” (UEFSA-SIERRA-AZUL, 2019).

“La conformación de espaldón con piedra, consiste en el colocado de las piedras seleccionadas sobre toda la superficie del talud del núcleo de la presa,

el cual le dará estabilidad además servirá como material de protección. Luego del transporte y descargado en rumas de las piedras por los volquetes, se procederá a extender las piedras seleccionadas (piedras de diámetro 0.30m – 0.50m aproximadamente) deberá quitarse las piedras superpuestas, luego de ello se hará su compactado con un rodillo compactador, el enrocado se dispondrá de abajo hacia arriba como una albañilería (diámetros de 20” en la base del dique y a medida que se llegue a la corona se irá disminuyendo el diámetro hasta 12”) alineadas, asentadas y compactadas, previa aprobación de la Supervisión” (UEFSA-SIERRA-AZUL, 2019).

“La protección de corona comprende la colocación de la champa en la corona del dique, de acuerdo a lo indicado en los planos y aprobado por la Supervisión. Las champas que fueron extraídas en bloques y colocadas en rumas, se irán colocando en orden y alineadas con cordel, desde un extremo a otro sobre la base de la corona, cada bloque de champa se colocará sobre la corona y con apoyo de una espátula se agregará tierra cernida, se acomodará y se asentará en forma uniforme, para lo cual deberá evitarse los vacíos en el acomodo, dichos trabajos se harán con herramientas adecuadas, la disposición o colocación de las champas serán de manera ordenada y en secuencia de uno con el otro en toda la corona del dique” (UEFSA-SIERRA-AZUL, 2019).



Figura N° 17: Recojo de muestra de la cantera, para estudio de suelos, con la finalidad de conformar el núcleo del dique

Fuente: Elaboración propia

4.4 Obj. G: Evaluación de la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca rio Sañu, Espinar 2021

Los objetivos planteados en la presente investigación, permitieron realizar los estudios básicos y diseño de ingeniería, para cuantificar la recarga del acuífero utilizando qochas, con la finalidad de incrementar disponibilidad hídrica en la captación del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Machupunte.

La demanda de agua potable del mencionado centro poblado, en los próximos 20 años ascenderá a 2.50 l/s, según cálculo de consumo máximo diario, lo que es equivalente a 79,056 m³/año; por otro lado el volumen de almacenamiento de la mencionada Qocha es de 27,160 m³/año, lo cual representa idealmente una contribución de 34.36% al requerimiento del centro poblado, sin embargo, se tiene que considerar los desperdicios en el subsuelo, en el tránsito por los ríos hasta llegar a la captación señalada, consumo de los animales, consumo de las plantas y/o pastos que se nutren en el camino, consumo de los habitantes que viven entre la Qocha y la captación de agua potable, entre otros aspectos; lo cual considero que es materia de otra investigación.



*Figura N° 18: Captación Tipo barraje fijo del Sistema de Abastecimiento de agua potable del Centro poblado de Machupunte
Fuente: Elaboración propia*

Tabla 11: Demanda de agua del C.P. de Machupunte

A.- POBLACION				Global
	NUMERO DE FAMILIAS			320.00
	INTEGRANTES POR FAMILIA			4.00
	POBLACION ACTUAL			1,280.00
	TASA DE CRECIMIENTO (%)			1.80
	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)			20.00
	POBLACION FUTURA		$Pf = Po (1 + r \times t/100)$	1,741.00
B.- DEMANDA DE AGUA				
	DOTACION (LT/HAB/DIA)			80.00
	EDUCACION INICIAL Y PRIMARIA			0.03 lt/seg
	EDUCACION SECUNDARIA			0.06 lt/seg
	CENTROS DE CULTO (TEMPLO)			0.00 lt/seg
	CONSUMO PROMEDIO ANUAL (LT/SEG)		$Qp = (Pob. \times Dot./86,400)$	1.61 lt/seg
	CONSUMO PROMEDIO ANUAL -VARIOS (LT/SEG)			1.70 lt/seg
	CONSUMO MAXIMO DIARIO (LT/SEG)		$Qmd = 1.30 \times Qp$	2.209 lt/seg
	CONSUMO MAXIMO HORARIO (LT/SEG)		$Qmh = 2.0 \times Qp$	3.40 lt/seg

Fuente: Elaboración propia

Financieramente, la construcción del dique de tierra para la Qocha, según las especificaciones técnicas mencionadas en líneas arriba, requeriría un costo de inversión que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 12: Costo Calculado para la construcción del dique de tierra para la Qocha

N°	NOMBRE DE LA QOCHA	COSTO DIRECTO (S/.)	GASTOS GENERALES (S/.)	SUPERVISION DE OBRA (S/.)	TOTAL POR QOCHA (S/.)
1	MANQUERE	116,411.00	13,500.00	8,980.00	138,891.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		116,411.00	13,500.00	8,980.00	138,891.00

Fuente: Elaboración propia

los impactos ambientales en la fase de ejecución, ya sean físicos y/o biológicos serán mínimos, temporales y reversibles; para las medidas de Mitigación del Impacto Ambiental del Proyecto, se ha considerado en el costo directo calculado; no se ha identificado en el área de influencia del proyecto, los posibles impactos sobre patrimonios culturales y arqueológicos; el impacto social sería significativamente positivo en los relacionado a la generación de empleo, cultural y mejora en el estilo y condiciones de vida de los pobladores de la comunidad. En resumen, los ecosistemas y paisajes naturales de la zona, no sufrirán impactos negativos significativos, ni duraderos.

Pronunciamiento: luego de haber analizado y revisado los diferentes aspectos de la presente investigación, considerando los efectos del calentamiento global y crecimiento poblacional, se declara factible, procedente y necesario las investigaciones y ejecución de los proyectos de recarga hídrica de los acuíferos en la cabecera de cuenca del río Sañu.

V. DISCUSIÓN

Discusión de resultados 1.

Con respecto al objetivo específicos referido a la Identificación de los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, se ha realizado ensayos de permeabilidad por el método de LEFRANC de carga constante, obteniéndose como resultado valores de conductividad Hidráulica o Coeficiente de Permeabilidad $K=1.32$ m/día, lo que califica como acuífero de moderada permeabilidad; por otro lado, citado en los antecedentes internacionales (ALMANZA QUIROGA, 2016) y citado en los antecedentes nacionales (CORNEJO RIVERO, 2019) “también realizaron los ensayos de permeabilidad para calificación o caracterización del terreno para recarga de acuíferos, obteniendo valores de $K =7.62$ m/día y $K=3.18$ m/día, respectivamente”; por lo tanto la hipótesis que dice “los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, permite la eficiencia de recarga del acuífero”, es acertado y se mantiene para calificar la eficiencia del terreno para recarga de acuíferos.

Discusión de resultados 2.

Con respecto al objetivo específicos referido a la realización del estudio hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu, se realizó el cálculo de oferta hídrica del área de recarga o microcuenca obteniéndose una disponibilidad hídrica de 125,654 m³/año, y el caudal máximo para el diseño del aliviadero de demasías del dique con un valor de $Q_{max}=2.24$ m³/s; por otro lado, citado en los antecedentes nacionales (BLAS HERRERA, y otros, 2018) “ha obtenido una disponibilidad hídrica para recarga anual del acuífero de manera directa por precipitación ascendiente a 131,704.19 m³/año” y citado en los antecedentes internacionales (CHAVEZ GOMEZ, y otros, 2017) “ha estimado un volumen de 44,260 m³/año”; por lo tanto la hipótesis que dice “El estudio hidrológico, determina la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu”, es acertado y se mantiene para dimensionamiento de la altura del dique y diseño de la sección de aliviadero de demasías.

Discusión de resultados 3.

Con respecto al objetivo específicos referido a la propuesta del diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración, se realizó la propuesta y diseño técnico, de un dique de tierra, con cimentación de piedra, núcleo de material granular tipo afirmado, impermeabilizado con geomembrana, con espaldones de piedra grande, con una altura total de 3m para un volumen de almacenamiento máximo de 27,160 m³ de agua; por otro lado, citado en los antecedentes nacionales (BLAS HERRERA, y otros, 2018) “propone el represamiento de la laguna Tirina que llegaría a almacenar 20,000.00 m³/año”, así mismo, citado en los antecedentes nacionales (LUJAN HUARACA, 2020) “ha participado en la ejecución de la Qocha denominada Pichuicocha, en la cual se ha considerado un dique que permitirá almacenar 6325 m³/año de agua provenientes de lluvia para hacer uso en épocas de estiaje, el dique fue construido con núcleo de tierra impermeabilizado con geomembrana de 1.5mm y espaldones de piedra”, también, citado en los antecedentes internacionales (ANTÓN AVILA, y otros, 2017) “propone el uso de Geomembrana que permite una fácil instalación en cimentación con topografía irregular, a su vez la Geomembrana produce estanqueidad absoluta”; por lo tanto la hipótesis que dice “El diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración, incrementa la disponibilidad hídrica en el río Sañu”, es acertado y se mantiene con las características y especificaciones técnicas propuestas.

Discusión de resultados 4

Con respecto al objetivo general referido a la evaluación de la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca río Sañu, Espinar 2021; se realizó la evaluación del logro de los objetivos planteados en la presente investigación, que permitieron realizar los estudios básicos y diseño de ingeniería, como resultado la mencionada Qocha llegaría a almacenar 27,160 m³/año, lo cual representa idealmente una contribución de 34.36% de la demanda de agua del centro poblado, sin embargo, se tiene que considerar los desperdicios en el subsuelo, en el tránsito por los ríos hasta llegar a la captación señalada, consumo de los animales, consumo de las plantas y/o pastos que se nutren en el

camino, consumo de los habitantes que viven entre la Qocha y la captación, entre otros aspectos, lo cual se considera que es materia de otra investigación; financieramente la ejecución del proyecto costaría S/. 138,891.00, y como pronunciamiento de la evaluación se declara factible, procedente y necesario las investigaciones y ejecución de los proyectos de recarga hídrica de los acuíferos en la cabecera de cuenca del río Sañu; por otro lado, citado en los antecedentes nacionales (LUJAN HUARACA, 2020) “describe la ejecución del dique de la Qocha que permitirá almacenar agua provenientes de lluvia para hacer uso en épocas de estiaje”; así mismo, citado en los antecedentes nacionales (MAMANI QUISPE, 2017) “Como acciones de recarga artificial de acuíferos propone zanjas de infiltración” y citado en los antecedentes nacionales (HERRERA JIMÉNEZ, 2017) “señala como resultado de su investigación la identificación de 4 categorías de zonas potenciales de recarga”; por lo tanto la hipótesis que dice “La recarga del acuífero, incrementa la captación de agua, utilizando Qochas en cabecera de cuenca del río Sañu”, es acertado y se mantiene por ser factible, procedente y necesario.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: El concepto siembra de agua, se centra en la recarga de agua en sub suelos y acuíferos, se trata de medidas mayormente orientadas a la recarga hídrica de acuíferos y del subsuelo, como Qochas de infiltración, zanjas de infiltración, canales de infiltración (amunas), pozas, etc., medidas que permiten captar (embalsar) agua proveniente de precipitaciones pluviales e infiltrar orientadas a conducirla hacia acuíferos (en el sub suelo) y luego cosecharla en manantiales, quebradas, riachuelos, lagunas, etc., en lugares aguas más debajo de la zona de recarga hídrica de acuíferos.

Conclusión 2: para un adecuado dimensionamiento y estimación de la capacidad del volumen de embalse de la Qocha, se ha visto conveniente realizar el levantamiento topográfico del área de espejo de agua, considerando margen de ampliación, utilizando para ello el equipo de VANT o DRON con capacidades para estos trabajos, los productos que se obtiene de los datos tomados por el dron son el nube de puntos, Ortofotos, modelo digital de elevaciones, así mismo para aseguramiento de su georreferenciación se ha utilizado puntos de control (sobre los cuales se colocan dianas visibles para toma de fotografía durante el vuelo) para el registro de las coordenadas con el GPS submétrico, con lo cual la precisión de las curvas de nivel se incrementan; cabe señalar que dichos puntos de control son colocados y pintados sobre rocas fijas o piedras grandes, los mismos que en la etapa de ejecución pueden ser utilizados como BMs de referencia para el replanteo correspondiente.

Conclusión 3: Para el emplazamiento de la cimentación, se realizó una calicata de 1.50m de profundidad con la finalidad de caracterización de la estratigrafía del terreno en el eje del dique, lo cual también sirvió para encontrar terreno estable para la fundación de la cimentación, así mismo se realizó la identificación de la cantera, de donde se ha extraído muestra de material granular para ensayo de laboratorio de mecánica de suelos y determinación de Proctor modificado, para la conformación del núcleo del cuerpo del dique, a su vez en el contorno de la Qocha existen varias canteras de piedra de tamaños requeridos para los espaldones del dique; así mismo señalar que la Qocha Manququere cuenta con acceso carrosables

hasta el eje del dique, por lo que se facilita el transporte de materiales y movilización de equipos

Conclusión 4: Cabe mencionar la metodología que se utilizó para el dimensionamiento de la sección del dique, primeramente se realizó la estimación de disponibilidad hídrica u oferta hídrica del área de recarga o microcuenca de la Qocha, con lo cual se estima la altura total del dique; seguidamente se ha identificado el nivel de fundación (terreno estable o roca) para la cimentación, también se ha estimado la altura de ola por viento, por la formula empírica de STEVENSON; para el cálculo del borde libre mínimo se utilizó el procedimiento combinado de Knapen, para el predimensionamiento de la sección se ha recurrido a taludes recomendados para presas según el bureau of recamation de usa y finalmente se ha sometido al análisis de estabilidad de talud, con lo cual se tiene las medidas finales de la sección del dique.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1:

Por el efecto del calentamiento global, la disminución de los suministros de agua y el crecimiento de la población, se recomienda continuar con las investigaciones y ejecución de obras relacionado a diques para Qochas y otras medidas de recarga de acuíferos, para mitigar la disminución de las fuentes de agua, así mismo los gobiernos de todos los niveles deberían realizar asignación presupuestal para este fin.

Recomendación 2:

Se recomienda el uso de geomembrana con espesor mayor a 1.5mm, en las construcciones de diques de tierra, como la que se ha propuesto en la presente investigación, para impermeabilización de la cimentación y el cuerpo del dique aguas arriba, para evitar las pérdidas de agua del embalse por infiltración, a su vez considerar el uso de geotextil para protección de la geomembrana, tanto en la cara inferior como superior, ya que el punzonamiento le puede ocasionar daño o perforaciones a la geomembrana.

Recomendación 3:

Se recomienda realizar el análisis de estabilidad en la fase de diseño e ingeniería del dique de tierra para Qocha, la modelación matemática de los taludes se realizará con el objeto de analizar las condiciones de estabilidad de la estructura, la seguridad y funcionalidad del diseño en los taludes, se recomienda analizar la condición de equilibrio, usando el mecanismo de falla circular y el mecanismo de cuña, para lo cual se puede usar un software de análisis de Estabilidad de Taludes en 2D, también se puede realizar el análisis de filtración, mediante modelo con elementos finitos en situación a embalse lleno en periodo extendido.

.Recomendación 4:

Se recomienda investigación sobre las pérdidas generadas en el tramo Qocha – Captación, ya que desde el embalse de la recarga de acuíferos (lugar donde se capta e infiltra agua de lluvia) hasta llegar (a través de acuíferos) a la unidad productora o lugares donde se cosechan, así como manantiales, quebradas,

riachuelos, lagunas, etc., en ese tramo se generan pérdidas en el subsuelo, en el tránsito por los ríos hasta llegar a la captación señalada, consumo de los animales, consumo de las plantas y/o pastos que se nutren en el camino, consumo de los habitantes que viven entre la Qocha y la captación, entre otros factores

REFERENCIAS

- ALMANZA QUIROGA, Herko Boris. 2016.** DETERMINACIÓN DE LA RECARGA POR PRECIPITACIÓN EN EL ÁPICE DEL ABANICO ALUVIAL DE PUNATA, APLICANDO EL MODELO HIDRAULICO HELP. Cochabamba - BOLIVIA : s.n., 2016.
- ALMAW FENTA, Ayele, y otros. 2015.** SPATIAL ANALYSIS OF GROUNDWATER POTENTIAL USING REMOTE SENSING AND GIS-BASED MULTI-CRITERIA EVALUATION IN RAYA VALLEY, NORTHERN ETHIOPIA. s.l. : Hydrogeology Journal, 2015.
- ANTÓN AVILA, Jorge Teodoro y SANTAFE VELÁSQUEZ, Jonathan Diego. 2017.** USO Y COMPORTAMIENTO DE LA GEOMEMBRANA COMO DELANTAL EN PRESA DE TIERRA. Guayaquil - ECUADOR : s.n., 2017.
- ARIAS GONZALES, José Luis. 2020.** *PROYECTO DE TESIS - GUÍA PARA LA ELABORACIÓN.* Arequipa-Perú : s.n., 2020. ISBN: 978-612-00-5416-1.
- BACA RUEDA, Ricardo. 2014.** *EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS.* LIMA - PERÚ : Autoridad Nacional de Agua (ANA), 2014.
- BLAS HERRERA, Victor Manuel y CANAHUIRE CRUZ, Aldo Raul. 2018.** ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA RECARGA DE ACUÍFEROS EN LA MICROCUENCA TAMBUQUE, DISTRITO PARURO, REGION CUSCO - 2018. Cusco : s.n., 2018.
- CHAVEZ GOMEZ, José Darío, FLORES MARTINEZ, Jorge Abel y PAIZ SARAVIDA, Edgar José. 2017.** CARACTERIZACION DE ZONAS POTENCIALES DE RECARGA ACUIFERA en el Municipio de San Jorge, San Miguel, El Salvador. San Vicente, El Salvador : UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, Centro América, 2017.
- CHOPRA, Anil K. 2020.** *EARTHQUAKE ENGINEERING FOR CONCRETE DAMS.* Chennai - India : Xppo Power AG, 2020. ISBN 9781119056041.
- COLLAZO, María Paula y MONTAÑO, Jorge. 2012.** *MANUAL DE AGUA SUBTERRANEA.* MONTEVIDEO - URUGUAY : Denad Internacional S.A., 2012. ISBN: 978-9974-594-09-8.
- CORNEJO RIVERO, Paul. 2019.** ESTUDIO DEL POTENCIAL HÍDRICO DE LA CUENCA DE SIHUA – COYA, CUSCO. Cusco : s.n., 2019.
- CUSTODIO, Emilio y LLAMAS, Manuel Ramón. 1983.** *HIDROLOGÍA SUBTERRANEA.* BARCELONA - ESPAÑA : OMEGA S.A., 1983. ISBN 84-282-0447-0.
- DAS, Braja M. y SOBHAN, Khaled. 2016.** *PRINCIPLES OF GEOTECHNICAL ENGINEERING.* United States of America : Cengage Learning, 2016. ISBN: 978-1-305-97093-9.
- DASSARGUES, Alain. 2019.** *HYDROGEOLOGY GROUNDWATER SCIENCE AND ENGINEERING.* s.l. : Taylor & Francis Group, LLC, 2019. ISBN: 13: 978-1-4987-4400-3 .
- FAO. 2000.** MANUAL DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA EXPERIENCIAS EN AMÉRICA LATINA. Santiago - CHILE : s.n., 2000.
- FETTER, C. W. 2018.** *APPLIED HYDROGEOLOGY.* United States of America : Nancy Fetter, 2018. ISBN 978-1-4786-3709-7.

- FONCODES. 2015.** SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA - Proyecto Mi Chacra Emprendedora Haku Wiñay. LIMA - PERÚ : PACC - PERÚ, 2015. MANUAL TECNICO N° 6.
- FOSEN, Haakon. 2016.** *STRUCTURAL GEOLOGY*. INGLATERRA : Haakon Fossen, 2016. ISBN 978-1-107-05764-7.
- HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto y MENDOZA TORRES, Christina Paulina. 2018.** *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN - LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. México : Mc Graw Hill Education, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- HERRERA JIMÉNEZ, Katheryne Fernanda. 2017.** IDENTIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE ZONAS DE RECARGA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA COMUNA LA ESPERANZA, PROVINCIA DEL CARCHI. Ibarra - ECUADOR : s.n., 2017.
- HOLTING, B. y COLDEWEY, W. G. 2019.** HYDROLOGICAL CYCLE: WATER BALANCE. s.l. : Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature, 2019. DOI: 10.1007/978-3-662-56375-5_8.
- HOLTING, Bernward y COLDEWEY, Wilhelm G. 2019.** *HYDROGEOLOGY*. s.l. : Springer-Verlag GmbH Germany, 2019. ISBN 978-3-662-56373-1.
- HUAPAYA, César y GINOCCHIO, Juan Francisco. 2018.** *GUIA DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERIA - INGENIERIA CIVIL*. LIMA - PERÚ : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. ISBN: 978-612-47745-2-2.
- INGEMMET. 2021.** MAPA HIDROGEOLOGICO DEL PERU. LIMA - PERÚ : <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>, 2021.
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>.
- JIE WANG, Jun. 2014.** *HYDRAULIC FRACTURING IN EARTH-ROCK FILL DAMS*. Chongqing Jiaotong University, China : China Water and Power Press, 2014. ISBN 978-1-118-72550-4.
- KLEIN, Cornelis y PHILPOTTS, Anthony. 2017.** *EARTH MATERIALS - INTRODUCTION TO MINERALOGY AND PETROLOGY*. United States of America : Cornelis Klein and A. R. Philpotts 2017, 2017. ISBN 978-1-107-15540-4 Hardback.
- KOLOKYTHA, Elpida y OISHI, Satoru. 2017.** *SUSTAINABLE WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT UNDER CLIMATE CHANGE*. Florida - Estados Unidos de NorteAmerica : s.n., 2017. ISBN 978-981-10-2049-0.
- LEY DE RECURSOS HRIDRICOS - PERÚ. 2019.** LEY DE RECURSOS HIDRICOS - Ley N° 29338. LIMA - PERÚ, Perú : Autoridad Nacional de Agua, Marzo de 2019.
- LEY Nº 30989 -IMPLEMENT. SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA. 2019.** *LEY QUE DECLARA DE INTERÉS NACIONAL Y NECESIDAD PÚBLICA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA*. LIMA - PERÚ : s.n., 2019.
- LÓPEZ GETA, Juan Antonio, y otros. 2009.** *LAS AGUAS SUBTERRANEAS - UN RECURSO NATURAL DEL SUBSUELO*. MADRID - ESPAÑA : INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, 2009. ISBN: 978-84-7840-806-1.
- LÓPEZ, Alonso Raúl. 2001.** CONSIDERACIONES A CERCA DE LOS LIMITES DE APLICACION DEL METODO DEL NUMERO DE CURVA DEL SOIL CONSERVATION SERVICE. CATALÁN - ESPAÑA : Universidad de Lerida, 2001.

- LU, Ning. 2019.** *LINKING SOIL WATER ADSORPTION TO GEOTECHNICAL ENGINEERING PROPERTIES*. Colorado School of Mines - USDA : ResearchGate, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-06249-1_4.
- LUJAN HUARACA, Willian Nilton. 2020.** CONSTRUCCIÓN DE DIQUE EN UNA QOCHA, PARA EL INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA COMUNIDAD DE SARHUA-AYACUCHO. Lima : s.n., 2020.
- LUTZ SCHOLS. 1980.** GENERACION DE CAUDALES MENSUALES EN LA SIERRA PERUANA - MERISS II. CUSCO - PERÚ : PLAN MERISS, 1980.
- MAITY, Rajib. 2018.** *STATISTICAL METHODS IN HYDROLOGY AND HYDROCLIMATOLOGY*. Kharagpur - INDIA : Springer Nature Singapore , 2018. ISBN 978-981-10-8779-0.
- MAMANI QUISPE, Esther. 2017.** RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOHIDRÁULICAS PARA INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL MANANTIAL COLLANA – CABANILLA. Puno : s.n., 2017.
- MCNABB, David E. 2017.** *WATER RESOURCE MANAGEMENT SUSTAINABILITY IN AN ERA OF CLIMATE CHANGE*. TACOMA - WASHINGTON - USA : s.n., 2017. ISBN 978-3-319-54815-9.
- MEJIA MEJIA, Elias. 2005.** *TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN*. LIMA - PERU : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005. ISBN: 9972-834-08-05.
- MINAGRI - PERÚ. 2016.** *PROGRAMA NACIONAL DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA*. LIMA - PERÚ : Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. Viceministerio de Políticas Agrarias-BIO PARTNERS S.A.C., 2016.
- MUKHERJEE, Soumyajit y BOSE, Narayan. 2017.** *MAP INTERPRETATION FOR STRUCTURAL GEOLOGISTS*. CHENNAI - INDIA : Elsevier Inc. All rights reserved, 2017. ISBN: 978-0-12-809681-9.
- PLAN CHILE, Ministerio de Obras Publica. 2017.** *DESAFIOS DEL AGUA PARA LA REGION LATINOAMERICANA*. SANTIAGO - CHILE : Fundación Chile, 2017. ISBN: 978-956-8200-38-1.
- PLUMMER, Charles C., CARLSON, Diane H. y HAMMERSLY, Lisa. 2016.** *PHYSICAL GEOLOGY*. USDA : McGraw-Hill, 2016. ISBN 978-0-07809610-5.
- R.D. N° 31-2017-UEFSA/DE. 2017.** LINEAMIENTOS PARA ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS DE LOS PROYECTOS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA. LIMA - PERÚ : Unidad Ejecutora Fondo Sierra Azul, 2017.
- R.J. N° 151-2020-ANA. 2020.** *GLOSARIO DE TERMINOS UTILIZADOS EN LA LEY DE RECURSOS HIDRICOS N° 29338 Y EN SU REGLAMENTO (D.S. N° 001-2010-AG)*. LIMA - PERÚ : Autoridad Nacional de Agua, 2020.
- RJ-N°007-ANA-Uso-de-Agua. 2015.** PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS PARA OTORGAMIENTO DE DERECHOS DE USO DE AGUA Y DE AUTORIZACION DE EJECUCION DE OBRAS EN FUENTES NATURALES DE AGUA. 2015.
- RM-192-VIVIENDA. 2018.** OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA SISTEMAS DE SANEAMIENTO EN EL AMBITO RURAL. 2018.
- RNE-OS.010. 2006.** CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. 2006.

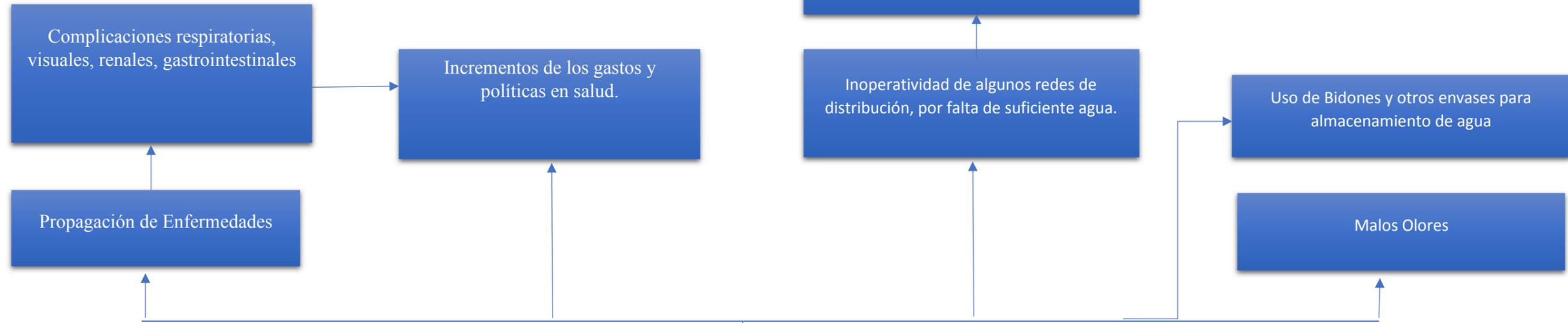
- ROBINSON, Mark y WARD, Roy. 2017.** *HYDROLOGY PRINCIPLES AND PROCESSES*. s.l. : IWA Publishing, 2017. ISBN: 9781780407289.
- SACHSE , Agnes , y otros. 2015.** *OPENGEOSYSTEMS TUTORIAL COMPUTATIONAL HYDROLOGY I: GROUNDWATER FLOW MODELING*. s.l. : Springer, 2015. ISBN 978-3-319-13334-8.
- SANCHEZ SAN ROMAN, Francisco Javier. 2012.** CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE HIDROGEOLOGIA - Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico. SALAMANCA - ESPAÑA : s.n., 2012.
- SÁNCHEZ SAN ROMÁN, Francisco Javier. 2011.** MEDIDAS PUNTUALES DE PERMEABILIDAD (“slug tests”). SALAMANCA - ESPAÑA : UNIVERSIDAD SALAMANCA, 2011.
- SEN, Zekai. 2015.** *PRACTICAL AND APPLIED HYDROGEOLOGY*. Maslak - Istanbul - Turkey : Elsevier Inc, 2015. ISBN: 978-0-12-800075-5.
- SHEKHAR DUTT, Shri. 2020.** *ENGINEERING FOR THE FUTURE*. 2020.
- SUBBA RAO, NANDIPATI. 2016.** *HYDROGEOLOGY - PROBLEMS WITH SOLUTION*. s.l. : Learning Private Limited, Delhi, 2016. ISBN-978-81-203-5278-0.
- TERRA, Rafael. 2011.** *MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PEQUEÑAS PRESAS*. MONTEVIDEO - URUGUAY : MVOTMA - MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE, 2011. VERSION DIGITAL.
- TORRES, Jesús Ernesto y ARAGÓN, Juan Antonio. 2018.** *INVESTIGACIÓN EN HIDROLOGÍA GENERAL, ISOTÓPICA Y APLICADA*. BOGOTÁ - COLOMBIA : Universidad Libre, 2018. ISBN 978-958-5466-39-5.
- UEFSA-SIERRA-AZUL. 2019.** PROYECTOS DE INVERSIÓN DE OPTIMIZACIÓN DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA. 2019.
- VÉLEZ OTÁLVARO, María Victoria. 2019.** MÉTODOS PARA DETERMINAR LA RECARGA EN ACUÍFEROS. MEDELLIN - COLOMBIA : Universidad Nacional –Medellín, 2019.
- VII FORO MUNDIAL DEL AGUA, COREA. 2015.** AGUA PARA NUESTRO FUTURO - UNA EXPERIENCIA PERUANA. COREA : s.n., 2015.

ANEXOS

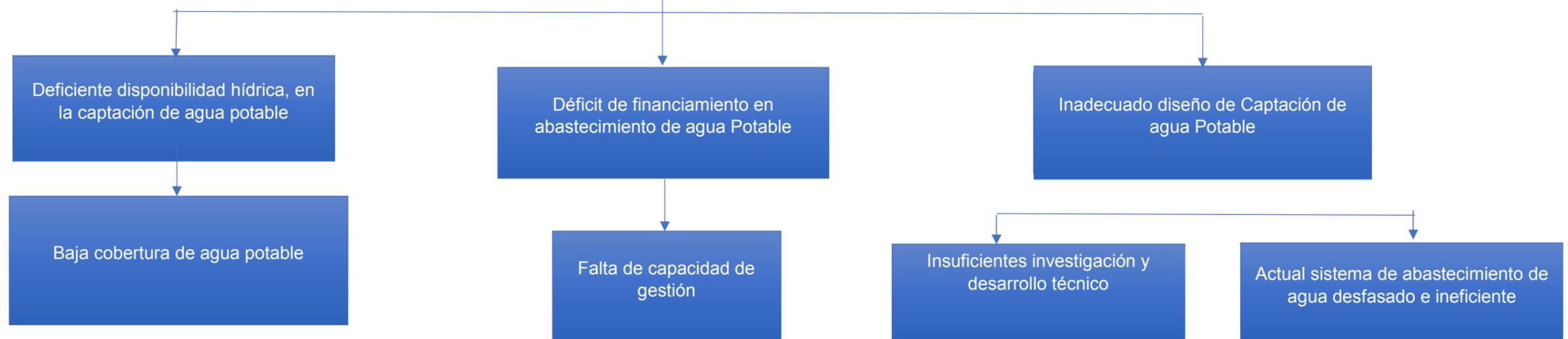
ARBOL DE PROBLEMAS

EFFECTOS Y CAUSAS DEL PROBLEMA

EFFECTOS



CAUSAS



MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 13: Matriz de Operacionalización de Variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
TITULO					
EVALUACION DE RECARGA DEL ACUÍFERO PARA INCREMENTAR CAPTACION DE AGUA UTILIZANDO QOCHAS EN CABECERA DE CUENCA RIO SAÑU, ESPINAR 2021					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Evaluación de recarga del acuífero	El concepto siembra de agua, se centra en la recarga hídrica del suelo, subsuelo y/o acuíferos, a través de amunas, Qochas de infiltración, etc. (MINAGRI - PERÚ, 2016)	Determinar la elección del tipo de Minipresa, considerando la topografía, hidrología, ... con el fin de asegurar diseños adecuados y económicamente viables (BUREAU OF RECLAMATION, 3ra Edición)	Características y especificaciones del Dique para la Qocha	Levantamiento topográfico.	De razón
				Estudio de mecánica de suelos.	De razón
				Diseño de la sección	De razón
				Características estructurales	De razón
				Materiales	De razón
				Impermeabilización	De razón
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Incrementar captación de agua	El máximo aprovechamiento del recurso hídrico se logra si es factible la construcción de una pequeña presa que permita el embalse de los excedentes hídricos que escurren anualmente. Para ello es necesario que las condiciones hidrogeológicas del lugar permitan definir el sitio de cierre que reúna las condiciones técnicas para levantar el muro de presa (FAO, 2000).	Realizar análisis del talud del dique, por norma (UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION - USBR), aplicando el software SLIDE;	Análisis de Estabilidad	Estabilidad sin carga (Condición Estática)	De razón
				Estabilidad sin carga (Condición Sísmica = 0.175)	De razón
				Estabilidad con carga (Condición Estática)	De razón
				Estabilidad con carga (Condición Sísmica = 0.175)	De razón
			Análisis de Filtración	Discretización de elementos finitos	De razón
				Presión de poros	De razón
				Presión Total	De razón
				Velocidad de descarga horizontal	De razón
Velocidad de descarga vertical	De razón				
Velocidad de descarga total	De razón				

Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 14: Matriz de Consistencia

TÍTULO: EVALUACION DE RECARGA DEL ACUÍFERO PARA INCREMENTAR CAPTACION DE AGUA UTILIZANDO QOCHAS EN CABECERA DE CUENCA RIO SAÑU, ESPINAR 2021					
AUTOR:	BCH: CESAR CCAHUA SUNI				
	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
GENERAL	¿Cómo podemos evaluar la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca rio Sañu, Espinar 2021?	Evaluar la recarga del acuífero para incrementar captación de agua utilizando qochas en cabecera de cuenca rio Sañu, Espinar 2021.	La recarga del acuífero, incrementa la captación de agua, utilizando Qochas en cabecera de cuenca del rio Sañu	VARIABLE INDEPENDIENTE Evaluación de Recarga del Acuífero	TIPO DE INVESTIGACION -Enfoque: Cuantitativo -Tipo de Inv. : Aplicativo DISEÑO DE INVESTIGACION - No Experimental Transversal
ESPECÍFICOS	a) ¿Cómo podemos Identificar los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero?	a) Identificar los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, para recarga del acuífero.	a) los parámetros hidrogeológicos del área de embalse de la Qocha, permite la eficiencia de recarga del acuífero	VARIABLE DEPENDIENTE Incrementar Captación de Agua	POBLACION -Ocho Qochas Comunidad de Checcani Pucara MUESTRA -Qocha Manququere MUESTREO - No probabilístico
	b) ¿De qué manera podemos realizar el estudio hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del rio Sañu?	b) Realizar el Estudio Hidrológico para determinar la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del río Sañu.	b) El estudio hidrológico, determina la Recarga del Acuífero en la cabecera de cuenca del rio Sañu		TÉCNICA - técnica de la observación
	c) ¿De qué manera podemos proponer el diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración?	c) Proponer el diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración.	c) El diseño técnico y las especificaciones técnicas para la construcción del dique para la Qocha de infiltración, incrementa la disponibilidad hídrica en el rio Sañu		INSTRUMENTOS -01 Registro de observación -01 DRONE -01 GPS Submétrico

Fuente: Elaboración propia

Ensayos de Permeabilidad

Tabla 15: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 01

CALCULO DE PERMEABILIDAD POZO N° 01 (Método LEFRANC - Carga Constante)							
						Fecha de ensayo: 18/06/2021	
UBICACION				Coordenadas UTM			
Localidad	Qocha Manquere			Proyección	WGS-84		
Comunidad	Checcani Pucara			Zona	19-L, Sur		
Distrito	Coporaque			Este	219655.14		
Provincia	Espinar			Norte	8358426.78		
Region	Cusco			Altitud	4427.12 msnm		
Formacion Geológica				Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)			
Tipo de Maerial				SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a subredondeadas			
Conductividad Hidráulica (Permeabilidad): $K=Q/(C^2hm)$				L=30.00cm	hm=60.00cm	C=76.34cm	
Donde: Q=Caudal (cm ³ /seg); S=Seccion Permeámetro (cm ²);				Díam= 5.08 cm			
Item	Tiempo de Interv. (min)	Descenso (cm)	Vol=AxDesc (cm ³)	Q (Infit) (cm ³ /s)	Q (Infit) (Lt/s)	K (cm/s)	K (m/día)
1	1	26.00	567.51	9.4585	0.0095	0.002065	1.78
2	1	24.00	486.44	8.1073	0.0081	0.00177	1.53
3	1	22.00	445.90	7.4317	0.0074	0.001622	1.40
4	1	21.00	425.63	7.0939	0.0071	0.001549	1.34
5	1	21.00	425.63	7.0939	0.0071	0.001549	1.34
6	1	20.00	405.37	6.7561	0.0068	0.001475	1.27
					0.0077		1.27

Grafico: CAUDAL DE INFILTRACION

Intervalo de Tiempo (min)	Q (cm³/seg)
1	9.4585
2	8.1073
3	7.4317
4	7.0939
5	7.0939
6	6.7561

Interválo de Tiempo cada 3 minutos

Tabla 16: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 02
CALCULO DE PERMEABILIDAD POZO N° 02
(Método LEFRANC - Carga Constante)

		<i>Fecha de ensayo:</i> 18/06/2021	
UBICACIÓN		Coordenadas UTM	
Localidad	Qocha Marquere	Proyección	WGS-84
Comunidad	Checcani Pucara	Zona	19-L, Sur
Distrito	Coporaque	Este	219699.99
Provincia	Espinar	Norte	8358446.55
Region	Cusco	Altitud	4426.62 msnm
Formacion Geológica		Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-huE1)	
Tipo de Maerial		SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a subredondeada	
Conductividad Hidráulica (Permeabilidad): $K=Q/(C \cdot hm)$		L=30.00cm	hm=57.00cm C=76.34cm
Donde: Q=Caudal (cm3/seg); S=Seccion Permeámetro (cm2);		Diám.= 5.08 cm	

Item	Tiempo de Interv. (min)	Descenso (cm)	Vol=AxDesc (cm3)	Q (Infil) (cm3/s)	Q (Infil) (Lt/s)	K (cm/s)	K (m/día)
1	1	31.00	628.32	10.4720	0.0105	0.0024	2.08
2	1	26.00	526.96	8.7829	0.0088	0.0020	1.74
3	1	24.00	486.44	8.1073	0.0081	0.0019	1.61
4	1	23.00	466.17	7.7695	0.0078	0.0018	1.54
5	1	22.00	445.90	7.4317	0.0074	0.0017	1.48
6	1	21.00	425.63	7.0939	0.0071	0.0016	1.41
					0.0083		1.41

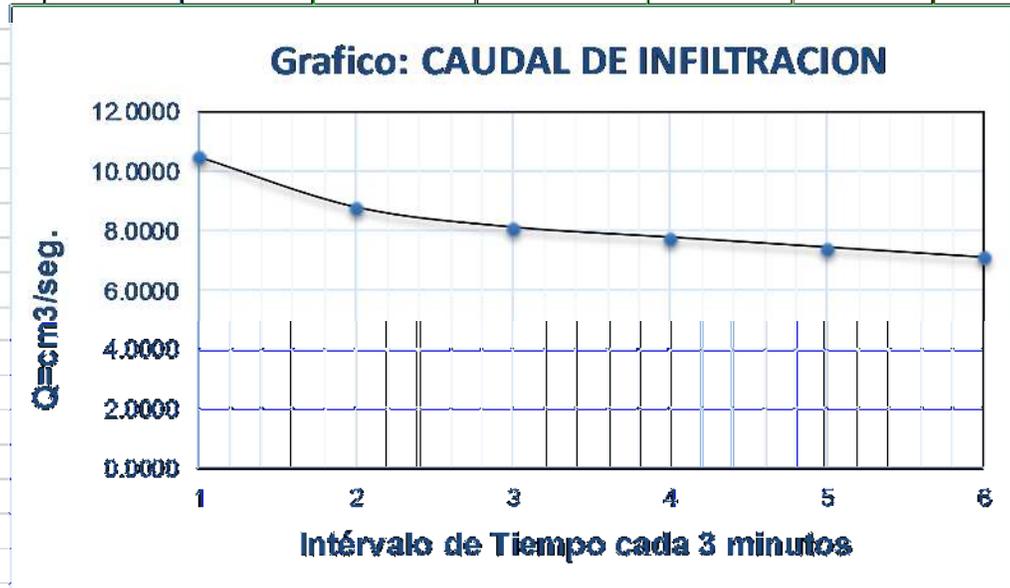


Tabla 17: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 03
CALCULO DE PERMEABILIDAD POZO N° 03
 (Método LEFRANC - Carga Constante)

		Fecha de ensayo: 18/06/2021	
UBICACIÓN		Coordenadas UTM	
Localidad	Qocha Manquere	Proyección	WGS-84
Comunidad	Checcani Pucara	Zona	19-L, Sur
Distrito	Coporaque	Este	219865.43
Provincia	Espinar	Norte	8358402.18
Region	Cusco	Altitud	4427.37 msnm
Formación Geológica		Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-hu11)	
Tipo de Material		SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a subredondeadas	
Conductividad Hidráulica (Permeabilidad): $K=Q/(C \cdot hm)$		L=30.00cm	hm=58.00cm
Donde: Q=Caudal (cm ³ /seg); S=Sección Permeámetro (cm ²);		Diám= 5.08 cm	

Item	Tiempo de Interv. (min)	Descenso (cm)	Vol=AxDesc (cm ³)	Q (Infil) (cm ³ /s)	Q (Infil) (Lt/s)	K (cm/s)	K (m/día)
1	1	27.00	547.24	9.1207	0.0091	0.0020	1.75
2	1	23.00	466.17	7.7695	0.0078	0.0017	1.49
3	1	22.00	445.90	7.4317	0.0074	0.0016	1.43
4	1	21.00	425.63	7.0939	0.0071	0.0016	1.36
5	1	20.00	405.37	6.7561	0.0068	0.0015	1.30
6	1	19.00	385.10	6.4183	0.0064	0.0014	1.23
					0.0074		1.23

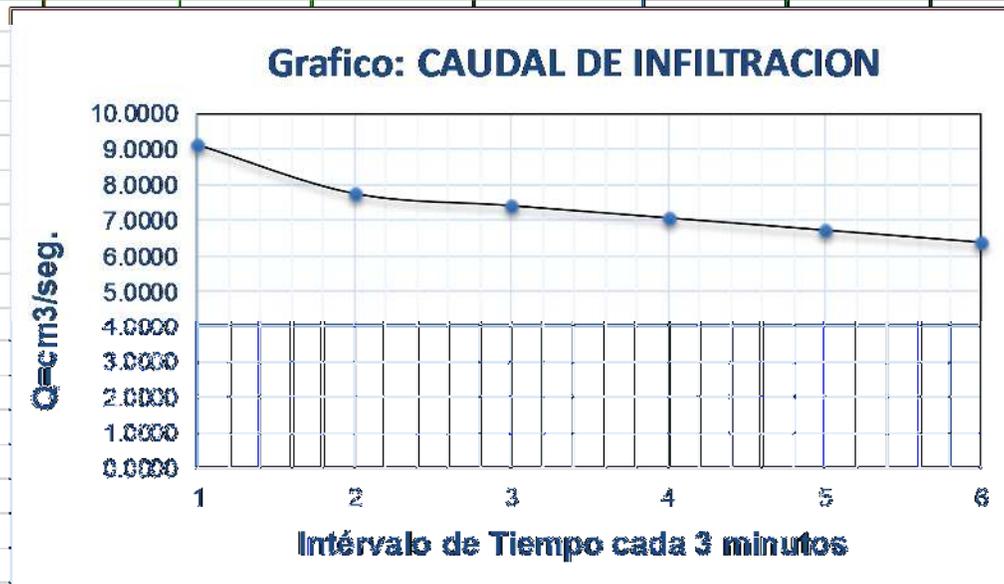


Tabla 18: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 04

CALCULO DE PERMEABILIDAD POZO N° 04
(Método LEFRANC - Carga Constante)

Fecha de ensayo: 18/06/2021

UBICACIÓN		Coordenadas UTM					
Localidad	Cocha Manquere	Proyección	WGS-84				
Comunidad	Checcani Pucara	Zona	19-L, Sur				
Distrito	Coporaque	Este	219696.44				
Provincia	Espinar	Norte	8358421.29				
Region	Cusco	Altitud	4426.81 msnm				
Formacion Geológica	Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-haE1)						
Tipo de Maerial	SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a subredondeadas						
Conductividad Hidráulica (Permeabilidad): $K=Q/(C \cdot hm)$	L=30.00cm	hm=62.00cm	C=76.34cm				
Donde: Q=Caudal (cm ³ /seg);	S=Seccion Permeámetro (cm ²);	Diám.=		5.08 cm			
Item	Tiempo de Interv. (min)	Descenso (cm)	Vol=AxDesc (cm ³)	Q (Infil) (cm ³ /s)	Q (Infil) (Lt/s)	K (cm/s)	K (m/día)
1	1	30.00	608.05	10.1341	0.0101	0.0021	1.85
2	1	27.00	547.24	9.1207	0.0091	0.0019	1.66
3	1	25.00	506.71	8.4451	0.0084	0.0018	1.54
4	1	24.00	486.44	8.1073	0.0081	0.0017	1.48
5	1	23.00	466.17	7.7695	0.0078	0.0016	1.42
6	1	22.00	445.90	7.4317	0.0074	0.0016	1.36
					0.0085		1.36

Grafico: CAUDAL DE INFILTRACION

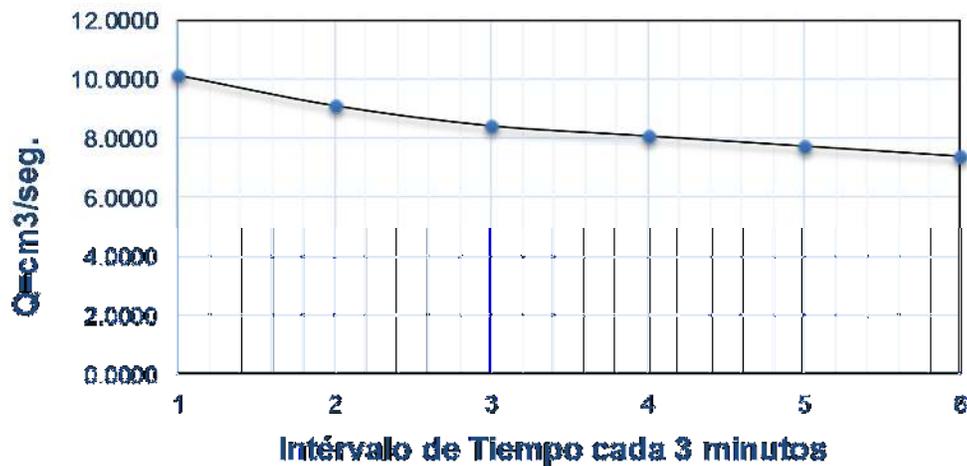
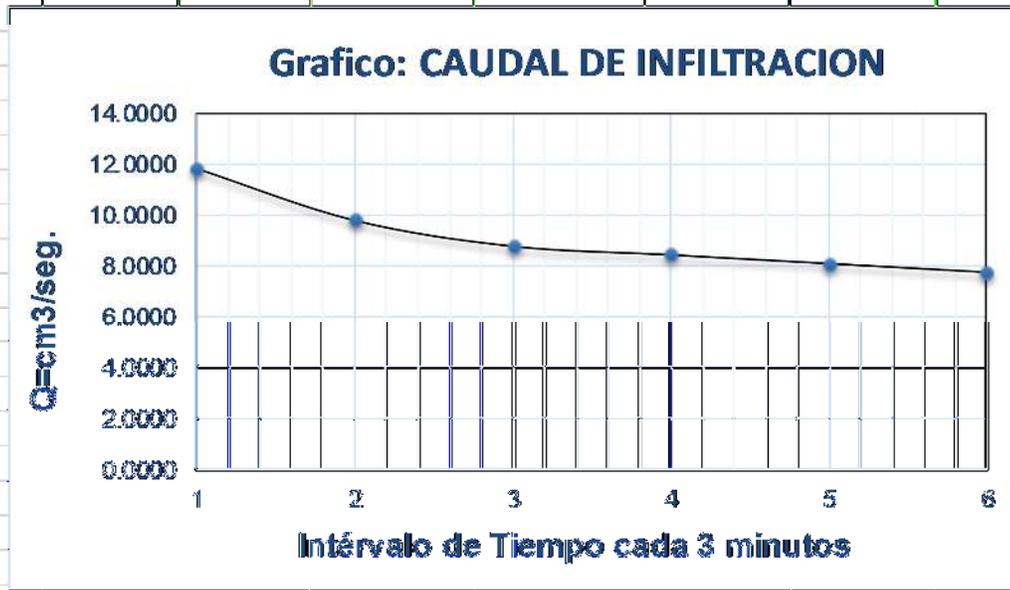


Tabla 19: Ensayo de Permeabilidad Pozo N° 05
CALCULO DE PERMEABILIDAD POZO N° 05
 (Método LEFRANC - Carga Constante)

				Fecha de ensayo:		18/06/2021	
UBICACIÓN				Coordenadas UTM			
Localidad	Qocha Manquere			Proyección	WGS-84		
Comunidad	Checcani Pucara			Zona	19-L, Sur		
Distrito	Coporaque			Este	219753.00		
Provincia	Espinar			Norte	8358437.54		
Region	Cusco			Altitud	4427.93 msnm		
Formacion Geológica		Centro Volcánico Huangará - Evento 1 (Np-hu1)					
Tipo de Maerial		SM-SC/A-2-4: Arena Limosa - Arcillosa, arenas redondeadas a subredondeada.					
Conductividad Hidráulica (Permeabilidad): $K=Q/(C \cdot hm)$				L=30.00cm	hm=65.00cm	C=76.34cm	
Donde: Q=Caudal (cm ³ /seg); S=Seccion Permeámetro (cm ²);				Diám= 5.08 cm			
Item	Tiempo de Interv. (min)	Descenso (cm)	Vol=AxDesc (cm ³)	Q (Infil) (cm ³ /s)	Q (Infil) (Lt/s)	K (cm/s)	K (m/día)
1	1	35.00	709.39	11.8232	0.0118	0.0024	2.06
2	1	29.00	587.78	9.7963	0.0098	0.0020	1.71
3	1	26.00	526.98	8.7829	0.0088	0.0018	1.53
4	1	25.00	508.71	8.4451	0.0084	0.0017	1.47
5	1	24.00	486.44	8.1073	0.0081	0.0016	1.41
6	1	23.00	466.17	7.7695	0.0078	0.0016	1.35
					0.0091		1.35



Aforo de Manante Aguas debajo de la Qocha

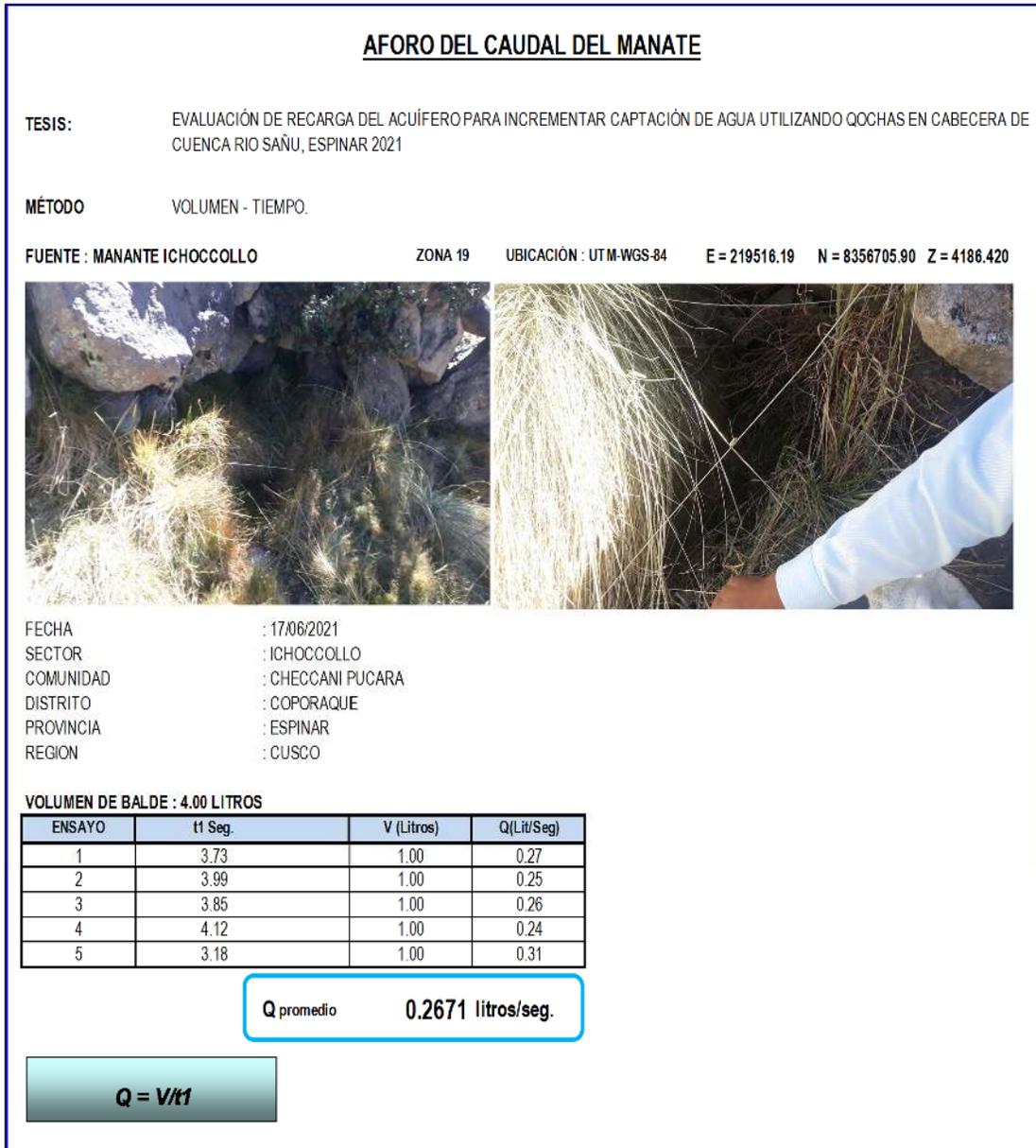


Figura N° 19: Aforo de Manante Aguas debajo de la Qocha

Precipitación Máxima en 24 horas

Tabla 20: Precipitación Máxima en 24 horas – estación Yauri

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)													
Estación Meteorológica : Yauri													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MÁX
1994	22.40	26.00	21.00	9.70	14.80	0.00	0.00	0.00	9.00	5.00	34.00	12.50	34.00
1995	23.70	25.80	28.80	23.40	5.50	0.00	0.00	2.80	6.50	27.80	11.70	20.00	28.80
1996	16.70	33.00	24.00	16.40	5.50	0.00	0.00	5.10	7.90	6.50	9.20	20.70	33.00
1997	20.50	21.60	11.30	13.00	2.20	0.00	0.00	10.00	11.00	5.00	14.10	37.20	37.20
1998	36.00	26.00	9.50	7.70	0.00	2.50	0.00	1.30	0.80	15.00	14.20	15.40	36.00
1999	23.80	31.90	12.20	39.30	3.60	0.00	0.00	0.80	13.00	10.60	11.70	14.80	39.30
2000	15.80	26.10	22.70	7.80	2.00	3.90	0.00	6.50	3.10	15.70	7.40	22.00	26.10
2001	18.70	22.20	29.70	27.10	12.90	0.90	3.00	2.00	1.50	9.20	9.00	17.40	29.70
2002	25.50	24.60	17.40	9.10	12.60	0.50	8.90	0.00	11.00	11.50	17.80	17.20	25.50
2003	32.50	21.00	26.20	9.30	3.20	0.80	0.00	5.50	12.90	5.40	29.30	18.60	32.50
2004	48.00	27.80	21.80	12.80	0.00	1.80	5.00	12.00	8.80	8.30	25.50	17.90	48.00
2005	10.70	27.00	19.00	13.50	1.10	1.04	0.00	3.00	1.80	7.40	7.40	22.10	27.00
2006	28.10	23.80	24.70	16.00	0.80	3.10	0.00	4.80	10.00	21.70	14.60	13.90	28.10
2007	31.00	10.20	9.60	9.60	2.70	0.00	3.40	0.00	6.00	13.50	8.40	25.00	31.00
2008	18.90	15.20	18.10	1.20	1.70	5.30	0.00	0.00	0.20	19.20	15.30	12.50	19.20
2009	17.00	18.50	12.50	11.80	2.40	0.00	1.40	0.00	1.30	14.30	27.30	34.00	34.00
2010	14.00	25.70	34.00	14.20	3.40	0.00	0.00	0.00	1.10	6.80	8.50	18.30	34.00
2011	23.40	32.50	15.30	19.60	7.10	0.00	1.20	7.50	9.90	4.00	13.20	17.20	32.50
2012	24.30	30.60	23.00	14.00	9.90	0.00	0.10	0.00	6.40	8.70	13.40	21.80	30.60
2013	23.90	15.30	21.10	3.20	1.60	6.10	1.60	16.30	0.00	6.40	10.80	14.20	23.90
2014	16.80	16.20	11.60	7.80	2.40	0.00	1.80	3.50	9.10	20.90	6.00	30.00	30.00
2015	24.60	25.10	14.20	18.00	4.50	0.50	0.80	6.80	5.50	6.20	8.10	27.30	27.30
2016	29.90	23.40	15.60	27.80	1.70	0.10	8.20	2.10	2.80	12.20	7.90	25.90	29.90
2017	20.30	11.10	26.30	12.80	4.50	0.10	3.10	0.00	3.60	14.60	12.90	18.90	26.30
2018	20.60	21.80	24.70	8.00	10.00	8.20	8.00	27.20	8.00	18.00	7.60	20.48	27.20
<i>Fuente: SENAMHI.</i>													
MEDIA	23.48	23.30	19.77	14.12	4.64	1.39	1.86	4.69	6.05	11.76	13.81	20.61	30.84
DES V STD	7.86	6.17	6.75	8.35	4.22	2.25	2.81	6.34	4.17	6.22	7.52	6.37	5.71
P. MÁXIMA	48.00	33.00	34.00	39.30	14.80	8.20	8.90	27.20	13.00	27.80	34.00	37.20	48.00
P. MÍNIMA	10.70	10.20	9.50	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	6.00	12.50	19.20

Tabla 21: precipitación mensual Estación Yauri

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS															
Precipitación Mensual Acumulada (mm)															
ESTACION:		YAURI			LAT: 14° 49' 01" S		Departamento : Cusco								
CODIGO:		757			LONG: 71° 25' 01" W		Provincia : Espinar								
CUENCA:		Intercuenca Alto Apurimac			ALT: 3,915 msnm		Distrito : Espinar								
CUADRO N° 23															
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	85.00	84.00	130.00	59.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	14.00	33.00	102.00	517.00	43.08
2	1965	82.00	103.00	112.00	38.00	0.00	2.00	0.00	18.00	23.00	33.00	204.00	94.00	709.00	59.08
3	1966	208.00	70.00	9.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	129.00	49.00	126.00	625.00	52.08
4	1967	65.00	93.00	169.00	41.00	11.00	0.00	10.00	18.00	31.00	98.00	25.00	107.00	668.00	55.67
5	1968	241.00	96.00	100.00	14.00	0.00	5.00	13.00	16.00	10.00	70.00	129.00	90.00	784.00	65.33
6	1969	211.00	150.00	73.00	51.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	490.00	40.83
7	1970	105.00	109.00	40.00	65.00	0.00	0.00	0.00	6.00	69.00	10.00	19.00	144.00	567.00	47.25
8	1971	174.00	284.00	112.00	50.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	10.00	6.00	119.00	758.00	63.17
9	1972	194.00	180.00	145.00	34.00	0.00	0.00	16.00	9.00	25.00	53.00	64.00	164.00	884.00	73.67
10	1973	360.00	360.00	248.00	187.00	16.00	0.00	3.00	6.00	69.00	25.00	71.00	105.00	1450.00	120.83
11	1974	249.00	253.00	188.00	64.00	3.00	19.00	0.00	115.00	28.00	23.00	12.00	45.00	999.00	83.25
12	1975	167.00	229.00	128.00	125.00	33.00	8.00	0.00	0.00	0.00	9.00	43.00	99.00	841.00	70.08
13	1976	193.00	182.00	119.00	26.00	12.00	37.00	0.00	32.00	77.00	2.00	24.00	72.00	776.00	64.67
14	1977	44.00	155.00	61.00	0.00	1.00	0.00	6.00	0.00	10.00	49.00	42.00	40.00	408.00	34.00
15	1978	214.00	39.00	44.00	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.00	107.00	503.00	41.92
16	1979	176.00	63.00	171.00	23.00	1.00	0.00	0.00	5.00	0.00	8.00	85.00	131.00	663.00	55.25
17	1980	231.00	150.00	178.00	87.00	1.00	0.00	0.00	0.00	39.00	64.00	12.00	66.00	828.00	69.00
18	1981	285.00	290.00	152.00	15.00	1.00	0.00	0.00	21.00	37.00	8.00	60.00	157.00	1026.00	85.50
19	1982	240.00	161.00	213.00	107.00	15.00	0.00	0.00	52.00	1.00	23.00	91.00	157.00	1060.00	88.33
20	1983	81.00	35.00	9.00	62.00	0.00	0.00	0.00	14.00	21.00	1.00	34.00	57.00	314.00	26.17
21	1984	255.00	243.00	178.00	114.00	12.00	2.00	0.00	0.00	3.00	43.00	101.00	39.00	990.00	82.50
22	1985	31.00	61.00	33.00	90.00	0.00	0.00	0.00	6.00	96.00	83.00	93.00	153.00	646.00	53.83
23	1986	237.00	229.00	228.00	119.00	0.00	1.00	0.00	25.00	10.00	4.00	65.00	84.00	1002.00	83.50
24	1987	230.00	11.00	26.00	5.00	0.00	11.00	20.00	1.00	0.00	39.00	38.00	159.00	540.00	45.00
25	1988	272.00	202.00	182.00	116.00	0.00	2.00	7.00	0.00	6.00	24.00	14.00	205.00	1030.00	85.83
26	1989	269.00	181.00	108.00	94.00	2.00	49.00	1.00	6.00	25.00	3.00	21.00	152.00	911.00	75.92
27	1990	159.00	211.00	120.00	103.00	10.00	0.00	0.00	1.00	2.00	58.00	45.00	57.00	766.00	63.83
28	1991	22.00	68.00	52.00	54.00	16.00	47.00	0.00	0.00	56.00	11.00	43.00	85.00	454.00	37.83
29	1992	153.00	156.00	32.00	6.00	0.00	0.00	0.00	45.00	1.00	60.00	76.00	35.00	564.00	47.00
30	1993	269.00	107.00	135.00	107.00	6.00	0.00	1.00	15.00	8.00	94.00	157.00	151.00	1050.00	87.50
31	1994	205.00	222.00	189.00	57.00	17.00	0.00	0.00	0.00	22.00	13.00	66.00	101.00	892.00	74.33
32	1995	166.00	141.00	209.00	82.00	3.00	0.00	0.00	3.00	11.00	54.00	38.00	110.00	817.00	68.08
33	1996	160.00	188.00	109.00	104.00	16.00	0.00	0.00	20.00	14.00	29.00	51.00	105.00	796.00	66.33
34	1997	246.00	210.00	116.00	68.00	3.00	0.00	0.00	26.00	38.00	15.00	92.00	123.00	937.00	78.08
35	1998	217.00	150.00	90.00	14.00	0.00	3.00	0.00	4.00	1.00	44.00	54.00	50.00	627.00	52.25
36	1999	126.00	236.00	160.00	129.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.00	53.00	45.00	146.00	950.00	79.17
37	2000	161.00	183.00	156.00	39.00	4.00	6.00	0.00	13.00	6.00	79.00	27.00	168.00	842.00	70.17
38	2001	285.00	230.00	260.00	100.00	32.00	1.00	4.00	5.00	4.00	31.00	16.00	67.00	1035.00	86.25
39	2002	154.30	284.20	161.60	41.20	19.10	2.70	15.20	15.40	26.20	61.10	121.20	169.80	1072.00	89.33
40	2003	179.50	180.70	171.40	48.50	4.00	1.60	0.00	6.30	5.20	65.10	35.10	176.00	873.40	72.78
41	2004	208.00	242.70	55.60	19.10	11.10	9.40	6.30	0.00	31.10	59.00	52.20	160.40	854.90	71.24
42	2005	120.10	113.30	100.60	19.80	1.10	0.00	1.50	1.30	0.20	40.60	101.30	111.60	611.40	50.95
43	2006	223.20	143.10	142.50	93.70	0.00	4.30	0.00	6.40	1.40	39.50	79.00	116.40	849.50	70.79
44	2007	193.00	78.10	187.90	44.30	1.20	0.00	0.30	0.00	8.60	36.50	107.10	137.00	794.00	66.17
45	2008	148.20	71.20	105.50	19.00	17.90	2.90	0.00	2.00	24.90	50.20	76.60	123.20	641.60	53.47
46	2009	195.10	131.80	96.80	30.00	4.50	0.00	4.40	0.10	9.00	13.10	120.10	163.40	768.30	64.03
47	2010	150.50	167.10	135.80	42.50	2.90	0.00	0.00	4.80	1.50	58.20	61.60	201.10	826.00	68.83
48	2011	86.90	267.20	179.10	49.20	1.40	2.00	3.20	0.30	37.30	73.10	45.00	115.30	860.00	71.67
49	2012	150.90	235.90	117.80	27.20	0.80	2.90	0.90	0.00	38.10	25.30	70.90	152.90	823.60	68.63
50	2013	187.50	207.30	102.80	23.50	0.00	4.90	0.80	12.30	11.60	13.60	106.50	224.50	895.30	74.61
51	2014	279.80	183.80	101.10	61.50	4.20	0.00	2.60	1.20	9.40	40.20	19.60	229.70	933.10	77.76
52	2015	264.90	116.40	136.00	76.00	14.60	0.00	2.00	4.50	45.40	17.50	82.20	182.80	942.30	78.53
53	2016	101.30	290.60	88.90	27.70	3.30	0.00	5.10	2.00	15.30	93.00	33.40	134.60	795.20	66.27
54	2017	154.40	195.90	211.60	85.00	22.90	1.30	1.40	8.80	13.10	42.40	78.40	123.00	938.20	78.18
55	2018	143.40	275.40	209.00	28.30	0.00	8.20	17.50	11.10	7.90	7.50	72.40	132.10	912.80	76.07
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
MEDIA		181.98	169.09	128.87	58.85	5.96	4.37	2.68	10.15	19.93	38.22	61.45	120.47	802.01	66.83
DESV. STD		70.91	76.63	60.22	39.12	8.17	10.28	4.89	18.08	21.74	29.25	39.35	48.96	200.73	16.73
C.V.		0.39	0.45	0.47	0.66	1.37	2.35	1.83	1.78	1.09	0.77	0.64	0.41	0.25	0.25
P.MAXIMA		360.00	360.00	260.00	187.00	33.00	49.00	20.00	115.00	96.00	129.00	204.00	229.70	1450.00	120.83
P.MINIMA		22.00	11.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	314.00	26.17
Fuente: SENAMHI												FECHA: 28/04/2019 16:44			
		diciembre - marzo		600.41	75%										
		abril - noviembre		201.60	25%										

Tabla 23: precipitación mensual Estación La Raya

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS																	
Precipitación Mensual Acumulada (mm)																	
ESTACION:		LA RAYA			LAT: 14° 29' 03"		S		Departamento : Cusco								
CODIGO:		CP 884			LONG: 70° 59' 00"		W		Provincia : Canchis								
CUENCA:		Urubamba			ALT: 4,350		msnm		Distrito : Marangani								
														CUADRO N° 25			
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA		
1	1964	97.30	96.30	141.40	71.80	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70	22.00	44.50	114.00	604.00	50.33		
2	1965	94.40	114.90	123.80	50.00	0.00	4.40	0.00	27.10	33.10	44.50	80.30	106.10	678.60	56.55		
3	1966	217.80	82.60	15.30	34.30	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70	140.40	61.60	137.50	706.20	58.85		
4	1967	77.70	105.10	179.60	53.20	18.10	0.00	16.70	27.10	42.30	110.00	35.40	118.90	784.10	65.34		
5	1968	168.00	194.00	229.00	78.00	30.00	1.00	1.00	3.00	20.00	44.00	97.00	160.00	1025.00	85.42		
6	1969	111.00	177.00	154.00	97.00	18.00	0.00	22.00	19.00	32.00	53.00	86.00	166.00	935.00	77.92		
7	1970	217.00	145.00	141.00	45.00	28.00	1.00	0.00	0.00	18.00	52.00	68.00	117.00	832.00	69.33		
8	1971	120.00	147.00	139.00	30.00	0.00	0.00	62.00	61.00	42.00	93.00	119.00	133.00	946.00	78.83		
9	1972	190.00	242.00	135.00	69.00	1.00	0.00	1.00	87.00	18.00	82.00	127.00	122.00	1074.00	89.50		
10	1973	133.00	220.00	216.00	154.00	17.00	12.00	0.00	1.00	28.00	25.00	9.00	29.00	844.00	70.33		
11	1974	261.00	207.00	84.00	61.00	21.00	13.00	0.00	3.00	90.00	11.00	35.00	181.00	967.00	80.58		
12	1975	218.00	201.00	148.00	87.00	0.00	0.00	0.00	2.00	18.00	125.00	88.00	104.00	991.00	82.58		
13	1976	181.00	186.00	184.00	43.00	35.00	0.00	0.00	17.00	170.00	20.00	28.00	125.00	989.00	82.42		
14	1977	265.30	150.80	161.20	69.90	20.40	0.00	6.80	5.60	46.40	73.40	77.20	88.50	965.50	80.46		
15	1978	181.10	204.20	165.70	69.40	8.50	7.60	0.60	36.20	8.40	38.00	87.00	132.00	938.70	78.23		
16	1979	110.30	146.70	166.00	58.20	15.90	0.00	0.00	1.20	37.80	54.70	67.10	146.20	804.10	67.01		
17	1980	181.80	117.40	187.30	32.70	13.80	12.00	9.50	15.40	39.10	9.50	34.60	74.70	727.80	60.65		
18	1981	112.40	243.10	129.80	24.70	16.00	0.00	5.00	0.00	33.10	37.50	215.20	117.50	934.30	77.86		
19	1982	375.90	276.90	131.60	71.00	20.10	0.00	0.00	12.20	48.00	25.50	63.50	191.00	1215.70	101.31		
20	1983	206.70	131.10	179.40	94.80	133.00	0.00	0.00	0.00	11.50	56.50	71.60	178.70	1063.30	88.61		
21	1984	157.50	123.70	199.50	42.60	31.10	0.00	0.00	0.00	16.00	119.00	120.80	35.50	845.70	70.48		
22	1985	54.80	37.50	48.10	21.20	1.20	0.00	0.00	1.00	16.80	78.90	105.50	128.40	493.40	41.12		
23	1986	124.00	148.30	223.20	61.80	0.00	4.00	0.00	17.00	10.70	99.90	146.70	80.00	915.60	76.30		
24	1987	124.20	148.30	100.60	83.00	5.00	7.80	0.00	1.50	8.30	28.40	12.70	83.80	603.60	50.30		
25	1988	292.60	158.40	165.80	81.20	22.60	25.60	3.80	19.50	9.90	131.50	193.50	108.90	1213.30	101.11		
26	1989	196.50	166.60	163.30	108.70	43.20	9.10	1.00	0.00	92.50	56.60	148.70	148.00	1134.20	94.52		
27	1990	171.60	229.40	192.70	135.80	19.30	0.00	10.40	23.60	56.60	13.20	70.10	141.00	1063.70	88.64		
28	1991	270.00	90.20	95.00	44.50	12.20	0.00	17.00	3.50	8.80	55.10	159.00	153.30	908.60	75.72		
29	1992	186.90	176.90	246.90	146.00	10.20	0.00	0.00	2.70	12.90	45.50	13.70	127.70	969.40	80.78		
30	1993	244.60	135.40	178.00	79.20	27.70	19.30	0.00	36.60	37.60	48.50	43.90	143.80	994.60	82.88		
31	1994	199.30	114.00	70.60	46.20	9.80	47.70	2.70	12.70	29.90	137.40	122.20	146.30	938.80	78.23		
32	1995	195.50	97.80	137.20	43.30	27.70	22.90	0.00	1.30	27.70	74.70	51.80	155.40	835.30	69.61		
33	1996	190.20	133.10	93.50	29.20	0.00	0.00	48.30	22.90	29.50	67.80	134.30	69.60	818.40	68.20		
34	1997	240.70	35.70	162.30	122.40	4.80	10.20	13.50	32.80	52.10	70.00	187.50	182.30	1114.30	92.86		
35	1998	198.90	197.60	224.79	91.40	46.70	1.30	0.00	0.00	35.80	67.30	131.30	192.30	1187.39	98.95		
36	1999	173.00	229.00	124.00	26.00	2.00	0.00	28.00	1.00	5.00	34.00	138.00	130.00	890.00	74.17		
37	2000	260.00	182.00	161.00	55.00	6.00	1.00	0.00	4.00	99.00	67.00	101.00	165.00	1101.00	91.75		
38	2001	227.00	154.00	201.00	146.00	31.00	3.00	0.00	5.00	35.00	40.00	165.00	120.00	1127.00	93.92		
39	2002	195.00	143.00	162.00	45.00	1.00	0.00	0.00	1.00	6.00	72.00	142.00	52.00	819.00	68.25		
40	2003	139.00	149.00	152.00	63.00	31.00	0.00	0.00	0.00	160.00	42.00	7.00	126.00	869.00	72.42		
41	2004	154.00	64.00	133.00	59.00	13.00	5.00	2.00	0.00	17.00	77.00	38.00	133.00	695.00	57.92		
42	2005	209.00	141.00	192.00	102.00	11.00	10.00	0.00	1.00	10.00	86.00	84.00	168.00	1014.00	84.50		
43	2006	143.00	98.00	200.00	95.00	38.00	0.00	4.00	4.00	23.00	105.00	160.00	133.00	1003.00	83.58		
44	2007	224.00	168.00	158.00	49.00	14.00	6.00	0.00	51.00	5.00	65.00	25.00	134.00	899.00	74.92		
45	2008	280.00	208.00	190.00	53.00	4.00	8.00	1.00	8.00	110.00	32.00	61.00	129.00	1084.00	90.33		
46	2009	102.00	33.00	154.00	42.00	6.00	0.00	0.00	1.00	24.00	31.00	106.00	131.00	630.00	52.50		
47	2010	214.00	223.00	195.00	57.00	1.00	8.00	0.00	23.00	17.00	136.00	107.00	201.00	1182.00	98.50		
48	2011	200.00	222.00	210.00	88.00	24.00	0.00	31.00	23.00	7.00	69.00	121.00	114.00	1109.00	92.42		
49	2012	192.00	229.00	153.00	45.00	5.00	2.00	0.00	4.00	27.00	42.00	82.00	151.00	932.00	77.67		
50	2013	157.00	59.00	44.00	18.00	3.00	0.00	1.00	10.00	18.00	17.00	61.00	125.00	513.00	42.75		
51	2014	90.00	171.00	226.00	150.00	9.00	0.00	1.00	11.00	37.00	144.00	141.00	121.00	1101.00	91.75		
52	2015	273.60	128.10	147.30	88.50	22.80	0.00	4.40	8.70	57.90	26.40	94.60	193.10	1045.40	87.12		
53	2016	113.30	298.80	101.10	38.60	6.70	0.00	9.60	4.40	23.70	105.10	45.00	145.90	892.20	74.35		
54	2017	165.30	206.00	221.40	97.30	33.00	3.10	3.30	15.00	20.80	54.70	90.80	134.50	1045.20	87.10		
55	2018	154.50	283.90	218.80	39.20	0.00	14.20	26.40	18.20	13.80	13.20	85.00	143.50	1010.70	84.23		
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00		
MEDIA		182.41	159.47	157.39	68.86	16.71	4.71	6.05	12.48	35.10	63.08	90.75	130.70	927.69	77.31		
DES.V.STD		61.81	61.24	49.19	34.21	20.16	8.44	12.27	16.85	34.30	36.61	49.24	36.62	172.00	14.33		
C.V.		0.34	0.38	0.31	0.50	1.21	1.79	2.03	1.35	0.98	0.58	0.54	0.28	0.19	0.19		
P.MAXIMA		375.90	298.80	246.90	154.00	133.00	47.70	62.00	87.00	170.00	144.00	215.20	201.00	1215.70	101.31		
P.MINIMA		54.80	33.00	15.30	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	9.50	7.00	29.00	493.40	41.12		
Fuente: SENAMHI													FECHA: 28/04/2019 16:46				
				diciembre - marzo	629.97	68%											
				abril - noviembre	297.73	32%											

Tabla 24: precipitación mensual Estación Santo Tomas

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS															
Precipitación Mensual Acumulada (mm)															
ESTACION:		SANTO TOMAS		LAT: 14° 27' 00"		S		Departamento :		Cusco					
CODIGO:		752		LONG: 72° 06' 00"		W		Provincia :		Chumbivilcas					
CUENCA:		Intercuenca Alto Apurimac		ALT: 3,658		msnm		Distrito :		Santo Tomás					
															CUADRO N° 27
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	113.41	136.87	157.19	16.00	20.00	3.96	1.95	0.00	7.00	49.50	49.50	65.50	620.88	51.74
2	1965	159.50	319.00	97.00	22.00	2.88	7.13	3.95	0.00	33.68	6.50	42.50	125.00	819.14	68.26
3	1966	136.00	157.00	128.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	74.00	113.83	82.21	697.53	58.13
4	1967	56.60	239.50	554.80	66.50	19.00	0.00	9.00	20.00	44.00	42.00	13.00	126.00	1190.40	99.20
5	1968	132.00	78.00	25.00	0.00	0.00	21.20	0.00	3.00	60.00	46.20	128.40	140.80	634.60	52.88
6	1969	79.80	75.00	0.00	71.38	13.91	6.52	0.10	0.00	3.00	61.70	88.67	132.22	532.30	44.36
7	1970	313.40	269.72	211.87	86.59	11.65	6.30	0.64	0.00	6.55	89.37	104.25	109.63	1209.95	100.83
8	1971	94.24	152.00	64.00	53.00	0.00	2.00	0.00	1.00	2.50	7.50	11.40	119.20	506.84	42.24
9	1972	263.40	177.60	235.90	85.80	11.60	0.00	11.20	8.60	30.40	55.51	112.97	107.20	1100.18	91.68
10	1973	96.78	206.87	82.02	42.12	9.54	0.60	4.80	0.00	6.54	89.37	79.49	136.43	754.55	62.88
11	1974	159.80	215.79	230.17	19.77	7.83	6.58	2.48	0.00	13.37	55.51	45.08	128.93	885.31	73.78
12	1975	207.53	258.57	125.80	31.82	45.51	1.63	1.02	0.00	127.87	77.87	15.31	105.54	998.46	83.21
13	1976	294.21	216.67	264.30	16.39	1.04	5.37	1.33	3.61	11.45	40.90	55.00	72.87	983.12	81.93
14	1977	263.68	107.60	220.95	42.10	14.72	6.37	4.04	0.00	34.69	23.01	87.10	55.83	860.09	71.67
15	1978	131.50	195.51	109.67	94.17	3.37	0.83	0.71	0.00	3.84	77.34	84.62	168.12	869.68	72.47
16	1979	404.14	212.34	313.86	39.90	2.46	0.56	1.63	0.00	21.42	6.05	66.02	90.31	1158.70	96.56
17	1980	124.76	234.98	149.32	46.20	8.51	9.52	6.07	0.00	57.11	43.13	46.56	178.82	904.97	75.41
18	1981	207.40	121.23	81.87	118.91	4.35	6.44	2.98	11.52	10.09	91.48	41.68	196.69	894.63	74.55
19	1982	230.15	151.67	106.44	164.59	9.70	2.65	36.79	0.00	27.93	42.88	70.73	205.06	1048.59	87.38
20	1983	276.40	142.91	281.35	37.16	3.56	3.27	2.22	0.00	7.31	72.49	75.84	106.99	1009.49	84.12
21	1984	137.35	243.56	162.78	72.80	0.22	3.97	2.02	0.00	2.35	71.62	20.71	172.05	889.45	74.12
22	1985	181.89	194.84	173.32	25.79	17.08	1.36	0.23	0.00	5.40	68.72	23.04	206.86	898.52	74.88
23	1986	142.80	99.58	138.16	32.45	36.68	8.08	11.03	0.00	8.39	18.00	37.28	103.00	635.45	52.95
24	1987	538.00	44.20	102.70	43.50	13.95	2.00	15.00	11.00	4.00	12.00	67.92	107.47	961.73	80.14
25	1988	117.50	138.12	95.48	126.49	5.82	5.72	1.02	0.00	24.31	44.00	12.00	63.50	633.02	52.75
26	1989	95.22	259.00	224.72	111.77	7.65	1.24	2.35	0.00	4.80	44.16	90.07	145.55	986.55	82.21
27	1990	339.78	47.77	210.85	66.32	1.16	1.84	2.29	0.00	4.79	30.26	91.60	252.10	1048.76	87.40
28	1991	64.67	145.31	156.90	134.49	32.91	7.08	0.57	10.80	23.27	43.63	9.14	151.69	780.46	65.04
29	1992	185.20	185.58	62.94	35.86	0.90	1.26	2.06	0.00	91.15	50.37	81.32	144.90	841.55	70.13
30	1993	118.61	270.49	69.52	38.77	8.14	6.58	3.72	0.00	11.97	70.34	39.19	252.24	889.58	74.13
31	1994	126.30	248.42	174.14	65.35	8.75	12.63	1.43	0.00	11.82	67.61	69.34	193.73	979.54	81.63
32	1995	64.59	142.55	539.06	65.49	15.39	1.27	0.26	0.00	21.88	37.77	82.49	95.79	1066.54	88.88
33	1996	131.28	175.03	515.04	44.53	39.55	1.11	2.39	1.93	12.62	54.10	45.29	145.50	1168.38	97.37
34	1997	155.53	251.72	355.09	52.91	5.72	5.92	0.04	19.00	13.36	64.15	36.12	82.77	1042.34	86.86
35	1998	216.29	155.77	133.79	37.51	5.39	2.61	3.45	0.00	2.38	39.35	37.55	87.93	722.02	60.17
36	1999	205.01	54.78	198.00	28.86	0.30	0.00	0.00	0.00	45.60	66.90	0.00	78.00	677.45	56.45
37	2000	184.70	194.20	158.50	25.20	3.40	10.10	44.01	0.00	21.00	42.90	0.00	151.50	835.51	69.63
38	2001	203.10	215.90	274.00	46.30	11.20	0.00	0.00	0.00	7.90	29.20	1.70	65.90	855.20	71.27
39	2002	120.40	182.60	117.10	27.70	9.80	6.00	14.00	0.00	31.80	74.30	73.60	103.70	761.00	63.42
40	2003	154.00	175.80	173.20	54.40	0.00	2.40	0.00	13.50	10.80	33.90	40.30	113.30	771.60	64.30
41	2004	140.70	149.60	121.30	22.40	0.00	0.00	34.00	18.40	15.60	60.20	112.00	250.00	924.20	77.02
42	2005	126.00	121.00	169.00	49.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.70	54.60	66.20	161.00	757.20	63.10
43	2006	241.90	194.60	153.90	108.10	0.00	2.60	0.00	6.90	13.10	71.30	87.60	150.40	1030.40	85.87
44	2007	162.20	92.00	157.70	59.80	11.50	0.00	8.90	0.00	4.90	27.90	56.30	195.70	776.90	64.74
45	2008	205.40	126.40	100.80	13.10	8.20	3.10	0.00	0.00	10.80	106.20	21.20	159.00	754.20	62.85
46	2009	100.70	146.90	127.00	73.50	3.70	0.00	3.00	0.00	0.00	22.50	112.10	106.20	695.60	57.97
47	2010	198.30	174.00	137.30	81.70	25.70	0.00	0.70	0.00	3.30	42.20	58.50	166.40	888.10	74.01
48	2011	181.50	200.10	179.30	95.80	37.70	0.40	4.80	18.60	56.30	27.60	78.70	123.00	1003.80	83.65
49	2012	193.50	253.90	271.10	102.30	1.60	0.00	0.90	0.00	11.00	38.08	8.96	345.91	1227.25	102.27
50	2013	201.24	253.20	154.00	58.20	7.00	10.50	1.70	17.00	6.10	35.60	58.30	224.00	1026.84	85.57
51	2014	210.30	114.80	127.80	43.80	5.50	0.00	0.50	3.80	55.90	103.30	46.60	195.80	908.10	75.68
52	2015	213.40	178.40	207.00	70.60	10.10	0.00	4.30	18.60	4.10	38.90	63.40	163.49	972.29	81.02
53	2016	57.90	239.80	141.50	62.90	7.40	3.70	5.60	12.40	6.60	55.50	36.70	74.50	704.50	58.71
54	2017	175.40	163.60	265.40	93.60	20.80	0.00	10.40	0.00	50.50	65.50	61.70	155.00	1061.90	88.49
55	2018	162.20	179.20	162.01	120.12	15.45	3.59	0.37	1.26	20.20	56.81	22.73	161.06	905.00	75.42
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
MEDIA		178.14	176.03	180.92	59.03	10.33	3.56	4.93	3.65	20.77	51.30	56.03	141.86	886.55	73.88
DESV. STD		86.07	61.52	110.11	35.43	10.85	4.03	8.85	6.35	23.79	23.33	32.81	56.51	170.55	14.21
C.V.		0.48	0.35	0.61	0.60	1.05	1.13	1.80	1.74	1.15	0.45	0.59	0.40	0.19	0.19
P.MAXIMA		538.00	319.00	554.80	164.59	45.51	21.20	44.01	20.00	127.87	106.20	128.40	345.91	1227.25	102.27
P.MINIMA		56.60	44.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.05	0.00	55.83	506.84	42.24
Fuente: SENAMHI - TC												FECHA: 28/04/2019 16:48			
		diciembre - marzo		676.94	76%										
		abril - noviembre		209.61	24%										

Tabla 25: precipitación mensual Estación Chalhuanca

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL COMPLETADAS Y EXTENDIDAS															
Precipitación Mensual Acumulada (mm)															
ESTACION:		CHALHUANCA		LAT: 14° 23' 34"		S		Departamento : Apurímac							
CODIGO:		747		LONG: 73° 10' 45"		W		Provincia : Aymaraes							
CUENCA:		Intercuenca Alto Apurímac		ALT: 2,850		msnm		Distrito : Cotaruse							
															CUADRO N° 26
ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	1964	217.00	92.00	184.00	145.00	17.00	2.00	15.00	9.00	21.00	39.00	54.00	89.00	884.00	73.67
2	1965	253.00	136.00	111.00	104.00	25.00	0.00	17.00	3.00	39.00	51.00	47.00	78.00	864.00	72.00
3	1966	153.00	134.00	118.00	28.00	19.00	0.00	22.00	11.00	20.00	71.00	47.00	71.00	694.00	57.83
4	1967	190.00	181.00	189.00	76.00	18.00	3.00	7.00	16.00	29.00	40.00	10.00	32.00	791.00	65.92
5	1968	97.00	96.00	189.00	58.00	13.00	8.00	3.00	15.00	32.00	64.00	23.00	110.00	708.00	59.00
6	1969	115.00	70.00	29.00	92.00	13.00	20.00	5.00	24.00	15.00	48.00	9.00	79.00	519.00	43.25
7	1970	167.00	145.00	162.00	30.00	20.00	5.00	6.00	4.00	44.00	38.00	34.00	59.00	714.00	59.50
8	1971	121.00	140.00	90.00	46.00	7.00	13.00	5.00	15.00	13.00	30.00	12.00	90.00	582.00	48.50
9	1972	237.00	174.00	37.00	30.00	8.00	5.00	17.00	9.00	32.00	48.00	43.00	46.00	686.00	57.17
10	1973	196.00	145.00	141.00	69.00	11.00	8.00	15.00	20.00	49.00	24.00	51.00	68.00	797.00	66.42
11	1974	210.00	216.00	140.00	81.00	9.00	25.00	9.00	80.00	54.00	25.00	34.00	51.00	934.00	77.83
12	1975	127.00	139.00	156.00	29.00	26.00	7.00	5.00	13.00	21.00	28.00	21.00	112.00	684.00	57.00
13	1976	135.00	115.00	140.00	30.00	15.00	16.00	8.00	21.00	101.00	6.00	11.00	45.00	643.00	53.58
14	1977	49.00	177.00	115.00	26.00	5.00	5.00	8.00	5.00	27.00	35.00	10.00	68.00	530.00	44.17
15	1978	150.00	135.00	6.00	31.00	7.00	7.00	3.00	5.00	37.00	21.00	39.00	169.00	610.00	50.83
16	1979	232.00	90.00	117.00	42.00	4.00	2.00	6.00	23.00	10.00	26.00	34.00	74.00	660.00	55.00
17	1980	77.00	49.00	175.00	27.00	4.00	1.00	5.00	1.00	34.00	106.00	55.00	44.00	578.00	48.17
18	1981	185.00	252.00	80.00	87.00	5.00	4.00	0.00	75.00	36.00	38.00	81.00	128.00	971.00	80.92
19	1982	112.00	104.00	104.00	26.00	0.00	26.00	0.00	29.00	36.00	87.00	57.00	32.00	613.00	51.08
20	1983	209.00	114.00	144.00	59.00	8.00	28.00	1.00	16.00	48.00	28.00	64.00	82.00	801.00	66.75
21	1984	75.00	59.00	111.00	34.00	7.00	9.00	22.00	6.00	20.00	31.00	8.00	92.00	474.00	39.50
22	1985	227.00	46.00	117.00	82.00	19.00	6.00	17.00	15.00	50.00	32.00	13.00	56.00	680.00	56.67
23	1986	211.00	106.00	179.00	27.00	23.00	2.00	17.00	5.00	28.00	62.00	60.00	69.00	789.00	65.75
24	1987	225.00	49.00	0.00	19.00	21.00	12.00	10.00	10.00	1.00	41.00	41.00	20.00	449.00	37.42
25	1988	237.00	88.00	105.00	88.00	25.00	0.00	15.00	4.00	24.00	29.00	0.00	89.00	704.00	58.67
26	1989	308.00	159.00	182.00	72.00	29.00	5.00	6.00	21.00	31.00	37.00	3.00	86.00	939.00	78.25
27	1990	224.00	100.00	31.00	28.00	7.00	8.00	2.00	24.00	9.00	36.00	15.00	60.00	544.00	45.33
28	1991	152.00	63.00	57.00	34.00	9.00	8.00	3.00	4.00	15.00	47.00	43.00	54.00	489.00	40.75
29	1992	145.00	177.00	175.00	33.00	4.00	18.00	2.00	40.00	5.00	62.00	13.00	124.00	798.00	66.50
30	1993	79.00	111.00	81.00	49.00	24.00	8.00	14.00	9.00	46.00	73.00	57.00	30.00	581.00	48.42
31	1994	143.00	89.00	0.00	27.00	1.00	2.00	26.00	6.00	27.00	19.00	42.00	82.00	464.00	38.67
32	1995	180.00	92.00	94.00	27.00	3.00	12.00	0.00	4.00	31.00	23.00	34.00	43.00	543.00	45.25
33	1996	176.00	152.00	97.00	54.00	21.00	2.00	14.00	15.00	28.00	20.00	7.00	114.00	700.00	58.33
34	1997	190.00	79.00	3.00	37.00	11.00	9.00	0.00	26.00	41.00	54.00	19.00	114.00	583.00	48.58
35	1998	72.00	47.00	33.00	26.00	1.00	13.00	12.00	6.00	3.00	39.00	62.00	69.00	383.00	31.92
36	1999	197.00	280.00	123.00	33.00	12.00	11.00	6.00	22.00	10.00	18.00	44.00	46.00	802.00	66.83
37	2000	192.00	93.00	18.00	34.00	10.00	25.00	1.00	12.00	15.00	47.00	25.00	19.00	491.00	40.92
38	2001	284.90	213.70	199.60	68.70	34.70	1.70	26.40	30.90	19.70	66.60	38.20	52.80	1037.90	86.49
39	2002	134.70	181.10	165.00	58.80	5.90	4.50	75.70	14.70	28.40	84.30	78.90	92.10	924.10	77.01
40	2003	117.00	123.60	237.10	34.50	14.00	0.00	4.00	21.80	23.50	29.50	33.00	108.70	746.70	62.23
41	2004	107.60	200.50	109.40	45.00	1.10	13.90	31.40	15.90	34.50	22.90	41.60	65.60	689.40	57.45
42	2005	148.60	112.10	73.10	45.72	4.33	0.00	4.60	7.60	50.30	20.00	13.90	161.30	641.55	53.46
43	2006	183.50	198.30	205.90	53.80	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	23.33	74.30	118.00	871.43	72.62
44	2007	124.50	170.30	225.20	36.50	4.50	0.00	0.00	3.80	0.00	20.90	10.80	25.90	626.90	52.24
45	2008	203.00	217.50	80.90	30.80	0.70	11.60	0.00	2.90	0.00	33.50	42.93	73.70	697.53	58.13
46	2009	110.50	144.70	163.50	86.50	0.00	0.00	19.40	0.00	0.00	27.80	72.70	81.50	706.60	58.88
47	2010	168.10	147.95	96.00	8.90	9.10	3.20	7.40	6.50	0.80	15.70	33.05	159.00	655.70	54.64
48	2011	168.10	151.20	96.00	8.90	9.10	3.20	7.40	6.50	0.80	15.70	14.90	159.00	640.80	53.40
49	2012	279.40	198.20	119.00	50.36	9.50	4.74	20.81	15.56	24.66	48.54	51.19	116.37	938.33	78.19
50	2013	204.70	223.47	205.48	42.61	73.63	7.24	21.93	16.08	80.51	12.93	21.64	5.05	915.27	76.27
51	2014	166.16	168.51	178.08	47.54	12.18	1.53	10.56	11.86	29.04	39.93	34.04	89.16	788.59	65.72
52	2015	166.46	169.19	178.65	47.56	11.79	1.30	10.55	11.76	29.18	39.80	33.74	90.98	790.96	65.91
53	2016	80.30	207.90	72.00	28.80	5.60	0.00	7.80	3.70	18.30	74.70	33.40	102.80	635.30	52.94
54	2017	116.20	144.10	154.70	69.30	24.90	2.70	2.80	11.90	16.10	40.20	64.90	94.90	742.70	61.89
55	2018	108.70	197.70	152.90	29.30	0.00	11.30	20.30	14.20	10.90	10.50	60.90	101.10	717.80	59.82
N° DATOS		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
MEDIA		166.13	139.35	119.01	47.52	12.40	7.39	10.82	14.88	26.60	39.09	35.93	79.85	698.97	58.25
DESV. STD		57.74	54.66	60.96	25.77	11.88	7.14	11.88	14.80	19.17	20.69	20.96	36.88	146.80	12.23
C.V.		0.35	0.39	0.51	0.54	0.96	0.97	1.10	0.99	0.72	0.53	0.58	0.46	0.21	0.21
P.MAXIMA		308.00	280.00	237.10	145.00	73.63	28.00	75.70	80.00	101.00	106.00	81.00	169.00	1037.90	86.49
P.MINIMA		49.00	46.00	0.00	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	5.05	383.00	31.92
Fuente: SENAMHI- TC												FECHA: 28/04/2019 16:47			
diciembre - marzo				504.34	72%										
abril - noviembre				194.63	28%										

Análisis de estabilidad

Tabla 26: Factor de Seguridad Sin carga

N°	QOCHA	FACTOR DE SEGURIDAD (F)					
		DIQUE		Sin Carga			
		A. Corona (m)	H. Dique (m)	Bishop Simplified		GLE Morgenstern-Price	
		Estatica	Sísmica	Estatica	Sísmica		
1.	Manquere	4.00	2.50	2.380	1.663	2.367	1.656

Tabla 27: factor de seguridad Con carga

N°	QOCHA	FACTOR DE SEGURIDAD (F)					
		DIQUE		Con Carga			
		A. Corona (m)	H. Dique (m)	Bishop Simplified		GLE Morgenstern-Price	
		Estatica	Sísmica	Estatica	Sísmica		
1.	Manquere	4.00	2.50	3.588	2.257	3.567	2.241

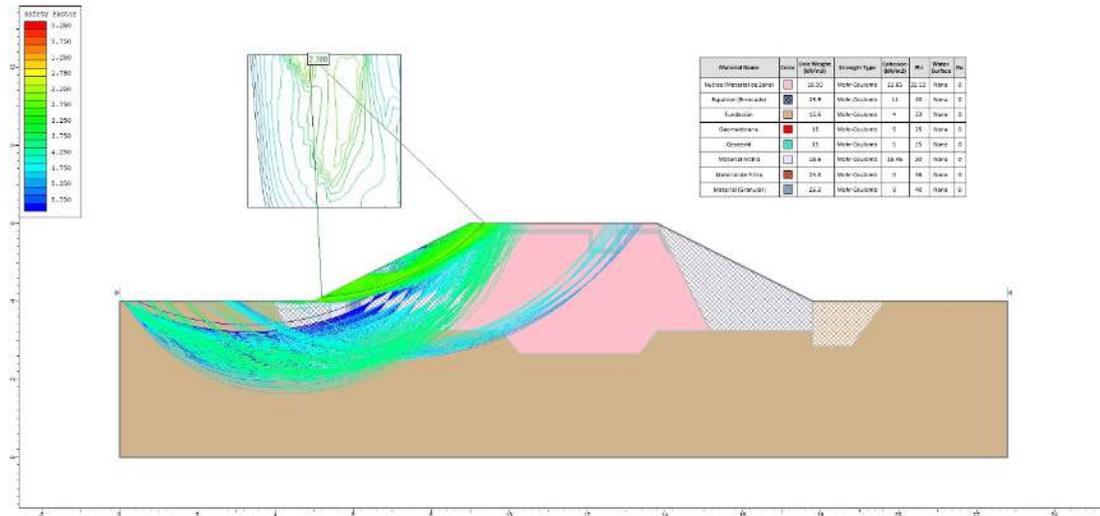


Figura N° 20: Estabilidad sin carga (Condición Estática)

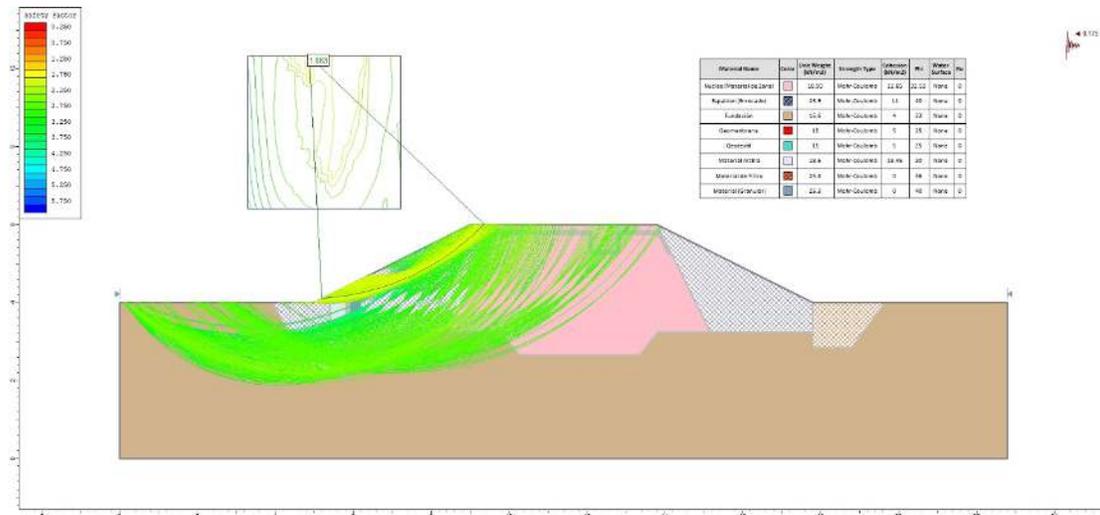


Figura N° 21: Estabilidad sin carga (Condición Sísmica = 0.175)

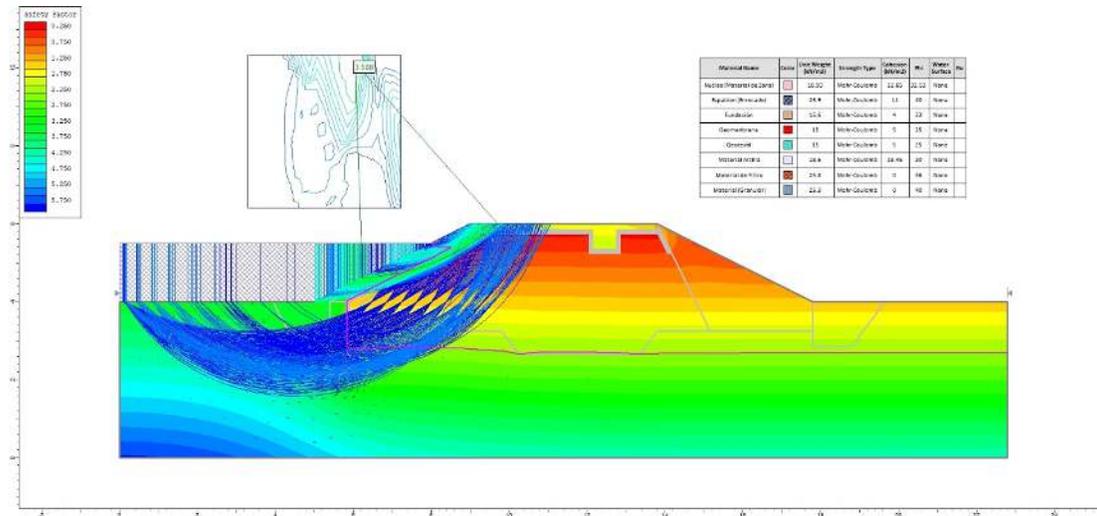


Figura N° 22: Estabilidad con carga (Condición Estática)

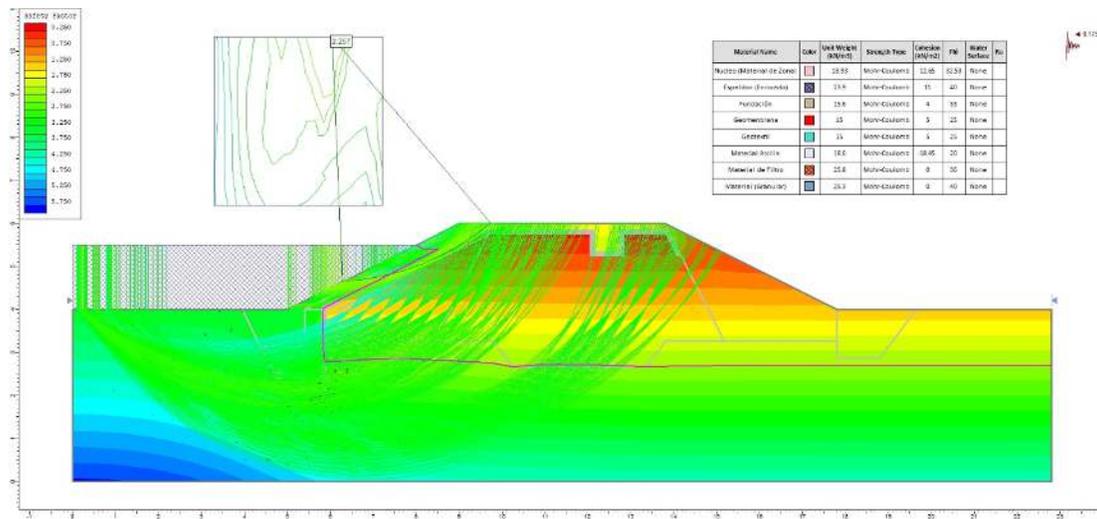


Figura N° 23: Estabilidad con carga (Condición Sísmica = 0.175)

Análisis de Filtración

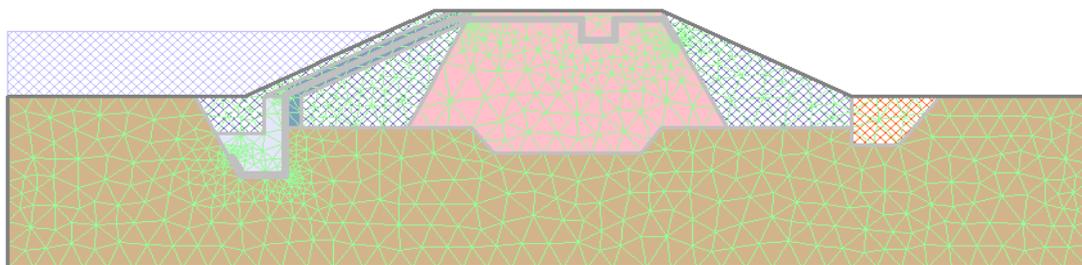


Figura N° 24: Discretización de elementos finitos

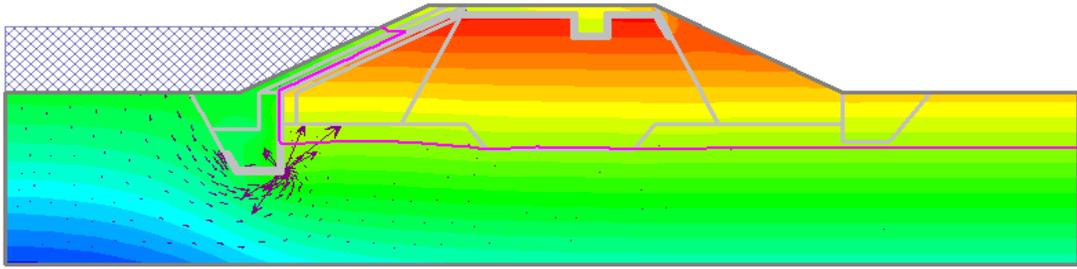


Figura N° 25: Presión de poros

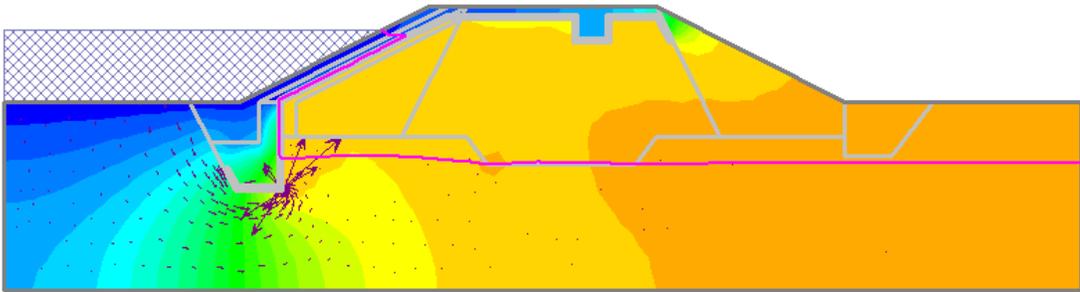


Figura N° 26: Presión Total

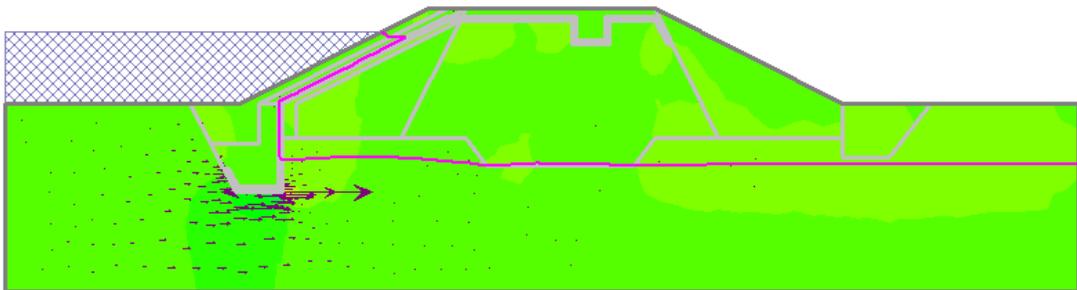


Figura N° 27: Velocidad de descarga horizontal

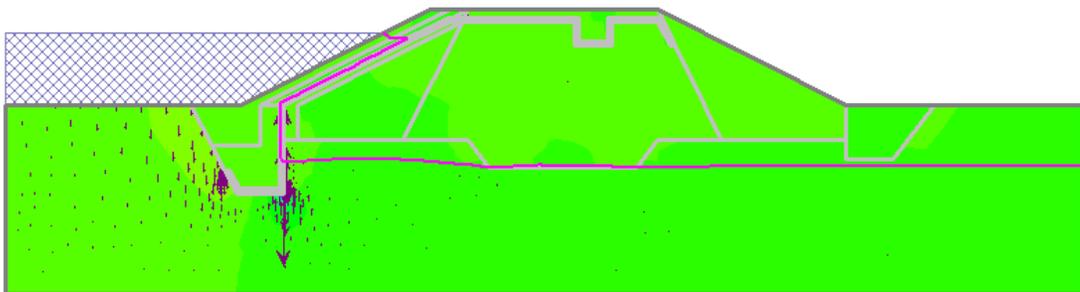


Figura N° 28: Velocidad de descarga vertical

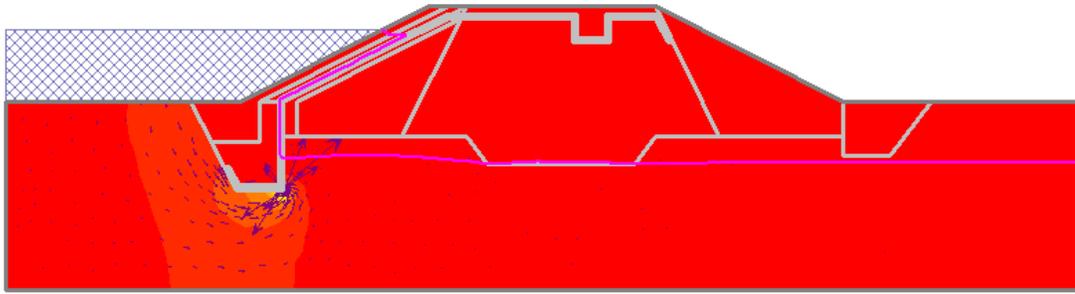


Figura N° 29: Velocidad de descarga total

Vista Aérea de la Qocha Manquere



Figura N° 30: Vista Aérea de la Qocha Manquere