

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**HIDROLOGÍA CON FINES DE APROVECHAMIENTO
DE AGUA POTABLE Y RIEGO EN EL CENTRO
POBLADO SAN ISIDRO DE ACOBAMBA,
HUANCAVELICA - 2019**

PRESENTADO POR:

Bach. RIVEROS BROCOS, FRANCO FERNANDO.

Línea de investigación Institucional:

Salud y gestión de la salud.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Huancayo – Perú
2023

Dr. Julio Cesar Llallico Colca.

Asesor

Dedicatoria

- Esta tesis va dedicada inevitablemente a mis padres por su dedicación inagotable hacia sus hijos.

Franco Fernando Riveros Brocos.

Agradecimiento

- Agradezco a la Universidad Peruana Los Andes y sus docentes, por encaminarme como profesional en la materia.

Franco Fernando Riveros Brocos.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 310

Que, el (la) bachiller: Bachilleres **FRANCO FERNANDO, RIVEROS BROCOS**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **"HIDROLOGÍA CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RIEGO EN EL CENTRO POBLADO SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, HUANCAVELICA - 2019"**, la misma que cuenta con **93 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **21%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 05 de Octubre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil.
Jurado

Mg. Rando Porras Olarte.
Jurado

Ing. Lidia Benigna Larrazabal Sanchez.
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento | iv |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| INTRODUCCIÓN | xvi |
| CAPÍTULO I | 18 |
| EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 18 |
| 1.2. Formulación y sistematización del problema | 19 |
| 1.2.1. Problema general | 19 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 19 |
| 1.3. Justificación | 20 |
| 1.3.1. Práctica o social | 20 |
| 1.3.2. Metodológica | 20 |
| 1.3.3. Tecnológica | 21 |
| 1.3.4. Teórico o científico | 21 |
| 1.4. Delimitaciones | 21 |
| 1.4.1. Espacial | 21 |
| 1.4.2. Temporal | 22 |
| 1.4.3. Económica | 22 |
| 1.5. Limitaciones | 22 |
| 1.5.1. Información | 22 |
| 1.6. Objetivos | 22 |
| 1.6.1. Objetivo general | 22 |
| 1.6.2. Objetivos específicos | 23 |
| CAPÍTULO II | 24 |
| MARCO TEÓRICO | 24 |
| 2.1. Antecedentes | 24 |

| | |
|---|----|
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 24 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 26 |
| 2.2. Marco conceptual | 28 |
| 2.2.1. Oferta hídrica | 28 |
| 2.2.2. Recurso hídrico | 28 |
| 2.2.3. Precipitaciones | 29 |
| 2.2.4. Tipos de precipitación | 29 |
| 2.2.5. Nivel de agua | 30 |
| 2.2.6. Escorrentía | 30 |
| 2.2.7. Aguas subterráneas | 31 |
| 2.2.8. Tipos de aguas subterráneas | 31 |
| 2.2.9. Cuenca hidrográfica | 32 |
| 2.2.10. Tratamientos de datos hidrometeorológicos | 33 |
| 2.2.11. Disponibilidad hídrica | 34 |
| 2.2.12. Evaporación y transpiración | 34 |
| 2.2.13. Generación de caudales por el método de Lutz Scholz | 36 |
| 2.2.14. Parámetros hidrológicos para la generación de caudales | 37 |
| 2.2.15. Demanda hídrica poblacional | 39 |
| 2.2.16. Demanda hídrica por riego | 41 |
| 2.2.17. Coeficiente de uso consuntivo del cultivo | 42 |
| 2.2.18. Requerimiento de agua para riego a través del programa CROPWAT | 43 |
| 2.2.19. Balance hídrico | 43 |
| 2.2.20. Parámetros para la calidad del agua potable | 44 |
| 2.2.21. Parámetros de calidad para agua de riego | 48 |
| 2.3. Definición de términos | 50 |
| 2.4. Hipótesis | 51 |
| 2.4.1. Hipótesis general | 51 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 51 |
| 2.5. Variables | 52 |
| 2.5.1. Definición conceptual de las variables | 52 |
| 2.5.2. Definición operacional de las variables | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.3. Operacionalización de la variable | 53 |
| CAPITULO III | 54 |
| METODOLOGÍA | 54 |
| 3.1. Método de investigación | 54 |
| 3.2. Tipo de investigación | 54 |
| 3.3. Nivel de investigación | 55 |
| 3.4. Diseño de investigación | 55 |
| 3.5. Población y muestra | 55 |
| 3.5.1. Población | 55 |
| 3.5.2. Muestra | 55 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 56 |
| 3.6.1. Técnicas | 56 |
| 3.7. Procesamiento de la información | 57 |
| 3.8. Técnicas y análisis de datos | 57 |
| CAPÍTULO IV | 58 |
| RESULTADOS | 58 |
| 4.1. Oferta hídrica para consumo humano | 58 |
| 4.2. Demanda hídrica para consumo humano | 59 |
| 4.3. Calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado de San Isidro de Acobamba | 60 |
| 4.4. Oferta hídrica para riego | 62 |
| 4.5. Demanda hídrica para riego | 67 |
| 4.6. Calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba | 72 |
| 4.7. Aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba | 76 |
| 4.7.1. Balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable | 76 |
| 4.7.2. Balance hídrico para el aprovechamiento de riego | 77 |
| CAPÍTULO V | 79 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 79 |
| 5.1. Oferta hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba | 79 |
| 5.2. Demanda hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba | 81 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3. Calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado de San Isidro de Acobamba | 83 |
| 5.4. Calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba. | 84 |
| 5.5. Aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba | 85 |
| CONCLUSIONES | 86 |
| RECOMENDACIONES | 87 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 88 |
| ANEXOS | 93 |
| Anexo N° 01: matriz de consistencia | 94 |
| Anexo N° 02: certificados de la calidad del agua | 96 |
| Anexo N° 03: panel fotográfico | 103 |
| Anexo N° 04: planos | 107 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva. | 38 |
| Tabla 2. Eficiencia de riego de acuerdo al sistema de riego. | 41 |
| Tabla 3. Coeficientes de uso consuntivo de los principales cultivos de la Sierra de la región Junín. | 42 |
| Tabla 4. Parámetros físicos – químicos para agua potable. | 45 |
| Tabla 5. Parámetros orgánicos para agua potable. | 46 |
| Tabla 6. Parámetros inorgánicos para agua potable. | 47 |
| Tabla 7. Parámetros microbiológicos y parasitológicos para agua potable. | 47 |
| Tabla 8. Parámetros físicos – químicos para agua de riego. | 48 |
| Tabla 9. Parámetros orgánicos para agua de riego. | 49 |
| Tabla 10. Parámetros inorgánicos para agua de riego. | 49 |
| Tabla 11. Parámetros microbiológicos y parasitológicos para agua de riego. | 49 |
| Tabla 12. Operacionalización de las variables. | 53 |
| Tabla 13. Aforamiento del manantial Campanayocc en época de estiaje (mayo). | 58 |
| Tabla 14. Oferta hídrica del manantial Campanayocc. | 59 |
| Tabla 15. Cálculo de la población futura. | 59 |
| Tabla 16. Demanda hídrica por consumo humano. | 60 |
| Tabla 17. Análisis físico-químico de agua del manantial Campanayocc. | 61 |
| Tabla 18. Análisis de metales de agua del manantial Campanayocc. | 61 |
| Tabla 19. Análisis microbiológico de agua del manantial Campanayocc. | 62 |
| Tabla 20. Datos procesados de la estación Salcabamba – SENAMHI. | 62 |
| Tabla 21. Datos obtenidos del programa CLIMWAT. | 63 |
| Tabla 22. Cálculo del coeficiente de escurrimiento por el método de la misión alemana. | 63 |
| Tabla 23. Datos requeridos por el método Lutz Scholz. | 64 |
| Tabla 24. Cálculo de los caudales generados. | 64 |
| Tabla 25. Oferta hídrica de la microcuenca. | 65 |
| Tabla 26. Oferta hídrica del manantial Tiopampa. | 66 |
| Tabla 27. Oferta hídrica total para riego. | 66 |
| Tabla 28. Cultivos base y cultivos de rotación. | 67 |

| | |
|---|----|
| Tabla 29. Cálculo de la precipitación efectiva – CROPWAT. | 68 |
| Tabla 30. Cálculo de la evapotranspiración de referencia – CROPWAT. | 68 |
| Tabla 31. Características del suelo. | 69 |
| Tabla 32. Requerimiento de agua de los cultivos base. | 70 |
| Tabla 33. Requerimiento de agua de los cultivos de rotación. | 71 |
| Tabla 34. Demanda agrícola total. | 72 |
| Tabla 35. Análisis físico-químico de agua del río Acobamba. | 73 |
| Tabla 36. Análisis de metales de agua del río Acobamba. | 74 |
| Tabla 37. Análisis microbiológico de agua del río Acobamba. | 74 |
| Tabla 38. Análisis físico-químico de agua del manantial Tío Pampa. | 75 |
| Tabla 39. Análisis de metales de agua del manantial Tiopampa. | 75 |
| Tabla 40. Análisis microbiológico de agua del manantial Tío Pampa. | 75 |
| Tabla 41. Balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable. | 76 |
| Tabla 42. Balance hídrico para el aprovechamiento de riego. | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del centro poblado San Isidro de Acobamba. | 21 |
| Figura 2. Vista de la ubicación de los manantiales y el río Acobamba. | 56 |
| Figura 3. Oferta hídrica mensual de la microcuenca. | 65 |
| Figura 4. Balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable. | 77 |
| Figura 5. Balance hídrico para el aprovechamiento de riego. | 78 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado de aplicar la hidrología para fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica - 2019?; el objetivo general fue: Aplicar la hidrología con fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica – 2019 y la hipótesis general que se verificó fue: El resultado de aplicar la hidrología con fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba, Huancavelica - 2019, es óptimo en cantidad y calidad.

El método general aplicado a lo largo del desarrollo de esta investigación fue el científico, el tipo de investigación usado fue aplicado de nivel descriptivo y mediante un diseño no experimental. La población de estudio comprendió a los recursos hídricos presentes en el centro poblado San Isidro de Acobamba, distrito de San Marcos de Rocchac, en la provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica; mientras que la muestra de acuerdo al tipo de muestreo no probabilístico o intencional correspondió al manantial Campanayocc, Tiopampa y el río Acobamba.

Como conclusión principal se tuvo que, de la aplicación de la hidrología con fines de aprovechamiento del recurso hídrico, el río Acobamba, manantial Campanayocc y Tiopampa, sí cubren la demanda de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba.

Palabras clave: Hidrología, aprovechamiento, agua potable, riego.

ABSTRACT

The general problem of this research was: What is the result of applying hydrology for drinking water and irrigation purposes in the San Isidro de Acobamba population center, Huancavelica - 2019? The general objective was: To apply hydrology for drinking water and irrigation in the San Isidro de Acobamba, Huancavelica - 2019 population center. The general hypothesis that was verified was: The result of applying hydrology for drinking water and irrigation in the San Isidro de Acobamba, Huancavelica - 2019 population center is optimal in terms of quantity and quality.

The general method applied throughout the development of this research was the scientific method, the type of research used was applied at a descriptive level and through a non-experimental design. The study population included the water resources present in the town of San Isidro de Acobamba, district of San Marcos de Rocchac, in the province of Tayacaja, department of Huancavelica; while the sample, according to the type of non-probabilistic or intentional sampling, corresponded to the Campanayocc spring, Tiopampa and the Acobamba river.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version) The main conclusion was that the Acobamba River, the Campanayocc and Tiopampa Springs do meet the demand for drinking water and irrigation in the San Isidro de Acobamba population center.

Key words: Hydrology, utilization, drinking water, irrigation.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Hidrología con fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica - 2019” presenta como objetivo aplicar la hidrología con fines de aprovechamiento en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica, para ello se estimó la oferta hídrica tanto del manantial Campanayocc, Tiopampa con el aforo y del río Acobamba con la utilización del método Lutz Scholz, además se estimó la demanda para consumo humano y riego con la aplicación del software Cropwat; otro aspecto importante considerado fue la calidad del recurso hídrico el mismo que fue comparado con lo establecido por los estándares de calidad ambiental (ECA) del MINAM (2017) en base a los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales.

Esta investigación está constituida por 5 capítulos, los cuales son descritos a continuación:

El Capítulo I, abarca al problema de la investigación, el planteamiento del problema, la formulación y la sistematización del problema, la delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos.

El Capítulo II, desarrolla el marco teórico, los antecedentes de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III, muestra la metodología aplicada en la investigación, explicando el método de investigación, el tipo de investigación, nivel, diseño, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información, además de las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV, expone los resultados de la investigación que fueron obtenidos en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V, presenta la discusión de resultados de la investigación.

Finalmente se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Franco Fernando Riveros Brocos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial del 70 % de la superficie está cubierta por agua, de lo cual el 97.5 % comprende al agua salada y tan solo el 2.5 % es agua dulce; de la misma que, la extracción para el sector agropecuario es de 69 %, para el industrial el 19 % y municipal el 12 %; no obstante, la disponibilidad enfrenta presiones por contaminación y el uso irracional del recurso hídrico, donde se desconoce su cantidad y calidad (Agua.org.mx, 2019).

A nivel de Latinoamérica, también se presenta el agotamiento del recurso hídrico siendo necesario la gestión integrada de este recurso con la finalidad de aprovechar eficientemente el recurso hídrico (Lala, 2017).

Según Hatta (2014), el Perú es el octavo país en el mundo con la mayor disponibilidad hídrica, no obstante, las principales ciudades padecen escasez de agua; a esto se suma el crecimiento económico y poblacional que requiere mayor disponibilidad de agua; sin embargo, esta es cada vez es más escasa

por la desigualdad en la distribución territorial, el mal uso y la falta de administración del recurso en base al conocimiento de cuánto recurso se cuenta (Muñoz, 2011).

Esta problemática se refleja en el departamento de Huancavelica, donde a pesar de contar con reservas abundantes del recurso hídrico, diversos sectores de la población carecen de este. Un ejemplo claro es el distrito de San Marcos de Rocchac que en la actualidad cuenta con dos manantiales (Campanayocc y Tiopampa) y el río Acobamba, que abastece las demandas de agua potable y agrícola; no obstante, se muestra deficiencias en los sistemas lo cual trae consigo pérdidas del recurso y no asegura la disponibilidad hídrica para el presente escenario ni futuros; razón por la cual la investigación aplicó la hidrología para fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba con la finalidad de conocer la oferta hídrica, demanda hídrica y la calidad en ambos casos.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de aplicar la hidrología para fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica - 2019?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es la oferta hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica?

- b) ¿Cuál es la demanda hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica?
- c) ¿Cuál es la calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica?
- d) ¿Cuál es la calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba, Huancavelica?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

Con el desarrollo de la presente investigación se pretende dar solución a una problemática del centro poblado San Isidro de Acobamba debido a que actualmente se desconoce la cantidad y calidad del recurso hídrico para consumo humano y riego que cuentan, trayendo consigo un mal uso del mismo.

Asimismo, con ello las autoridades competentes podrán distribuir racionalmente el recurso hídrico y tomar las mejores decisiones.

1.3.2. Metodológica

De acuerdo a Bernal (2006) la investigación presenta una justificación metodológica para proponer o desarrollar un nuevo método o metodología para su desarrollo; por lo tanto, la utilidad metodológica recae en el análisis de recursos hídricos lo cual podría ser utilizado en diferentes cuencas hidrográficas.

1.3.3. Tecnológica

Se considera la tecnología existente en campo referido a recursos hídricos, donde el impacto resalta en dar a conocer a la sociedad sobre la cantidad y calidad de los recursos hídricos.

1.3.4. Teórico o científico

De acuerdo a Bernal (2006) la presente investigación no cuenta con justificación teórica, pues no se pretende realizar un debate académico sobre el conocimiento existente o no se confrontará una teoría referida a recursos hídricos.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación fue desarrollada en el centro poblado de San Isidro de Acobamba, en el distrito San Marcos de Rocchac, provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica.



Figura 1. Ubicación del centro poblado San Isidro de Acobamba.
Fuente: Google Earth (2019).

1.4.2. Temporal

La investigación fue ejecutada durante los meses de setiembre a diciembre del año 2019.

1.4.3. Económica

La presente investigación no percibió ningún tipo de aporte de instituciones ajenas, por ello los costos fueron asumidos en su totalidad por el investigador.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Información

La recolección de información referente al crecimiento poblacional, tasa de crecimiento y cantidad de hectáreas disponibles fue una de las restricciones presente en la investigación, por lo que se tuvo que realizar en campo un trabajo de la toma de datos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Aplicar la hidrología con fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica – 2019.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Estimar la oferta hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica.
- b) Determinar la demanda hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica.
- c) Determinar la calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado de San Isidro de Acobamba, Huancavelica.
- d) Determinar la calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba, Huancavelica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Lala (2017) realizó la investigación: “Análisis de la sostenibilidad de la producción de agua en la microcuenca del río Pita mediante la determinación de la huella hídrica y disponibilidad de agua”, siendo el objetivo analizar referencialmente el uso del agua en la microcuenca del río Pita determinando la huella hídrica, para ello calculó las huellas azul, verde y gris de acuerdo a la metodología del Dr. Arjen Hoekstra desde un enfoque sistémico, obteniendo como resultados que, 20.4 millones de m³ es huella azul, 36.1 millones de m³ corresponden a la huella verde y poco más de 45.8 millones de m³ correspondieron a la huella gris, donde los mayores aportantes corresponden principalmente al sector agrícola, pecuario y doméstico; asimismo, la oferta natural detectada de agua azul ronda los 188 millones de m³ y

el de agua verde es de 64.19 millones de m³, del que ya no hay disponibilidad de cerca del 11 % y 56 % respectivamente; dentro de las conclusiones se tiene que, la microcuenca del río Pita presenta sostenibilidad para el consumo con disponibilidad y capacidad de depuración de agua.

Roldán (2016) desarrolló la investigación: “Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable” estableciéndose como objetivo establecer de forma crítica el valor económico del agua cruda que viene del Parque Nacional Cajas (PNC), tratada y distribuida por la empresa gubernamental ETAPA para el consumo poblacional de la ciudad de Cuenca en Ecuador, para su cumplimiento estableció el valor en términos económicos del agua cruda del páramo del PNC de acuerdo al modelo selección dicotómica de doble límite (DBDC) y una aplicó una fase práctica para verificar la consistencia de los resultados en correspondencia de la realidad con una encuesta para determinar la disposición a pagar, dentro de las conclusiones a las que llegó se encuentran que, el valor económico de este bien corresponde a un máximo valor RAP, donde el excedente del consumidor está determinado por la diferencia existente entre un precio concreto y la máxima RAP, a diferencia de la máxima DAP.

Montero (2016) realizó la investigación: “Escenarios de disponibilidad de agua para consumo humano en la microcuenca del río Porrosatí, Heredia, Costa Rica” siendo su objetivo general el analizar la disponibilidad del agua para el consumo humano primando

la recarga subterránea de la microcuenca del río Porrosatí, para ello estableció escenarios de disponibilidad en base a proyecciones climáticas durante los periodos 2025 – 2030 y 2050 – 2055 considerando el diagnóstico del estado y las condiciones hidrológicas de la microcuenca, el balance y comportamiento hidrológico, escenarios de recarga hídrica y recomendaciones para la gestión del recurso hídrico en la microcuenca priorizando el consumo humano con el apoyo del uso de tecnologías limpias; las conclusiones a las que abordó fueron que, los sistemas hídricos presentan alta sensibilidad a las variaciones en el clima, así como el cambio del uso de la tierra siendo la impermeabilización una limitante que se ha de considerar en los escenarios futuros.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Fernández (2017) desarrolló la investigación: “Determinación de la disponibilidad hídrica en el punto de captación del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Soritor, Moyobamba, 2013”, siendo su objetivo el establecer las características físicas, topográficas y de disponibilidad hídrica de la microcuenca Urcuyacu para el consumo humano de la población del distrito de Soritor y otros cercanos, para lo cual realizó estudios de campo a fin de evaluar los componentes biológicos, físicos, socioeconómicos, amenazas ambientales existentes y el registro de caudales en los puntos de captación de agua, dentro de los resultados obtuvo que la

microcuenca abarca un total de 1 051.67 hectáreas con gran potencial hídrico de 391 856.85 m³/mes, la demanda es de 122 400 m³/año siendo sólo el 31.3 %; la principal conclusión menciona que, el 68.7 % de agua que se genera en la microcuenca se encuentra disponible para otros usos.

Vasquez (2018) realizó la investigación: “Diagnóstico del consumo y demanda de agua potable en el campus de la UNALM y propuesta de cobertura” para ello consideró como objetivo principal el realizar un diagnóstico de las deficiencias del sistema de agua potable de la Universidad Nacional Agraria La Molina encontrando que corresponde al bajo caudal de agua disponible en la fuente y la antigüedad de las redes de tuberías; asimismo elaboró propuestas a nivel de calidad, cantidad, innovación y ahorro del agua, tales como la implementación de una PTAP en la captación, instalación de bebederos, nuevas conexiones a la red y estudio hidrogeológico; como conclusión se tiene que, también se presenta la pérdida excesiva de agua en los equipos sanitarios siendo necesario el uso obligatorio de equipos sanitarios y grifería ahorradora.

Quiroz (2019) desarrolló una investigación titulada: “Disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres ríos” estableciendo como objetivo el estimar la verdadera disponibilidad hídrica de la microcuenca de Jadibamba con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto

correspondiente a la cuenca Tres ríos, para alcanzar tal fin delimitó la microcuenca para calcular los parámetros geomorfológicos, trabajó con información meteorológica de cinco estaciones para determinar la precipitación media mensual con el método de Isoyetas, dentro de los resultado que obtuvo fue que, los caudales en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre fueron de 2.79 m³/s, 1.64 m³/s, 0.92 m³/s, 1.32 m³/s y 1.75 m³/s; a la conclusión principal que abordó fue que, el modelo Lutz Scholz es aquel que más se aproximó a los caudales registrados en la microcuenca Jadibamba durante el año 2017.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Oferta hídrica

Es el volumen de agua proyectado con probabilidad aceptable mediante estudios hidrológicos, hidrogeológicos, modelos o herramientas, basados en información hidrológica e hidrométrica suficiente y confiable (Tuñoque, 2018).

2.2.2. Recurso hídrico

Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta que puede ser utilizada y gestionada (MINAM, 2009).

2.2.3. Precipitaciones

Mediante estudios hidrológicos se sabe que sólo el 25 % de las precipitaciones totales registradas en las áreas continentales regresan al mar mediante los procesos de escorrentía directa o flujo de agua subterránea, lo que convierte a las superficies de los océanos en las principales fuentes de humedad para las precipitaciones. Las precipitaciones ocurren cuando la humedad presente en la atmósfera llega o se acerca al punto de saturación mediante el enfriamiento de las masas de aire, esto sucede a través de los sistemas convectivos o convergentes resultados de las radiaciones desiguales en la superficie de la tierra (Linsley, Kholer y Paulus, 1977).

2.2.4. Tipos de precipitación

Según Díaz (2017), los tipos de precipitación son:

- Orográfica: Se da por la presencia de montañas y cordilleras que bloquean los vientos, haciendo que asciendan y mediante un proceso adiabático el agua se condensa generando las precipitaciones. Este tipo de precipitación se presente con mayor frecuencia en la sierra peruana.
- Convectiva: Se da cuando el aire se calienta por el contacto con el agua o el suelo a altas temperaturas, debido a que su peso es menor que el aire de la atmósfera asciende y mediante un proceso adiabático el agua se condensa generando las precipitaciones. Este tipo de precipitación se presenta en la faja costera del Perú.

- Frontal o Ciclónica: Los ciclones son masas de aire que giran a altas velocidades alrededor de un vórtice generado por diferencia de temperaturas, debido a que la presión atmosférica en el vórtice es baja, las masas de aire caliente ascienden generando un proceso adiabático y mediante condensación del vapor de agua se produce las precipitaciones.

2.2.5. Nivel de agua

El nivel del río es la altura del agua comprendida a partir de un cero de referencia, mayormente se mide a partir del nivel del mar, pero en ocasiones se puede medir en un punto por debajo del nivel para el cual la descarga se determina como cero (Linsley, Kholer y Paulus, 1977).

2.2.6. Escorrentía

Según Villón (2002), también denominado escurrimiento, es el agua que se genera a partir de las precipitaciones, que se traslada sobre o debajo de la superficie terrestre hasta llegar a un afluente que será drenada en una cuenca. La escorrentía normalmente es clasificada en tres tipos:

- Superficial: Referida a la parte de la precipitación que no se infiltra y que escurre a través de la superficie del suelo, esto se produce durante e inmediatamente al finalizar las precipitaciones. La parte que genera este tipo de escorrentía se le denomina precipitación en exceso.

- Subsuperficial: Es un aparte de la precipitación infiltrada, la acción generada sobre la escorrentía total puede ser inmediato o retardado.
- Subterráneo: Es aquel que se origina del agua subterránea, generada a partir de la infiltración cuando el suelo está saturado.

2.2.7. Aguas subterráneas

Es el agua que llena los vacíos de los estratos geológicos, es decir el agua ubicada debajo del nivel freático. Las aguas subterráneas cumplen una función importante principalmente en lugares secos debido a que en épocas de estiaje el escurrimiento se reduce. Las aguas subterráneas se generan de la infiltración de manera directa de lluvias o nieve, o indirecta de lagos o ríos (Díaz, 2014).

2.2.8. Tipos de aguas subterráneas

Según E. Díaz (2014), los tipos de aguas subterráneas son:

- De infiltración: Se generan a partir de la infiltración profunda de las aguas provenientes de la atmósfera, su filtración depende de la capacidad de permeabilidad de los terrenos. Es la principal fuente de agua subterránea debido a su mayor volumen.
- Fósiles: Denominadas también congénitas o como connatas, siendo las aguas atrapadas por los sedimentos en los vacíos entre partículas cuando se depositan en los fondos marinos y se mantienen luego del proceso de diagénesis. Las aguas de este tipo contienen sales disueltas.

- Juveniles: También conocidas como magmáticas o incluso como vírgenes por ciertos autores, se generan a partir de cuerpos magmáticos a grandes profundidades, conteniendo un aproximado de 10% de agua, las que liberan en forma de vapor o líquido en un proceso conocido como cristalización del magma.

2.2.9. Cuenca hidrográfica

Es el área de captación del agua proveniente de precipitación que converge a la esorrentía hacia un punto único de salida; a su vez está conformada por superficies vertientes compuestas por la superficie del suelo y una red de drenaje desarrollada por el curso de las aguas (Chow, 1994).

Parámetros geométricos o de superficie:

Según L. Díaz y Alarcon (2018), los parámetros de superficie son:

- Área: Es la superficie delimitada por la divisoria de aguas de un lugar dado, su unidad de medida es Km² o Ha.
- Perímetro: Es la línea generada por la divisoria de aguas, su unidad de medida puede ser metros o kilómetros.
- Longitud del cauce principal (Lcp): Corresponde a la longitud del cauce más extenso, considerando las irregularidades y curvas de dicho cauce.
- Coeficiente de compacidad: Es la relación entre el perímetro correspondiente a la cuenca y la circunferencia de un círculo con la misma área.

- Factor de forma (Kf): Es la representación cuantitativa de la geometría de la cuenca, se calcula dividiendo el área de la cuenca entre el cuadrado de la longitud perteneciente al cauce principal.
- Pendiente media: Se calcula mediante el principio de Alvord, dividiendo el producto de la separación entre curvas de nivel por la suma de longitud total de estas, entre el área de la cuenca.

2.2.10. Tratamientos de datos hidrometereológicos

Es uno de los procedimientos del análisis de las series hidrológicas con menos énfasis, el tratamiento de los datos hidrometereológicos se registra mediante medición directa, por lectura o por conteo. El tratamiento consiste en ordenar los datos históricos en base a una condición homogénea, considerando métodos de corrección de errores (Díaz, 2017).

- Análisis de consistencia: Es uno de los procesos con mayor importancia debido a que al presentarse inconsistencia y heterogeneidad en la muestra histórica, va generar errores significativos en los trabajos realizados para el análisis de los datos de las estaciones, las cuales pueden ser aleatorias o sistemáticas (Díaz, 2017).
- Análisis gráfico: Es el análisis de manera visual de la información hidrometereológica mediante un gráfico en coordenadas cartesianas, siendo el eje "X-X" correspondiente al valor de la

información y el eje “Y-Y” al valor del tiempo, al gráfico se le denomina hidrograma (Díaz, 2017).

- Complemento y extensión de datos: Se realiza aumentando la información para obtener datos más confiables cuando los registros son de periodos cortos. Puede ser por regresión lineal simple, promedios vecinales, razones promedio, razones de coeficientes de correlación y regresión múltiple (Díaz, 2017).

2.2.11. Disponibilidad hídrica

Corresponde al volumen de agua disponible en determinada cuenca hidrográfica, y que tiene posibilidad de ser utilizada en alguna actividad de desarrollo humano; en su mayoría siendo proveniente de fuentes superficiales; no obstante, en la actualidad se optan por extraer el agua de fuentes subterráneas (Chalán, 2018).

2.2.12. Evaporación y transpiración

Es la fase en el cual las lluvias que caen en la superficie del suelo y posteriormente vuelven a la atmósfera en estado gaseoso en forma de vapor, pero no en su totalidad debido a que algunas gotas se evaporan mientras caen a la superficie, los cuales no tienen importancia práctica. La vegetación también absorbe un porcentaje de las precipitaciones, lo que disminuye la cantidad de agua total observada en una estación. La evaporación tiene mecanismos para retornar a la atmósfera: la transpiración que se da a través de las plantas y evaporación a través del suelo, nieve y superficies de agua.

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

La misma FAO (2006), recomienda que debe contarse con un método estandarizado para el cálculo de los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) en base a la información meteorológica, siendo este Penman-Monteith:

$$E_o = \frac{0.4 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{9}{T+2} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.3 \mu_2)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

ET_o: es la evapotranspiración de referencia (mm/día).

R_n : es la radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻²día⁻¹).

G : comprende al flujo del calor del suelo (MJ m⁻²día⁻¹).

T : refiere a la temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).

u₂ : corresponde a la velocidad de viento a 2 m de altura (m s⁻¹).

e_s : es la presión de vapor de saturación (kPa).

e_a : tiene que ver con la presión real del vapor (kPa).

e_s - e_a : es el déficit de presión de vapor (kPa).

Δ : es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹).

μ : representa a la constante psicométrica (kPa °C⁻¹).

Evapotranspiración de cultivo (ET_c)

De acuerdo con la FAO (2006) la evapotranspiración del cultivo ET_c en concordancia con el enfoque del coeficiente del cultivo es:

$$E = K * E_o \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

ET_c : tiene que ver con la evapotranspiración de cultivo (mm/día).

K_c : viene a ser el coeficiente del cultivo (adimensional).

E_{To} : es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

2.2.13. Generación de caudales por el método de Lutz Scholz

Según Canaza y Gamarra (2017), para emplear el método de Lutz Scholz debe tenerse en cuenta los siguientes conceptos:

- Agotamiento: Es la reducción en el caudal de un manantial en un régimen no influenciado, en otras palabras, viene a ser la reducción de reservas cuando no hay fuentes de recarga.
- Coeficiente de agotamiento: Viene a ser un valor constante característico de los acuíferos, que representa el decrecimiento exponencial del caudal, como resultado de la falta de alimentación de las reservas.
- Retención de la cuenca: Se refiere a la reserva hídrica correspondiente a la cuenca, que sirve para la alimentación de los ríos en épocas de estiaje.
- Déficit de escurrimiento: Se refiere a una parte de la precipitación que no dio origen a escorrentía, está definida como la diferencia entre la precipitación y el escurrimiento. Depende de factores meteorológicos, geográficos, hidrogeológicos y biológicos.

- Almacenamiento: Son las áreas naturales de almacenamiento, los más importantes son: acuíferos, nevados, lagunas y pantanos.

2.2.14. Parámetros hidrológicos para la generación de caudales

Coeficiente de escurrimiento

Para el cálculo de este coeficiente se emplea la fórmula desarrollada por L. Turc:

$$D = P \times \left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

D: Es el déficit de escurrimiento (mm/año).

P: Es la precipitación total anual (mm/año).

L: Viene a ser el coeficiente de temperatura.

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (\text{Ecuación 4})$$

T: Temperatura media anual (°C)

Precipitación efectiva

Considerando que los promedios de caudales se encuentran en un estado equilibrado del abastecimiento y del gasto de retención de la cuenca respectiva, son determinadas la precipitación efectiva correspondiente al coeficiente de escurrimiento promedio, obteniendo así, que la relación existente entre los valores de precipitación efectiva y precipitación total sea igual al coeficiente de escurrimiento. Para tal

caso, es necesario tener en cuenta los límites expuestos a continuación:

- Curva I: $PE = P - 120.6$ para $P > 177.8$ mm/mes
- Curva II: $PE = P - 86.4$ para $P > 152.4$ mm/mes
- Curva III: $PE = P - 59.7$ para $P > 127.0$ mm/mes

A fin de agilizar los cálculos necesarios de la precipitación efectiva se estableció un polinomio de quinto grado, mediante la expresión:

$$P = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo los valores de a_i como se indican en la tabla adjunta a continuación:

Tabla 1. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.

| Coef. | Curva I | Curva II | Curva III |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| a_0 | -0.047000 | -0.105500 | -0.417700 |
| a_1 | 0.009400 | 0.147700 | 0.379500 |
| a_2 | -0.000500 | -0.002900 | -0.010100 |
| a_3 | 0.000020 | 0.000050 | 0.000200 |
| a_4 | -5.00E-08 | -2.00E-07 | -9.00E-07 |
| a_5 | 2.00E-10 | 2.00E-10 | 1.00E-09 |

Fuente: Canaza y Gamarra (2017).

Gasto de retención

Se le conoce como el caudal presente en el terreno durante las épocas de estiaje relacionado al mes anterior, mediante:

$$b_0 = e^{-a} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

b_0 : Viene a ser la relación entre la descarga del mes actual y la del mes anterior.

a : Es el coeficiente de agotamiento.

T : Tiempo en días.

Coeficiente de agotamiento

Con las relaciones anteriores se puede demostrar que el valor “a” no es constante durante la época de estiaje, por lo que se calcula mediante la expresión logarítmica siguiente para zonas de vegetación poco desarrolladas:

$$a = -0.00522 L (A) + 0.030 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

AR : Área de la cuenca.

2.2.15. Demanda hídrica poblacional

Volumen de agua consumida por toda la población en cierta área, dependiendo de la dotación y de las estimaciones de la tasa de crecimiento de acuerdo a los censos (Silva, 2016).

Dotación de agua

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones la dotación depende del tamaño de lote y uso correspondiente (MVCS, 2010); no obstante, de contarse con estudios de consumo. Según PRONASAR (2004), cuando no haya un estudio de consumo de agua, existen dos tipos de sistemas para elegir el dato más adecuado:

Sistemas convencionales: Cuando no exista el estudio respectivo de consumo, estos valores consideran la zona geográfica, el clima, los hábitos, las costumbres y los niveles de servicio.

- Costa: 50 – 60 L/hab/día.

- Sierra: 40 – 50 L/hab/día.
- Selva: 60 – 70 L/hab/día.

Para los casos de abastecimiento mediante piletas públicas la dotación puede ser de 20 a 40 L/h/d.

Estando en concordancia con las características socioeconómicas, culturales, la densidad poblacional y aquellas condiciones técnicas que posibiliten en un tiempo posterior la ejecución de un sistema de saneamiento mediante redes, se utilizará dotaciones de agua de hasta 100 L/hab/día. Además, para el cálculo del caudal promedio se tiene:

$$Q_m = \frac{P_f \times D}{8} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

Pf : es la población futura.

D : es la dotación.

Sistemas no convencionales: Para los casos donde se va a emplear sistemas tales como bombas de mano mediante la acción de energía eólica o sistemas de abastecimiento de agua potable con fuentes de agua de precipitaciones, se considerará dotaciones menores a los 20 L/hab/día.

Población de diseño

Es la población futura estima mediante distintos métodos, considerando datos de censos u otras fuentes que muestren el crecimiento de la población.

Deberá estimarse la población futura en un periodo de diseño de por lo menos 20 años (PRONASAR, 2004).

2.2.16. Demanda hídrica por riego

De acuerdo con lo expuesto por Pizarro (2010), es la cantidad o volumen de agua necesaria para satisfacer los requerimientos del cultivo a lo largo del período vegetativo, este a su vez depende del sistema de riego.

Eficiencia de riego

Es usada para indicar la eficiencia en el uso del agua de los sistemas de riego, en la Tabla 2 se adjuntan estos valores:

Tabla 2. Eficiencia de riego de acuerdo al sistema de riego.

| Método de riego | Rango de eficiencia de aplicación en porcentaje |
|-----------------------------|---|
| Superficial | |
| Riego tradicional o fendido | 10 - 30 |
| Riego en curvas de nivel | 30 - 60 |
| Riego por bordes | 40 - 80 |
| Riego por surcos | 40 - 85 |
| Presurizado | |
| Riego por aspersión | 50 - 90 |
| Riego por microjet | 60 - 95 |
| Riego por goteo | 65 - 95 |

Fuente: DGIAR (2015).

Requerimiento de agua

Tiene que ver con una lámina de agua aplicada sobre el cultivo para que satisfaga sus necesidades, expresándose de la siguiente manera:

$$R \quad d \quad a \quad = \quad E \quad c \quad - \quad P \cdot E \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Tipos:

- Requerimiento volumétrico neto de agua (m³/hab/mes):

Siendo el volumen de agua necesaria por hectárea cultivada.

$$R . v . n = R . d a (m) \times 10 \quad (\text{Ecuación 10})$$

– Requerimiento bruto del agua:

$$R . V . B = \frac{R . v . N}{E . r . p} \quad (\text{Ecuación 11})$$

2.2.17. Coeficiente de uso consuntivo del cultivo

De acuerdo a la FAO (2006), este coeficiente simboliza la diferencia que hay por la evapotranspiración de la superficie cultivada con la superficie del pasto de referencia, de acuerdo con las características fisiológicas, morfológicas y anatómicas de las diferentes especies de plantas a lo largo de todo su periodo vegetativo.

Tabla 3. Coeficientes de uso consuntivo de los principales cultivos de la Sierra de la región Junín.

| % de desarrollo | Maiz | Triego | Alguccón | Sorgo | Cártamo | Soya | Arróz | Hijol | Ajonjolí | Gerbanzo | Cebada | Jitomate | Linaza | Chile | Papa | Cacahuat | Citricitricáceas |
|-----------------|------|--------|----------|-------|---------|------|-------|-------|----------|----------|--------|----------|--------|-------|------|----------|------------------|
| 0 | 0.42 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.14 | 0.51 | 0.45 | 0.50 | 0.30 | 0.30 | 0.15 | 0.43 | 0.30 | 0.48 | 0.30 | 0.15 | 0.45 |
| 5 | 0.45 | 0.20 | 0.22 | 0.35 | 0.16 | 0.45 | 0.50 | 0.54 | 0.35 | 0.35 | 0.20 | 0.43 | 0.35 | 0.50 | 0.35 | 0.17 | 0.47 |
| 10 | 0.48 | 0.30 | 0.25 | 0.40 | 0.18 | 0.41 | 0.55 | 0.60 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.43 | 0.40 | 0.55 | 0.40 | 0.20 | 0.50 |
| 15 | 0.51 | 0.40 | 0.28 | 0.48 | 0.22 | 0.45 | 0.65 | 0.65 | 0.50 | 0.50 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.65 | 0.45 | 0.25 | 0.53 |
| 20 | 0.60 | 0.55 | 0.32 | 0.60 | 0.27 | 0.51 | 0.72 | 0.73 | 0.60 | 0.55 | 0.55 | 0.45 | 0.55 | 0.75 | 0.50 | 0.29 | 0.55 |
| 25 | 0.65 | 0.70 | 0.40 | 0.70 | 0.35 | 0.51 | 0.80 | 0.80 | 0.70 | 0.65 | 0.70 | 0.50 | 0.70 | 0.80 | 0.60 | 0.36 | 0.60 |
| 30 | 0.70 | 0.90 | 0.50 | 0.80 | 0.44 | 0.51 | 0.85 | 0.90 | 0.80 | 0.70 | 0.90 | 0.55 | 0.90 | 0.90 | 0.70 | 0.40 | 0.65 |
| 35 | 0.80 | 1.10 | 0.62 | 0.90 | 0.54 | 0.52 | 0.90 | 0.97 | 0.87 | 0.75 | 1.10 | 0.65 | 1.00 | 0.95 | 0.82 | 0.52 | 0.70 |
| 40 | 0.90 | 1.25 | 0.89 | 1.00 | 0.64 | 0.55 | 0.92 | 1.05 | 0.95 | 0.78 | 1.25 | 0.75 | 1.10 | 0.98 | 0.97 | 0.61 | 0.75 |
| 45 | 1.00 | 1.40 | 0.90 | 1.00 | 0.76 | 0.57 | 0.93 | 1.10 | 1.00 | 0.80 | 1.40 | 0.85 | 1.15 | 1.03 | 1.05 | 0.61 | 0.80 |
| 50 | 1.05 | 1.50 | 0.98 | 1.07 | 0.88 | 0.60 | 0.93 | 1.12 | 1.10 | 0.82 | 1.50 | 0.95 | 1.20 | 1.05 | 1.16 | 0.80 | 0.81 |
| 55 | 1.07 | 1.57 | 1.00 | 1.05 | 0.97 | 0.63 | 0.93 | 1.12 | 1.20 | 0.85 | 1.57 | 1.00 | 1.28 | 1.05 | 1.25 | 0.90 | 0.82 |
| 60 | 1.00 | 1.62 | 1.02 | 1.00 | 1.07 | 0.66 | 0.92 | 1.10 | 1.20 | 0.85 | 1.62 | 1.03 | 1.30 | 1.05 | 1.30 | 1.00 | 0.80 |
| 65 | 1.07 | 1.61 | 1.00 | 0.95 | 1.07 | 0.68 | 0.90 | 1.05 | 1.30 | 0.82 | 1.61 | 1.02 | 1.35 | 1.03 | 1.35 | 1.01 | 0.79 |
| 70 | 1.05 | 1.55 | 0.95 | 0.90 | 1.08 | 0.70 | 0.85 | 1.02 | 1.32 | 0.80 | 1.55 | 0.98 | 1.30 | 1.00 | 1.38 | 1.02 | 0.77 |
| 75 | 1.02 | 1.45 | 0.87 | 0.82 | 1.02 | 0.70 | 0.80 | 0.95 | 1.29 | 0.75 | 1.45 | 0.95 | 1.28 | 0.97 | 1.38 | 0.91 | 0.75 |
| 80 | 1.00 | 1.30 | 0.80 | 0.75 | 0.96 | 0.69 | 0.68 | 0.87 | 1.25 | 0.70 | 1.30 | 0.90 | 1.25 | 0.90 | 1.35 | 0.80 | 0.72 |
| 85 | 0.95 | 1.10 | 0.75 | 0.70 | 0.86 | 0.63 | 0.63 | 0.80 | 1.10 | 0.65 | 1.10 | 0.85 | 1.10 | 0.85 | 1.33 | 0.60 | 0.71 |
| 90 | 0.90 | 0.95 | 0.65 | 0.65 | 0.70 | 0.56 | 0.58 | 0.72 | 1.00 | 0.60 | 0.95 | 0.80 | 0.95 | 0.80 | 1.30 | 0.41 | 0.70 |
| 95 | 0.87 | 0.80 | 0.55 | 0.60 | 0.60 | 0.43 | 0.55 | 0.70 | 0.90 | 0.50 | 0.80 | 0.75 | 0.80 | 0.70 | 1.25 | 0.25 | 0.67 |
| 100 | 0.85 | 0.62 | 0.50 | 0.55 | 0.45 | 0.31 | 0.47 | 0.62 | 0.80 | 0.40 | 0.62 | 0.70 | 0.60 | 0.60 | 1.20 | 0.11 | 0.65 |

Fuente: Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos (Baldomero, 2009).

2.2.18. Requerimiento de agua para riego a través del programa CROPWAT

Según D. Díaz (2015), el programa requiere datos climatológicos para la realización de los cálculos de evapotranspiración, precipitación efectiva y programaciones de riego.

Para la estimación de la evapotranspiración utiliza el método de la FAO Penman – Monteith, que precisa de datos sobre la radiación, la temperatura, la humedad atmosférica y la velocidad del viento, este método es el único para el computo de la evapotranspiración de referencia.

- Programación de riego: El objetivo principal es determinar la cantidad suficiente de humedad en las áreas de cultivo, el K_c de los cultivos cambian según su desarrollo, se puede observar que en la etapa inicial el consumo de agua es menor, en la etapa intermedia logra el máximo valor y en la etapa final disminuye hasta un valor mayor a la inicial.
- Información meteorológica: El programa tiene una base de datos promedios de aproximadamente 15 años, los cuales se pueden obtener del programa CLIMWAT, que funciona como complemento del CROPWAT.

2.2.19. Balance hídrico

Según J. Díaz (2017), es una de las leyes de mayor jerarquía en la hidrología, a pesar de que exprese de manera sencilla, el cálculo de

cada uno de sus términos es complicad, debido mayormente a la poca información tomada en campo.

- Aplicación: Se utiliza principalmente para calcular la cantidad disponible de agua que se encuentra en una determinada área geográfica.
- Estimación para el balance hídrico: Fundamentado en el principio de la conservación de las masas o ecuación de continuidad, la cual establece que la variación en el volumen del agua contenida condiciona la cantidad de entrada y de salida, independientemente del volumen de agua y del periodo de tiempo.

$$A = E - S$$

(Ecuación 12)

Donde:

A : Almacenamiento.

E : Entrada.

S : Salida.

Por lo general esta expresión requiere mediciones tanto de almacenamientos y flujos del agua.

2.2.20. Parámetros para la calidad del agua potable

Esta investigación consideró lo establecido por el decreto N° 004-2017-MINAM sobre la aprobación de estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua y establecimiento de disposiciones complementarias; donde la categoría 1 (Poblacional y recreacional) establece los parámetros que debe cumplir el agua para que sean

potabilizadas con desinfección, con tratamiento convencional o tratamiento avanzado para agua potable.

Tabla 4. Parámetros físicos – químicos para agua potable.

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|--|------------------------------|--|--|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento superficial | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Aceites y grasas | mg/L | 0.5 | 1.7 | 1.7 |
| Cianuro total | mg/L | 0.07 | ** | ** |
| Cianuro libre | mg/L | ** | 0.2 | 0.2 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 250 | 250 |
| Color (b) | Color verdadero Escala Pt/Co | 15 | 100(a) | ** |
| Conductividad | (μ S/cm) | 1500 | 1600 | ** |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 3 | 5 | 10 |
| Dureza | mg/L | 500 | ** | ** |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 10 | 20 | 30 |
| Fenoles | mg/L | 0.003 | ** | ** |
| Fluoruros | mg/L | 1.5 | ** | ** |
| Fósforo total | mg/L | 0.1 | 0.15 | 0.15 |
| Materiales Flotantes de Origen Antropogénico | | Ausencia de materiales flotantes de origen antropogénico | Ausencia de materiales flotantes de origen antropogénico | Ausencia de materiales flotantes de origen antropogénico |
| Nitratos (NO ₃) (c) | mg/L | 50 | 50 | 50 |
| Nitritos (NO ₃) (d) | mg/L | 3 | 3 | ** |
| Amoníaco | mg/L | 1.5 | 1.5 | ** |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | 6 | 5 | 4 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6.5 - 8.5 | 5.5 - 9.0 | 5.5 - 9.0 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 1000 | 1000 | 1500 |
| Sulfatos | mg/L | 250 | 500 | ** |
| Temperatura | °C | 3 | 3 | ** |
| Turbiedad | UNT | 5 | 100 | ** |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

Tabla 5. Parámetros orgánicos para agua potable.

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|--|------------------|---|--|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento superficial | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8 - C40) | mg/L | 0.01 | 0.2 | 1 |
| Trihalometanos | (e) | 1 | 1 | 1 |
| Bromoformo | mg/L | 0.1 | ** | ** |
| Cloroformo | mg/L | 0.3 | ** | ** |
| Dibromoclorometano | mg/L | 0.1 | ** | ** |
| Bromodiclorometano | mg/L | 0.06 | ** | ** |
| <u>I. Compuestos orgánicos volátiles</u> | | | | |
| 1,1,1-Tricloroetano | mg/L | 0.2 | 0.2 | ** |
| Hexaclorobutadieno | mg/L | 0.0006 | 0.0006 | ** |
| Tetracloroetano | mg/L | 0.04 | ** | ** |
| Tetracloruro de carbono | mg/L | 0.004 | 0.004 | ** |
| Tricloroetano | mg/L | 0.07 | 0.07 | ** |
| <u>BITEX</u> | | | | |
| Benceno | mg/L | 0.01 | 0.01 | ** |
| Etilbenceno | mg/L | 0.3 | 0.3 | ** |
| Tolueno | mg/L | 0.7 | 0.7 | ** |
| <u>Hidrocarburos Aromáticos</u> | | | | |
| Benzo(a)pireno | mg/L | 0.0007 | 0.0007 | ** |
| Pentaclorofenol (PCP) | mg/L | 0.009 | 0.009 | ** |
| <u>Organofosforados</u> | | | | |
| Malatión | mg/L | 0.19 | 0.0001 | ** |
| <u>Orgaclorados</u> | | | | |
| Aldrín + Dieldrín | mg/L | 0.00003 | 0.00003 | ** |
| Clordano | mg/L | 0.0002 | 0.0002 | ** |
| Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) | mg/L | 0.001 | 0.001 | ** |
| Endrín | mg/L | 0.0006 | 0.0006 | ** |
| Heptacloro + Heptacloro Epóxico | mg/L | 0.00003 | 0.00003 | ** |
| <u>Carbamato</u> | | | | |
| Aldicarb | mg/L | 0.01 | 0.01 | ** |
| <u>II. Cianotoxinas</u> | | | | |
| Microcistina - LR | mg/L | 0.001 | 0.001 | ** |
| <u>III. Bifenilos policlorados</u> | | | | |
| Bifenilos Policlorados (PCB) | mg/L | 0.0005 | 0.0005 | ** |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

Tabla 6. Parámetros inorgánicos para agua potable.

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|-------------|------------------|---|--|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento superficial | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Aluminio | mg/L | 0.9 | 5 | 5 |
| Antimonio | mg/L | 0.02 | 0.02 | ** |
| Arsénico | mg/L | 0.01 | 0.01 | 0.15 |
| Bario | mg/L | 0.7 | 1 | ** |
| Berilio | mg/L | 0.012 | 0.04 | 0.1 |
| Boro | mg/L | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| Cadmio | mg/L | 0.003 | 0.005 | 0.01 |
| Cobre | mg/L | 2 | 2 | 2 |
| Cromo Total | mg/L | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Hierro | mg/L | 0.3 | 1 | 5 |
| Manganeso | mg/L | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| Mercurio | mg/L | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| Molibdeno | mg/L | 0.07 | ** | ** |
| Níquel | mg/L | 0.07 | ** | ** |
| Plomo | mg/L | 0.01 | 0.05 | 0.05 |
| Selenio | mg/L | 0.04 | 0.04 | 0.05 |
| Uranio | mg/L | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Zinc | mg/L | 3 | 5 | 5 |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

Tabla 7. Parámetros microbiológicos y parasitológicos para agua potable.

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|----------------------------|------------------|---|--|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento superficial | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Coliformes totales | NMP/100 ml | 50 | ** | ** |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 20 | 2000 | 2000 |
| Formas Parasitarias | N° Organismo/L | 0 | ** | ** |
| Escherichia Coli | NMP/100 ml | 0 | 1 | 1 |
| Vibrio cholerae | Presencia/100ml | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Organismos de vida libre | N° Organismo/L | 0 | >5x10 ⁶ | >5x10 ⁶ |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

2.2.21. Parámetros de calidad para agua de riego

Asimismo, se considerará la categoría 3 (agricultura y ganadería) donde la subcategoría D1 (para riego de vegetales) establece los parámetros para riego no restringido y restringido.

Tabla 8. Parámetros físicos – químicos para agua de riego.

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | D2: Bebida de animales |
|-------------------------------------|---------------------------|--|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido / Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | ** |
| Cianuro Wad | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cloruros | mg/L | 500 | ** |
| Color (b) | Color verdadero Escala Pt | 100(a) | 100(a) |
| Conductividad | (μ S/cm) | 2500 | 5000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 15 | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 40 | 40 |
| Detergentes (SAAM) | mg/L | 0.2 | 0.5 |
| Fenoles | mg/L | 0.002 | 0.01 |
| Fluoruros | mg/L | 1 | ** |
| Nitratos + Nitritos | mg/L | 100 | 100 |
| Nitritos | mg/L | 10 | 10 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 4 | 5 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6.5 - 8.5 | 6.5 - 8.4 |
| Sulfatos | mg/L | 1000 | 1000 |
| Temperatura | $^{\circ}$ C | 3 | 3 |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

Tabla 9. Parámetros orgánicos para agua de riego.

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|-------------------------------|------------------|--|--|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido / Agua para riego restringido | Agua para riego no restringido / Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| Bifenilos Policlorados | | | | |
| Bifenilos Policlorados (PCB) | µg/L | 0.04 | | 0.045 |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

Tabla 10. Parámetros inorgánicos para agua de riego.

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|-------------|------------------|--|--|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido / Agua para riego restringido | Agua para riego no restringido / Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| Aluminio | mg/L | 5 | | 5 |
| Arsénico | mg/L | 0.1 | | 0.2 |
| Bario | mg/L | 0.7 | | ** |
| Berilio | mg/L | 0.1 | | 0.1 |
| Boro | mg/L | 1 | | 5 |
| Cadmio | mg/L | 0.01 | | 0.05 |
| Cobre | mg/L | 0.2 | | 0.5 |
| Cobalto | mg/L | 0.05 | | 1 |
| Cromo Total | mg/L | 0.1 | | 1 |
| Hierro | mg/L | 5 | | ** |
| Litio | mg/L | 2.5 | | 2.5 |
| Magnesio | mg/L | ** | | 250 |
| Manganeso | mg/L | 0.2 | | 0.2 |
| Mercurio | mg/L | 0.001 | | 0.01 |
| Niquel | mg/L | 0.2 | | 1 |
| Plomo | mg/L | 0.05 | | 0.05 |
| Selenio | mg/L | 0.02 | | 0.05 |
| Zinc | mg/L | 2 | | 24 |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

Tabla 11. Parámetros microbiológicos y parasitológicos para agua de riego.

| Parámetros | Unidad de medida | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales |
|----------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | Agua para riego no restringido | Agua para riego restringido | Bebida de animales |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1000 | 2000 | 1000 |
| Escherichia Coli | NMP/100 ml | 1000 | ** | ** |
| Huevos de Helmintos | Huevo/L | 1 | 1 | ** |

Fuente: Estándares de calidad del agua – ECA (MINAM, 2017).

2.3. Definición de términos

Según el glosario hidrológico internacional (OMM, 2012) se tiene:

- **Caudal crítico.** – Viene a ser el caudal que se apoya sobre un canal de definida sección y calado con régimen crítico (OMM, 2012).
- **Clima.** – Es referido al conjunto de las condiciones meteorológicas de un determinado lugar, se caracteriza mediante estadística a largo plazo (OMM, 2012).
- **Número de curva.** – Corresponde a un parámetro que oscila entre cero (0) a cien (100), y es usado para la estimación del coeficiente de escorrentía para un episodio de lluvias partiendo de la altura de la precipitación y las capacidades de drenaje de la cuenca (OMM, 2012).
- **Precipitación puntual.** – Se refiere a la precipitación ocurrida en determinada área, se expresa como la altura promedio de la lámina de agua en tal zona (OMM, 2012).
- **Respuesta de una cuenca.** – Es el modo en el que una cuenca hidrográfica responde a ciertos fenómenos meteorológicos (OMM, 2012).
- **Restricciones.** – Corresponden a los límites sean legales, técnicos, físicos, económicos o de otra índole que condicionan las decisiones dentro de los sistemas de recursos hidráulicos (OMM, 2012).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El resultado de aplicar la hidrología con fines de aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado de San Isidro de Acombaba, Huancavelica - 2019, es óptimo en cantidad y calidad.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La oferta hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica, es suficiente.
- b) La demanda hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica, corresponde a la de consumo humano y riego.
- c) La calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica cumple con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental de agua para consumo humano (MINAM, 2017).
- d) La calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba, Huancavelica cumple con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental de agua para riego (MINAM, 2017).

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable de caracterización 1: Recursos hídricos para consumo humano. – Corresponde al estudio de la cantidad y calidad de agua en una cuenca hidrográfica definida y que puede aprovecharse en cualquier actividad humana (Chalán, 2018).

Variable de caracterización 2: Recursos hídricos para riego. – Corresponde al estudio de la cantidad y calidad de agua en una cuenca hidrográfica definida y que puede aprovecharse para riego (Chalán, 2018).

2.5.2. Definición operacional de las variables

Variable de caracterización 1: Recursos hídricos para consumo humano. – Se determinó la oferta y demanda del recurso hídrico para consumo humano de acuerdo al caudal de los manantiales, considerando el número de habitantes, dotación, la tasa de crecimiento poblacional, los parámetros físicos-químicos, parámetros microbiológicos y la presencia de metales.

Variable de caracterización 2: Recursos hídricos para riego. – Se determinó la oferta y demanda del recurso hídrico para riego de acuerdo al caudal de los manantiales, considerando el tipo de cultivo, los usos, el sistema de riego, los parámetros físicos-químicos, parámetros microbiológicos y la presencia de metales.

2.5.3. Operacionalización de la variable

En la siguiente tabla se describe la operacionalización de las variables consideradas en el desarrollo de la investigación:

Tabla 12. Operacionalización de las variables.

| Variables | Dimensiones | Indicadores | Unidades | |
|---|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Variable 1: recurso hídrico para consumo humano | Oferta hídrica | Caudal disponible | m ³ /s | |
| | Demanda hídrica | Número de habitantes | Unidad | |
| | | Dotación | L/día | |
| | | Tasa de crecimiento poblacional | Porcentaje | |
| | Calidad del recurso hídrico | Calidad del recurso hídrico | Parámetros físicos-químicos | Varios |
| | | | Parámetros microbiológicos | Varios |
| Presencia de metales | | | Varios | |
| Variable 2: recurso hídrico para riego | Oferta hídrica | Caudal disponible | m ³ /s | |
| | Demanda hídrica | Tipo de cultivo | Adimensional | |
| | | Uso de cultivo | Adimensional | |
| | | Área de riego | Hectáreas | |
| | Calidad del recurso hídrico | Calidad del recurso hídrico | Sistema de riego | Adimensional |
| | | | Parámetros físicos-químicos | Varios |
| Parámetros microbiológicos | | | Varios | |
| | | Presencia de metales | Varios | |

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Fue aplicado el método científico debido a que se aplicó una secuencia de pasos ordenados a fin de crear conocimiento científico fundamentado con evidencias; planteando también los problemas, las hipótesis y demás para obtener conclusiones (Del Cid, Sandoval y Sandoval, 2007).

3.2. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo aplicada, debido que se empleó los conocimientos existentes con el objetivo de dar solución a problemas reales; correspondiente al desconocimiento de la disponibilidad hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba.

3.3. Nivel de investigación

De acuerdo con lo descrito por Hernández, Fernández y Baptista (2010) la presente investigación fue descriptiva, pues además se pretendió caracterizar al recurso hídrico tanto en cantidad y calidad.

3.4. Diseño de investigación

En concordancia con lo expuesto por Hernández et al. (2014), esta investigación corresponde a un diseño no experimental, debido a que no fue manipulada la variable independiente (correspondiente a la disponibilidad hídrica), por lo que fue estudiada solo tal y como se presenta en la realidad y sus principales denotaciones.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Correspondió al recurso hídrico en el centro poblado San Isidro de Acobamba, distrito San Marcos de Rocchac, provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica.

3.5.2. Muestra

Según el tipo de muestreo no probabilístico intencional correspondió a la evaluación de dos manantiales (Campanayoc y Tiopampa) y el río Acobamba en el centro poblado San Isidro de Acobamba, debido a que actualmente la población se abastece de

los mismos; para una mejor perspectiva a continuación se muestra su ubicación:



Figura 2. Vista de la ubicación de los manantiales y el río Acobamba.
Fuente: Google Earth (2023).

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Observación directa

Se aplicó durante la fase correspondiente a la planificación mediante visitas previas a campo en el centro poblado San Isidro de Acobamba, a fin de determinar los usos de recurso hídricos y las condiciones de los sistemas.

Análisis de documentos

Consistió en la recolección de bibliografía actualizada digital y física, con el propósito de poder establecer una metodología

apropiada para determinar la disponibilidad hídrica y escenarios de demanda en el centro poblado San Isidro de Acobamba.

Trabajo en campo

El trabajo en campo comprendió al aforo de los manantiales; haciendo uso de una ficha de aforo; asimismo, se determinó los tipos de cultivos, áreas y tipo de sistemas de riego.

3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de toda la información recopilada, se utilizaron tablas y gráficos, apoyados en softwares especializados como Microsoft Excel; lo que nos permitió realizar una interpretación correcta de la misma.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Respecto a las técnicas y análisis de datos en la presente investigación fueron basadas en el enfoque cuantitativo, por ello es que se hizo uso de la estadística descriptiva en cálculos de la tendencia central (media), medidas de variabilidad (rango, desviación estándar y varianza), entre otros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Oferta hídrica para consumo humano

El agua para consumo humano mediante potabilización será abastecida por el manantial Campanayocc, su caudal fue determinado por aforamiento, tal como se adjunta en la Tabla 13.

En la Tabla 13, se muestra el aforamiento del manantial Campanayocc, el mismo que se realizó en el mes de mayo por ser la época de estiaje, resultando un caudal de 0.77 L/s; esto para determinar si el manantial va a satisfacer las necesidades de la población futura del centro poblado San Isidro de Acobamba.

Tabla 13. Aforamiento del manantial Campanayocc en época de estiaje (mayo).

| Medida (N°) | Tiempo (s) | Volumen (L) |
|----------------|------------|-------------|
| 1 | 5.20 | 4 |
| 2 | 5.15 | 4 |
| 3 | 5.18 | 4 |
| T promedio = | | 5.18 |
| Caudal (L/s) = | | 0.77 |

La Tabla 14 muestra el caudal de oferta del manantial Campanayocc, siendo este de 0.77 L/s.

Tabla 14. Oferta hídrica del manantial Campanayocc.

| Mes | Caudal (L/s) | Volumen (m ³) |
|------------|--------------|---------------------------|
| Enero | 0.77 | 2062.37 |
| Febrero | 0.77 | 1929.31 |
| Marzo | 0.77 | 2062.37 |
| Abril | 0.77 | 1995.84 |
| Mayo | 0.77 | 2062.37 |
| Junio | 0.77 | 1995.84 |
| Julio | 0.77 | 2062.37 |
| Agosto | 0.77 | 2062.37 |
| Septiembre | 0.77 | 1995.84 |
| Octubre | 0.77 | 2062.37 |
| Noviembre | 0.77 | 1995.84 |
| Diciembre | 0.77 | 2062.37 |

4.2. Demanda hídrica para consumo humano

La demanda de agua en el centro poblado de San Isidro de Acobamba se estimó para una población futura en 20 años, con una tasa de crecimiento de - 0.87 % (INEI, 2019). La población actual del centro poblado de San Isidro de Acobamba es de 172 personas según el Censo Nacional 2017; no obstante, para fines prácticos se consideró una tasa de crecimiento de 0 %.

Tabla 15. Cálculo de la población futura.

| Población futura | | |
|---------------------|-----|------|
| Población inicial | 172 | Hab |
| Tasa de crecimiento | 0 | % |
| Periodo retorno | 20 | años |
| Población futura | 172 | Hab |

Con la estimación de la población futura se calculó el caudal promedio diario anual (Qm), considerando una dotación de 100 L/hab/h, el Qm se calculó con la (Ecuación 11, donde el caudal promedio diario anual resultó

0.20 L/s, este valor se calculó el caudal máximo diario (Qmd), con del valor del coeficiente $K_1=1.3$ recomendado para poblaciones rurales, resultando $Q_{md} = 0.26$ L/s.

En la Tabla 16 se consigna la demanda hídrica por consumo humano, siendo esta de 0.26 L/s.

Tabla 16. Demanda hídrica por consumo humano.

| Mes | Caudal promedio diario (L/s) | Demanda por consumo humano (L) | Demanda por consumo humano (m ³) |
|------------|------------------------------|--------------------------------|--|
| Enero | 0.26 | 696384 | 696.384 |
| Febrero | 0.26 | 651456 | 651.456 |
| Marzo | 0.26 | 696384 | 696.384 |
| Abril | 0.26 | 673920 | 673.92 |
| Mayo | 0.26 | 696384 | 696.384 |
| Junio | 0.26 | 673920 | 673.92 |
| Julio | 0.26 | 696384 | 696.384 |
| Agosto | 0.26 | 696384 | 696.384 |
| Septiembre | 0.26 | 673920 | 673.92 |
| Octubre | 0.26 | 696384 | 696.384 |
| Noviembre | 0.26 | 673920 | 673.92 |
| Diciembre | 0.26 | 696384 | 696.384 |

4.3. Calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado de San Isidro de Acobamba

Tal como se mencionó en el numeral 4.1, el manantial Campanayoc es aquel que abastece la demanda por consumo humano, para ello se tomó muestras del mismo en las coordenadas 8665409.00 S, 512605.00 E y altitud 2584 msnm para ser analizadas en laboratorio.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de los parámetros evaluados al agua del manantial Campanayoc y los valores de los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales con capacidad de ser potabilizadas con desinfectante, datos proporcionados por MINAM (2017), de esta manera se puede apreciar que parámetros cumplen con los estándares así como los que no están dentro de lo establecido.

Tabla 17. Análisis físico-químico de agua del manantial Campanayocc.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|--------------------------------------|------------------|------------|-------------|
| Aceites y grasas | mg/L | <0.5 | 0.5 |
| Cenuro total | mg/l | <0.07 | 0.07 |
| Cloruros | mg/L | 60.0 | 250 |
| Color | UCV escala Pt/Co | 6.6 | 15 |
| Conductividad a 25 °C | µS/cm | 652.0 | 1500 |
| Dureza total | ppm | 102.0 | 500 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) | mg/L | 15.0 | 3 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/L | 43.0 | 10 |
| Fenoles | mg/L | <0.003 | 0.003 |
| Fluoruros | mg/l | <1.5 | 1.5 |
| Fosforo total | mg/L | <0.1 | 0.1 |
| Nitratos (NO3) | mg/L | 12.0 | 50 |
| nitritos (NO2) | mg/L | 3.9 | 3 |
| Amoniaco - N | mg/L | <1.5 | 1.5 |
| Oxígenos disueltos | mg/L | 6.0 | ≥6 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 7.10 | 6.5-8.5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/l | 760.0 | 1000 |
| Sulfatos | mg/L | 98.0 | 250 |
| Turbiedad | UNT | 2.8 | 5 |
| Temperatura | °C | 15.5 | 13 |

Tabla 18. Análisis de metales de agua del manantial Campanayocc.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|-------------|----------|------------|-------------|
| Aluminio | mg/L | <0.9 | 0.9 |
| Antimonio | mg/L | <0.02 | 0.02 |
| Arsónico | mg/L | <0.01 | 0.01 |
| Cobre | mg/L | 1.0 | 2 |
| Cromo total | mg/L | <0.1 | 0.05 |
| Hierro | mg/L | <0.1 | 0.3 |
| Manganeso | mg/l | <0.2 | 0.4 |
| Plomo | mg/L | <0.05 | 0.01 |
| Zinc | mg/L | 0.7 | 3 |

Tabla 19. Análisis microbiológico de agua del manantial Campanayocc.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores FCA |
|---|-----------|------------|-------------|
| Coliformes totales (35 - 37°C) | NMP/100mL | 120.0 | 50 |
| Coliformes termotolerantes (44°C) | NMP/100ml | 75.0 | 20 |
| Escherichia Coli | NMP/100mL | 0.0 | 0 |
| Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos | Nº org/mL | <0.1 | 0 |
| Vibrio cholerae | UFC/ | ausente | ausente |
| Salmonella sp. | | ausente | ausente |

4.4. Oferta hídrica para riego

El cálculo de la oferta hídrica superficial correspondiente al río Acobamba, se realizó mediante el modelo hidrológico Lutz Scholz, en el cual es necesario contar con datos meteorológicos como precipitación y temperatura, los cuales se obtuvieron mediante la estación de Salcabamba brindados por SENAMHI, también se utilizó los datos proporcionados por el programa CLIMWAT 2.0 para determinar la evapotranspiración de referencia mensual, tal y como aparecen en las siguientes tablas.

Los datos mostrados en la Tabla 20, se obtuvieron de la estación Salcabamba, desde 1967 hasta el 2013, estos fueron promediados para determinar valores mensuales que se requieren por el CROPWAT.

Tabla 20. Datos procesados de la estación Salcabamba – SENAMHI.

| Mes | Precipitación media (mm) | Temperatura media (°C) |
|------------|--------------------------|------------------------|
| Enero | 109.4 | 13.76 |
| Febrero | 125.2 | 13.39 |
| Marzo | 111.2 | 13.26 |
| Abril | 33.9 | 12.40 |
| Mayo | 17.4 | 12.71 |
| Junio | 11.0 | 12.83 |
| Julio | 13.3 | 12.59 |
| Agosto | 17.7 | 13.10 |
| Septiembre | 30.3 | 13.63 |
| Octubre | 68.3 | 14.18 |
| Noviembre | 76.1 | 14.62 |
| Diciembre | 99.0 | 13.92 |

Los datos de la Tabla 21 obtenidos por la estación “Huancayo” mediante el software de CLIMWAT, dada la cercanía con el centro poblado de San Isidro de Acobamba del distrito de San Marcos de Rocchac se muestra a continuación:

Tabla 21. Datos obtenidos del programa CLIMWAT.

| Mcs | Humedad % | Viento km/día | Insolación horas | Rad M.J/m ² /día | ETo mm/día |
|------------|-----------|---------------|------------------|-----------------------------|------------|
| Enero | 74 | 86 | 5.7 | 19 | 3.49 |
| Febrero | 78 | 130 | 5.6 | 18.8 | 3.36 |
| Marzo | 78 | 86 | 5.4 | 17.8 | 3.15 |
| Abril | 72 | 43 | 6.6 | 18 | 2.97 |
| Mayo | 66 | 43 | 7.3 | 17.2 | 2.73 |
| Junio | 55 | 43 | 8.5 | 17.6 | 2.7 |
| Julio | 54 | 130 | 7.9 | 17.4 | 3.11 |
| Agosto | 55 | 130 | 7.1 | 17.9 | 3.34 |
| Septiembre | 62 | 173 | 6.6 | 18.9 | 3.67 |
| Octubre | 64 | 173 | 7.1 | 20.9 | 3.99 |
| Noviembre | 63 | 173 | 6.6 | 20.4 | 4.08 |
| Diciembre | 69 | 86 | 6.4 | 20.1 | 3.69 |
| Promedio | 66 | 108 | 6.7 | 18.7 | 3.36 |

En la Tabla 22 se muestra el cálculo del coeficiente de escurrimiento con el método de la Misión Alemana, pues fue elaborada para su aplicación en la sierra peruana, siendo este de 0.31.

Tabla 22. Cálculo del coeficiente de escurrimiento por el método de la misión alemana.

| Parámetro | Valor |
|---|---------|
| Precipitación total anual promedio (mm/año) | 696.44 |
| Evapotranspiración (mm/año) | 1228.54 |
| Coeficiente de escurrimiento (C) | 0.31 |

Siguiendo la misma línea en la Tabla 23, están los datos requeridos por el método Lutz Scholz, donde la precipitación total anual promedio correspondió a la suma de los valores mensuales promedio y en cuanto a las características de la microcuenca, la misma que pertenece a la cuenca de Pariahuanca, que abastecerá los terrenos agrícolas fueron

determinadas mediante el programa ArcMap juntamente con los conceptos del método de Lutz Scholz.

Tabla 23. Datos requeridos por el método Lutz Scholz.

| Parámetros | Características | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Área de la subcuenca | 117.92 | km ² |
| Altitud media de la subcuenca | 3280.00 | msnm |
| Pendiente media de la subcuenca | 0.03 | m/m |
| Precipitación media anual (P) | 696.44 | mm |
| Evapotranspiración total anual (E I) | 1228.54 | mm |
| Temperatura media anual (T) | 13.37 | °C |
| Déficit de escurrimiento (D) | 525.84 | mm/año |
| Coefficiente de escorrentía (C) | 0.31 | |
| Coefficiente de agotamiento (a) | 0.02 | |
| Relación de caudales (30 días) (bo) | 0.59 | |
| Área de lagunas y acuíferos | 0.81 | km ² |
| Gasto mensual de retención (R) | 2.74 | mm/año |

Tabla 24. Cálculo de los caudales generados.

| Mes | Precipitación | | Contribución de la retención | | | | Caudales generados | | |
|------------|----------------|-------------------|------------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|--------|-------------------|
| | Total (mm/mes) | Efectiva | | Gasto | | Abastecimiento | | mm/mes | m ³ /s |
| | | PE C-III (mm/mes) | PF (mm/mes) | d _i | G _i (mm/mes) | a _i | Δ _i (mm/mes) | | |
| Enero | 109.41 | 68.85 | 68.85 | 0.58 | 0.2 | 0.19 | 0.5 | 68.6 | 3.79 |
| Febrero | 125.18 | 90.85 | 90.85 | 0.80 | 0.2 | 0.25 | 0.7 | 90.4 | 5.34 |
| Marzo | 111.15 | 71.22 | 71.22 | 0.58 | 0.2 | 0.19 | 0.5 | 70.9 | 3.92 |
| Abril | 34.90 | 7.74 | 7.74 | 0.59 | 0.2 | 0.02 | 0.1 | 7.9 | 0.45 |
| Mayo | 17.42 | 4.10 | 4.10 | 0.58 | 0.2 | 0.01 | 0.0 | 4.3 | 0.24 |
| Junio | 10.96 | 2.78 | 2.78 | 0.59 | 0.2 | 0.01 | 0.0 | 3.0 | 0.17 |
| Julio | 13.32 | 3.29 | 3.29 | 0.58 | 0.2 | 0.01 | 0.0 | 3.5 | 0.19 |
| Agosto | 17.72 | 4.16 | 4.16 | 0.58 | 0.2 | 0.01 | 0.0 | 4.1 | 0.21 |
| Septiembre | 30.28 | 6.63 | 6.63 | 0.59 | 0.2 | 0.02 | 0.0 | 6.8 | 0.39 |
| Octubre | 56.29 | 24.00 | 24.00 | 0.58 | 0.2 | 0.06 | 0.2 | 24.1 | 1.33 |
| Noviembre | 76.11 | 30.49 | 30.49 | 0.59 | 0.2 | 0.08 | 0.2 | 30.5 | 1.74 |
| Diciembre | 99.03 | 55.31 | 55.31 | 0.58 | 0.2 | 0.15 | 0.4 | 55.1 | 3.04 |
| Anual | 713.71 | 369.43 | 369.43 | 7.06 | 2.74 | 1.00 | 2.74 | 369.43 | 20.84 |

Los caudales generales se obtienen restando el valor del abastecimiento a la suma de la precipitación efectiva con el gasto, la precipitación efectiva fue calculada mediante el polinomio de quinto grado con los coeficientes mencionados en la Tabla 1. A continuación, se muestra la oferta hídrica.

En la Tabla 25 se adjunta la oferta hídrica de la microcuenca de estudio, donde la oferta hídrica total es de 20.84 m³/s, dándose el máximo en febrero con 5.34 m³/s, el mínimo con 0.17 m³/s en junio y el promedio de 1.74 m³/s.

Tabla 25. Oferta hídrica de la microcuenca.

| Mes | Oferta hídrica superficial (m ³ /s) | Oferta hídrica superficial (m ³) | Oferta hídrica superficial (Mm ³) |
|------------|--|--|---|
| Enero | 3.79 | 10142508.71 | 10.11 |
| Febrero | 5.34 | 13373317.76 | 13.37 |
| Marzo | 3.92 | 10490592.98 | 10.49 |
| Abril | 0.45 | 1170893.46 | 1.17 |
| Mayo | 0.24 | 636046.85 | 0.64 |
| Junio | 0.17 | 441948.83 | 0.44 |
| Julio | 0.19 | 516456.65 | 0.52 |
| Agosto | 0.24 | 644339.24 | 0.64 |
| Septiembre | 0.39 | 1007400.03 | 1.01 |
| Octubre | 1.33 | 3557476.44 | 3.56 |
| Noviembre | 1.74 | 4510178.02 | 4.51 |
| Diciembre | 3.01 | 8154804.89 | 8.15 |
| Suma | 20.84 | 54645963.85 | 54.65 |
| Máximo | 5.34 | 13373317.76 | 13.37 |
| Mínimo | 0.17 | 441948.83 | 0.44 |
| Promedio | 1.74 | 4553830.32 | 4.55 |

De la Figura 3 se observa que durante febrero se presenta la mayor oferta hídrica, también se muestra claramente la época de estiaje durante los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

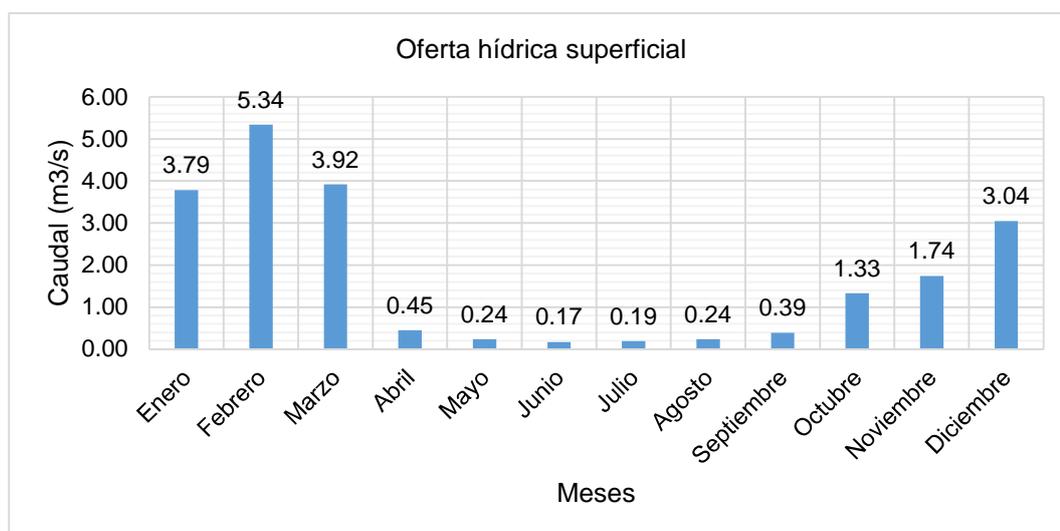


Figura 3. Oferta hídrica mensual de la microcuenca.

Para la oferta hídrica también se consideró dos fuentes de aguas subterráneas, que fueron de los manantiales de Tiopampa y Paraje Chacana, el caudal de estos manantiales se obtuvieron mediante aforamiento, como es expuesto en las siguientes tablas.

En la Tabla 26 se encuentra la oferta hídrica del manantial Tiopampa, donde el caudal promedio es de 0.24 L/s.

Tabla 26. Oferta hídrica del manantial Tiopampa.

| Mes | Caudal (L/s) | Volumen (m ³) |
|-----|--------------|---------------------------|
| Ene | 0.24 | 642.82 |
| Feb | 0.24 | 601.34 |
| Mar | 0.24 | 642.82 |
| Abr | 0.24 | 622.08 |
| May | 0.24 | 642.82 |
| Jun | 0.24 | 622.08 |
| Jul | 0.24 | 642.82 |
| Ago | 0.24 | 642.82 |
| Sep | 0.24 | 622.08 |
| Oct | 0.24 | 642.82 |
| Nov | 0.24 | 622.08 |
| Dic | 0.24 | 642.82 |

En la Tabla 27 se observa la oferta hídrica total, considerando la microcuenca y el manantial, que durante los meses de mayo a agosto la oferta hídrica es menor; además que, la oferta total es de 20 838.43 L/s, el máximo es de 5 337.61 L/s (febrero), el mínimo de 170.74 L/s (junio) y en promedio de 1 736.54 L/s.

Tabla 27. Oferta hídrica total para riego.

| Mes | Oferta hídrica superficial (L/s) | Oferta hídrica subterránea (L/s) | Oferta hídrica total para riego (L/s) | Oferta hídrica total para riego (Mm ³) |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Enero | 3786.78 | 0.24 | 3787.02 | 10.14 |
| Febrero | 5337.37 | 0.24 | 5337.61 | 13.37 |
| Marzo | 3916.74 | 0.24 | 3916.98 | 10.49 |
| Abril | 451.73 | 0.24 | 451.97 | 1.17 |
| Mayo | 237.47 | 0.24 | 237.71 | 0.64 |
| Junio | 170.50 | 0.24 | 170.74 | 0.44 |

| | | | | |
|------------|----------|------|----------|-------|
| Julio | 192.82 | 0.24 | 193.06 | 0.52 |
| Agosto | 240.57 | 0.24 | 240.81 | 0.64 |
| Septiembre | 388.66 | 0.24 | 388.90 | 1.01 |
| Octubre | 1328.21 | 0.24 | 1328.45 | 3.56 |
| Noviembre | 1740.04 | 0.24 | 1740.28 | 4.51 |
| Diciembre | 3044.66 | 0.24 | 3044.90 | 8.16 |
| Suma | 20835.55 | 2.88 | 20838.43 | 54.65 |
| Máximo | 5337.37 | 0.24 | 5337.61 | 13.37 |
| Mínimo | 170.50 | 0.24 | 170.74 | 0.44 |
| Promedio | 1736.30 | 0.24 | 1736.54 | 4.55 |

4.5. Demanda hídrica para riego

El cálculo de la demanda hídrica del centro poblado de San Isidro de Acobamba se realizó mediante el programa CROPWAT.

En la tabla siguiente se muestra los porcentajes de las áreas de producción de los cultivos base y de rotación, el área total agrícola en el centro poblado es de 131.08 Ha.

Tabla 28. Cultivos base y cultivos de rotación.

| Cultivos | % de Área agrícola | Mes de siembra |
|----------------------|--------------------|----------------|
| Cultivos base | | |
| Maíz | 33% | Septiembre |
| Frijol grano seco | 29% | Octubre |
| Papa | 22% | Septiembre |
| Arveja grano seco | 5% | Octubre |
| Habas grano seco | 4% | Agosto |
| Olluco | 3% | Agosto |
| Cebada | 3% | Noviembre |
| Trigo | 1% | Noviembre |
| Cultivos de rotación | | |
| Maíz | 62% | Noviembre |
| Alfalfa | 22% | Mayo |
| Cebada | 8% | Mayo |
| Camote | 7% | Agosto |

Los datos para la determinación del requerimiento de agua para riego de las áreas de cultivo dependen de los siguientes parámetros utilizados por el programa CROPWAT.

En la Tabla 29 están expuestos los valores mensuales de la precipitación efectiva, calculado mediante el software CROPWAT, a través del método de USDA – Servicio de conservación.

Tabla 29. Cálculo de la precipitación efectiva – CROPWAT.

| Mes | Prec. (mm) | Prec. Efec (mm) |
|------------|------------|-----------------|
| Enero | 105.60 | 87.80 |
| Febrero | 116.50 | 94.80 |
| Marzo | 111.10 | 91.40 |
| Abril | 33.70 | 31.90 |
| Mayo | 17.40 | 16.90 |
| Junio | 10.20 | 10.00 |
| Julio | 11.00 | 10.80 |
| Agosto | 17.10 | 16.60 |
| Septiembre | 30.30 | 28.80 |
| Octubre | 68.30 | 60.80 |
| Noviembre | 76.10 | 66.80 |
| Diciembre | 99.00 | 83.30 |
| Total | 696.30 | 600.00 |

En la Tabla 30 se muestra los valores para la evapotranspiración de referencia de las áreas de cultivo, calculado por el programa CROPWAT mediante la ecuación de Penman – Monteith.

Tabla 30. Cálculo de la evapotranspiración de referencia – CROPWAT.

| Mes | T° máx (°C) | T° mín (°C) | Humedad (%) | Viento (km/día) | Insolación (horas) | Rad (MJ/m²/día) | Eto (mm/día) |
|-------|-------------------|-------------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| Ene | 9.5 | 18 | 74 | 86 | 5.7 | 19 | 3.49 |
| Feb | 9.5 | 17.3 | 78 | 130 | 5.6 | 18.8 | 3.36 |
| Mar | 9.4 | 17.1 | 78 | 86 | 5.4 | 17.8 | 3.15 |
| Abr | 8.8 | 16 | 72 | 43 | 6.6 | 18 | 2.97 |
| May | 8 | 17.4 | 66 | 43 | 7.3 | 17.2 | 2.73 |
| Jun | 7.2 | 18.5 | 55 | 43 | 8.5 | 17.6 | 2.7 |
| Jul | 6.8 | 18.4 | 54 | 130 | 7.9 | 17.4 | 3.11 |
| Ago | 7.3 | 18.9 | 55 | 130 | 7.1 | 17.9 | 3.34 |
| Sep | 8.2 | 19.1 | 62 | 173 | 6.6 | 18.9 | 3.67 |
| Oct | 9 | 19.3 | 64 | 173 | 7.1 | 20.9 | 3.99 |
| Nov | 9.3 | 19.9 | 63 | 173 | 6.6 | 20.4 | 4.08 |
| Dic | 9.6 | 18.3 | 69 | 86 | 6.4 | 20.1 | 3.69 |
| Prom. | 8.5 | 18.2 | 66 | 108 | 6.7 | 18.7 | 3.36 |

El programa CROPWAT clasifica los suelos en alto, medio y bajo; los que se diferencian básicamente en la humedad de suelo disponible total, que para nuestro caso es de 280.00 mm/metro lo que le corresponde al tipo de suelo Medio.

Tabla 31. Características del suelo.

| Características del suelo | Valor | Unidades |
|---|--------|----------|
| Humedad de suelo disponible total (CC-PMP) | 280.00 | mm/metro |
| Tasa máxima de infiltración de la precipitación | 40.00 | mm/día |
| Profundidad radicular máxima | 900.00 | cm |
| Agotamiento inicial de humedad de suelo | 0.00 | % |
| Humedad de suelo inicialmente disponible | 280.00 | mm/metro |

Con todos los datos necesarios obtenidos, se procede a determinar el requerimiento de agua para cada tipo de cultivo.

Tabla 32. Requerimiento de agua de los cultivos base.

| Requerimientos | Ene 31 | Feb 28 | Mar 31 | Abr 30 | May 31 | Jun 30 | Jul 31 | Ago 31 | Sep 30 | Oct 31 | Nov 30 | Dic 31 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Déficit de precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.4 | 23.4 | 68 | 31.7 |
| Frijol grano seco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.4 | 26.6 | 32.2 |
| Papa | 1.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 28.4 | 64.7 | 38.9 |
| Arveja grano seco | 4.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.5 | 37.7 | 32.7 |
| Habas grano seco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.4 | 58.2 | 74.5 | 34.4 | 0 |
| Olluco | 7.3 | 0 | 5.1 | 47.1 | 59.8 | 63.5 | 74.4 | 76.8 | 70.2 | 49.6 | 41.5 | 20.3 |
| Cebada | 27.7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21.4 |
| Trigo | 24.2 | 6.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Req. Netos sistema | | | | | | | | | | | | |
| en mm/día | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 1.6 | 1 |
| en mm/mes | 1.8 | 0.2 | 0.2 | 1.4 | 1.8 | 1.9 | 2.2 | 3 | 8.7 | 19.3 | 48.9 | 31.2 |
| en l/s/h | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.07 | 0.19 | 0.12 |
| Área Irrigada (% del área total) | 34 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 62 | 96 | 96 | 95 |
| Req.de riego área real (L/s/h) | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.18 | 0.22 | 0.25 | 0.28 | 0.16 | 0.05 | 0.08 | 0.20 | 0.12 |
| Área | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 |
| Requerimiento (m ³) | 7021.69 | 6342.17 | 7021.69 | 61156.68 | 77238.63 | 84939.84 | 98303.71 | 56173.55 | 16987.97 | 28086.77 | 67951.87 | 42130.16 |

Tabla 33. Requerimiento de agua de los cultivos de rotación.

| Requerimientos | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| Déficit de precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.6 | 39.5 | 68.5 | 22.6 |
| Alfalfa | 0 | 0 | 1.9 | 49.6 | 62.2 | 65.8 | 76 | 79.4 | 70.9 | 4.9 | 0 | 0 |
| Cebada | 1.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.6 | 61.5 | 64.3 | 12.4 |
| Camote | 19.4 | 2.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.4 | 34.8 | 42.8 |
| Req. Netos sistema | | | | | | | | | | | | |
| en mm/día | 0.1 | 0 | 0 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 1 | 1.7 | 0.6 |
| en mm/mes | 1.7 | 0.2 | 0.4 | 10.9 | 13.7 | 14.5 | 16.7 | 17.5 | 20 | 30.8 | 50.4 | 18.4 |
| en l/s/h | 0.01 | 0 | 0 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.11 | 0.19 | 0.07 |
| Área Irrigada (% del área total) | 16 | 8 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 92 | 100 | 78 | 78 |
| Req.de riego área real (L/s/h) | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.19 | 0.23 | 0.25 | 0.28 | 0.30 | 0.08 | 0.11 | 0.25 | 0.09 |
| Área | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 | 131.08 |
| Requerimiento (m³) | 14043.39 | 3171.09 | 3510.85 | 64554.28 | 80749.47 | 84939.84 | 98303.71 | 105325.40 | 27180.75 | 38619.31 | 84939.84 | 31597.62 |

Considerando los requerimientos de agua para los cultivos base y de rotación para riego se obtiene los datos de la siguiente tabla:

Tabla 34. Demanda agrícola total.

| Mes | Dcmanda agrícola por los cultivos base (m ³) | Demanda agrícola por los cultivos de rotacion (m ³) | Demanda agrícola total (m ³) | Dcmanda agrícola actual con eficiencia de 40% (m ³) | Demanda agrícola actual con eficiencia de 40% (L/s) |
|----------|--|---|--|---|---|
| Ene | 7021.69 | 14043.39 | 21065.08 | 52662.701 | 19.662 |
| Feb | 6342.17 | 3171.09 | 9513.26 | 23783.155 | 9.492 |
| Mar | 7021.69 | 3510.85 | 10532.54 | 26331.350 | 9.831 |
| Abr | 61156.08 | 64554.28 | 125710.96 | 314277.408 | 121.249 |
| May | 77238.63 | 80749.47 | 157988.10 | 394070.256 | 147.465 |
| Jun | 84939.84 | 84939.84 | 169879.68 | 424699.200 | 163.850 |
| Jul | 98303.71 | 98303.71 | 196607.42 | 491518.541 | 183.512 |
| Ago | 56173.55 | 105325.40 | 161498.95 | 403747.373 | 150.742 |
| Sep | 10987.97 | 27180.75 | 44168.72 | 110421.792 | 42.601 |
| Oct | 28086.77 | 38619.31 | 66706.09 | 166765.219 | 62.263 |
| Nov | 67951.87 | 84939.84 | 152891.71 | 382229.280 | 147.465 |
| Dic | 42130.16 | 31597.62 | 73727.78 | 184319.453 | 68.817 |
| Suma | 553354.74 | 636935.55 | 1190290.29 | 2975725.73 | 1126.95 |
| Promedio | 46112.90 | 53077.96 | 99190.86 | 247977.14 | 93.91 |
| Máximo | 98303.71 | 105325.40 | 196607.42 | 491518.54 | 183.51 |
| Mínimo | 6342.17 | 3171.09 | 9513.26 | 23783.16 | 9.49 |

El tipo de riego que se emplea en el centro poblado de San Isidro de Acobamba es por inundación, por lo que se considera una eficiencia del 40% como se adjunta en la Tabla 34, entonces, se tiene una demanda promedio de 9.49 L/s, un máximo de 183.51 L/s (julio) y mínimo de 9.49 L/s (febrero) correspondientemente.

4.6. Calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba

Para poder determinar la calidad de agua para riego del centro poblado de San Isidro de Acobamba, se realizó los ensayos para el río Acobamba, en las coordenadas 8665458.00 S, 512655.00 E con altitud 2501 msnm

(correspondiente a la oferta hídrica superficial) y manantial Tiopampa ubicado en las coordenadas 8664415.706 S, 514217.818 E con altitud 2478 msnm (correspondiente a la oferta hídrica subterránea).

Los análisis y resultados de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y metales del manantial Rio Acobamba se describen en las siguientes tablas.

Las tablas a continuación muestran los resultados de los parámetros evaluados al agua del río Acobamba y los valores de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas destinadas a riego de vegetales, datos proporcionados por MINAM (2017), de esta manera se puede apreciar qué parámetros cumplen con los estándares como también los que no cumplen.

Tabla 35. Análisis físico-químico de agua del río Acobamba.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|---|--------------|------------|-------------|
| Acidos y grasas | mg/L | <0.1 | 5.0 |
| Fenoles | mg/l | <0.001 | 0.002 |
| Bicarbonatos | mg/L | 34.0 | 518 |
| Cianuro Wad | mg/L | <0.1 | 0.1 |
| Cloruros | mg/L | 82.0 | 500 |
| Conductividad a 25 °C | µS/cm | 802.0 | 2500 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 12.0 | 15 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/L | 35.0 | 40 |
| Fluoruros | mg/L | <1.5 | 1 |
| Nitratos (NO ₃) | mg/l | 7.0 | 100 |
| nitritos (NO ₂) | mg/L | 0.8 | 10 |
| Oxigenos disueltos | mg/L | 5.4 | ≥4 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 7.12 | 6.5-8.5 |
| Sulfatos | mg/L | 105.0 | 1000 |
| Temperatura | °C | 15.0 | Δ 3 |

Tabla 36. Análisis de metales de agua del río Acobamba.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|-------------|----------|------------|-------------|
| Aluminio | mg/L | <0.5 | 5 |
| Arsénico | mg/l | <0.05 | 0.1 |
| Bario | mg/L | <0.7 | 0.7 |
| Cadmio | mg/L | <0.005 | 0.01 |
| Cobre | mg/L | 1.5 | 0.2 |
| Cromo total | mg/L | <0.05 | 0.1 |
| Hierro | mg/L | 3.8 | 5 |
| Manganeso | mg/L | <0.1 | 0.2 |
| Plomo | mg/L | <0.01 | 0.05 |
| Zinc | mg/L | 0.4 | 2 |

Tabla 37. Análisis microbiológico de agua del río Acobamba.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|---|-----------|------------|-------------|
| Coliformes termotolerantes (44°C) | NMP/100mL | 15.0 | 1000 |
| Escherichia Coli | NMP/100mL | 0.0 | 1000.0 |
| Huevos y larvas de helmintos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos | N° org/mL | 0 | 0 |

Respecto al resultado de los análisis físico-químicos, microbiológicos y metales del manantial Tiopampa se describen en las siguientes tablas.

En las tablas se muestran los resultados de los parámetros evaluados al agua perteneciente al manantial Tiopampa y los valores para los parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas destinadas a riego de vegetales, datos proporcionados por MINAM (2017), de esta manera se puede apreciar que parámetros cumplen con los estándares y cuales no lo hacen.

Tabla 38. Análisis físico-químico de agua del manantial Tío Pampa.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|---|------------------|------------|-------------|
| Aceites y grasas | mg/L | <0.5 | 5 |
| Cianuro total | mg/L | <0.07 | 0.1 |
| Cloruros | mg/L | 73.0 | 500 |
| Cloro | UCV escala Pt/Co | 6.9 | 100 |
| Conductividad a 25 °C | µS/cm | 620.0 | 2500 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 19.0 | 15 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/l | 40.0 | 40 |
| Fenoles | mg/L | <0.003 | 0.002 |
| Fluoruros | mg/L | <1.5 | 1 |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L | 10.0 | 100 |
| nitritos (NO ₂) | mg/L | 3.5 | 10 |
| Oxígenos disueltos | mg/L | 6.0 | ≥4 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 7.05 | 6.5-8.5 |
| Sulfatos | mg/L | 90.0 | 1000 |
| Temperatura | °C | 15.6 | Δ 3 |

Tabla 39. Análisis de metales de agua del manantial Tiopampa.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|-------------|----------|------------|-------------|
| Aluminio | mg/L | <0.9 | 5 |
| Arsénico | mg/L | <0.01 | 0.1 |
| Bario | mg/L | <0.7 | 0.7 |
| Cadmio | mg/L | <0.003 | 0.01 |
| Cobre | mg/L | 1.7 | 0.2 |
| Cromo total | mg/L | <0.05 | 0.1 |
| Hierro | mg/L | 3.6 | 5 |
| Manganeso | mg/L | <0.4 | 0.2 |
| Plomo | mg/L | <0.01 | 0.05 |
| Zinc | mg/L | 0.5 | 2 |

Tabla 40. Análisis microbiológico de agua del manantial Tío Pampa.

| Análisis | Unidades | Resultados | Valores ECA |
|---|-----------|------------|-------------|
| Coliformes termotolerantes (44°C) | NMP/100mL | 13.0 | 1000 |
| Escherichia Coli | NMP/100mL | 0.0 | 1000 |
| Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos | N° org/mL | 0 | 0 |

4.7. Aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba

4.7.1. Balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable

En la Tabla 41 se adjunta el balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable, donde se especifica la oferta hídrica del manantial Campanayocc que es de 0.77 L/s, el caudal de demanda según lo calculado en el numeral 4.2 que es de 0.26 L/s y la resta correspondiente, donde claramente no se presenta déficit para este tipo de uso.

Tabla 41. Balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable.

| Mes | Caudal de oferta (L/s) | Volumen de oferta (m ³) | Caudal de demanda (L/s) | Volumen de demanda (m ³) | Balance hídrico (m ³) |
|-----|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Ene | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |
| Feb | 0.77 | 1929.31 | 0.26 | 651.46 | 1277.86 |
| Mar | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |
| Abr | 0.77 | 1995.84 | 0.26 | 673.92 | 1321.92 |
| May | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |
| Jun | 0.77 | 1995.84 | 0.26 | 673.92 | 1321.92 |
| Jul | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |
| Ago | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |
| Sep | 0.77 | 1995.84 | 0.26 | 673.92 | 1321.92 |
| Oct | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |
| Nov | 0.77 | 1995.84 | 0.26 | 673.92 | 1321.92 |
| Dic | 0.77 | 2062.37 | 0.26 | 696.38 | 1365.98 |

La Figura 4, se especifica que no existe déficit de recurso hídrico para el poblado de San Isidro de Acobamba para el aprovechamiento de agua potable.

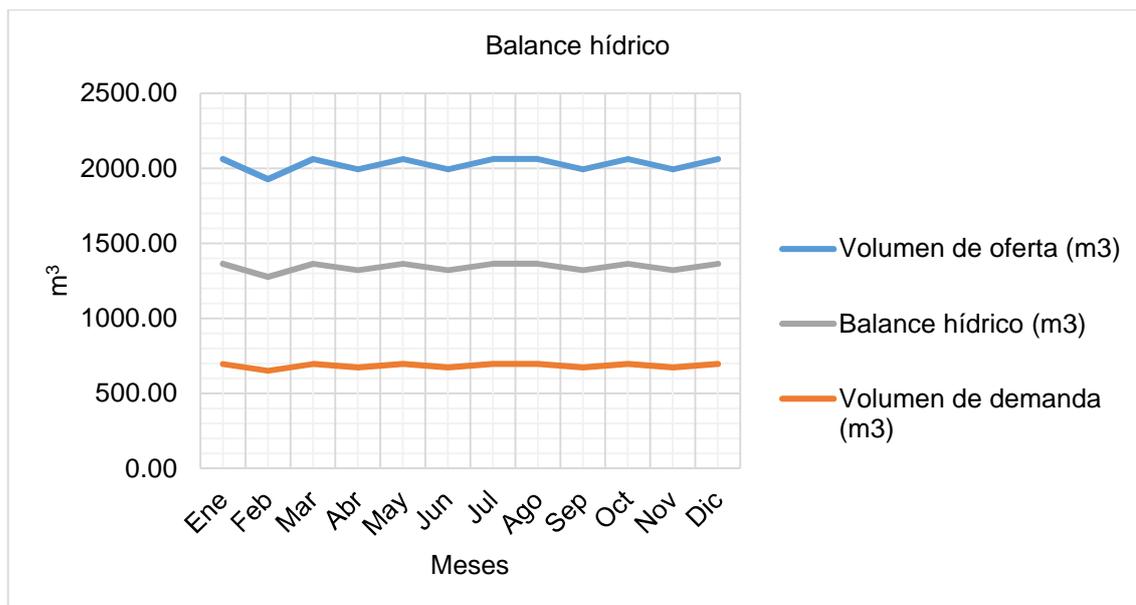


Figura 4. Balance hídrico para el aprovechamiento de agua potable.

4.7.2. Balance hídrico para el aprovechamiento de riego

En la Tabla 42 se encuentra el balance hídrico para el aprovechamiento de riego, donde se especifica la oferta hídrica del manantial Tiopampa más la oferta superficial del río Acobamba, haciendo un promedio de 1736.54 L/s, el caudal de demanda promedio según lo calculado en el numeral 4.5 que es de 93.91 L/s y la resta correspondiente, donde claramente no se presenta déficit para este tipo de uso.

Tabla 42. Balance hídrico para el aprovechamiento de riego.

| Mes | Caudal de oferta (L/s) | Volumen de oferta (m³) | Caudal de demanda (L/s) | Volumen de demanda (m³) | Balance hídrico (m³) |
|-----|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Ene | 3787.02 | 10143151.52 | 19.66 | 52662.70 | 10090488.82 |
| Feb | 5337.61 | 13373919.10 | 9.49 | 23783.16 | 13350135.95 |
| Mar | 3916.98 | 10491235.80 | 9.83 | 26331.35 | 10464904.45 |
| Abr | 451.97 | 1171515.54 | 121.25 | 314277.41 | 857238.13 |
| May | 237.71 | 636689.67 | 147.47 | 394970.26 | 241719.41 |
| Jun | 170.74 | 442570.91 | 163.85 | 424699.20 | 17871.71 |
| Jul | 193.06 | 517099.47 | 183.51 | 491518.54 | 25580.93 |
| Ago | 240.81 | 644982.05 | 150.74 | 403747.37 | 241234.68 |

| | | | | | |
|----------|---------|------------|--------|-----------|------------|
| Sep | 388.90 | 1008022.11 | 42.60 | 110421.79 | 897600.32 |
| Oct | 1328.45 | 3558119.25 | 62.26 | 166765.22 | 3391354.04 |
| Nov | 1740.28 | 4510800.10 | 147.47 | 382229.28 | 4128570.82 |
| Dic | 3044.90 | 8155447.70 | 68.82 | 184319.45 | 7971128.25 |
| Promedio | 1736.54 | 4554462.77 | 93.91 | 247977.14 | 4306485.62 |

La Figura 5, se especifica que no existe déficit de recurso hídrico en el centro poblado de San Isidro de Acobamba para el aprovechamiento de agua para riego.

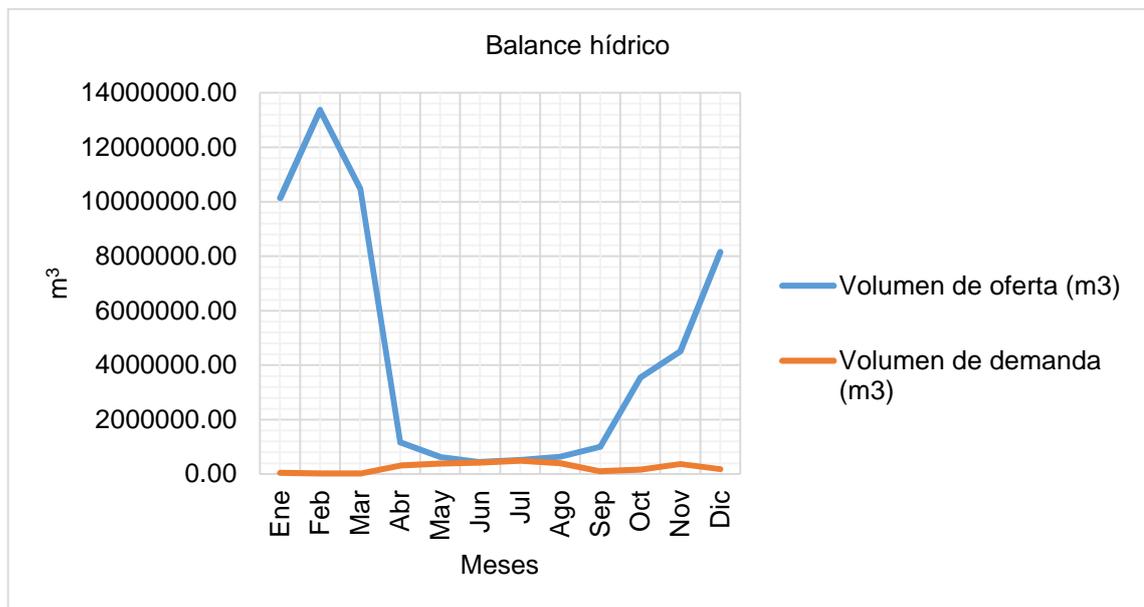


Figura 5. Balance hídrico para el aprovechamiento de riego.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Oferta hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba

Para la realización del análisis y cálculo de la oferta hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba, se consideró la oferta para el consumo humano, el mismo que corresponde al manantial Campanayocc y para riego que está dado por el manantial Tiopampa y el río Acobamba correspondientemente.

Siendo así que, en la Tabla 13 se observa el caudal aforado del manantial Campayocc que resultó 0.77 L/s, este es el valor mínimo durante el año ya que realizó en época de estiaje en el mes de mayo.

En cuanto a la oferta para riego se utilizó el método Lutz Scholz para la oferta superficial, para ello fue necesaria la precipitación media mensual que se muestran en la Tabla 20 estableciéndose dos épocas claramente diferenciadas: época de estiaje durante los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre; época de lluvia durante los meses de octubre,

noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; además, se consideró la temperatura promedio de la zona a la que pertenece el centro poblado no es muy variable, como se muestra también en la Tabla 20, donde el máximo valor es en el mes de noviembre con 14.62 °C y el valor mínimo en el mes de abril con 12.40 °C. En la Tabla 21 se muestran los valores de la evapotranspiración de referencia, calculado mediante el método FAO Penman – Monteith, que es el único método de determinación de ET_0 a partir de parámetros climatológicos. En este caso el máximo valor de la evapotranspiración de referencia comprende al mes de noviembre con un valor de 4.08 mm/día que coincide con el mes de mayor valor de temperatura y viento. Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento existen diferentes métodos como L. Túrc, Misión Alemana, Tarazona Santos y Onern; pero en este caso se utilizó el método de la Misión Alemana dado que fue desarrollado para toda la sierra peruana, obteniendo un valor de 0.31. Asimismo, en la Tabla 23 se muestran las características de la subcuenca, clasificada así debido a que su área es menor a 700 km², siendo 147.92 km². También se muestra el valor de la precipitación media anual que es de 696.44 mm, la temperatura media anual de 13.37 °C, el coeficiente de agotamiento es de 0.02 calculado mediante la relación logarítmica de la ecuación 7 establecida para una zona con vegetación poco desarrollada. Para el caso de la precipitación efectiva se empleó los coeficientes de la curva III, determinado mediante una ponderación de los coeficientes de tal manera que el volumen anual de la precipitación efectiva sea igual al caudal anual de la subcuenca respectiva. Finalmente, en la

Tabla 25 se tienen los valores de los caudales generados, es decir la oferta hídrica de la subcuenca, la oferta hídrica total es de 20.84 m³/s, el máximo se da en el mes de febrero con 5.34 m³/s, el mínimo con 0.17 m³/s en junio y el promedio de 1.74 m³/s.

En la oferta hídrica para riego también se consideró como fuentes de abastecimiento al manantial Tiopampa, con un caudal constante de 0.24 L/s respectivamente, generando la oferta hídrica total para riego según se muestra en la Tabla 27 considerando la microcuenca y el manantial, donde los meses de mayo, junio, julio y agosto son de menor oferta hídrica; además que, la oferta total es de 20 838.43 L/s, el máximo es de 5 337.61 L/s (febrero), el mínimo de 170.74 L/s (junio) y en promedio de 1 736.54 L/s.

5.2. Demanda hídrica en el centro poblado San Isidro de Acobamba

Para la demanda hídrica se separó tanto para consumo humano y para riego, siendo así que, para este primero se estimó para un período de diseño de 20 años tal como recomienda el Programa Nacional de Agua y saneamiento Rural, resultando una población futura de 172 habitantes para el centro poblado San Isidro de Acobamba, como se muestra en la Tabla 15, que según el INEI (2007) cuenta con una tasa de crecimiento de - 0.87 %; no obstante, para fines prácticos se consideró una tasa de crecimiento de 0 %. Con la estimación de la población futura se calculó el caudal promedio diario anual (Qm), considerando una dotación de 100 L/hab/h, el Qm se calculó con la (Ecuación 11, donde el caudal promedio diario anual

resultó 0.20 L/s, este valor se calculó el caudal máximo diario (Qmd), con del valor del coeficiente $K_1=1.3$ recomendado para poblaciones rurales, resultando $Qmd = 0.26$ L/s (ver Tabla 16).

El cálculo de la demanda hídrica se realizó mediante el programa CROPWAT a fin de conocer requerimiento de agua de los cultivos principales del centro poblado de San Isidro de Acobamba, siendo así que, en la Tabla 28 se aprecia los cultivos base y los cultivos de rotación, clasificados por las diferentes fechas que se producen dichos cultivos, se observa que el maíz es el cultivo de mayor área de producción con un porcentaje de 33 %, seguidamente por el frijol grano seco y la papa con porcentajes de 29 % y 22 % respectivamente; los otros cultivos son de menor porcentaje.

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia mediante el programa CROPWAT se utilizó los datos de la estación Huancayo, elegido por su ubicación cercana al área de estudio, estos datos se verificaron comparando los valores de precipitación y temperatura de la estación Salcabamba proporcionados por SENAMHI, notándose una similitud entre estas, tal como se muestra en la Tabla 30.

El volumen de agua requerido para riego de los cultivos base y de rotación se muestran en las Tabla 32 y Tabla 33 respectivamente, dentro de los cultivos base resultó que en el mes de julio se produce mayor demanda con un valor de 0.28 L/s/h y que en los meses de enero, febrero y marzo se generan la menor demanda con un valor de 0.02 L/s/h, dentro de los cultivos de rotación la mayor demanda corresponde al mes agosto

con un valor de 0.30 L/s/h y la menor en los meses de febrero y marzo con un valor de 0.01 L/s/h.

Considerando la demanda de agua para riego de ambos tipos de cultivo como se muestra en la Tabla 34 con una eficiencia de riego por inundación del 40 %, se determinó una demanda promedio de 9.49 L/s, un máximo de 183.51 L/s (julio) y mínimo de 9.49 L/s (febrero) correspondientemente.

5.3. Calidad del recurso hídrico para consumo humano en el centro poblado de San Isidro de Acobamba

Los análisis para el manantial Campanayocc dieron como resultado que en el análisis físico-químico la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo establecido por el MINAM (2017) mientras que los demás parámetros si están en el rango establecido, en el análisis de metales el cromo total y el plomo no cumplen con los estándares establecidos de calidad ambiental (ECA) según lo fijado por el MINAM (2017) mientras que los demás parámetros si cumplen y en el análisis microbiológico los coliformes totales, coliformes termotolerantes, helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo decretado por el MINAM (2017).

5.4. Calidad del recurso hídrico para riego en el centro poblado de San Isidro de Acobamba.

Los análisis para el río Acobamba dieron como resultado que en el análisis físico-químico el parámetro fluoruros no cumple con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo solicitado por el MINAM (2017), mientras que los demás parámetros si están en el rango establecido, en el análisis de metales el cobre y el manganeso no cumplen con los estándares establecidos de calidad ambiental (ECA) según lo requerido por el MINAM (2017) mientras que los demás parámetros si cumplen y en el análisis microbiológico los parámetros estudiados cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo decretado por el MINAM (2017).

Los análisis para el manantial Tiopampa dieron como resultado que en el análisis físico-químico la demanda bioquímica de oxígeno, los fenoles y los fluoruros no cumple con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo fijado por el MINAM (2017), mientras que los demás parámetros si están en el rango establecido, en el análisis de metales el cobre y el manganeso no cumplen con los estándares establecidos de calidad mientras que los demás parámetros si cumplen y en el análisis microbiológico los parámetros estudiados cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo ordenado por el MINAM (2017).

5.5. Aprovechamiento de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba

En cuanto al aprovechamiento de agua potable, en la Tabla 41 se expone la oferta hídrica del manantial Campanayocc que es de 0.77 L/s, el caudal de demanda según lo calculado en el numeral 4.2 que es de 0.26 L/s y la resta correspondiente, donde claramente no se presenta déficit para este tipo de uso; por lo tanto, sí cubre esta demanda.

Para el aprovechamiento de agua para riego, en la Tabla 42, se adjunta la oferta hídrica del manantial Tiopampa más la oferta superficial del río Acobamba, haciendo un promedio de 1736.54 L/s, el caudal de demanda promedio según lo calculado en el numeral 4.5 que es de 93.91 L/s y la resta correspondiente, donde claramente no se presenta déficit para este tipo de uso.

CONCLUSIONES

1. Se aplicó la hidrología con fines de aprovechamiento del recurso hídrico, donde se tiene que el río Acobamba, manantial Campanayocc y Tiopampa, sí cubren la demanda de agua potable y riego en el centro poblado San Isidro de Acobamba.
2. La oferta hídrica del manantial Campanayocc es de 0.77 L/s (para consumo humano) y la oferta total entre el manantial Tiopampa y río Acobamba es de 20 838.43 L/s, el máximo es de 5 337.61 L/s (febrero), el mínimo de 170.74 L/s (junio) y en promedio de 1 736.54 L/s, esto para riego.
3. La demanda por consumo humano es de 0.26 L/s, y para riego considerando una eficiencia del 40 % la demanda promedio de 9.49 L/s, un máximo de 183.51 L/s (julio) y mínimo de 9.49 L/s (febrero) correspondientemente.
4. La calidad del recurso hídrico del manantial Campanayocc para consumo humano, se tiene que, la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, cromo total, plomo, coliformes totales, coliformes termotolerantes, huevos y larva de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo establecido por el MINAM (2017).
5. La calidad del recurso hídrico del río Acobamba, se tiene que los fluoruros, cobre y el manganeso no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo exigido por el MINAM (2017). En cuanto al manantial Tiopampa, la demanda bioquímica de oxígeno, los fenoles, fluoruros, cobre y el manganeso no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) según lo requerido por el MINAM (2017).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las autoridades del centro poblado San Isidro de Acobamba, fomentar el uso racional del recurso hídrico, pues de acuerdo a los cálculos realizados sí se cuenta con suficiente recurso que puede abastecer cada una de las necesidades de la población.
2. De acuerdo a los cálculos realizados, se recomienda a futuros investigadores considerar la metodología utilizada para la determinación de la oferta hídrica, puesto que, esto compatibiliza con la realidad de la sierra peruana.
3. Se recomienda, a las autoridades del centro poblado San Isidro de Acobamba tener en cuenta la programación de riego utilizada en esta investigación a fin de optimizar la utilización del recurso hídrico.
4. En lo que respecta a la calidad del recurso hídrico para consumo humano, se ha determinado que se presenta algunos parámetros que no cumple con los estándares de calidad ambiental, situación por la cual es necesario el tratamiento del mismo.
5. Del mismo modo, respecto a la calidad del recurso hídrico para riego, se ha determinado que se presenta algunos parámetros que no cumplen con los estándares de calidad ambiental, situación por la cual se recomienda el tratamiento del mismo antes de hacer el uso correspondiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALDOMERO, O., 2009. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos. , pp. 34. ISSN 10957103. DOI 10.1016/j.jcis.2014.05.061.
2. CANAZA, M. y GAMARRA, E., 2017. *Alteración de los caudales del río Asmayacu por la presencia de los fenómenos del Niño y de la Niña en los últimos 30 años para la determinación de las probables zonas de inundación en la cuenca Asmayacu-Curahuaasi*. S.I.: Universidad Andina del Cusco.
3. CHALÁN, R., 2018. *Disponibilidad hídrica empleando información climática de la cuenca río Azufre, distrito de La Encañada* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2580>.
4. CHOW, V., 1994. *Hidrología aplicada*. Primera. Santa fe de Bogotá: McGraw-Hill. ISBN 0-07-010810-2.
5. DEL CID, A., MENDEZ, R. y SANDOVAL, F., 2007. *Investigación. Fundamentos y metodología*. Primera. México: Pearson Educación. ISBN 9789702610755.
6. DGIAR, 2015. *Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego*. Primera. San Isidro - Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
7. DÍAZ, D., 2015. Programacion de riego para un cultivo de algodón en los municipios de Villavicencio, Palmira y Barranquilla. *Journal of Chemical Information and Modeling*, pp. 17. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.
8. DÍAZ, E., 2014. *Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de*

- Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín.*
S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca.
9. DÍAZ, J., 2017. *Determinación de la disponibilidad hídrica superficial mediante balance hídrico en la cuenca del río Cumbaza - San Martín, 2016.*
S.I.: Universidad Peruana Unión.
10. DÍAZ, L. y ALARCON, J., 2018. *Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare.* S.I.: Universidad Católica de Colombia.
11. FAO, 2006. *Evapotranspiración del cultivo.* . EE.UU:
12. FERNÁNDEZ, F., 2017. *Determinación de la disponibilidad hídrica en el punto de captación del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Soritor, Moyobamba, 2013* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. Disponible en: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3075/AMBIENTAL_Fenix_Vito_Fernandez_Yoplac.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
13. GOOGLE EARTH, 2022. *Google Earth Pro.* [en línea]. Disponible en: <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>.
14. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2010. *Metodología de la investigación.* Quinta. México: McGRAW-HILL. ISBN 9786071502919.
15. INEI, 2019. *Sistema de difusión de los censos nacionales.* [en línea]. Disponible en: <http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/#>.
16. LALA, H., 2017. *Análisis de la sostenibilidad de la producción de agua en la*

- microcuenca del río Pita mediante la determinación de la huella hídrica y disponibilidad de agua* [en línea]. S.I.: Universidad de las fuerzas armadas. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/13246/1/T-ESPE-057289.pdf>.
17. LINSLEY, R., KHOLER, M. y PAULUS, J., 1977. *Hidrología para ingenieros*. 2°. Cali: s.n.
18. MINAM, 2009. *Ley de Recursos Hídricos* [en línea]. 2009. Lima - Perú: s.n. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ley_29338_0_2.pdf.
19. MINAM, 2017. Ministerio del Ambiente. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias* [en línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>.
20. MONTERO, E., 2016. *Escenarios de disponibilidad de agua para consumo humano en la microcuenca del río Porrosatí, Heredia, Costa Rica* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Costa Rica. Disponible en: https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13810/Tesis_EstebanMonteroFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
21. MVCS, 2010. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Tercera ed. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
22. OMM, 2012. *Glosario Hidrológico Internacional*. 2012. Ginebra, Suiza:

Organización Meteorológica Mundial.

23. PIZARRO, J., 2010. *Gestión de la demanda y oferta de agua de riego en el ámbito de la irrigación SISA-San Martín*. S.I.: Universidad Nacional de Trujillo.
24. PRONASAR, 2004. *Parametros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales*. . S.I.:
25. QUIROZ, M., 2019. *Disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres ríos* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en:
http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3027/TESIS_FINAL_PUBLICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
26. ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, M.B.L., 2010. *Metodología de la Investigación*. Sexta. México: McGRAW-HILL. ISBN 9786071502919.
27. ROLDÁN, D., 2016. *Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable* [en línea]. S.I.: Universidad de Alicante. Disponible en:
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/54425/1/tesis_rolدان_monsalve.pdf.
28. SILVA, H., 2016. *Análisis del recurso hídrico a partir de la disponibilidad y seguridad hídrica para el desarrollo rural sostenible del distrito de Lares, Cusco* [en línea]. S.I.: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8464>.
29. TUÑOQUE, A., 2018. *Plan de aprovechamiento hídrico para el uso multisectorial del agua - valle del río Nepeña* [en línea]. S.I.: Universidad

Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en:

<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3616/BC-TESTMP-2423.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

30. VASQUEZ, S., 2018. *Diagnóstico del consumo y demanda de agua potable en el campus de la UNALM y propuesta de cobertura* [en línea]. S.l.:

Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3547>.

31. VILLÓN, M., 2002. *Hidrología*. Segunda. Lima - Perú: MaxSoft.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Anexo N° 02: certificados de la calidad del agua

ASESORIA Y CONSULTORIA "ANDY"

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MSc. Ingeniería Química

Ambiental. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental.

Análisis de agua y de minerales

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA

| | |
|--------------------------|--|
| UBICACION | CENTRO POBLADO SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, DISTRITO DE SAN MARCOS DE ROCCHAC, PROVINCIA DE TAYACAJA, REGION JUNIN |
| SOLICITANTE | FRANCO FERNANDO RIVEROS BROCOS |
| INSTITUCION | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, FACULTAD DE INGENIERIA, CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL |
| PROYECTO | HIDROLOGIA CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RIEGO EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, HUANCAYELICA 2019. |
| PUNTO DE MUESTREO | MANANTIAL CAMPANAYOC |
| FECHA DE MUESTREO | 08/02/2020 |
| FECHA DE ANALISIS | 10/02/2020 |
| ANALISTA | Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO |
| RECOLECTOR DE LA MUESTRA | EL SOLICITANTE |
| COORDENADAS | L SUR: 8665409.0 m-s L OESTE: 512605.0 m-E |
| ALTITUD | 2584 msnm |

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES

| Análisis | Unidades | Resultados | LMP |
|---|------------------|------------|----------|
| FÍSICO - QUÍMICOS | | | |
| Aceites y grasas | mg /L | <0.5 | 0.5 |
| Cianuro total | mg /L | <0.07 | 0.07 |
| Cloruros | mg /L | 60.0 | 250 |
| Color | UCV escala Pt/Co | 6.6 | 15.0 |
| Conductividad a 25 °C | µS/cm | 652.0 | 1500 |
| Dureza total | ppm | 102.0 | 500.0 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg /L | 15.0 | 5.0 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg /L | 43.0 | 20.0 |
| fenoles | mg /L | <0.003 | 0.003 |
| Fluoruros | mg /L | <1.5 | 1.5 |
| Fosforo total | mg /L | <0.1 | 0.1 |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L | 12.0 | 50.0 |
| Nitritos (NO ₂) | mg/L | 3.9 | 3.0 |
| Amoníaco-N | mg/L | <1.5 | 1.5 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 6.0 | ≥ 6 |
| Potencial de hidrogeno (pH) | Unidad de pH | 7.10 | 6.5- 8.5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | 760.0 | 1000.0 |
| Sulfatos | mg/L | 98.0 | 250.0 |
| Turbiedad | UNT | 2.8 | 5.0 |
| Temperatura | °C | 15.5 | |
| METALES | | | |
| Aluminio | mg /L | <0.09 | 0.9 |
| Antimonio | mg /L | <0.02 | 0.02 |
| Arsénico | mg /L | <0.01 | 0.01 |
| Bario | mg /L | <0.7 | 0.7 |
| Cadmio | mg /L | <0.003 | 0.005 |
| Cobre | mg /L | 1.7 | 2.0 |

Av. Los Andes 387 Los Andes El Tambo-Huancayo Telf: (064-905341)

E-mail: andquim49@hotmail.com


INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N°21526

ASESORIA Y CONSULTORIA "ANDY"

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MSc. Ingeniería Química Ambiental. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental.

Análisis de agua y de minerales

| | | | |
|---|------------|--------|----------|
| Cromo total | mg /L. | <0.05 | 0.05 |
| Hierro | mg /L. | 3.6 | 0.3 |
| Mercurio | mg /L. | <0.002 | 0.002 |
| Manganeso | mg /L. | <0.4 | 0.4 |
| Plomo | mg /L. | <0.01 | 0.01 |
| Zinc | mg /L. | 0.5 | 5.0 |
| MICROBIOLÓGICOS | | | |
| Coliformes totales (35-37°C) | NMP/100 mL | 35.0 | 50 |
| Coliformes termotolerantes (44°C) | NMP/100 mL | 13.0 | 20 |
| Escherichia Coli | NMP/100 mL | 0.0 | 0 |
| Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patogenos | N° org/mL | 0.0 | 0.0 |
| Virus | UFC/ | 0.0 | ausencia |
| Organismos de vida libre; algas, protozoarios, nemátodos | N° org/mL | 0.0 | 0.0 |

LMP: Límite máximo permisible

mg /L.: miligramos por litro

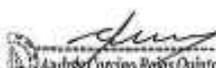
UCV escala Pt/Co: Unidad de color verdadero escala platino cobalto

NMP/100 mL.: número más probable en 100 mL.

UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad

INSTITUCION NORMATIVA: decreto supremo N° 015-2015-MINAM

Huancayo, 10 de febrero del 2020.


Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 21526

Av. Los Andes 287 Los Andes El Tambo-Huancayo Telf: (064-905241)
E-mail: andyquim@hotmail.com

ASESORIA Y CONSULTORIA "ANDY"

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MSc. Ingeniería Química Ambiental. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental
Análisis de agua y de minerales

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA

| | |
|--------------------------|--|
| UBICACION | CENTRO POBLADO SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, DISTRITO DE SAN MARCOS DE ROCCHAC, PROVINCIA DE TAYACAJA, REGION JUNIN |
| SOLICITANTE | FRANCO FERNANDO RIVEROS BRÓCOS |
| INSTITUCION | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, FACULTAD DE INGENIERIA, CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL |
| PROYECTO | HIDROLOGIA CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RIEGO EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, HUANCAVELICA 2019. |
| PUNTO DE MUESTREO | RIÓ ACOBAMBA |
| FECHA DE MUESTREO | 08/02/2020 |
| FECHA DE ANÁLISIS | 10/02/2020 |
| ANALISTA | Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO |
| RECOLECTOR DE LA MUESTRA | EL SOLICITANTE |
| COORDENADAS | L SUR: 8665458.0 m-s L OESTE: 512655.0 m-E |
| ALTITUD | 2501 msnm |

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES

| Análisis | Unidades | Resultados | LMP |
|---|--------------|------------|----------|
| FÍSICO - QUÍMICOS | | | |
| Aceites y grasas | mg /L | <0.1 | 1.0 |
| fenoles | mg /L | <0.001 | 0.001 |
| Bicarbonatos | mg /L | 34.0 | 370.0 |
| Cianuro wad | mg /L | <0.1 | 0.1 |
| Cloruros | mg /L | 82.0 | 100-700 |
| Calcio | mg /L | 45.0 | 200.0 |
| Conductividad a 25 °C | µS/cm | 802.0 | <2000 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg /L | 12.0 | 15.0 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg /L | 35.0 | 40.0 |
| Fluoruros | mg /L | <1.5 | 1.5 |
| Fosfatos | mg /L | <1 | 1.0 |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L | 7.0 | 10.0 |
| Nitritos (NO ₂) | mg/L | 0.8 | 3.0 |
| Amoniaco-N | mg/L | <0.05 | 1.5 |
| Oxígeno disuelto | mg/l. | 5.4 | ≥ 4 |
| Potencial de hidrogeno (pH) | Unidad de pH | 7.12 | 6,5- 8,5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | 780.0 | 1000.0 |
| Sulfatos | mg/L | 105.0 | 200.0 |
| Turbiedad | UNT | 3.8 | 5.0 |
| Temperatura | °C | 15.0 | 3 |
| METALES | | | |
| Aluminio | mg /L | <0.5 | 5.0 |
| Arsénico | mg /L | <0.05 | 0.05 |
| Bario total | mg /L | <0.7 | 0.7 |
| Cadmio | mg /L | <0.005 | 0.005 |
| Cobre | mg /L | 1.0 | 0.2 |
| Cromo total | mg /L | <0.1 | 0.1 |

Av. Los Andes 287 Los Andes El Tambo-Huancayo Telf. (064-805241)
E- mail: andliquim49@hotmail.com


Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO
CIP 21526

ASESORIA Y CONSULTORIA "ANDY"

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MsC. Ingeniería Química Ambiental. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental.

Análisis de agua y de minerales

| | | | |
|---|------------|---------|----------|
| Hierro | mg /L | <0.1 | 1.0 |
| Manganeso | mg /L | <0.2 | 0.2 |
| Plomo | mg /L | <0.05 | 0.05 |
| Zinc | mg /L | 0.7 | 2.0 |
| MICROBIOLÓGICOS | | | |
| Coliformes totales (35-37°C) | NMP/100 mL | 120.0 | 5000.0 |
| Coliformes termotolerantes (44°C) | NMP/100 mL | 75.0 | 2000.0 |
| Escherichia Coli | NMP/100 mL | 0.0 | 100 |
| Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patogenos | Nº org/mL | <0.1 | <0.1 |
| Vibrión colerae | UFC/ | 0.0 | ausencia |
| Salmonela sp | | ausente | ausencia |

LMP: Límite máximo permisible

mg /L: miligramos por litro

UCV escala Pt/Co: Unidad de color verdadero escala platino cobalto

NMP/100 mL: número más probable en 100 mL.

UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad

INSTITUCION NORMATIVA: decreto supremo N° 015-2015-MINAM

Huancayo, 10 de febrero del 2020



Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP. 21526

Av. Los Andes 287 Los Andes El Tambo (Huancayo Telef. (064) 905241)
E- mail: andyquim49@hotmail.com

ASESORIA Y CONSULTORIA "ANDY"

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MSc. Ingeniería Química

Ambiental. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental.

Análisis de agua y de minerales

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA

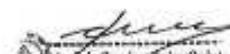
| | |
|--------------------------|--|
| UBICACION | CENTRO POBLADO SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, DISTRITO DE SAN MARCOS DE ROCCHAC, PROVINCIA DE TAYACAJA, REGION JUNIN |
| SOLICITANTE | FRANCO FERNANDO RIVEROS BROCOS |
| INSTITUCION | UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, FACULTAD DE INGENIERIA, CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL |
| PROYECTO | HIDROLOGIA CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RIEGO EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, HUANCAVELICA 2019. |
| PUNTO DE MUESTREO | MANANTIAL TIO PAMPA |
| FECHA DE MUESTREO | 08/02/2020 |
| FECHA DE ANÁLISIS | 10/02/2020 |
| ANALISTA | Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO |
| RECOLECTOR DE LA MUESTRA | EL SOLICITANTE |
| COORDENADAS | L SUR: 8664415.706 m-s0 L OESTE: 5142217.818 m-E |
| ALTITUD | 2478 msnm |

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES

| Análisis | Unidades | Resultados | LMP |
|---|------------------|------------|----------|
| FÍSICO - QUÍMICOS | | | |
| Aceites y grasas | mg /L | <0.5 | 0.5 |
| Cianuro total | mg /L | <0.07 | 0.07 |
| Cloruros | mg /L | 73.0 | 250 |
| Color | UCV escala Pt/Co | 6.9 | 15.0 |
| Conductividad a 25 °C | µS/cm | 620.0 | 1500.0 |
| Dureza total | ppm | 110.0 | 500.0 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | mg /L | 19.0 | |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg /L | 40.0 | |
| fenoles | mg /L | <0.003 | 0.003 |
| Fluoruros | mg /L | <1.5 | 1.5 |
| Fosforo total | mg /L | <0.1 | 0.1 |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L | 10.0 | 50.0 |
| Nitritos (NO ₂) | mg/L | 3.5 | 3.0 |
| Amoníaco-N | mg/L | <1.5 | 1.5 |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 6.0 | ≥ 6 |
| Potencial de hidrogeno (pH) | Unidad de pH | 7.05 | 6.5- 8.5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | 740.0 | 1000.0 |
| Sulfatos | mg/L | 90.0 | 250.0 |
| Turbiedad | UNT | 2.9 | 5.0 |
| Temperatura | °C | 15.6 | |
| METALES | | | |
| Aluminio | mg /L | <0.9 | 0.9 |
| Antimonio | mg /L | <0.02 | 0.02 |
| Arsénico | mg /L | <0.01 | 0.01 |
| Bario | mg /L | <0.7 | 0.7 |
| Cadmio | mg /L | <0.003 | 0.003 |
| Cobre | mg /L | 1.5 | 2.0 |

Av. Los Andes 387 Los Andes El Tambo-Huancayo Telef. (064-903241)

E-mail: andiquim9@hotmail.com


Andrés Corcino Rojas Quinto
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP 21526

ASESORIA Y CONSULTORIA "ANDY"

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MSc. Ingeniería Química Ambiental. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental.

Análisis de agua y de minerales

| | | | |
|---|------------|--------|----------|
| Cromo total | mg/L | <0.05 | 0.05 |
| Hierro | mg/L | 3.8 | 0.3 |
| Mercurio | mg/L | <0.002 | 0.002 |
| Manganeso | mg/L | <0.4 | 0.4 |
| Plomo | mg/L | <0.01 | 0.01 |
| Zinc | mg/L | 0.4 | 5.0 |
| MICROBIOLÓGICOS | | | |
| Coliformes totales (35-37°C) | NMP/100 mL | 32.0 | 50 |
| Coliformes termotolerantes (44°C) | NMP/100 mL | 15.0 | 20 |
| Escherichia Coli | NMP/100 mL | 0.0 | 0 |
| Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos | N° org/mL | 0.0 | 0.0 |
| Virus | UFC/ | 0.0 | ausencia |
| Organismos de vida libre; algas, protozoarios, nemátodos | N° org/mL | 0.0 | 0.0 |

LMP: Límite máximo permisible

mg/L: miligramos por litro

UCV escala Pt/Co: Unidad de color verdadero escala platino cobalto

NMP/100 mL: número más probable en 100 mL.

UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad

N° org/mL: número de organismos libres

µS/cm: micro siemens por centimetro

INSTITUCION NORMATIVA: decreto supremo N° 015-2015-MINAM

OBSERVACIONES

Por los resultados hallados de los parámetros analizados, el agua es apta para la bebida de personas, corresponde a la categoría A-2 aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, en concordancia con el D.S 015-2015 MINAM.

Huancayo, 10 de febrero del 2020



Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO

Av. Los Andes 287 Los Andes El Tambo-Huancayo Telf: (064-905241)
E-mail: andiquim49@hotmail.com.

Anexo N° 03: panel fotográfico



Fotografía 1. Vista rio San Isidro de Acobamba.



Fotografía 2. Muestreo en San Isidro de Acobamba.



Fotografía 3. Productos agrícolas en San Isidro de Acobamba.

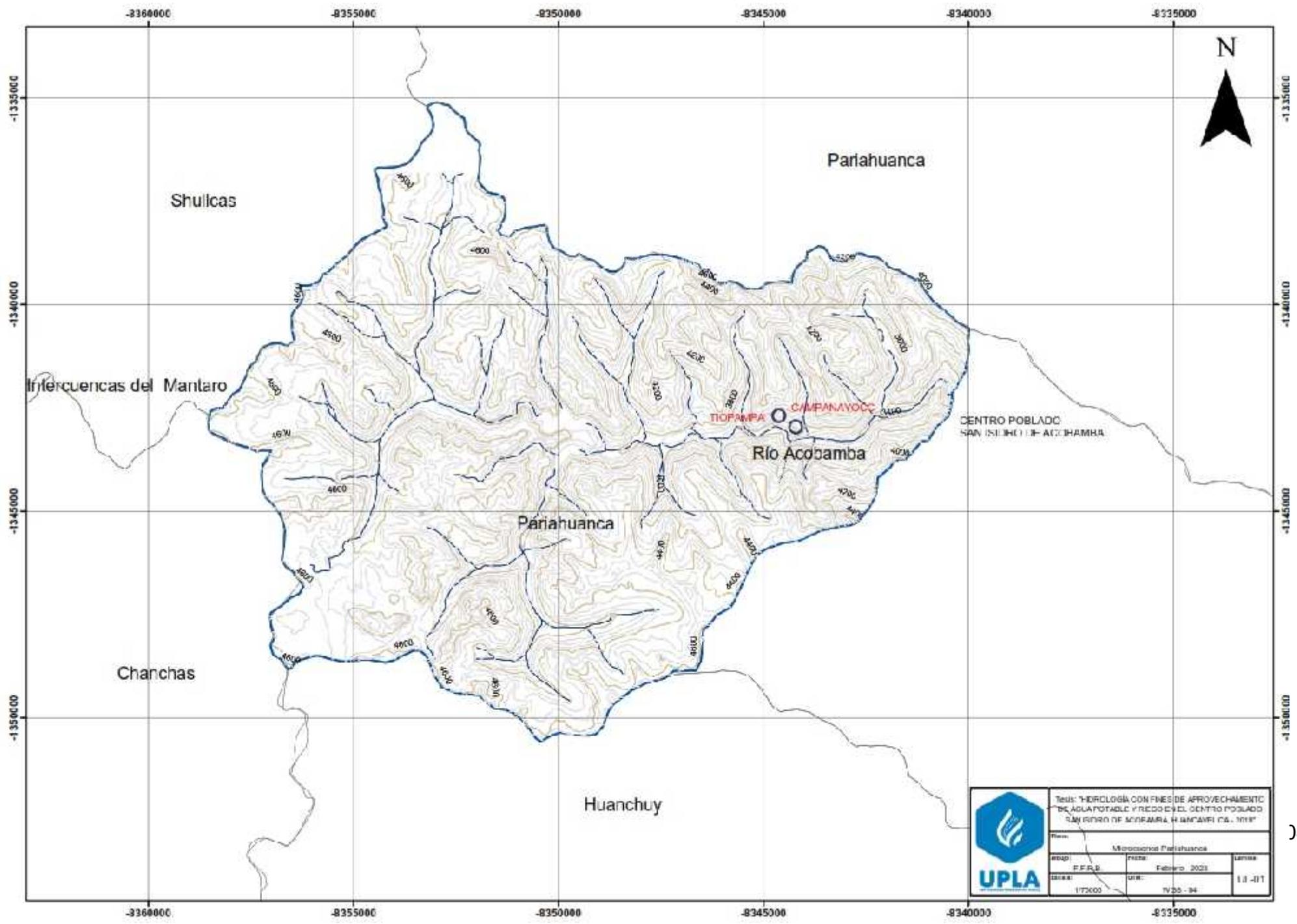


Fotografía 4. Vista del aforo de los manantiales.



Fotografía 5. Vista de los productos agrícolas en San Isidro de Acobamba.

Anexo N° 04: planos



| | | | |
|--|--|---------------------|---------|
|  UPLA | Tesis: "HIDROLOGÍA CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE AGUAFOTABLE Y REDO CIVIL CENTRO POBLADO SAN ISIDRO DE ACOBAMBA, HUANCHUY, 2021" | | |
| | Tema: Microcuenca Pariahuanca | | |
| | AÑO: P.F.C.B. | FECHA: Febrero 2021 | LÁMINA: |
| ESCALA: 1:72000 | UTM: W25 - 94 | 11 - III | |