

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**PROPUESTA TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI
PRESA CON FINES DE MITIGAR LA ESCASEZ DE AGUA EN LA
COMUNIDAD DE CACHIPASCANA, DEL DISTRITO DE SAN
ANTONIO DE ESQUILACHE, PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ARLET JOHANA LUQUE GÓMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**PROPUESTA TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI PRESA CON
FINES DE MITIGAR LA ESCASEZ DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE
CACHIPASCANA, DEL DISTRITO DE SAN ANTONIO DE ESQUILACHE,
PUNO**


TESIS PRESENTADA POR:

ARLET JOHANA LUQUE GOMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
M. Sc. OSCAR RAÚL MAMANI LUQUE

PRIMER MIEMBRO

: 
M. Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO


SEGUNDO MIEMBRO

: 
M. Sc. BERNARDO COLOMA PAXI

DIRECTOR DE TESIS

: 
Ing. PERCY ARTURO GINEZ CHOQUE

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. GERMAN BELIZARIO QUISPE

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Diseño de presas
LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y la oportunidad de vivir cada día y estar presente en cada momento de mi vida, por iluminar mi mente y mi alma y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo estudio.

A MIS ABUELOS, A MIS PADRES; Jorge, Vilma, Marco Antonio y Yenny, por todo su apoyo económico sobre todo por la motivación constante, por sus consejos y valores, por la confianza, paciencia y el amor que en todo momento me brindaron.

Finalmente a mis maestros y a mi asesor, quienes se encargaron de transmitirme todos sus conocimientos y enseñarme el valor de la Carrera de Ingeniería Agrícola, para desarrollar nuestra región de Puno y el Perú.

“El éxito no se logra de la noche a la mañana, se logra paso a paso”

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a Dios, por haberme permitido culminar con éxito mis estudios, conservar mi salud y poner personas increíbles que me apoyan en el camino de mi superación.

A mis abuelos y padres por ser ejemplo de amor, trabajo, coraje y ser mi fuente de inspiración, les agradezco todos los sacrificios que hicieron por mí.

Al Dr. German Belizario Quispe y al Ing. Percy Arturo Ginez Choque, docentes de la FIA – UNA – Puno por su apoyo, asesoría, dirección y valiosa colaboración para la realización de este tesis.

Reconocimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNA - Puno, por su apoyo en todo mi proceso de aprendizaje.

Al Dr. Nilton Gómez Urviola por su valiosa colaboración y sabios consejos.

No puedo dejar de agradecer a la Comunidad Campesina de Cachipasana por su recibimiento y acogida; por el apoyo que nos brindaron en el tiempo que duro el presente trabajo, a cada uno de sus miembros por el tiempo brindado y por coadyuvar en el enriquecimiento de mi formación profesional.

INDICE

	Pág.
RESUMEN.....	viii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Enunciado del problema.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Potencial de construcción de represas en la región Puno.....	8
2.2.2. Construcción de presas.....	8
2.2.3. Características y usos de las presas.....	11
2.2.4. Elementos importantes a tener en cuenta en la construcción de presas.....	13
2.2.5. Condiciones previas y objetivos para la construcción de una presa.....	13
2.2.6. Objetivos de una presa.....	14
2.2.7. Topografía de una presa.....	15
2.2.8. Geología de presas.....	16
2.2.9. Hidrología de una presa.....	21
2.2.10. Cosecha de agua.....	21
2.3. Marco conceptual.....	22
2.4. Hipótesis de la investigación.....	25
2.4.1. Hipótesis general.....	25
2.4.2. Hipótesis específicas.....	25
CAPÍTULO III.....	26
MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	26
3.1. Primera etapa.....	26
3.2. Segunda etapa.....	27
3.2.1. Planificación física y planteamiento hidráulico.....	28
3.2.2. Dimensionamiento y cálculos justificatorios.....	28
CAPÍTULO IV.....	36
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	36
4.1. Ubicación geográfica (UTM), hidrográfica y política del proyecto..	38
4.2. Fisiografía y climatología.....	38
4.3. Recurso agua.....	40

4.4.	Recurso suelo.....	
4.5.	Características geológicas.....	
4.6.	Vías de comunicación y acceso hasta el proyecto.....	
CAPÍTULO V.....		44
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		44
5.1.	Alternativas de solución con la construcción de la mini presa para la acumulación de agua en época de avenidas para evitar el problema de escasez de agua para la actividad del hombre en la comunidad de Cachispasana.....	45
5.2.	Características sociales y económicas de la comunidad de Cachispasana distrito de San Antonio de Esquilache, Puno.....	46
5.2.1.	Características socioeconómicas.....	47
5.2.2.	Infraestructura de servicios básicos de la población.....	48
5.2.3.	Características agroeconómicas.....	
5.2.4.	Comercialización de productos agropecuarios.....	49
5.2.5.	Actividades forestales y de conservación de suelos.....	50
5.3.	Realizar los estudios de ingeniería necesarios como el estudio agrológico, hidrológico, geológico y topográfico para el diseño hidráulico de una mini presa en la comunidad de Cachispasana, distrito de San Antonio de Esquilache, Puno.....	50
5.3.1.	Agrología.....	52
5.3.2.	Hidrología.....	55
5.3.3.	Topografía.....	56
5.3.4.	Geología y geotecnia.....	59
5.3.5.	Ingeniería del proyecto.....	59
5.3.5.1.	Cálculos hidrológicos e hidráulicos.....	74
5.3.5.2.	Diseño hidráulico de la mini presa.....	78
5.3.5.3.	Cálculo estructural de la mini presa.....	78
5.3.5.3.1.	Predimensionamiento del cuerpo de la mini presa.....	80
5.3.5.3.2.	Análisis de estabilidad de la mini presa.....	92
5.3.5.4.	Plan de control de sedimentos en la mini presa Cachispasana.....	94
VI. CONCLUSIONES.....		95
VII. RECOMENDACIONES.....		95
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....		96
ANEXOS.....		99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Water Power Resources Service (WPRS)	31
Cuadro 2. Eficiencias de riego.	32
Cuadro 3. Valores del coeficiente de compacidad.	40
Cuadro 4. Análisis de fertilidad	41
Cuadro 5. Vías de acceso a la zona del proyecto	43
Cuadro 6. Alternativas de solución al problema de escasez del agua en la comunidad de Cachipascana.	44
Cuadro 7. Cultivos principales y rendimientos en la comunidad de Cachipascana	48
Cuadro 8. Calendario agrícola en la comunidad de Cachipascana	52
Cuadro 9. Fuente y ubicación de la captación de agua del proyecto.....	53
Cuadro 10 . Cálculo de la demanda de agua por mes	53
Cuadro 11. Caudal ecológico.....	53
Cuadro 12. Demanda neta.....	54
Cuadro 13. Balance hídrico.....	54
Cuadro 14. Características de los agregados	58
Cuadro 15. Ubicación de la Estación Laraqueri	63
Cuadro 16. Serie anual de precipitación máxima en 24 horas (mm) proporcionadas por el SENAMHI.	64
Cuadro 17. Comparación de los valores de precipitaciones máximas obtenidas	65
Cuadro 18. Resumen de prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolgomorov para la Estación Laraqueri	65
Cuadro 19. Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno estación: Laraqueri (ajuste método Log – Pearson III).....	66
Cuadro 20. Riesgo de excedencia obtenido.....	67
Cuadro 21. Coordenadas del hidrograma adimensional y coordenadas para el hidrograma de la micro cuenca Cachipascana.....	70
Cuadro 22. Tipo de suelo para la determinación del número de curva.....	72
Cuadro 23. Descripción y tipo de cobertura del suelo	72
Cuadro 24. Resumen descargas Máximas – Método Hidrograma Triangular ..	73
Cuadro 25. Cálculo de volúmenes y área de la mini presa	74
Cuadro 26. Precipitación areal mensual (mm) cuenca Cachipascana.....	99
Cuadro 27. Modelo hidrológico de Lutz Scholz para la generación de caudales mensuales para el año promedio cuenca quebrada Cachipascana	100

Cuadro 28. Caudales generados (m^3/s) en la quebrada Cachipascana	101
Cuadro 29. Ejemplo de la simulación de la operación de un embalse	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	37
Figura 2. Curvas de oferta y demanda hídrica	54
Figura 3. Corte de la quebrada al diseñar la mini presa	59
Figura 4. Hidrograma unitario triangular de la cuenca de la quebrada Cachipascana.	69
Figura 5. Hidrograma adimensional SCS para micro cuenca Cachipascana....	69
Figura 6. Curvas áreas-capacidades del vaso	74
Figura 7. Dimensionamiento de la ventana de captación	77
Figura 8. Predimensionamiento del muro.....	78
Figura 9. Relación del predimensionado del muro con respecto a la altura (fuente Torres Belandria)	79
Figura 10. Predimensionado del muro de $H=6m$	80
Figura 11. Muro dimensionado definitivo.....	83
Figura 12. Esquemmatización de las cargas.....	83
Figura 13. Dimensionamiento del acero en cara exterior de pantalla	89

RESUMEN

El presente trabajo de investigación llevado a cabo en la comunidad de Cachipascana la cual presenta una necesidad de recurso hídrico para sus diferentes actividades, por lo que se realizó el estudio con el objetivo de evaluar alternativas de solución y evitar el problema de escasez de agua, considerando sus características sociales y económicas, mediante estudios de ingeniería necesarios para el diseño hidráulico de una mini presa. Se utilizó la técnica de la entrevista para realizar el diagnóstico social y económico, con el ánimo de contar con datos y generar información que permita realizar adecuadamente cálculos de ingeniería y desarrollar alternativas del proyecto. Se evaluó dos alternativas de solución para evitar el problema, optándose por la más viable, que consiste en la construcción de una mini presa e instalación del sistema de riego, mediante un canal abierto con una longitud de 2000 ml. y las obras de arte que incluye un sistema de riego por gravedad y todo lo necesario para garantizar su buen funcionamiento. La comunidad consta de 49 familias, con una población de 245 habitantes, las principales actividades económicas son las agropecuarias: 1) producciones de pastos naturales y pastos cultivados; 2) crianzas de auquénidos, ovinos y animales menores. La población económicamente activa representa el 35%, la economía que se practica es la de subsistencia, es decir, se caracteriza por el autoconsumo de lo producido. La tenencia de tierras es de tipo parcela y no cuentan con una junta administradora de riego. El área beneficiada es de 50 has, la demanda de agua de acuerdo a los cultivos es de 50 l/s, con un módulo de riego de 1.00 l/s/ha. La disponibilidad de agua de la quebrada Cachipascana promedio calculado por el modelo Lutz Scholz es de 70 l/s de los cuales se proyecta captar 50 l/s. Con la mini presa se tiene proyectado almacenar 96834.3 m³ para poder regar el área beneficiada en época de estiaje y cubrir nuestra demanda de agua para los cultivos.

Palabras clave: comunidad de Cachipascana, escasez de agua, mini presa, propuesta técnica.

ABSTRACT

This research work carried out in the community Cachipasana which has a need for water resources for their different activities, so the study was conducted with the objective of evaluating alternative solutions and avoid the problem of water scarcity, considering their social and economic characteristics, through engineering studies necessary for the hydraulic design of a mini dam. the interview technique was used for social and economic diagnosis, with the aim of having data and generate information to adequately perform engineering calculations and developing project alternatives. Two alternatives were evaluated solution to avoid the problem, opting for the most viable, consisting of the construction of a mini dam and installation of the irrigation system through an open with a length of 2000 ml canal. and works of art that includes a gravity irrigation system and everything necessary to ensure smooth operation. The community consists of 49 families, with a population of 245 inhabitants, the main economic activities are agriculture: 1) production of natural pastures and cultivated pastures; 2) breeds llamas, sheep and small animals. The economically active population accounts for 35%, the economy is practiced subsistence, ie, is characterized by the consumption of what is produced. Land tenure is the plot type and do not have an irrigation management board. The beneficiary area is 50 hectares, water demand according to crops is 50 l / s, with irrigation module 1.00 l / s / ha. Water availability of the average calculated by the broken Cachipasana Lutz Scholz model is 70 l / s of which is projected to have 50 l / s. With the mini dam is projected store 96834.3 m³ to irrigate the dry season benefited in the area and meet our demand for water for crops.

Keywords: community Cachipasana, water shortages, mini dam, technical proposal

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A lo largo de los últimos años hemos podido observar los impactos del cambio climático, no sólo sobre el clima, sino también sobre el medio ambiente y en el ser humano. El cambio climático es una alteración radical y brusca de los equilibrios medioambientales y sus consecuencias pueden ser nefastas sino se llevan a cabo medidas conjuntas contra el mismo. Una de sus causas es el calentamiento global que implica un aumento en la temperatura de la superficie de la Tierra, que desemboca en la evaporación de los cuerpos de agua superficiales y concomitantemente en el incremento de la magnitud y frecuencia de las lluvias (Weart, 2007).

El incremento en la evaporación de agua también será la causa de que la humedad del suelo se reduzca debido al alto índice de evaporación (Pardos, 2010).

Esto trae consecuencias sobre el agua, la forma exacta en la que el calentamiento global afecta a los recursos hídricos no está del todo clara. Recientes estudios indican que el cambio climático está aumentando la presión existente, por ejemplo mediante la reducción de la escorrentía en zonas que ya padecen escasez de agua, por consecuente podemos optar métodos y tecnologías para poder tener y aprovechar el recurso hídrico, una de estas tecnologías es la cosecha de agua que es una tecnología o práctica que consiste en la captación, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia, manantiales y quebradas o ríos, con el propósito de utilizarla en actividades agropecuarias y del hogar en épocas de escasez. Esto se puede dar mediante reservorios, técnicas antiguas o con estructuras hidráulicas como presas, captaciones, bocatomas, etc. (Masola *et al.*, 1999).

La pobreza en las zonas alejadas continua siendo un problema que aún no está superado, son varias las razones que causan esta inequidad, la que motiva el presente estudio, es la falta de infraestructura de riego, lo que se traduce en bajo

rendimiento de pastos forrajeros naturales y cultivados para la ganadería, que repercute en los índices productivos de las diferentes tipos de crianza, camélidos sudamericanos, ovinos entre otros (Tumi y Tumi, 2015).

En la comunidad campesina de Cachipascana, la situación negativa que se intenta modificar con esta propuesta, es la escasa disponibilidad de agua para riego, lo cual limita que los cultivos destinados para forrajes puedan ser regados eficientemente, esto altera la fisiología de la planta, lo cual se evidencia en la baja producción y productividad, así mismo, esto es empeorado por el desconocimiento de los usuarios de cómo lograr un eficiente aprovechamiento y administración del recurso hídrico y por la ausencia de mecanismos que articulen a los productores con el mercado (Gómez, 2008).

La baja producción y productividad agrícola, es debido a la restricción climática, que limita la época productiva a unos pocos meses, sobre todo por la falta de agua, este aspecto puede ser solucionado en parte con la construcción de infraestructura como las micro presas, que son de bajo costo y pueden tener un impacto positivo en el sistema productivo de las comunidades campesinas de la región Puno (Masola *et al.*, 1999).

Considerando la relación directa entre cantidad de agua y productividad de cultivos, el diseño de una mini presa en la Comunidad de Cachipascana es necesaria, sin embargo, considerando que se requiere estudios básicos de campo y gabinete, para su diseño y aprobación, este trabajo se desarrolló con el objetivo de plantear una propuesta de diseño hidráulico de una mini presa en la comunidad de Cachipascana, del distrito de San Antonio de Esquilache, Puno, para mitigar el problema de la escasez de agua, planteando alternativas de solución con base a las características sociales, económicas y estudios de ingeniería.

1.2. Enunciado del problema

En tal sentido se planteó la siguiente interrogante general:

¿Cuál será una alternativa que permita mitigar el problema de la escasez de agua en la comunidad de Cachipascana, del distrito de San Antonio de Esquilache, Puno?

Así mismo interrogantes específicas:

¿Cómo solucionar el problema de escasez de agua para la actividad del hombre en la comunidad de Cachipascana?

¿Existen las características sociales y económicas en la comunidad de Cachipascana para el diseño de una mini presa?

¿Cuáles son los estudios de ingeniería necesarios para el diseño hidráulico de la mini presa en la comunidad de Cachipascana?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Plantear una propuesta de diseño técnico de una mini presa en la comunidad de Cachipascana, del distrito de San Antonio de Esquilache, Puno, para mitigar el problema de la escasez de agua.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Plantear alternativas de solución con la construcción de la mini presa para la acumulación de agua en época de avenidas para evitar el problema de escasez de agua para la actividad del hombre en la comunidad de Cachipascana.
- b) Determinar las características sociales y económicas de la comunidad de Cachipascana distrito de San Antonio de Esquilache, Puno.

- c) Realizar los estudios de ingeniería necesarios como el estudio agrologico, hidrológico, geológico, topográfico para el diseño hidráulico de una mini presa en la comunidad de Cachipascana, distrito de San Antonio de Esquilache, Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Cajina (2006), ejecutó una investigación referida a alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua, los resultados indican que en la subcuenca existe un déficit de agua en los cultivos básicos y consumo humano, esta situación se agudiza en el periodo seco, por la presencia de diferentes factores que no permiten el almacenamiento y retención natural del agua en el suelo, sin embargo, se identificaron ochenta áreas potenciales de captación de agua durante el periodo lluvioso, para uso productivo, con las cuales podría compensarse las necesidades de agua durante el periodo crítico de los cultivos con riegos complementarios. También se identificaron 1 259 áreas potenciales en techo de viviendas para la captación de agua para uso de consumo humano y con esto disminuir la presión de demanda de servicio a las actuales fuentes limitadas. Se sabe que las alternativas de captación y uso eficiente de agua, crearán bienestar si se trabajan con un enfoque integral de acciones interconectadas que conlleven a unir intereses, recursos, voluntades y disposición en cogestión de todos los actores que tienen incidencia directa o indirecta en la zona de estudio, fomentando a la vez el desarrollo del conocimiento local con el involucramiento de los usuarios del recurso hídrico en encontrar las alternativas más idóneas para resolver sus necesidades, para eso es necesario un manejo adaptativo, que permita el análisis y la reflexión para adaptarse a cada situación y mejorar resultados con las iniciativas implementadas.

Martínez (2007), en su estudio respecto a las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas” en los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén, Guatemala, recolectó información socioeconómica, biofísica y de procesos productivos de actividades pecuarias, identificando dos problemas principales: 1) la alta degradación de pastizales y 2) el deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca, este problema, es un problema prioritario, que aún no se le ha buscado solución, por lo que se planteó la caracterización de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia de la zona piloto El Chal. Esta área es la

más afectada por tener reducida presencia de cuerpos y corrientes de agua natural, por lo que los productores se abastecen de agua de lluvia por medio de la construcción de aguadas, las cuales no son más que excavaciones en la superficie de los terrenos hechas a mano o con maquinaria, con el fin de principal de abastecer al ganado, estas estructuras son deficientes en el abastecimiento de agua durante la época seca por ser construidas de forma improvisada.

Figueras (2008), en su estudio referida al diseño de presas pequeñas, señala que al adoptar cualquier método de evaluación de externalidades para elegir la mejor alternativa de sitio para el diseño de presas pequeñas, se deben de cuidar los factores a evaluar, porque de ellos depende el estudio de la elección de la alternativa más viable. La elección de algún tipo de presa responde a la conveniencia de construir una estructura económica y segura con los materiales que existen en la vecindad teniendo en cuenta las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas, sísmicas, así como conocer las características mecánicas de los suelos y las rocas en los empotramientos, el fondo del cauce y el embalse. La calidad de la obra no debe de estar en función de su magnitud, es decir, no por tratarse de una obra de pequeñas dimensiones la calidad en los estudios previos, la exploración del suelo, las pruebas de campo y laboratorio, el diseño y el procedimiento de construcción se verán disminuidas a comparación de una obra de grandes dimensiones.

Herrera (2010), en su trabajo vinculado al estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia, indica que frente a los cambios físicos ambientales, motivados por el calentamiento global es importante cuidar al máximo los recursos hídricos con tecnologías alternativas que sean de bajo costo y que faciliten su implementación. Si se utilizaran todos los sistemas de captación de agua de lluvia en conjunto como un sistema integral de gestión del agua como el que se pretende utilizar en Sevilla, España se podrían lograr muchos beneficios entre los cuales se encuentran: proteger los sistemas naturales, mejorar el ciclo del agua, reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta procedentes de zonas urbanizadas minimizando el costo de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno y solucionar la incapacidad hidráulica de la red de colectores convencional debida al crecimiento urbano no previsto en las fases de planificación de la misma, con

esto puede evitarse la necesidad de incrementación de la red convencional o el hecho de tener que asumir inundaciones más frecuentes. Así mismo, restaurar la sobreexplotación de acuíferos en un mediano y largo plazo almacenado en el subsuelo, también se evita la contaminación del agua debido al arrastre de materiales como aceites o desechos inorgánicos, también se pueden reducir los costos en los recibos de agua y de luz al disminuir la cantidad de agua que se tiene que bombear por el sistema de agua potable entre otros.

El Gobierno Regional Puno (2013), informó que con una inversión total de 9 997 872 nuevos soles, se podrá incrementar la producción agropecuaria en los distritos de Crucero, Patambuco y Limbani, con la construcción de las presas Aricoma y Cocaña, para el sistema de riego Oruro, Capilla Pampa y San Salvador, de la provincia de Carabaya. Ambas presas almacenarán un volumen anual de 30 millones de metros cúbicos de agua, para incorporar al riego 2 402.9 hectáreas destinados a pastos cultivados, forrajes y productos de pan llevar. Las represas Cocaña y Aricoma beneficiaran a más de 3 910 pobladores dedicados a la producción agropecuaria de los distritos de Crucero (Carabaya), Patambuco y Limbani de la provincia de Sandia, y serán ejecutadas por el Programa Regional de Riego y Drenaje – PRORRIDRE.

La Red Agrícola (2013), informa que se puso en marcha el complejo hidráulico que consiste en el aprovechamiento de los recursos hídricos regulados de la cuenca del río Coata, abastecidos por el embalse de la presa Lagunillas, cuyo volumen útil asciende a los 500 millones de metros cúbicos de agua. Con una inversión de 174 millones de soles, ampliará las áreas de cultivos en más de 30 mil hectáreas, potenciando el desarrollo agrícola y pecuario de la zona del Altiplano. El proyecto beneficiará a alrededor de 25 mil productores de la provincia de San Román (Puno). El mismo ha sido inaugurado en la localidad de Cabana, a más de 3 900 metros sobre el nivel del mar, incluye a Lagunillas que constituye la mayor obra de irrigación del último quinquenio, realizada por el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT), que contempló más de 151 kilómetros de canales de riego.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Potencial de construcción de represas en la región Puno

De acuerdo al estudio realizado por el Programa Regional de Riego y Drenaje (PRORRIDRE) del Gobierno Regional, en el ámbito de la región Puno se tiene identificado potencial de recurso hídrico para construir unas 60 represas para almacenar mil 283 millones de metros cúbicos, con los cuales se irrigaría 150 mil hectáreas. Señalan que realizaran la formulación de proyectos de inversión pública y a futuro se pueda almacenar agua para consumo humano y riego. En el momento se tienen cuatro irrigaciones y una presa concluida, con una inversión de 26 millones 184 mil 958 soles, con lo cual se tiene incorporado 6 mil 620 hectáreas bajo riego. Además, se tiene en proyectos en ejecución 5 irrigaciones y una represa en construcción, con una inversión de 83 millones 340 mil 465 soles, además existen 8 proyectos de inversión pública en cartera (PRORRIDRE, 2014).

2.2.2. Construcción de presas

Villarino (1998), propone que una presa es una construcción que tiene por objeto contener el agua de un cauce natural con dos fines, alternativos o simultáneos, según los casos:

- Elevar el nivel para que pueda derivarse por una conducción (creación de altura).
- Formar un depósito que, al retener los excedentes, permita suministrar el líquido en los momentos de escasez (creación de embalse) o para amortiguar (laminar) las puntas de las crecidas. En general, en cuanto la presa tiene una cierta altura, existe un efecto de embalse, que suele ser predominante. De esto resulta que la función mecánica esencial de una presa es elevar el nivel natural del río, sea para conseguir ese fin estricto, o para obtener una capacidad de almacenamiento, de donde se deduce que la sobrecarga fundamental de la estructura será el empuje del agua, y éste empuje determina su concepto resistente.

Pero junto con ese objetivo esencial, hay que cumplir otro secundario y accidental que, a pesar de ello, es importantísimo y condiciona el concepto

estructural y es la evacuación del agua sobrante. Los ríos son tan variables que solo podemos prever sus caudales con una cierta probabilidad, pero no con seguridad absoluta y por grande que sea un embalse, no podemos estar seguros de que no se presente una crecida excepcional que rebase su capacidad de almacenamiento. Y en los embalses normales, con capacidades para regular las aportaciones de un año normal, es más evidente aún que en los años de abundancia habrá caudales excedentes no almacenables. El problema se hace tanto más notorio, frecuente e importante, cuanto menor sea el embalse. La evacuación de los caudales excedentes es pues inevitable, pero presenta además una característica: como los sobrantes no se presentan repartidos en un largo período sino por efecto de avenidas de duración relativamente corta (punta de días u horas) con caudales muy grandes, la evacuación de éstos plantea problemas de gran consideración por la envergadura de los caudales, unida a la circunstancia de que la elevación producida por la presa crea en el cauce una energía debida al desnivel, que ha de amortiguarse de alguna forma. El proyecto y la construcción de una presa, presentan problemas especiales que requieren gran conocimiento de varias ciencias y técnicas: elasticidad, geología, cimientos, hidráulica, propiedades y tratamiento de materiales, etc.

Schroth (2005), menciona que una presa es una estructura de ingeniería tridimensional asimétrica, construidas con material de propiedades mecánicas muy complejas y cimentadas sobre formaciones no uniformes y anisotrópicas. En sí es una obra de grandes dimensiones que podría ser construido en pleno cauce de un río: retiene, almacena y entrega de manera regulada volúmenes del recurso agua. Estos volúmenes de recursos hídricos son aportados por la cuenca. La presa, debe ser mantenida en condiciones de operación (OM) durante una vida útil mayor a 70 años, en condiciones de variación de ciclo hidrológico: avenidas y sequías y trasvase de cuencas de ser necesario.

El volumen o capacidad de embalse (vaso) determinado por la estructura, incluye componentes:

- Volumen muerto (sedimentos).
- Volumen útil a proyectos cooperaciones normales.

- Volumen de laminación de avenidas (ingreso - salida = variación volumen).
- Volumen que queda determinado por:
 1. La altura de la presa.
 2. Morfología de la garganta.
 3. Topografía del vaso.

Entiéndase que el agua escapará por cualquier grieta (infiltración y se darán pérdidas por evaporación). Su ubicación en la parte alta, media o baja de la cuenca y el trasvase influye significativamente.

La presa establecerá aguas arriba un perfil hidráulico que corresponde a la ecuación diferencial de flujo gradualmente variado, en condiciones de frontera:

1. Tirante normal aguas arriba.
2. Altura de la presa.
3. Pendiente del cauce.

Este perfil termina asintóticamente a la horizontal en las cercanías de la presa, se inicia con el tirante normal la elevación de la cresta de la presa (coronación) se calcula sumando:

1. Elevación nivel normal reservorio (operación).
2. Efecto de laminación por avenidas (ecuación diferencial).

[Ingreso – salida = dv/dt , variación de volumen].

3. Ola generada por el viento (flecha embalse).
4. Borde libre ($F=1.50M$).

Es decir la máxima esperada carga de flujo sobre el aliviadero y la ola anticipada a la adoptada elevación del nivel normal del reservorio por la acción de viento sobre la flecha del embalse.

El ancho de la coronación (W) varía $0.15h < W <$ ancho de vía y operaciones de compuerta; se cuenta con información de taludes preliminares para el pre dimensionamiento de la sección a ser calculada.

2.2.3. Características y usos de las presas

Schroth (2005), El diseño establecerá el tipo de presa, las dimensiones de las diferentes secciones transversales que responde a condiciones estructurales y de hidráulica; el diseño de una presa significa realizar una investigación geológica cuidadosa a los inicios del estudio, debe incluirse la inspección de la roca en perforaciones e inclusive inspección en socavones. Las presas deben ser:

1. Relativamente impermeable al agua (estanqueidad).
2. Capaz de resistir fuerzas y presiones (estabilidad).

Un proyecto seguro y responsable puede arruinarse completamente por una mala ejecución, resultando posiblemente en la falla de su estructura. La atención cuidadosa de los detalles de construcción es tan importante como las investigaciones preliminares y el proyecto.

Alunni (2007), señala que una presa es una barrera artificial para detener, acopiar o encausar el agua, construida generalmente transversal a la corriente de un río.

Clasificación:

Según su función:

- Para almacenamiento de agua.
- Para obtención de energía.
- Para derivar una corriente de agua.

Según los materiales que se emplean en su construcción

- Presas de tierra
- Presas de gravedad

➤ **Emplazamiento:**

Se deberá elegir según la topografía y geología del terreno. En el caso de las presas, según el tipo se deberá elegir un lugar con el suelo de cimentación adecuado. Por ejemplo, en presas de tierra se deberá evitar suelos de fundación permeables. En presas de gravedad se necesita una buena roca de cimentación.

Se debe tratar que los materiales necesarios para la construcción se encuentren en las cercanías del emplazamiento de la obra.

Utilidades:

➤ **Riego:**

Para ello se utiliza una presa de derivación con un vertedero que regule los niveles de agua en épocas de crecida, para que el agua excedente escape por el vertedero y no afecte a los cultivos. Ejemplo: la presa de Asuán en Egipto.

➤ **Suministro de agua:**

Generalmente son de grandes dimensiones y cuando están alejadas de las ciudades se recurre a canales o tuberías para transportar las aguas hasta la ciudad. Ejemplo: la ciudad de Nueva York se abastece de agua de represas ubicada a 60 km de distancia.

➤ **Navegación:**

Frecuentemente son varias a lo largo del río, con esclusas que permiten a los barcos salvar los desniveles de las presas. Por otra parte son convenientes para elevar el pelo de agua en los cursos y permitir la navegación de buques de gran calado.

➤ **Energía:**

Se utiliza la fuerza hidráulica generada por el agua debido a los desniveles creados por la presa para el accionamiento de turbinas que mediante un

generador proporcionan energía hidroeléctrica. En general la mayoría de las presas no tienen un solo objetivo, sino varios, combinados.

2.2.4. Elementos importantes a tener en cuenta en la construcción de presas

Antes de la construcción de una obra de tales dimensiones es necesario realizar estudios de factibilidad - económica que nos permita identificar las facilidades de financiación que dispondremos para realizar el proyecto y así decidir que método y sistema constructivo nos es conveniente utilizar, estudios geotécnicos nos pondrán al tanto del tipo de suelo o roca que encontraremos en profundidad al momento de efectuar las fundaciones y así determinar los posibles lugares óptimos de emplazamiento de la obra. Los relevamientos topográficos que serán de gran utilidad al momento de trazar caminos auxiliares para la ejecución de la obra o definir el nivel del embalse valorando las zonas que se inundaran y las pérdidas a los vecinos de la zona, estudios especiales de los microclimas y ecosistemas de cada región permitirán evaluar el impacto ambiental que se generará como consecuencia de la construcción de la obra (Alunni, 2007).

2.2.5. Condiciones previas y objetivos para la construcción de una presa

González (2005), indica que las presas constituyen un elemento decisivo y esencial que deben responder a criterios específicos en los planos técnico y administrativo y de esta forma asegurar seguridad, eficacia y economía en su operación. El proyecto, la construcción y el funcionamiento de todas las presas deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas y administrativas.

Especificaciones técnicas de una presa:

- La presa, las cimentaciones y los apoyos deben ser estables, sea cual sea la carga (sea cual sea el nivel del embalse y también en caso de temblores de tierra).
- La presa y las cimentaciones deben ser suficientemente estancas y será necesario tener los medios para controlar las fugas para asegurar el funcionamiento con plena seguridad y mantener la capacidad de embalse.

- La presa debe ser lo suficientemente alta como para impedir que las olas pasen por encima de la coronación y, en el caso de una presa de materiales sueltos, debe haber un resguardo suplementario para que tenga en cuenta los asentamientos de la presa y su cimiento.
- La presa debe tener una capacidad suficiente de aliviadero y de desagüe para impedir cualquier desbordamiento del embalse en caso de avenidas extremas.

Especificaciones administrativas de una presa:

- Una instrucción para su funcionamiento es su mantenimiento.
- Instrumentos de medida adaptados para conocer su comportamiento.
- Una instrucción de vigilancia y de auscultación de la presa y sus obras anejas.
- Un plan de acción en caso de urgencia.
- La valoración del medio ambiente natural.
- Inspecciones periódicas, así como una revisión global que permita evaluar la presa y realizar modificaciones en casos necesarios.
- Todos los documentos (planos, notas de cálculo...) del proyecto y de la construcción y todos los informes sobre la obra.

2.2.6. Objetivos de una presa

ICOLD/CIG (2007), como es el caso para todas las grandes obras públicas o privadas, las presas se construyen para responder a objetivos bien precisos. En el pasado, las presas se construían con el único fin de suministrar agua o de regar las tierras. El desarrollo de las civilizaciones ha conllevado el aumento de necesidades para el suministro de agua, regadío, control de avenidas, navegación, calidad del agua, control de sedimentos y energía hidroeléctrica. A veces un objetivo turístico es un beneficio añadido para la población. Una presa está en el corazón del desarrollo y de la gestión del incremento de las reservas de agua de una cuenca hidrográfica. Una presa con fines múltiples es un proyecto capital para los países en desarrollo, puesto que su sola inversión origina beneficios para la vida cotidiana y económica de las poblaciones.

2.2.7. Topografía de una presa

Chang (2010), aunque se haya realizado previamente estudios sobre cartografía de menor detalle, la topografía definitiva debe obtenerse obviamente antes de definir las obras con precisión, por lo que se recomienda que la zona cartografiada cubra con amplitud el terreno que se prevea quedará afectado por las obras principales o auxiliares, la restitución de servidumbres, la expropiación de terreno, las obras de acondicionamiento ambiental, las instalaciones necesarias durante la construcción, etc. También interesa obtener simultáneamente la topografía precisa para la realización de estudios tales como la elaboración del plano de áreas inundables en diversos supuestos de maniobras de los desagües o en caso de rotura potencial.

La obtención de topografía en varias fases suele implicar un sobre costo y dilatación del plazo que en muchos casos puede evitarse mediante una adecuada previsión abarcando con amplitud las áreas afectadas.

Los planos topográficos de cerrada o boquilla y vaso se realizan a escala variable en función de las dimensiones y de la precisión requerida. Como orden de magnitud se puede decir que la escala de la cerrada suele oscilar entre 1:250 y 1:1000 siendo 1:500 la escala más frecuente. Para el vaso del embalse la escala suele estar en el rango de 1:1000 al 1:5000 siendo 1:2000 una escala habitual. La equidistancia debe ir en consonancia con la escala del plano.

Para el uso de la fotogrametría debe tener en cuenta que en zonas accidentadas, como son frecuentes aquellas en las que se encuentran las cerradas en estudio la altura mínima a la que puede realizarse el vuelo limita la escala del mismo a 1/3500 aproximadamente, lo que marca un límite para la precisión del plano. Esta precisión suele ser suficiente para el plano del embalse pero para la cerrada debe realizarse un análisis particular en cada caso. Teniendo en cuenta otros factores que también influyen en la precisión del plano, como la vegetación, pues con frecuencia dicha precisión se encuentra al límite de lo aceptable (Chang, 2010).

Chang (2010), indica que en el proyecto se debe incluir los trabajos topográficos realizados en un anexo, detallando el modo en que se ha obtenido la topografía de las distintas áreas y los equipos utilizados, así como la fecha de los diversos trabajos.

- Incluir en el referido anexo los planos topográficos sin adición de ningún otro elemento, y también las anotaciones originales de campo. Además se recomienda que la información topográfica se incluya en soporte magnético en el propio proyecto, junto con todo el resto de la información, lo que facilitará cualquier modificación que haya de realizarse posteriormente.
- Detallar la precisión real de la topografía obtenida con independencia de la escala empleada en la presentación que puede alterarse con objeto de lograr una mayor claridad o facilidad de uso de los planos del proyecto.

Guevara (2009), señala que la presa debe tener la menor longitud posible, lo cual se logra ubicándola en cañones estrechos. En este caso la presa resultante suele ser de mayor altura para lograr el embalsamiento necesario que si se ubica en valles amplios. Cañones estrechos también dificultan la desviación del cauce para la construcción de las obras resultando que las ataguías y conducciones son más costosas y difíciles de construir.

Es conveniente ubicar la toma de agua en la parte externa de la curva del cauce en caso de que la presa se sitúe en un tramo curvilíneo. Un valle amplio permite la construcción de las obras en etapas. Si existe un rápido en el cauce, resulta mejor localizar la presa aguas arriba de él, en zonas de más bajas pendientes. En cauces navegables, la presa debe tener la longitud suficiente para ubicar el vertedero, las esclusas de navegación, y las escalas para peces cambian permanentemente según las características físicas y sociales de la zona, disponibilidad del agua, cambios económicos, sociales o políticos, su éxito reside en adecuarse a estos cambios, y una complejidad de relaciones que se establecen al interior de las organizaciones así en su relación con el Estado y con el contexto físico y social.

2.2.8. Geología de presas

Para Gonzales (2012), la metodología de los estudios geológicos y geotécnicos de presas, se desarrolla en consonancia con las distintas fases del proyecto:

- a) Estudios previos y de factibilidad

Su objeto es establecer la viabilidad de la presa según los siguientes criterios geológicos:

- Ausencia de riesgos geológicos significativos para la seguridad de la presa y el embalse (grandes deslizamientos, intensa karstificación, fallas activas en la cerrada en zonas de alta sismicidad. etc.).
- Condiciones geomorfológicas de la cerrada adecuadas para la posible construcción de la presa.

b) Estudios de soluciones y de anteproyecto

Los objetivos son aportar criterios geológicos para la selección del tipo de presa y la cerrada más adecuada, bajo el punto de vista técnico, económico y medioambiental (la cerrada es el lugar de emplazamiento de la presa). Los aspectos geológicos y geotécnicos a considerar son los siguientes:

- Disponibilidad de materiales de construcción.
- Resistencia, estabilidad y permeabilidad de la cimentación.
- Estabilidad de las laderas del embalse.
- Hidrogeología del embalse.
- Condiciones sismo tectónicas.

c) Estudios para el proyecto de construcción

Sus objetivos son aportar los criterios geológico-geotécnico para el diseño de la presa y sus estructuras auxiliares, tratamientos del terreno y soluciones constructivas. Los aspectos a estudiar son:

- Caracterización geotécnica detallada de la cimentación de la presa.
- Estudio geotécnico para el emplazamiento de las estructuras auxiliares.

- Estudio sísmico y neotectónico.
- Tratamientos de mejora e impermeabilización.
- Recomendaciones constructivas.

d) Control geológico-geotécnico durante la construcción

Su objetivo es verificar las condiciones geológicas encontradas durante la construcción, adaptar las soluciones de proyecto y controlar los tratamientos de mejora del terreno, desarrollándose los siguientes trabajos:

- Verificación de las condiciones de proyecto y adaptación a la obra.
- Seguimiento y control de los trabajos de excavación, cimentación y tratamientos del terreno.
- Investigaciones geognósticas: sondeos, prospección geofísica, ensayos de permeabilidad, ensayos con trazadores, ensayos de inyectabilidad de mezclas, piezómetros, ensayos dilatométricos, galerías de reconocimiento.

e) Criterios geológico-geotécnicos de selección de presas

Los criterios generales, se enfocan a la selección del emplazamiento de una presa que depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Capacidad del vaso (volumen de embalse).
- Impermeabilidad del vaso.
- Cerrada adecuada: condiciones geomorfológicas, geológicas y geotécnicas favorables. Valor de los terrenos inundados (poblaciones, infraestructuras, etc.).
- Disponibilidad de materiales de construcción próximos a la presa.

Condiciones favorables para ubicar el aliviadero, ataguías y demás obras auxiliares. Una vez determinada la ubicación más adecuada para el cierre del valle (de las varias alternativas seleccionadas en principio), se procede a seleccionar el tipo de presa en el denominado “estudio de soluciones” donde se analizan detalladamente los posibles tipos de presas desde múltiples puntos de vista, destacando el geológico. Los factores a tener en cuenta en este análisis son los siguientes:

- Altura prevista de la presa.
- Geomorfología de la cerrada.
- Disponibilidad de materiales de construcción.
- Condiciones geológico-geotécnicas de la cimentación.
- Ausencia de riesgos geológicos activos.

f) Riesgo de erosión interna

Otro condicionante de la estabilidad y seguridad de las presas en relación con las condiciones geológicas es la erosión interna que se genera al crearse gradientes hidráulicos elevados en materiales erosionables. En estos casos hay que actuar bien disminuyendo los gradientes o bien incorporando en la estructura de la presa filtros y drenes adecuados a las condiciones hidráulicas. Reduciendo los gradientes disminuyen las fuerzas de filtración, pudiéndose controlar el fenómeno. La construcción de filtros y drenes bien dimensionados impide la salida de los tinos y los procesos de erosión interna.

g) Materiales geológicos para la construcción de presas

La construcción de una presa precisa de un importante volumen de materiales. Las presas de materiales sueltos dependen fundamentalmente del tipo de material disponible. Los materiales deben reunir los siguientes requisitos:

- Volumen apropiado a la magnitud de la presa.
- Calidad adecuada a los distintos fines.
- Distancia operativa.
- Facilidad de extracción.
- Condiciones medioambientales aceptables para su explotación.

h) Problemas geológicos y posibles soluciones

En función del problema geológico presente en la cimentación y del tipo de presa y su finalidad, las soluciones pueden ser muy diferentes, describiéndose algunos de los problemas geológicos.

- Rocas blandas.

- Rocas de baja resistencia, con posible mecanismo de rotura a través de la matriz rocosa: en estos casos se puede requerir una excavación más profunda a fin de alcanzar un nivel más resistente: si no es así, es necesario modificar la geometría de la presa, o bien cambiar el tipo de presa.
- Pérdida de resistencia por efecto de la saturación: gran parte de las rocas blandas pierden resistencia al saturarse (rocas cementadas, arcillosas, etc.). Siendo necesario realizar ensayos sobre muestras saturadas.
- Desecación en rocas de alto contenido en arcillas (argilitas, margas, etc.) y agrietamiento en excavaciones, lo que hace necesario el hormigonado inmediato.
- Baja durabilidad en materiales arcillosos.
- Expansividad en rocas con contenidos en esmectita. Requiriendo protección superficial.
- Rocas duras: la presencia de discontinuidades o capas blandas de gran longitud, horizontales o de bajo ángulo buzando aguas abajo, representa “a priori” un problema geológico de importancia muy común en rocas duras. Si estas discontinuidades están a poca profundidad la solución es la excavación completa, aunque ésta puede ser también parcial. Otras soluciones consisten en macizar tramos de la discontinuidad a través de galerías, pantallas, etc., pudiendo complementar estas medidas con drenajes, inyecciones y a veces, con anclajes.
- Fallas y zonas de trituración tectónica: en el caso de fallas y zonas de trituración tectónica o de intensa facturación, los tratamientos varían en función de cada problema. En general, estas discontinuidades suelen tener escaso espesor, y el tratamiento más común es la excavación de la zona más superficial, reemplazando el material saneado por hormigón, o bien realizar inyecciones desde superficies o galerías. Las zonas de facturación intensa están asociadas a permeabilidades altas y compresibilidades elevadas, con baja resistencia al corte, requiriéndose tratamientos de consolidación y, en ocasiones, anclajes.
- Cavidades: las cuevas, cavidades o huecos, en general, se tratan con inyecciones. Sin embargo el principal problema es su detección, lo que

supone una incertidumbre en los tratamientos, que si son muy extensivos (como ocurre en los terrenos kársticos) pueden resultar muy costosos, (Gonzales, 2012).

2.2.9. Hidrología de una presa

Chang (2010) manifiesta que se debe tomar en cuenta: la cuenca colectora, la demanda del proyecto, la curva, altura, área y volumen del reservorio, el estudio de la serie anual y plurianual, el rendimiento efectivo del reservorio, las curvas de duración, los hidrogramas de avenidas, la curva masa, el estudio de la variabilidad de flujo en la curva masa, la selección de la capacidad del reservorio, el grado de incertidumbre, el tránsito de avenidas, el transporte de sedimentos en un reservorio, la limpieza de sedimentos en un reservorio, las fuerzas de corte por olas y viento y las filtraciones en el reservorio.

2.2.10. Cosecha de agua

Mongil (2004), explica que la cosecha de agua (water harvesting en la bibliografía anglosajona) puede definirse como un método para inducir, recoger, almacenar y conservar escorrentía local y superficial para la agricultura en zonas áridas y semiáridas (Boers y Ben-Asher, 1982). Aunque esta definición se circunscribe al ámbito agrícola, los objetivos de la recolección de agua pueden ampliarse al uso doméstico, ganadero y forestal.

Por otro lado Critchley y Siegert (1991) definen cosecha de agua como la recolección de escorrentía para su uso productivo. Todos los métodos de cosechas de agua tienen en común tres características:

1. Se aplican en zonas áridas y semiáridas, donde la escorrentía tiene un carácter intermitente.
2. Aprovechan aguas de origen local, como es el caso de la escorrentía superficial producida en un área cercana y pequeña.
3. Son operaciones a pequeña escala, tanto por el tamaño del área de captación como por el volumen de almacenamiento.

Un sistema de recolección de agua consiste básicamente en dos partes:

- Área de impluvio (de captación o productora), zona en la que se induce y genera escorrentía superficial.
- Área de recepción (o colectora), donde se recogen y almacenan los aportes hídricos del área de impluvio.

Las técnicas de cosecha de agua pueden aplicarse a la repoblación forestal de zonas áridas y semiáridas. En ellas, donde las precipitaciones son insuficientes para asegurar la supervivencia y el desarrollo, estas labores aprovechan la escorrentía ofreciendo a los vegetales una cantidad suplementaria de agua.

Las cosechas de agua suponen -además- una recolección de tierra y de nutrientes. El área de recepción se ve favorecida por tres motivos diferentes que se ayudan entre sí: más agua, más suelo y más nutrientes.

2.3. Marco conceptual

Acueducto: es un sistema o conjunto de sistemas acoplados, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante. Su nombre proviene del latín “*aquae ductus*” que significa conducto de agua.

Agua blanda: puede definirse como agua con menos de 0,5 partes por mil de sal disuelta.

Antrópico: se refiere a lo relativo al hombre entendido como especie humana o ser humano.

Canales: se trata de obras hidráulicas, cuya función primordial consiste en conducir el agua de un lugar hacia otro.

Cárcavas: son los socavones producidos en los suelos de lugares con pendiente a causa de las avenidas de agua de lluvia.

Coefficiente de escurrimiento (Cr): es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente, ambas expresadas en mm.

Evapotranspiración: se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

Geomembrana: lámina sintética fabricada a base de PVC, polietileno, caucho y otros compuestos, que se utilizan para revestir o envolver diversas sustancias que pueden contaminar el ambiente, tales como rellenos sanitarios, pozas de lixiviación o relaves mineros. Con ella se evita que dichas sustancias regresen al entorno a través de la lluvia y el viento.

Humedal: es una zona de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente, al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

Infiltración: es la penetración del agua en el suelo.

Lago: es una gran extensión de agua, de forma irregular, rodeada de tierra. El agua que los conforma siempre es dulce.

Laguna: es así mismo una extensión acuosa sin forma constante y de menores dimensiones que un lago. El agua puede ser dulce o salada.

Percolación: se refiere al movimiento y filtración de fluidos a través de materiales porosos no saturados.

Pozo: es una perforación profunda efectuada en la tierra para sacar el agua. Su profundidad varía según el nivel en que se halle el manto freático y sus paredes pueden estar revestidas de piedra o ladrillo, según la región.

Propiedades organolépticas: son el conjunto de descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, como por ejemplo su sabor, textura, olor, color. Todas estas sensaciones producen al comer una sensación agradable o desagradable.

Renovable: son las fuentes de agua naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de agua que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Represas: es el estancamiento o detención artificial de una corriente de agua.

Río: se trata de una corriente de agua bastante considerable que desemboca en otra o bien en el mar.

Unidades nefelométricas de turbidez (NTU): son las unidades para medir la turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

2.4. Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis general

La propuesta del diseño de una mini presa en la comunidad de Cachipascana, del distrito de San Antonio de Esquilache, Puno, permite mitigar el problema de la escasez de agua.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Las alternativas de solución al problema de escasez de agua para la actividad del hombre en la comunidad de Cachipascana, es mediante la construcción de una infraestructura hidráulica de almacenamiento de agua.
- b) Las características sociales y económicas de la comunidad de Cachipascana justifican la construcción de una mini presa.
- c) Los estudios básicos de ingeniería son necesarios para el diseño hidráulico de una mini presa en la comunidad de Cachipascana, distrito de San Antonio de Esquilache-Puno.

CAPÍTULO III

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La elaboración del diseño de la mini presa, se realizó en dos etapas, como se describe a continuación:

3.1. Primera etapa

Esta primera etapa consistió en trabajo de campo, recolección de información y datos, los ítems considerados fueron:

a. Topografía

La topografía previa de la zona de estudio se obtuvo mediante el levantamiento topográfico de la delimitación de cuenca y del área del vaso de la mini presa, mapas hidrológicos, mapas orográficos, mapas de vías de comunicación, y más información al respecto, así mismo se realizó los estudios de campo para determinar las condiciones topográficas de la zona de estudio.

b. Geología y geotecnia

El estudio geológico se realizó mediante un muestreo de suelo de la zona, mapa de la geología de la región e imágenes satelitales; fue necesario identificar el tipo de suelo, intemperismo con parámetros físico mecánicos y demás características útiles. De acuerdo con la información anterior, se analizó el tipo y cantidad de exploraciones que se realizaron para verificar el corte geológico y los estudios de las propiedades de los suelos y rocas. Tomando en cuenta para el diseño:

- Mecánica de suelos.
- Fenómenos geodinámicos externos.
- Canteras y materiales de construcción.

c. Hidrología

Los estudios preliminares referentes a la hidrología que se realizaron fueron las características de la cuenca, características geomorfológicas del vaso de la mini presa , aforos , generación de caudales mediante el método Lutz Scholz, cálculo del caudal máximo en diferentes periodos de retorno, cálculo de la demanda de agua para los cultivos de la zona y balance hídrico. Para estos estudios se tomó en cuenta datos meteorológicos de la zona. Estos estudios permitieron calcular el volumen de la aportación de la quebrada al vaso en tiempo de avenidas para poder distribuirlo uniformemente en tiempo de estiaje para satisfacer las necesidades de la zona. El volumen de agua requerido debe de ser menor al volumen de agua disponible en la cuenca en estudio. Con los cálculos anteriores, se determinó si las características de la cuenca cumplen con los requerimientos hidrológicos mínimos para llevar a cabo el diseño hidráulico de la mini presa.

El estudio hidrológico fue el siguiente:

- Disponibilidad hídrica.
- Demanda de agua.
- Balance hídrico.
- Caudal de diseño.
- Calidad de agua.

3.2. Segunda etapa

Consistió en la etapa de diseño hidráulico propiamente dicho, esta se llevó a cabo mediante los cálculos de diseño de la minipresa:

- Cuenca: área de captación de la lluvia.
- Vaso: es el área en donde queda almacenada el agua formando un lago artificial.
- Cortina: obstáculo que se interpone a la corriente para formar un vaso de almacenamiento.
- La corona o coronamiento: es la superficie que delimita la presa superiormente.

- El vertedero: es la estructura hidráulica por la que rebosa el agua excedente cuando la presa ya está llena
- Obra de control: se dice que es de control ya que permite regular el agua que es desalojada por la obra de excedencias y poder dosificarla para garantizar la seguridad de las poblaciones aguas abajo.
- Obra de conducción: conduce el agua que sale por la obra de toma y lo hace por medio de tuberías y/o canales.

3.2.1. Planificación física y planteamiento hidráulico

Para la planificación tuvimos la necesidad de reunirnos con los pobladores de la comunidad de Cachipascaná, les preguntamos qué necesidades tenían y que querían en un futuro para mejorar su calidad de vida, el resultado de esta actividad fue decidir por implementar una infraestructura de almacenamiento de agua y un sistema de riego. El área total a irrigar fue estimada en 50 has como máximo.

El planteamiento hidráulico de la red supone que el funcionamiento del sistema será por gravedad sin tratamiento. El sistema inicia con una obra de regulación de embalse con la construcción de la mini presa en la cota 4390, para continuar con un canal de concreto, que permitirá transportar 50 l/s, y las obras de arte para el sistema de riego.

3.2.2. Dimensionamiento y cálculos justificatorios

Los criterios de diseño considerados para el presente estudio corresponden a los que estipulan las normas de construcción civil, líneas de conducción y equivalentes. Se utilizó la ecuación de Chezy-Manning, donde se considera las velocidades máximas y mínimas de operación, entre otras.

También se ha considerado las pendientes longitudinales del terreno y obstáculos naturales en el trazo.

a) Determinación de requerimiento de agua

Para el presente estudio se tomó el periodo vegetativo como año normal ya que se trata de determinar las demandas totales del proyecto en condiciones favorables, la determinación de la evapotranspiración potencial según las necesidades de los cultivos en base a las formulas establecidas y de acuerdo a la información disponible.

- Evapotranspiración potencial (E_o).

Un factor determinante en el cálculo de demandas agrícolas es la cantidad de agua evaporada y transpirada por los cultivos, es decir la evapotranspiración potencial característica para cada zona y acorde al clima existente en el lugar.

El requerimiento de agua de los cultivos será satisfecho con la disponibilidad hídrica, de acuerdo a la escorrentía superficial, ascensión capilar en áreas donde el nivel freático está a poca profundidad de la superficie del suelo y la precipitación efectiva como componente de la precipitación media.

Para nuestros cálculos se determinó la evapotranspiración potencial mediante la fórmula empírica de HARGREAVES:

$$E_o = 0.34 \times Q_s (0.4 + 0.024 \times T \left(1 - \frac{HR}{100}\right)^{0.5} (1 + 4 \times 10^{-5} \times Z))$$

Donde:

E_o : Evapotranspiración potencial mm/día

Q_s : Radiación solar en el tope de la atmósfera en mm/día, el cual es conocido como radiación extraterrestre (R_a)

H_r : Humedad relativa en %

T : Temperatura en °C

Z : Altitud en m.s.n.m.

b) Demanda de agua del proyecto

- Evaporación real o actual (E)

Para la obtención de la E real de los cultivos se basa en la siguiente ecuación:

$$E = K \times E_o$$

E= Evapotranspiración real o actual del cultivo
 Eo= Evapotranspiración potencial
 K= Coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-plantas.

Está dado por la relación:

Donde:

Kc= Factor de cultivo
 Ks= Factor de suelo
 Kh= Factor de humedad

Las estimaciones se realizaron después de determinar que eran suelos profundos, de adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutrientes, $K_s = 1.0$. De igual manera se observó que había un óptimo abastecimiento de humedad (agua), $K_h = 1$; de esta manera K depende solamente de Kc.

El factor Kc, depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de los cultivos y expresa la variación de su capacidad para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo. El factor Kc, está determinado por el volumen foliar de los cultivos. De la ecuación anterior resulta entonces:

$$E = k_c \times E_o$$

La evaporación real fue el resultado del producto de la Eo por el coeficiente global ponderado mensual de los cultivos, por tratarse de pastos naturales y pastos cultivados, se asume un Kc ponderado (Cuadro 7).

La evaporación real, fue calculada con base a Eo y el factor Kp (coeficiente ponderado de los cultivos).

- Factor de cultivo (Kc)

En las demandas agrícolas es muy importante la formulación de una cédula de cultivo, tomando en consideración las limitaciones climáticas, dado que en nuestro medio con frecuencia se presentan períodos de sequías y lluvias extremas, y para atenuar estos fenómenos es necesario que los cultivos tengan la capacidad de soportar sobre todo bajas temperaturas. Además se establecerá un período de siembra acorde a las variaciones climáticas así como a las

características de cada cultivo que permitirán los coeficientes de cultivo (K_c) para las distintas fases de desarrollo y en función a ellos y áreas cultivadas determinar un coeficiente de cultivo ponderado.

En cuanto a los coeficientes de cultivo (K_c), han sido determinados de acuerdo a las distintas fases de desarrollo de los cultivos, siguiendo las recomendaciones hechas en la publicación N° 24 de la FAO. Para lo cual se ha determinado un K_c ponderado, los cuales han sido empleados en la determinación de las demandas agrícolas.

- Precipitación efectiva.

Como elemento de aporte de humedad se ha considerado la precipitación efectiva; para el caso nuestro, se emplea el método de Water Power Resources Service (WPRS-USA), basados en criterio empíricos.

Cuadro 1. Water Power Resources Service (WPRS)

Incremento de la precipitación (mm)	% de la precipitación efectiva (PE)
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
>155	5

Fuente: PLAN MERIS II Generación de caudales mensuales en la sierra Peruana - LUTZ SCHOLZ

La precipitación efectiva dado las características climatológicas de la zona del proyecto, estos constituyen la primera fuente de abastecimiento de agua para el desarrollo de los cultivos, es la parte de la lluvia que es aprovechable por los cultivos o volumen de lluvia parcial utilizado por las plantas, que se denomina precipitación efectiva.

- Eficiencia de riego.

Cuadro 2. Eficiencias de riego

Método de riego	Eficiencia de riego (%)
Gravedad	50%
Aspersión	75%
Micro aspersión	85%
Goteo	90%

Fuente: Agrorural

Tomando en cuenta los porcentajes de la eficiencia de riego según el Cuadro 2 Se consideró un 50% de eficiencia total de riego ya que nuestro proyecto pretende aplicar el riego para los cultivos mediante un sistema de riego por gravedad.

c) Demanda hídrica de los cultivos

- Llamada lámina de riego neta (LRN)

$$LNR = E - (PE + CA + N)$$

Donde:

- LNR : Lámina de agua de riego neta para el periodo considerado.
 E : Evaporación real o actual.
 PE : Precipitación efectiva.
 CA : Diferencia de la lámina de agua de la capacidad de almacenamiento del suelo inicial y final del período considerado.
 N : Aporte eventual del nivel freático.

El valor de CA, no se considera por asumir que el proyecto se encuentra en condiciones óptimas solamente para efectos de demandas hídrica totales del proyecto.

Quedará expresada por:

$$LNR = E - (PE + N)$$

Agua para uso agrícola a nivel mensual para el período normal empleando la cédula de cultivo propuesto. A los resultados obtenidos se les ha reducido el aporte por la precipitación efectiva.

Se ha tomado en cuenta el año normal o medio de los registros hidrometeorológicos (T^o, HR, Rs^o, PP, Evap), correspondiente a los años

normales, y que son factores climáticos que intervienen en la determinación de ciertos parámetros que permiten determinar las demandas de agua de los cultivos.

- Lámina bruta de riego

La lámina bruta representa el requerimiento de agua del cultivo pero considerando la eficiencia de riego del proyecto a futuro, en este caso consideramos un 50%.

Se calcula en mm/mes, con base a la siguiente ecuación:

$$LRB = \frac{LNR}{Er}$$

Donde:

LNR	:	Lámina neta de riego
LRB	:	Lámina bruta de riego
Er	:	Eficiencia de riego en %

- Módulo de riego

El módulo de riego representa la dotación en l/s que necesita una hectárea de cultivo y se calcula por:

$$MR = LRB \times 2.778 / (d \times T)$$

Donde:

LRB	:	Lámina de riego bruta (mm/mes)
d	:	Días que tiene el mes
T	:	Horas de riego (hr)
MR	:	Módulo de riego (l/s/ha)

d) Criterio para el diseño agronómico

- Cálculo del uso consuntivo.

A partir de los datos climatológicos utilizando las fórmulas de Hargreaves, modificado por efecto de temperatura y coeficientes de desarrollo de los cultivos, se determina el valor de uso consuntivo (evapotranspiración del cultivo).

$$ETR = ETP * Kc$$

Donde: ETR = Evapotranspiración real o del cultivo, uso consuntivo
ETP = Evapotranspiración potencial

- Determinación de la lámina de riego.

Sobre la base de los datos obtenidos del suelo, como son: capacidad de campo (CC), punto de marchites permanente (PMP) y densidad aparente (γ_{ap}) de ellos de diferentes estratos de perfil y el dato de profundidad de raíces de los cultivos se determina la lámina de riego (lámina neta; L_n).

En el primer riego, la lámina requerirá para llevar a la humedad del suelo del PMP hasta la CC, para efecto del cálculo se utilizó, la fórmula siguiente:

$$L_n = ((CC - PMP) * \gamma_{ap} * Pr) / 100$$

Los riegos sucesivos, se deben efectuar cuando se ha consumido el 50% de la humedad disponible (CC – PMP), en este caso, haciendo la corrección por este factor, la lámina neta de riego se expresa:

$$L_n = (0.50 * (CC - PMP) * \gamma_{ap} * Pr) / 100$$

Esta lámina, es la que se usó para el diseño, pues es la que se aplica con mayor frecuencia, por otro lado, para satisfacer el primer riego se aumentó el tiempo de aplicación. La lámina de riego a aplicar, lamina de riego bruta (lámina real; L_r), se consigue castigando a la lámina de riego por la eficiencia, es decir:

$$L_r = L_n / E_a$$

- Cálculo de la frecuencia de riego.

El intervalo de riego (I_r), se encontró mediante la división de la lámina de riego y la evapotranspiración del cultivo, es decir:

$$I_r = L_n \text{ (mm)} / ETR \text{ (mm/día)}$$

Considerando nuestra estimación, el intervalo de riego fue 10 días, pero se asumió un intervalo de 11 días.

CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El área de estudio está ubicado en la región Puno, provincia de Puno, distrito de San Antonio de Esquilache, a una altitud media de 3905 a 4960 m.s.n.m.

4.1. Ubicación geográfica (UTM), hidrográfica y política del proyecto

➤ Ubicación geográfica

Coordenadas UTM : 344400 E 8221800N
Altitud : 3905 a 4960 m.s.n.m.

➤ Ubicación hidrográfica

Sub cuenca : Cachipascana, Lago Titicaca

➤ Ubicación política

Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : San Antonio de Esquilache
Comunidad campesina : Cachipascana

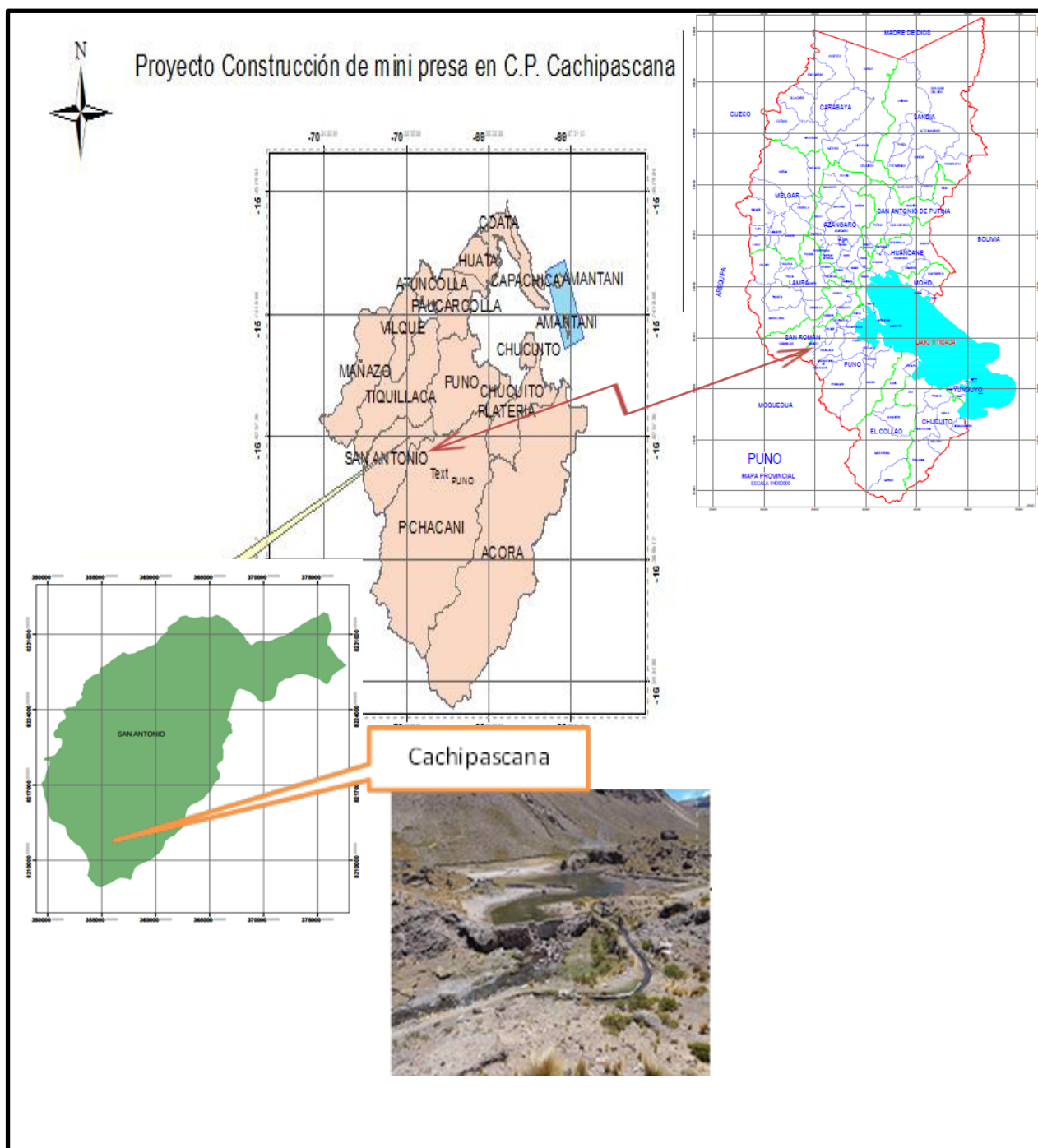


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

4.2. Fisiografía y climatología

Fisiográficamente está dominado por un paisaje montañoso, o pie de montaña, con pendientes que oscilan entre 5% a 80% lo que la define como moderadamente inclinado a empinado, por lo general sus suelos son de reacción neutra, relativamente superficiales, de textura media a suelta, con tonos a pardos grisáceos, bastante presencia de roca en forma de bolonería grande.

La comunidad campesina de Cachipascana presenta zonas de vida según ONERN del año 1976:

Montano Seco, presenta desde los 3940 m.s.n.m. hasta los 4390 m.s.n.m. de altitudes, geográficamente ocupan los valles andinos en su porción intermedia, la biotemperatura media anual máxima es de 9.36 °C, el promedio máximo de precipitación total por año es de 626.7 mm y el promedio mínimo de 274.5 mm.

- **Límite de la microcuenca**

El límite de una cuenca está definido por una línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico, llamada divisoria (*divortio aquarum*), que divide las precipitaciones que caen en cuencas vecinas y que encamina la escorrentía superficial resultante para el cauce o quebrada principal. La divisoria sigue una línea rígida alrededor de la microcuenca, atravesando el curso de agua solamente en el punto de salida y uniendo los puntos de cota máxima entre cuencas o microcuencas, lo que no impide que en el interior de la microcuenca existan picos aislados con cotas superiores a algunos puntos de la divisoria.

- **Área de la microcuenca**

El área de la microcuenca o área de drenaje es el área plana (proyección horizontal) comprendido dentro del límite o divisoria de aguas. El área de la microcuenca es el elemento básico para el cálculo de las otras características físicas y se ha expresado en km². Es importante mencionar que microcuencas

hidrográficas con la misma área pueden tener comportamientos hidrológicos completamente distintos en función de los otros factores que intervienen.

- La microcuenca en estudio tiene un área de drenaje de 11.012 Km².

- **Longitud de máximo recorrido**

Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de *divortio aquarum*. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal.

- La microcuenca de estudio tiene una longitud de máximo recorrido de 2.59 km.

- **Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (K_c)**

Definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca.

La peligrosidad de una cuenca aumenta si el coeficiente K se acerca a la unidad, o a una forma redonda ya que indica que las distancias relativas de los puntos de la divisoria en relación a uno central, no tienen diferencias mayores y es menor el tiempo de concentración y la posibilidad de que las ondas decrecidas sean continuas es mayor.

Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres en el caso de cuencas muy alargadas. En general K_c es mayor a 1.

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

$$K_c = 1.26 \text{ cuenca Cachipasana}$$

Donde:

- Kc : Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius.
 P : Perímetro de la cuenca (km).
 A : Área de la cuenca (km²).

Cuadro 3. Valores del coeficiente de compacidad.

Kc	Forma de la cuenca	Tendencia de crecidas
1.00 - 1.25	De casi redonda a oval redonda	ALTA
1.25 - 1.50	De oval redonda a oval oblonga	MEDIA
1.50 1.75	De oval oblonga a rectangular	BAJA

Fuente: Sánchez (1987).

- La microcuenca de estudio tiene un coeficiente de compacidad de 1.26, esto nos indica que es una cuenca de forma oval redonda a oval oblonga.

4.3. Recurso agua

Los recursos hídricos con los que cuenta la comunidad de Cachipasana son limitados, siendo la fuente principal las precipitaciones pluviales con las que dotan de agua a los cultivos de secano.

Tiene como fuentes de agua de régimen permanente, la quebrada Cachipasana, con caudal promedio anual de 70 l/s, según la generación de caudales por el modelo hidrológico de Lutz Scholz para dicha quebrada, de la que el proyecto solo captará un caudal de 50 l/s, siendo suficiente para cubrir los requerimientos para el riego, y así satisfacer la demanda de la población.

En el caso del lugar de captación para riego, se ubica en una ladera a una altitud de 4390 m.s.n.m. Esta agua actualmente está siendo aprovechada rústicamente con canales a tajo abierto, causando pérdidas de agua.

4.4. Recurso suelo

- Calidad de los suelos

Se ha realizado el diagnóstico de los grados de erosión hídrica, los niveles de fertilidad y las características físico mecánicas de los suelos agrícolas.

La erosión de los suelos en los terrenos de uso agrícola, los niveles de erosión por surcos y cárcavas, son regulares, predomina la erosión laminar en diferentes magnitudes. El análisis de suelos nos indica que son suelos pobres con poca cantidad de nutrientes a pesar que la pendiente en las áreas riego son mínimas, el riego que se práctica es inadecuado, la profundidad varía entre 20 y 25 cm, hace falta un manejo técnico adecuado para la conservación de los suelos.

- Fertilidad de los suelos

Se han efectuado análisis de muestras de suelos, con la finalidad de determinar la textura, el pH y los niveles de fertilidad que presentan los suelos según van avanzando los años. Estos análisis fueron efectuados en los Laboratorios del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Los resultados fueron:

Cuadro 4. Análisis de fertilidad

Análisis	Resultados	Interpretación
Nº Lab.	0	
Marca o Clave	6	
pH	6.8	Ligeramente ácido
M.O. %	0.9	Bajo
N %	0.04	Bajo
P ₂ O ₅ ppm	1.8	Bajo
K ₂ O ppm	8.5	Bajo
Densidad aparente g/cc	1.4	-
Análisis mecánico	Clase textural	Arcillo arenoso
CIC meq/100 g suelo	8.8	Medio

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Estos resultados de análisis de suelo indican que son suelos de reacción neutra que favorecen el desarrollo de una amplia gama de cultivos sin tener mayores

restricciones.

Por otro lado, el contenido de materia orgánica y nitrógeno de este suelo corresponde a un nivel bajo, así como los niveles de fósforo y potasio, por lo que es necesario la aplicación de fertilizantes pero sin dejar de incorporar cantidades considerables de abono (guano de corral), más aún cuando la explotación agrícola es intensiva y continuada, con la finalidad de restituir y mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo.

De la capacidad de intercambio catiónico (CIC), corresponde a un nivel medio, con un valor de 8.8 meq/100 g de suelo, esto implica que existe regular adsorción de cationes incorporados por la fertilización inorgánica, por lo que es necesario el incremento de materia orgánica o algún tipo de arcilla (montmorillonita o caolinita) de tal manera que pueda elevarse de 8.8 a 15–20 meq/100 g de suelo.

4.5. Características geológicas

- **Suelo de fundación para cimentación**

En términos generales en el ámbito del proyecto se observa estabilidad del punto de vista de la geodinámica interna, de igual modo del punto de vista de la geodinámica externa, respecto a este último no se observa deslizamiento, reptación de suelos, derrumbes, asentamiento, huaycos; a excepción de los fenómenos erosivos de magnitud moderada. Por lo descrito, las obras que se construirán con el proyecto de riego no corren peligro por acción de fuerzas geodinámicas, sin que esto signifique aseveración absoluta, pues fuerzas tectónicas de alcance regional tales como sismos, podría extender sus ondas hasta estos lugares que por el momento no son previsibles.

Agentes externos como los vientos y a su acción modeladora, las lluvias y su acción erosiva, la energía solar y a su acción intemperizadora en combinación

con los otros agentes externos, si están presentes; sin significar riesgo alguno para el proyecto.

El suelo de fundación es material roca de buena capacidad portante, se tomó en cuenta el diseño de la estructura para que pueda soportar, las cargas variables a la que se encuentra la estructura de embalse.

4.6. Vías de comunicación y acceso hasta el proyecto

La vía de acceso a la zona del proyecto es como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Vías de acceso a la zona del proyecto

Destino	km	Tiempo	Tipo de vía
Puno-Tiquillaca	24	20 min	Carretera asfaltada
Tiquillaca – Juncal	56	90 min	Trocha carrozable
Juncal – Cachipascana	23	30 min	Trocha carrozable
Tiquillaca Cachipascana	– 79	120 min	Trocha carrozable
Puno – Cachipascana	103	150 min	Trocha carrozable

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Alternativas de solución con la construcción de la mini presa para la acumulación de agua en época de avenidas para evitar el problema de escasez de agua para la actividad del hombre en la comunidad de Cachipascana

Se presentaron dos alternativas de solución para evitar el problema de escasez de agua en la comunidad de Cachipascana, las que fueron:

Cuadro 6. Alternativas de solución al problema de escasez del agua en la comunidad de Cachipascana.

Descripción de alternativas	Componentes	Acciones necesarias para el logro de resultados	Beneficiarios directos
Alternativa 1: instalar el sistema de riego Cachipascana, mediante canal abierto de una longitud de 2000 ML.	Resultado 1: Obras civiles	Instalación de sistema de riego por gravedad en la comunidad campesina de Cachipascana que comprenderá la construcción de 01 mini presa en la quebrada (Cachipascana), que almacenara 95454.3 m ³ de agua, construcción de 2000 ML de canal de concreto para conducir 50 l/s	245
	Resultado 2: Desarrollo de capacidades	Desarrollo de capacidades en nuevas técnicas de riego, manejo agronómico de cultivos y operación y mantenimiento de la infraestructura de riego	
Alternativa 2: instalar el sistema de riego Cachipascana, mediante tubería de pvc C5 una longitud de 2000 ML de diámetros de 400 mm y 500 mm accesorios como válvulas codos tees y otros que son necesarios para dicha instalación	Resultado 1: Obras civiles	Instalación de sistema de riego por gravedad en la comunidad campesina de Cachipascana. que comprenderá la construcción de 01 mini presa en la quebrada (Cachipascana), línea de conducción mediante tubería pvc de 400 mm y 500 mm, una longitud de 2000 ML, 25 tomas de riego, controladas mediante válvulas de 400 mm, línea de distribución también en pvc CL-5	245
	Resultado 2: Desarrollo de capacidades	Desarrollo de capacidades en nuevas técnicas de riego, manejo agronómico de cultivos y operación y mantenimiento de la infraestructura de riego	

Realizado el análisis de solución al problema principal en la comunidad de Cachipascana, que es el la ausencia de infraestructura de riego adecuada para aprovechar óptimamente el recurso hídrico existente en forma permanente; el horizonte del proyecto es de 50 años.

Evaluando ambas opciones, se eligió la primera que plantea el uso del recurso hídrico, embalsado por una mini presa, ubicado en la parte alta de la quebrada Cachipascana, y conducir un caudal de 50 l/s mediante un canal abierto También se escogió la primera alternativa por ser de menor costo.

Se prevé el mejoramiento de 50 hectáreas de terreno agrícola bajo riego, siendo las metas físicas siguientes: 01 Mini presa que almacenara 95454.3 m³ de agua, 2000 ml lineales de canal abierto de concreto, y capacitación en riego por gravedad.

Los beneficiarios suman en total 49 familias

5.2. Características sociales y económicas de la comunidad de Cachipascana distrito de San Antonio de Esquilache, Puno

5.2.1. Características socioeconómicas

Los pobladores de la comunidad de Cachipascana en su mayoría se dedican a la crianza de auquénidos y ovinos, agricultura en mínima escala, los mismos que se constituyen en la única fuente de ingreso, cabe mencionar que su producción de agricultura es de autoconsumo.

a. Población

De acuerdo con los datos de las encuestas realizadas, la comunidad de Cachipascana agrupa a 49 familias que representa una población de 245 habitantes con un promedio de 5 miembros por familia, considerados con potenciales del proyecto en mención. La población está conformada de:

45% de Varones

55% de Mujeres

Así mismo cabe indicar la migración de los jóvenes hacia las localidades de Puno, Juliaca, Moquegua, Tacna, en busca de trabajo temporal.

b. Actividad principal de la población y nivel de vida.

La actividad principal a la que se dedica la población es la agropecuaria, priorizando la producción de pastos cultivados, pastos naturales, así como la cría de ganado auquénidos (alpacas, llamas, vicuñas), ovinos y animales menores.

El bajo ingreso familiar solamente permite que tengan una economía de subsistencia, sin mayores márgenes de capitalización.

Por lo tanto, ésta comunidad está considerada en el mapa como de extrema pobreza, con un nivel de vida muy bajo.

c. Población económicamente activa (PEA)

Se estima que la población económicamente activa sea del orden del 35%, el comercio se desenvuelve por el sistema de autoconsumo sin tener una actividad extensiva.

5.2.2. Infraestructura de servicios básicos de la población

a. Educación

Existe un PRONOEI que atiende a 17 alumnos (niños), una escuela primaria de 1ro a 6to grado, que es atendido por cuatro profesores y la población estudiantil primaria es en promedio 30 alumnos.

La infraestructura educativa sólo satisface las necesidades de la comunidad en edad escolar con insuficiencia de mobiliario y material didáctico. Las instalaciones son aceptables aun cuando no del todo adecuado.

Para continuar con estudios asisten al colegio secundario existente en Juncal que se encuentra a una distancia considerable teniendo que caminar 1 a 2 horas aproximadamente todos los días y en caso de que haya movilidad tienen que viajar 30 minutos.

b. Salud

La comunidad de Cachipascana, en la actualidad cuenta con una posta de salud con personal mínimo de salud, debiendo los pobladores tener que acudir hasta el Centro de Salud de Juncal del distrito de San Antonio

de Esquilache. En casos de extrema gravedad recurren al hospital de Puno o de Juliaca. En ocasiones, se recurre a la medicina natural.

c. Vivienda

La población beneficiaria habita en viviendas precarias construidas con material rústico de la zona, construidas sus paredes de adobe, tapial y piedra asentada en barro, con techos de paja, en algunos casos de calamina y el piso de sus habitaciones son de tierra apisonada.

d. Electrificación

La población beneficiaria cuenta con este servicio básico.

e. Agua Potable y Alcantarillado

La población beneficiaria no cuenta con estos dos servicios.

f. Medios de Comunicación

La población beneficiaria no cuenta con este servicio.

5.2.3. Características agroeconómicas

a. Conducción de tierras y cultivos.

La actividad agrícola se desarrolla con un nivel tecnológico bajo, a pesar de que desarrollan las labores culturales en forma limitada, no hacen uso de maquinaria, fertilizantes, pesticidas por su elevado costo de los mismos.

Las tierras son propiedad de la comunidad, sin embargo han sido asignadas a sus miembros, la conducción de las tierras es de carácter individual en forma directa por el comunero, las actividades agrícolas lo realizan mediante el sistema de trabajo de Aynocas.

La agricultura presenta una gran variabilidad, teniéndose cultivos de pastos cultivables, pastos naturales que son característicos de la zona.

b. Estructura de tenencia de tierra

La tenencia de tierras, en casi el 100% es de tipo parcela con propiedades individuales.

c. Cultivos principales y rendimientos

Cuadro 7. Cultivos principales y rendimientos en la comunidad de Cachipasana

Cultivos	Rendimiento kg/Ha	Periodo de cultivos en Meses
Pastos cultivados	1000.0	Agosto - Marzo
Pastos naturales	2000.0	Agosto - Julio

d. Actividad Pecuaria

La actividad pecuaria se desarrolla de manera extensiva, con ganado Auquénido en 70%, ganado Ovino 25% para la producción de carne y animales menores 5%.

e. Asistencia técnica y crediticia

La actividad agrícola mayoritariamente es asumida por los propios campesinos desde el punto vista financiera, tecnológica, comercial. Es decir, es muy escasa o nula la intervención externa de fomento.

Excepcionalmente las instituciones públicas y privadas como las ONGs en forma limitada brindan apoyo a la producción agrícola, mediante acciones de capacitación, micro crédito específico, concesión de semillas vía fondo rotatorios.

Entre las instituciones del estado se tiene al AGRORURAL la cual juega un rol importante en capacitación de manejo de recursos naturales, apoyo con semillas, pacas y otros.

5.2.4. Comercialización de productos agropecuarios

La comercialización se realiza en base al principio del libre mercado y de acuerdo a la oferta y la demanda. Los márgenes de la producción agrícola constituyen un volumen limitado, es decir mayoritariamente los alimentos se destinan al consumo familiar.

La comercialización se realiza en términos monetarios y de trueque, con intervención significativa de intermediarios y rescatistas, excepcionalmente se realiza la transacción entre el productor y el consumidor.

El espacio de comercialización radica básicamente en las ferias locales y eventualmente llevan la producción a los mercados de Puno/Juliaca.

En esta feria se comercializan los productos producidos como:

- a. La lana de alpaca y lana de ovino es la principal fuente de obtención de recursos económicos para la compra de sus productos de necesidades básicas.
- b. Los campesinos adquieren productos de primera necesidad como son: azúcar, aceite, sal, que es un producto muy consumido por los pobladores del lugar. También se abastecen de alcohol y compran prendas de vestir.

5.2.5. Actividades forestales y de conservación de suelos

Es recomendable que en los terrenos a ser explotados bajo el sistema propuesto se lleven a cabo prácticas mecánico estructurales para la conservación de suelos, tales como terrazas de banco o adsorción, terrazas de formación lenta y prácticas agronómicas que permitan conservar el suelo y defenderlos de la erosión tal como los surcos en contorno y agroforestería.

a. Inventario de infraestructura hidráulica existente y uso del agua

En lo respecta a la comunidad, se puede precisar que no existe ningún tipo de infraestructura hidráulica tanto para consumo, riego o para otros fines.

b. Organización de los usuarios del agua

Frente a la no existencia de algún tipo de infraestructura hidráulica, tampoco tiene una organización para la realización de las labores de operación y mantenimiento, particularmente una junta administradora del agua potable o una comisión de regantes para el riego.

5.3. Realizar los estudios de ingeniería necesarios como el estudio agrológico, hidrológico, geológico y topográfico para el diseño hidráulico de una mini presa en la comunidad de Cachipascana, distrito de San Antonio de Esquilache, Puno**5.3.1. Agrología**

De acuerdo a una clasificación agrológica de suelos los terrenos del ámbito del proyecto corresponden a una clase 3, con limitaciones adversas por el clima (heladas, granizadas, sequía) donde se pueden desarrollar cultivos anuales, de corto periodo vegetativo y cultivos perennes (pastos).

Por otro lado estos terrenos pertenecen la clase (C₂SC), suelos aptos para cultivos permanentes y semipermanentes con una capacidad productiva media, con limitaciones de suelo por ser superficiales y de baja fertilidad, limitaciones por heladas, granizadas, de acuerdo a la clasificación por su capacidad de uso mayor.

a.1) Área beneficiada

Las áreas total beneficiada con el proyecto es de 50 has., de las cuales con riego por gravedad de manera rustica con canal de tierra en mal estado riegan 25 has. Y con el proyecto se propone instalar el sistema de riego por gravedad para regar 50 has, donde podrán instalarse pastos cultivados y pastos naturales, beneficiando a 49 familias.

a.2) Aptitud de riego de los suelos

Los suelos destinados al presente proyecto de acuerdo a la clasificación por su Aptitud de riego pertenecen a una clase 2 y 3 por lo que estas tierras son aptas para el riego.

Morfológicamente el 40%, son áreas planas de baja pendiente, entre 5-15% y el 60 % restante son laderas de moderadas con pendientes mayores al 30- 50 %.

a.3) Cédula y calendario de cultivos

La presente cédula de cultivos plantea productos tradicionales como son pastos cultivados, y pastos naturales para el desarrollo de la actividad agropecuaria.

a.4) Cédula de cultivo

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se presenta unos coeficientes de cultivo (Kc), con objeto de relacionar la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzcan rendimientos óptimos.

Los valores apropiados de Kc en los que se tienen en cuenta las características de cultivo, el momento de siembra, fases de desarrollo vegetativo y las condiciones climáticas se aprecian en el Cuadro 7.

En ellas se distinguen las siguientes etapas:

- Etapa de germinación

Abarca la germinación, nacencia y estados iniciales del cultivo, cuando el porcentaje de cobertura es pequeño. Es esta fase se denomina la evaporación frente a la transpiración. Su duración en siembra se plantea a partir de los meses de setiembre hasta enero; y la germinación propiamente dicha oscila entre 18 a 21 días en su primera fase de crecimiento.

- Etapa de crecimiento vegetativo

Transcurre desde la fase anterior hasta que aparezca la cuarta, quinta hasta la sexta o séptima hoja trifoliar, así como, el alargamiento de las yemas de la corona que le dan una apariencia de roseta. Este estado es el punto inicial después de cada corte, dura aproximadamente hasta 60 días.

- Fase intermedia

Se caracteriza por la elongación de los tallos. El alargamiento de los entrenudos de los tallos que es muy rápido, y la producción de materia seca es grande, dura aproximadamente 120 días.

- Fase final o de madurez

Presencia de botones florales o aparición de las yemas florales que coinciden con la aparición de los órganos reproductores, inicio de floración 150 días.

Cuadro 8. Calendario agrícola en la comunidad de Cachipasana

Cultivos	Área (ha)	Meses											
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Pastos cultivados	20.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95				
Pastos naturales	30.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	50.00												
Kc ponderado		0.60	0.60	0.60	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia según los estudios de Agrorural.

5.3.2. Hidrología

b.1) Disponibilidad hídrica

La disponibilidad de agua está garantizada por existir fuentes de agua permanente de la quebrada Cachipasana, con un caudal promedio anual de 70 l/s, de los cuales se captará 50 l/s, para el presente proyecto.

b.2) Demanda de agua

La demanda de agua del proyecto es resultado de la planificación agrícola de la propuesta de la cedula de cultivo, este fue ajustado a un calendario agrícola de acuerdo a las condiciones meteorológicas y disponibilidad de recursos siendo la demanda de agua de acuerdo a los cultivos es de 50 l/s, con un módulo de riego de 1.00 l/s/ha.

La demanda de agua para el proyecto se relaciona con el módulo de riego determinado para una época de estiaje. El cálculo se efectúa a partir de una Evapotranspiración Potencial (ETP) promedio mensual.

Cuadro 9. Fuente y ubicación de la captación de agua del proyecto

N°	Fuente de Agua			Ubicación de la Captación						
				Política				Hidrografica	Geografica	
	Clase de fuente	Tipo	Nombre	Dpto	Prov.	Distrito	Localidad	Sub Cuenca	Proyección UTM, Datum Horizontal	
									Este (m)	Norte (m)
1	Superficial	Quebrada	Cachipascana	Puno	Puno	San Antonio de Esquilache	Cachipascana	Cachipascana	34,400	8,221,800.00

Fuente: *Elaboración propia.*

Cuadro 10 . Cálculo de la demanda de agua por mes

CULTIVO DE REFERENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Area cultivada por mes	50.000	50.000	50.000	30.000	30.000	30.000	30.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Kc ponderado	0.980	0.980	0.980	1.000	1.000	1.000	1.000	0.600	0.600	0.600	0.980	0.980
Evotranspiración potencial(mm/mes)	137.686	115.428	117.095	95.192	77.652	63.245	67.115	84.158	101.351	125.677	136.999	141.337
Evotranspiración real(mm/mes)	134.932	113.120	114.753	95.192	77.652	63.245	67.115	50.495	60.810	75.406	134.259	138.510
Precipitación efectiva (mm/mes)	102.280	82.600	61.240	10.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	7.460	17.480	43.080
Déficit de humedad (mm/mes)	32.652	30.520	53.513	84.852	77.652	63.245	67.115	50.495	60.790	67.946	116.779	95.430
Ef. de riego (Gravedad 50%)	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%
Req. de agua o módulo de riego(mm/mes)/ha	65.30	61.04	107.03	169.70	155.30	126.49	134.23	100.99	121.58	135.89	233.56	190.86
Req. de agua o módulo de riego(m3/ha)	653.04	610.40	1,070.26	1,697.05	1,553.05	1,264.90	1,342.30	1,009.89	1,215.81	1,358.93	2,335.58	1,908.60
Módulo de riego (m3/seg/ha)	0.008	0.007	0.012	0.020	0.018	0.015	0.016	0.012	0.014	0.016	0.027	0.022
Horas de riego (24 Horas)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Módulo de riego (m3/s)/mes	0.378	0.353	0.619	0.589	0.539	0.439	0.466	0.584	0.704	0.786	1.352	1.105
Numero de días	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
Módulo de riego (l/seg/ha)	0.24	0.25	0.40	1.01	0.71	0.82	0.85	0.60	0.67	0.76	1.00	0.87
Demanda Total (l/s)	12.2	12.6	20.0	30.2	21.2	24.6	25.5	30.0	33.5	37.8	50.0	43.6
Demanda total (MMC)	0.033	0.031	0.054	0.078	0.057	0.064	0.068	0.080	0.087	0.101	0.130	0.117

Fuente: *Elaboración propia.*

En este caso se ha utilizado el 50% de eficiencia de riego ya que es un sistema de riego por gravedad. El módulo utilizado fue de 1.00 l/s/ha para pastos naturales y cultivados, ya incluyen la eficiencia de aplicación.

La demanda actual se ha calculado utilizando la cédula de cultivos actual del Cuadro 8, considerando las eficiencias actuales dando como resultado que para las 50 ha bajo riego necesitamos un caudal 50 l/s en tiempo de estiaje.

b.3) Balance hídrico

Cuadro 11. Caudal ecológico

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Caudal Medio Punto de embalse (m ³ /s)	0.140	0.240	0.180	0.110	0.030	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.030	0.050
Porcentaje por Caudal Ecológico	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	10%	10%
Total Caudal Ecológico (m ³ /s)	0.014	0.024	0.018	0.017	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005
Volumen total (MMC)	0.037	0.058	0.048	0.043	0.012	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.008	0.013

MMC = Millones de metros cúbicos

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12. Demanda neta

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Demanda por caudal ecológico (MMC)	0.037	0.058	0.048	0.043	0.012	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.008	0.013
Demanda agrícola (MMC)	0.033	0.031	0.054	0.078	0.057	0.064	0.068	0.080	0.087	0.101	0.130	0.117
Demanda Neta (MMC)	0.070	0.089	0.102	0.121	0.069	0.068	0.072	0.084	0.091	0.107	0.137	0.130

MMC = Millones de metros cúbicos

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13. Balance hídrico

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Demanda Total (l/s)	12.2	12.6	20.0	30.2	21.2	24.6	25.5	30.0	33.5	37.8	50.0	43.6
Volumen de Demanda de agua para riego (MMC/mes)	0.033	0.031	0.054	0.078	0.057	0.064	0.068	0.080	0.087	0.101	0.130	0.117
Numero de Hectareas por mes	50.000	50.000	50.000	30.000	20.000	30.000	30.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Caudal disponible en (L/seg) Pto de Cap	130.000	240.000	200.000	70.000	20.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	20.000	50.000
Volumen por demanda de caudal Ecológico (MMC/mes)	0.037	0.058	0.048	0.029	0.008	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.008	0.013
Volumen disponible en Pto de Cap (MMC/mes)	0.348	0.581	0.536	0.181	0.054	0.026	0.027	0.027	0.026	0.027	0.052	0.134
Demanda Insatisfecha (MMC/mes)	0.278	0.492	0.434	0.075	-0.011	-0.004	-0.005	-0.006	-0.064	-0.006	-0.007	0.004
Demanda insatisfecha total (MMC)	-0.0864											

MMC = Millones de metros cúbicos

Fuente: Elaboración propia.

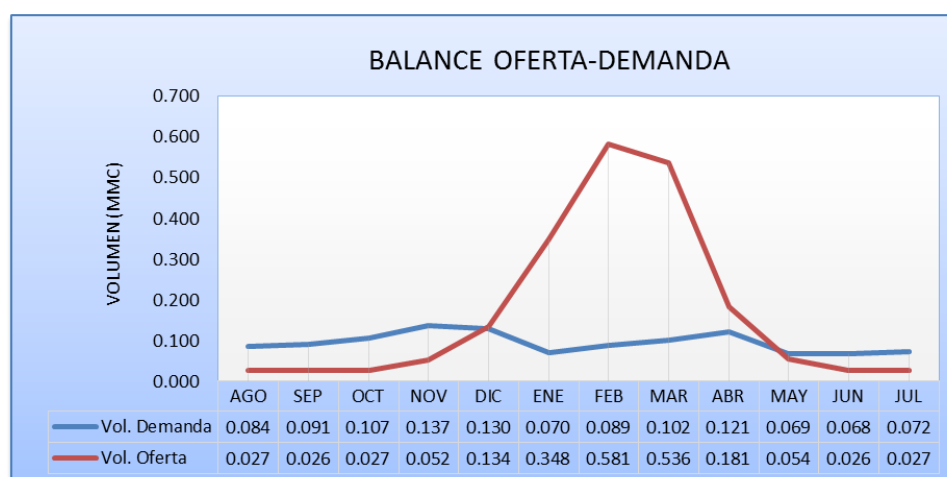


Figura 2. Curvas de oferta y demanda hídrica

De la Figura 2 se aprecia que los meses en que hay déficit de agua son en los meses de mayo a diciembre. Y por lo contrario hay exceso de agua en los meses de enero a abril.

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre en el presente estudio obtuvimos que nuestra oferta no cubre la demanda de los meses de mayo a diciembre teniendo como un déficit 0.0864 MMC como resultado en el Cuadro 13.

b.4) Caudal del diseño

El caudal de diseño para este sistema es de 50 l/s. Debido a que por condiciones de tiempo de riego y cálculo de la demanda de agua del sistema se plantea conducir este caudal para la nueva zona que será parte del proyecto.

b.5) Calidad de agua

Se ha desarrollado las respectivas pruebas de laboratorio de las aguas de la quebrada Cachipasana tomadas en el sector de captación cuyos resultados de análisis, se adjuntan en los anexos donde se puede apreciar que no existen problemas de contaminación y es apta para riego.

5.3.3. Topografía

El área del proyecto presenta un relieve relativamente uniforme, en el cual, se distingue una unidad fisiográfica, conformada por las pampas adyacentes, al mencionado canal en su parte baja; en esta unidad, el proceso fisiográfico más importante ha sido la determinación y presenta dos sub-paisajes muy importantes: La planicie lacustre antigua, que no acusa influencia fluvial y la formación sub-reciente que presenta ondulaciones no pronunciadas tampoco inundables que presentan buen drenaje natural y ocupan posiciones no alcanzables por la elevación de los niveles del canal.

5.3.4. Geología y geotecnia

La zona estudiada pertenece a la unidad geomórfica del Altiplano, caracterizado por una topografía llana entre cadenas de cerros a modo de una planicie mayormente integrados por materiales aluviales y coluviales.

La resistencia estimada de este tipo de suelos o capacidad portante previsible es de 2.0 kg/cm^2 , el cual se utilizara para diseño de la mini presa.

c.1) Mecánica de los suelos.

Las características de los suelos determinan la estabilidad y calidad de las estructuras, esas características se basan en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que han sido determinantes en el campo y debido a los niveles de riesgo identificados en cuanto a la seguridad de las estructuras.

El suelo de fundación es material grueso rocoso de buena capacidad portante; tratándose de una estructura regularmente ligera se asevera seguridad estática

c.2) Fenómenos geodinámicos externos

En términos generales en el ámbito del proyecto se observa estabilidad del punto de vista de la geodinámica interna, de igual modo del punto de vista de la geodinámica externa, respecto a este último no se observa deslizamiento, reptación de suelos, derrumbes, asentamiento, huaycos; a excepción de los fenómenos erosivos de magnitud moderada. Por lo descrito las obras que se construirían con el proyecto no corren peligro por acción de fuerzas geodinámicas, sin que esto signifique aseveración absoluta, pues fuerzas tectónicas de alcance regional tales como sismos, podría extender sus ondas hasta estos lugares que por el momento no son previsible.

Agentes externos como los vientos y a su acción modeladora, las lluvias y su acción erosiva, la energía solar y a su acción intemperizadora en combinación con los otros agentes externos, si están presentes; sin significar riesgo alguno para el proyecto.

c.3) Canteras y materiales de construcción

Con la finalidad de definir las posibles áreas de préstamo de los materiales como piedra, relleno y agregados para el concreto para la construcción de las diferentes obras, en las diferentes localidades y lugares posibles de canteras; habiéndose evaluado y determinado canteras para el proyecto estudiado.

El estudio de canteras comprendió la ubicación, investigación y comprobación física de la calidad y cantidad de materiales existentes lo más cercano a la mini presa, las mismas que han sido hechas con un muestreo y analizadas in situ.

La cantera de agregados (hormigón y arena) se encuentra ubicada en el lecho del río Pacchiri Jesús María Ubicada a 17 kilometros de la comunidad de Cachipasana, esta cantera cumple las siguientes condiciones:

Este banco de materiales resultó ser homogéneo, con contenido de piedra, grava, arenas, limos y arcillas, las características según:

- **Granulometría.-** La curva de los agregados gruesos, de tamaño máximo de 1.8", se salen por el lado grueso del uso granulométrico, según la norma ASTM correspondiente y con respecto a las granulometrías con partículas 3/4".

Gravas: 99.5%

Arenas: 0.76%

Finos: 1.4%

Teniendo como resultado:

Clasificación SUCS.- GP-SP (Grava y arena mal gradada).

- **Pesos específicos y absorciones.-** El peso específico del agregado grueso es de 2.55, calificados como P.E. y de los agregados finos es de 2.57.

Las absorciones de los agregados gruesos y finos son de 2.14% y 2.56% respectivamente.

Porcentaje de Grava = 35 a 49 %

Humedad natural = De 1.40 a 1.80 %.

Resistencia y estabilidad aceptable

Cuadro 14. Características de los agregados

Cantera río Pacchiri	Porcentaje que pasa la malla 200	Peso especifico	Absorción (%)	Humedad (%)
Agreg. Fino	2.9	2.55	2.56	3.73
Agreg. Grueso	-	2.57	2.14	2.26

5.3.5. Ingeniería del proyecto.

5.3.5.1. Cálculos hidrológicos e hidráulicos

- **Cálculo de la sección transversal de la quebrada**

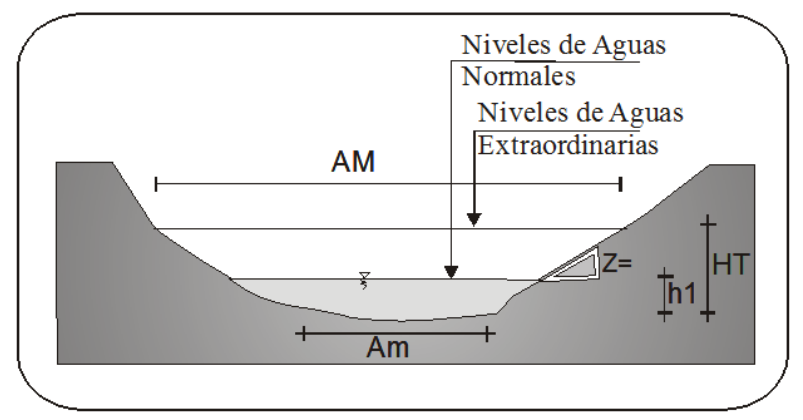


Figura 3. Corte de la quebrada al diseñar la mini presa

HT = y	0.40 m.
AM	0 m.
Am= b	12 m.
Z	0.16

1. Cálculo del área de la sección transversal de la quebrada :

$$A = by + zy^2$$

$$A = 4.8256 \text{ m}^2$$

2. Cálculo del perímetro mojado

$$P = b + 2y (1 + Z^2)^{(1/2)}$$

$$P = 12.81 \text{ ml.}$$

3. Cálculo del radio hidráulico

$$R = A/P$$

$$R = 0.38$$

4. Cálculo de rugosidad de la quebrada

Se ha utilizado el método según Cowan y según Scoobey.

Según COWAN:

Condiciones del río:

Material del cauce:

A	Terroso
B	Rocoso
C	Gravoso fino
D	Gravoso grueso

material del cauce adoptado:

A

=

0.02

Grado de irregularidad:

A	Ninguna
B	Leve
C	Regular
D	Severo

Grado de irregularidad adoptado:

A

=

0

Secciones variables

A	Leve
B	Regular
C	Severo

Variación de la sección adoptada:

A

=

0

Efecto de las obstrucciones:

A	Despreciables
B	Menor
C	Apreciable
D	Severo

Efecto de las obstrucciones

A

=

0.00

Vegetación:

A	Ninguna
B	Poco
C	Regular
D	Alta

Vegetación adoptada:

A

=

0

Grado de sinuosidad:

A	Insignificante
B	Regular
C	Considerable

Grado de sinuosidad adoptado:

B

=

1.15

Valor de rugosidad "n" adoptado según COWAN

0.023

Según SCOBNEY:

Condiciones del río:

n = 0.025

Cauce de tierra natural limpios con buen alineamiento con o sin algo de vegetación en los taludes y gravillas dispersas en los taludes.

n = 0.030

Cauce de piedra fragmentada y erosionada de sección variable con algo de vegetación en los bordes y considerable pendiente (ríos de ceja de selva).

n = 0.035

Cauce de grava y gravilla con variación considerable de la sección transversal con algo de vegetación en los taludes y baja pendiente (ceja de selva).

n = 0.040-0.050

Cauce con gran cantidad de canto rodado suelto y limpio, de sección transversal variable con o sin vegetación en los taludes (ríos de sierra y ceja de selva).

n = 0.060-0.075

Cauce con gran crecimiento de maleza, de sección obstruida por la vegetación externa y acuática de lineamiento y sección irregular (ríos de la selva).

Valor de rugosidad "n" según SCOBAY **0.045**

Seleccionando el menor "n" de estos dos criterios **0.023**

- **Análisis de máximas avenidas**

El análisis de avenidas tiene por finalidad determinar las descargas máximas probables para diferentes periodos de retorno que servirán para el diseño de la mini presa (vertedero de demasías). La descarga que se utilice se le llamara "avenida de proyecto". En la mayor parte de los casos, especialmente para las estructuras que tienen un gran volumen de almacenamiento, la avenida de proyecto es la máxima descarga probable, que se define como el mayor caudal que puede esperarse razonablemente en una corriente determinada en un punto que se elija.

En la actualidad podrían ser usados diferentes métodos para la determinación de la avenida máxima del proyecto, abarcando las diversas posibilidades que se presentan para enfrentar el problema. En cada caso la metodología a ser usada dependerá, en gran parte, de la disponibilidad de información y del manejo de esta información.

La mayoría de los factores que intervienen en el ciclo Hidrológico son de carácter aleatorio, por lo que muchos de los métodos de estudio apelan a las probabilidades y estadísticas. En zonas en las cuales no se dispone de mediciones como es el caso de pequeñas cuencas, el empleo de fórmulas empíricas aún es de mucha importancia para el cálculo de las avenidas máximas.

- **Información hidrológica**

La información hidrológica se obtuvo de la Tesis “ estudio y análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales en la micro cuenca del Loripongo del distrito de Pichacani Laraqueri FIA-UNA-PUNO”

En la micro cuenca Cachipasana, donde se ubica el vaso de la mini presa de la quebrada Cachipasana, no existen datos hidrométricos que registren avenidas por lo que este parámetro será estimado en base a la información de lluvias máximas (Precipitación Máxima en 24 horas) registradas en las estaciones ubicadas en el ámbito de la zona de estudio, habiéndose identificado una sola estación cercana a la zona de estudio adecuada para el análisis hidrológico.

La información de precipitaciones máximas en 24 horas que serán utilizadas es el de la estación Laraqueri con 38 años de periodo de registro. La ubicación y características de la estación pluviométrica localizada cercana a la zona de estudio se presentan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Ubicación de la Estación Laraqueri

ESTACION: LARAQUERI							
Código:	116033	País:	Perú	Distrito:	Laraqueri	Altitud (msnm):	4390.00
Cuenca:	llave	Dpto:	Puno	Latitud Sur:	16°09'16.9"	Zona Geográfica:	19 Sur
Tipo:	CO	Prov:	Puno	Longitud Oest:	70°03'59.7"	Propietario:	Senamhi

Cuadro 16. Serie anual de precipitación máxima en 24 horas (mm)
proporcionadas por el SENAMHI.

N°	AÑO	MES	Pp max. 24 horas (mm)	N°	AÑO	MES	Ppmax. 24 horas (mm)
1	1963	ENE	25.2	20	1982	ABR	24.5
2	1964	ENE	45.3	21	1983	DIC	39.9
3	1965	FEB	30	22	1984	ENE	44.1
4	1966	FEB	40.3	23	1985	DIC	38.7
5	1967	ENE	25.9	24	1986	ENE	41.8
6	1968	ENE	30.3	25	1987	MAR	49.5
7	1969	ENE	45.3	26	1988	ENE	33.8
8	1970	MAR	24.4	27	1989	ABR	24.2
9	1971	DIC	29.8	28	1990	FEB	35.6
10	1972	ENE	23.7	29	1991	ENE	37.7
11	1973	DIC	30.4	30	1992	SET	40.3
12	1974	NOV	37.7	31	1993	DIC	39.6
13	1975	DIC	44.6	32	1994	NOV	37
14	1976	FEB	42.2	33	1995	DIC	30.3
15	1977	ENE	29.3	34	1996	NOV	27.2
16	1978	OCT	24.3	35	1997	FEB	21.6
17	1979	ENE	53.5	36	1998	DIC	28.4
18	1980	NOV	26.4	37	1999	NOV	31.8
19	1981	FEB	24.8	38	2000	ENE	27.6

Fuente: Tesis " estudio y análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales en la micro cuenca del Loripongo del distrito de Pichacani Laraqueri FIA-UNA-PUNO.

En el Cuadro 16 se puede observar la serie de valores extremos anuales de la estación disponible

- **Análisis de frecuencia**

Con los valores de precipitación máxima en 24 horas (serie anual máxima) de la estación Laraqueri se procedió a calcular las alturas de precipitación extrema probable correspondiente a diferentes períodos de retorno.

El análisis de frecuencia se basa en las diferentes funciones de distribución de probabilidad teórica, se ha seleccionado las funciones de distribución Log-Normal, Log-Pearson III y Gumbel, por ser las más usadas en Hidrología para caso de eventos máximos.

Cuadro 17. Comparación de los valores de precipitaciones máximas obtenidas

T (Años)	P	PP(mm) Log - Normal	PP(mm) Gumbel	PP(mm) Log - Pearson
2	0.5	32.9	32.5	32.73
5	0.2	40.37	39.85	40.3
10	0.1	44.94	44.72	45.08
25	0.04	50.37	50.87	50.93
50	0.02	54.23	55.44	55.17
75	0.01333	56.41	58.09	57.61
100	0.01	57.94	59.97	59.33
150	0.00667	60.07	62.61	61.75
200	0.005	61.57	64.48	63.47
300	0.00333	63.66	67.12	65.88
400	0.0025	65.13	68.99	67.6
500	0.002	66.26	70.43	68.93
1000	0.001	69.77	74.93	73.09

Fuente: Tesis " estudio y análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales en la micro cuenca del Loripongo del distrito de Pichacani Laraqueri FIA-UNA-PUNO.

En el Cuadro 17, muestra la tendencia para cada función de distribución de probabilidades en donde la distribución Log –Pearson III, para la Estación Laraqueri nos da valores intermedios a los determinados por exceso por la distribución Gumbel y por defecto por la distribución Log – Normal esta es una apreciación se compara con la prueba de bondad de ajuste X^2 (Chi cuadrado).

Para la selección apropiada de la distribución se utilizó el método Smirnov – Kolgomorov para las tres funciones de distribución en la Estación de Laraqueri obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 18. Resumen de prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolgomorov para la Estación Laraqueri

N	38	D (critico)	0.22062113
D Máximo	Log - Normal	Gumbel	Log - Pearson III
EST. LARAQUERI	0.1147	0.1174	0.1099
	se ajusta	se ajusta	se ajusta

Fuente: Tesis " estudio y análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales en la micro cuenca del Loripongo del distrito de Pichacani Laraqueri FIA-UNA-PUNO.

Luego de obtener las alturas de precipitación para diferentes períodos de retorno, se procedió a efectuar la prueba de bondad de ajuste estadístico Smirnov – Kolgomorov para determinar la distribución de probabilidad que se ajusta satisfactoriamente a los datos de la muestra, de donde se pudo concluir todos los datos observados se ajustan a las distribuciones, sin embargo se ajustan mejor a la distribución Log-Pearson III.

Cuadro 19. Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno, Estación Laraqueri (ajuste método Log – Pearson III)

T (Años)	PP(mm) Log - Pearson III
2	32.73
5	40.3
10	45.08
25	50.93
50	55.17
75	57.61
100	59.33
150	61.75
200	63.47
300	65.88
400	67.6
500	68.93
1000	73.09

Fuente: Tesis " estudio y análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales en la micro cuenca del Loripongo del distrito de Pichacani Laraqueri FIA-UNA-PUNO.

- **Periodo de retorno y riesgo de excedencia**

Para los efectos del cálculo de descargas máximas se han adoptado en éste proyecto los parámetros aceptados comúnmente en los estudios de Hidrología para diseño de presas. La descarga máxima para el diseño del vertedero será calculada para un periodo de retorno de 500 años y la estructura tendrá una vida útil de 50 años.

En cuanto a los riegos de excedencia, en general se aceptan riesgos más altos cuando los daños probables que se produzcan, en caso de que discurra un

caudal mayor al de diseño, sean menores, y los riesgos aceptables deberán ser muy pequeños cuando los daños probables sean mayores.

La probabilidad de riesgo de excedencia para la estructura dependerá del periodo de retorno y de la vida útil de la obra proyectada:

La fórmula a usar es:

$$R.E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

R.E : Riesgo de excedencia [%]
T : Período de retorno [años]
n : Vida útil [años]

Cuadro 20. Riesgo de excedencia obtenido

Tipo de obra	Periodo de retorno (años)	Vida útil (años)	Riesgo de excedencia (%)
Vertedero de demasías	500	50	9.53

- **Cálculo del caudal máximo mediante la transformación de la precipitación a caudal mediante Método del Hidrograma Unitario Triangular.**
- **Descargas máximas**

Como no se cuenta con datos de caudales la descarga máxima será estimada mediante el Método del Hidrograma Triangular (cuencas de superficie mayor a 10 km²).

➤ **Método del Hidrograma Unitario Triangular**

Mockus (1) desarrolló un hidrograma unitario sintético de forma triangular. De la geometría del hidrograma unitario, se escribe el gasto pico como:

$$Q_{P=0.5555} = \frac{A}{t_b}$$

Datos:

Área: 11.012 km²

Longitud del cauce principal: 2.59 km

Pendiente del cauce principal: 16%

1. Cálculo del tiempo de concentración :

$$t_c = 0.000325 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$t_c = 0.000325 \times \frac{2590^{0.77}}{0.16^{0.385}}$$

$$t_c = 0.28 \text{ hrs}$$

2. La duración en exceso se calcula :

$$de = 2\sqrt{t_c}$$

$$de = 2\sqrt{0.28}$$

$$de = 1.06 \text{ hrs}$$

3. El tiempo pico se calcula:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c$$

$$t_p = \sqrt{0.28} + 0.6 * 0.28$$

$$t_p = 0.70 \text{ hrs}$$

4. El tiempo base se calcula :

$$t_b = 2.67t_p$$

$$t_b = 2.67 \times 0.70$$

$$t_b = 1.87 \text{ hrs}$$

5. El caudal pico se calcula :

$$Q_{P=0.5555} = \frac{A}{t_b}$$

$$Q_{P=0.5555} = \frac{11.012}{1.87}$$

$$Q_p = 3.27 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

6. Volumen de agua escurrido:

$$V_e = \frac{1t_b}{2} \times Q_p$$

$$V_e = \frac{1x(1.87)}{2} \times 3.27$$

$$V_e = 3.06 \text{ m}^3$$

7. Graficando el hidrograma triangular calculado:



Figura 4. Hidrograma unitario triangular de la cuenca de la Quebrada Cachipascana.

Cuadro 21. Coordenadas del hidrograma adimensional y coordenadas para el hidrograma de la microcuenca Cachipascana

t/T_p	Q/Q_p	t	q
0	0	0	0
0.1	0.015	0.07	0.04905
0.2	0.075	0.14	0.24525
0.3	0.16	0.21	0.5232
0.4	0.28	0.28	0.9156
0.5	0.43	0.35	1.4061
0.6	0.6	0.42	1.962
0.7	0.77	0.49	2.5179
0.8	0.89	0.56	2.9103
0.9	0.97	0.63	3.1719
1	1	0.7	3.27
1.1	0.98	0.77	3.2046
1.2	0.92	0.84	3.0084
1.3	0.84	0.91	2.7468
1.4	0.75	0.98	2.4525
1.5	0.65	1.05	2.1255
1.6	0.57	1.12	1.8639
1.8	0.43	1.26	1.4061
2	0.32	1.4	1.0464
2.2	0.24	1.54	0.7848
2.4	0.18	1.68	0.5886
2.6	0.13	1.82	0.4251
2.8	0.098	1.96	0.32046
3	0.075	2.1	0.24525
3.5	0.036	2.45	0.11772
4	0.018	2.8	0.05886
4.5	0.0009	3.15	0.002943
5	0.004	3.5	0.01308

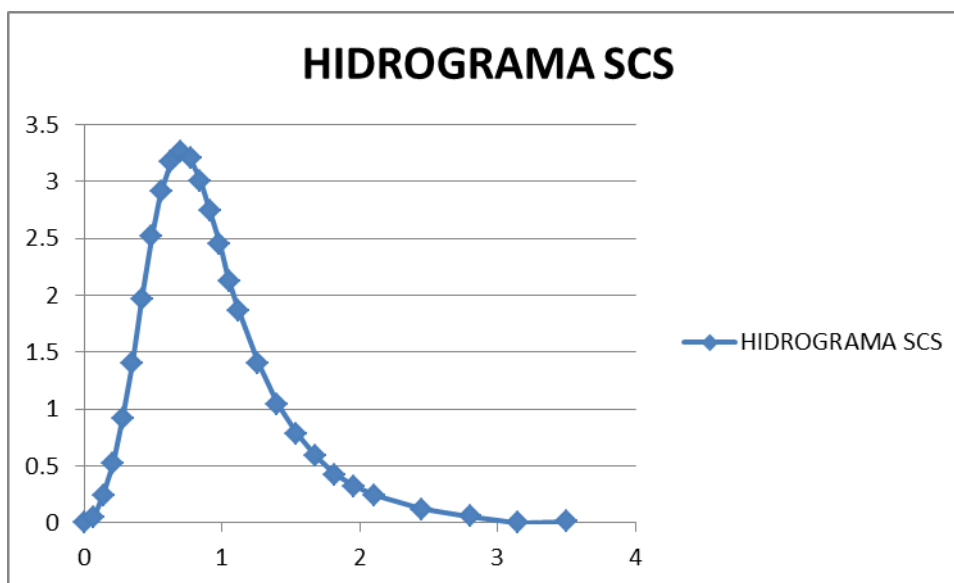


Figura 5. Hidrograma adimensional SCS para micro cuenca Cachipascana

Para cuencas grandes o cuencas pequeñas. El caudal máximo se determina tomando en cuenta la precipitación efectiva P_e .

$$Q_{max} = Q_p \times P_e$$

P_e puede ser calculada tomando en cuenta los números de escurrimiento propuesto por el U.S. Soil Conservation Service:

$$P_e = \frac{\left[P - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

Donde:

- P_e : Precipitación efectiva (mm)
- N : Número de curva
- P : Altura de lluvia (mm)

La determinación del número de curva (N), se efectuó tomando en consideración la información recabada de la visita de campo en aspectos referentes a las

condiciones del suelo y el uso de estos, relacionándolos con los factores meteorológicos locales. La microcuenca implicada en la evaluación, en términos generales, se pueden clasificar como de suelo tipo D, esto se deduce según el Cuadro 22.

Cuadro 22. Tipo de suelo para la determinación del número de curva

Tipo de suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos. Suelos con alto contenido de arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades , suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana suelos muy permeables

Para obtener el valor de N de la subcuenca de captación, se debe tener en cuenta la descripción y tipo de cobertura, el Cuadro 23 muestra los diferentes valores de número de curva de escorrentía para las diferentes coberturas:

Cuadro 23. Descripción y tipo de cobertura del suelo

Descripción y tipo de cobertura	Condición Hidrológica	Numero de curva para grupos de suelos hidrológicos			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segado para heno	----	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla, con la maleza como principal elemento	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles)	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

Fuente: U.S. Soil Conservation Service

Utilizando la metodología mencionada, se ha obtenido los caudales de máximas avenidas para periodos de retorno de 200 y 500 años, resultados que se muestran en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Resumen descargas máximas – Método Hidrograma Triangular

Microcuenca	Estructura proyectada	Área (km ²)	Longitud del cauce L(km)	Pendiente
Quebrada Cachipascana	aliviadero de demasías	11.012	2.59	0.16

Tiempo de concentración tc (horas)	Tiempo retraso tr (horas)	Tiempo pico tp (horas)	Tiempo base tb (horas)	Caudal unitario Qp (m ³ /s/mm)	Número de curva N
0.28	0.56	0.7	1.87	3.27	89

Altura de lluvia P(mm) T =200	Altura de lluvia P(mm) T =500	Lluvia efectiva Pe(mm) T= 200	Lluvia efectiva Pe(mm) T= 500	Caudal máximo (m ³ /s) T =200	Caudal máximo (m ³ /s) T =500
63.47	68.93	8.28	9.78	27.0756	31.9806

Finalmente el caudal de diseño de máximas avenidas para un periodo de retorno de 500 años será el mayor valor estimado por los dos métodos mencionados anteriormente, esto para dar un mayor margen de seguridad a la estructura a proyectar.

El valor de 31.98 m³/s (Método de Hidrograma Triangular) será usado para el diseño y dimensionamiento del vertedero de demasías.

5.3.5.2. Diseño hidráulico de la mini presa

- Cálculo de la altura de la mini presa

Los cálculos de los volúmenes de almacenamiento de agua en la mini presa se han hecho a partir de la cota 4390.00 msnm, que corresponde al fondo de la quebrada Cachipascana existente y los datos procesados del Cuadro 25. Según el gráfico de Curvas áreas-capacidades del vaso para el sitio seleccionado que muestra la Figura 6, elaborado en base a la superficie del espejo de agua a diferentes cotas, se puede determinar que para almacenar 95454.3 m³ o 0.095454315 MMC de volumen útil requerido se llega a la cota 4396 m.s.n.m. que viene a ser el NAMO o nivel normal de embalse y que toma en cuenta el volumen existente propio de la laguna natural y se lo considera como volumen intangible o muerto (de acuerdo a normas medio ambientales) el cual oscila en 0.012457965 MMC o volumen mínimo de embalse NAMI (4391.00). El nivel máximo de aguas extraordinarias NAME alcanza la elevación 4397.00 m.s.n.m. teniendo en cuenta el tránsito de la avenida milenaria de diseño que determina un tirante de 1.00 m sobre la cresta del vertedero.

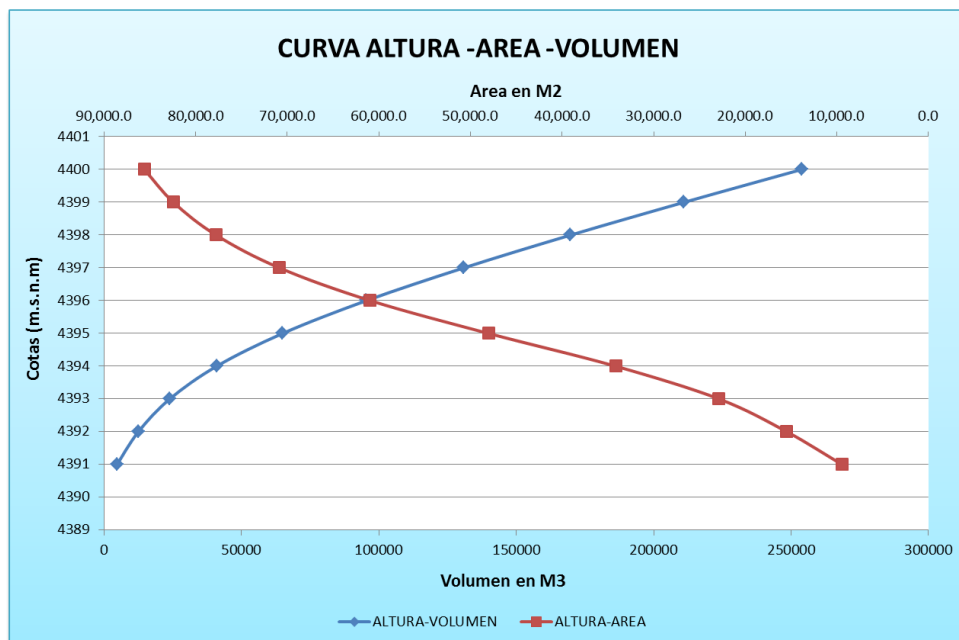


Figura 6. Curvas áreas-capacidades del vaso.

Cuadro 25. Cálculo de volúmenes y área de la mini presa

Elevación	Area	Area 1 + Área 2	Area 1 + Área 2	Intervalo vertical (h)	0.5 h	Volumen parcial	Volumen acumulado	Volumen acumulado
m	m ²	m ²	ha	m	m	m ³	m ³	MMC
4390	3,207.85							
4391	6,239.3	9,447.2	0.94	1.0	0.5	4,723.6	4,723.6	0.004723575
4392	9,229.5	15,468.8	1.55	1.0	0.5	7,734.4	12,458.0	0.012457965
4393	13,629.5	22,859.0	2.29	1.0	0.5	11,429.5	23,887.5	0.02388746
4394	20,520.7	34,150.2	3.42	1.0	0.5	17,075.1	40,962.6	0.04096256
4395	27,520.9	48,041.6	4.80	1.0	0.5	24,020.8	64,983.4	0.06498335
4396	33,421.0	60,941.9	6.09	1.0	0.5	30,471.0	95,454.3	0.095454315
4397	37,441.2	70,862.2	7.09	1.0	0.5	35,431.1	130,885.4	0.130885415
4398	40,340.9	77,782.0	7.78	1.0	0.5	38,891.0	169,776.4	0.169776425
4399	42,091.1	82,432.0	8.24	1.0	0.5	41,216.0	210,992.4	0.2109924
4400	43,515.8	85,606.9	8.56	1.0	0.5	42,803.4	253,795.8	0.25379584

• **Cálculo del volumen muerto**

$$Vs = 0.0015 \times 50Vm$$

$$Vs = 1380.14m^3$$

Donde:

Vm : volumen medio escurrido anual en m³

Vs = volumen muerto

- Podemos observar que nuestro volumen muerto para 50 años de vida útil no afecta a la estructura ya que el volumen de almacenamiento es mucho mayor.

• **Cálculo del volumen escurrido anual**

El método indirecto es muy útil en cuencas pequeñas que no tienen estaciones de aforo y por consiguiente se carece de datos; está basado en tres factores:

$$Vm = A \times Pm \times c$$

$$Vm = 18401.89 m^3$$

Donde:

Vm = Volumen medio escurrido anual en m³

A = Área de la cuenca de captación

Pm = Precipitación media anual en m²

C = Coef. de escorrentía

- **Cálculo del volumen total**

$$VT = VU + VS$$

$$VT = 0.096834329 \text{ MMC}$$

Donde:

Vu = Volumen útil

Vs = Volumen muerto

- De acuerdo al cuadro Área-Altura-Volumen y al cuadro de balance oferta demanda, el volumen final a la altura del NAMO es de 0.0954 MMC suficiente para abastecer la demanda.

- **Cálculo de la ventana de captación cuando trabaja como orificio ahogado**

- **Cálculo de las Características de la quebrada aguas abajo**

El coeficiente de descarga, a su vez, puede determinarse de la siguiente ecuación:

$$C_d = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g}$$

$$Cd = 0.89$$

Donde:

$\mu = 0.30$

g = Aceleración de la gravedad

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = Cd \times A \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

$$h = \left(\frac{hv}{2} + 0.2\right)$$

$$\frac{Q}{Cd \times L \times \sqrt{2 \times g}} = hv \times \sqrt{\frac{hv}{2} + 0.2}$$

L	0.4 m.
Cd	0,89
Q	0.05 m3/s
B	0.4 m.

Conclusión:

Entonces la altura de la ventana de Captación redondeado es: 0.40 m
 y puede captar el Qmin requerido que trabaja como tubería llena.

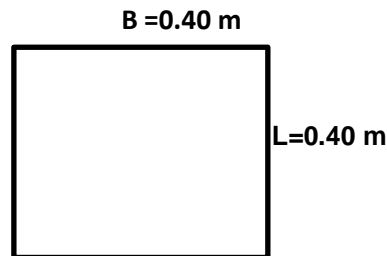


Figura 7. Dimensionamiento de la ventana de captación

- **Cálculo del vertedero de demasías.**

Una vez estimada el caudal de máxima avenida en la microcuenca, se procede a estimar las dimensiones del aliviadero de demasías para el caudal de 31.98 m³/s; mediante la fórmula del vertedero:

$$Q = C_d L H^{3/2}$$

Donde:

Q = Caudal que pasa sobre el vertedero

Cd = Coeficiente de descarga

L = Ancho del vertedero

H = Carga sobre el vertedero.

Los resultados de cálculo para L, se muestran a continuación:

Q (m3/s)	Cd	L (m)	H (m)
31.98	1.84	4	2
31.98	1.84	5	1.5
31.98	1.84	5.5	1
31.98	1.84	6	0.8
31.98	1.84	6.5	0.5

Finalmente las dimensiones del Vertedero serán:

Longitud : 5.50 m

Altura : 1.00 m

5.3.5.3. Cálculo estructural de la mini presa

5.3.5.3.1. Predimensionamiento del cuerpo de la mini presa

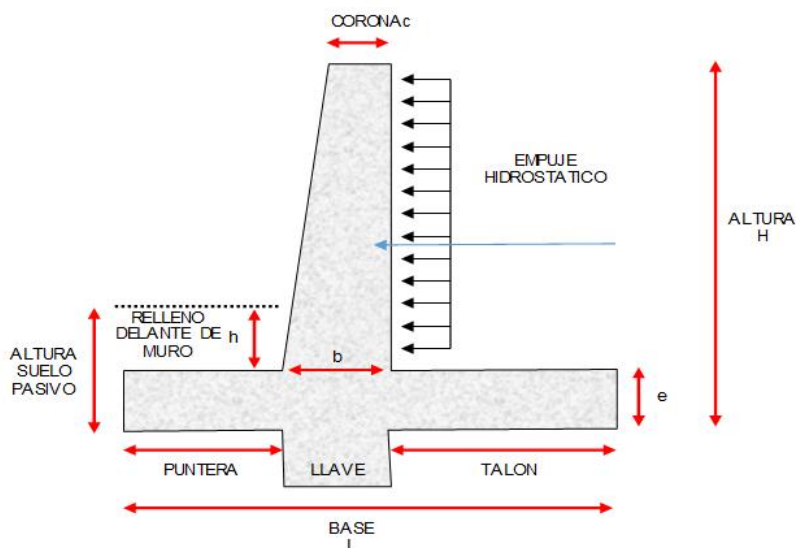


Figura 8. Predimensionamiento del muro

Datos:

DATOS CALICATA N° 01			DATOS GENERALES		
Peso específico del relleno	Gs	1800.00 Kg/m ³	Fc	210.00	Kg/cm ²
Peso específico del concreto	gc ^o	2400.00 Kg/m ³	Fy	4200.00	Kg/cm ²
Calidad diseño de concreto	f'c	210.00 Kg/cm ²	Ø	21.73	grados
Ang.fricc.Intern. suelo a contener	Ø	21.73 °	μ	0.30	
Capacidad portante del terreno	st	2.00 Kg/cm ²	γ	1.80	Tn/m ³
Coef. de fricción concreto-terreno	f2	0.300	ALTURA (H)	5.00	m
Espesor de recubrimiento del acero	r	0.05 m	SOBRECARGA (W)	1.00	Tn/m ²
Esfuerzo de fluencia del acero	fy	4200.00 Kg/cm ²	H	0.00	m

- Consideramos la resistencia del concreto $f'c$ 210.00 Kg/cm² ya que la mini presa es de concreto armado esto quiere decir que consiste en la utilización de hormigón o concreto reforzado con barras o mallas de acero, llamadas

armaduras se consideró esta resistencia del concreto por los siguientes códigos y normas que se detallan a continuación:

- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ACI 318. Building Code Requerimientos
- Concrete Manual -Bureau of Reclamation
- ASTM

La calidad del concreto, cumplirá con los requisitos de resistencia a la rotura a los 28 días ($f'c$) especificada en los planos de diseño y durabilidad expresada por la relación agua/cemento.

Predimensionamiento:

		Asumir
ESPESOR DE ZAPATA (e)	0.42	0.80
C	0.21	0.80
B	0.42	1.50
BASE (L)	3.33	5.00
PUNTERA	1.11	2.00
TALON	1.81	1.50

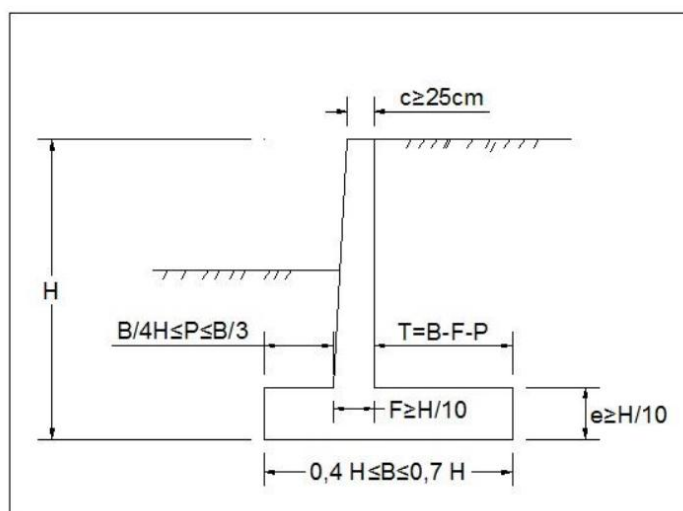
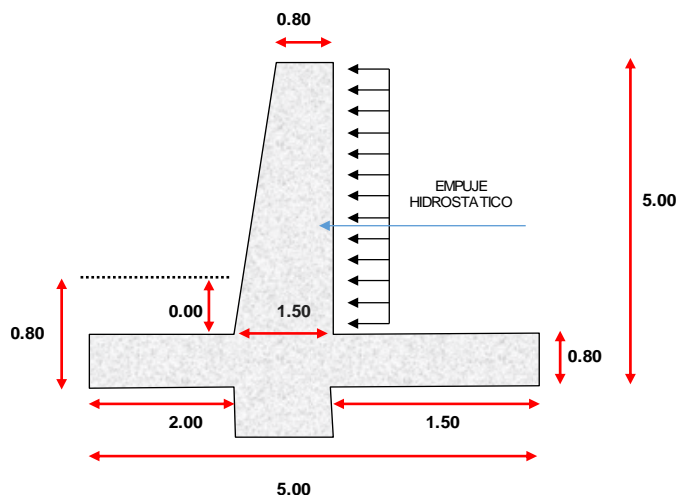


Figura 9. Relación del predimensionado del muro con respecto a la altura (fuente Torres Belandria)

Donde, **e** espesor de la base o zapata, **P** puntera de la base, **T** talón de la base, **C** espesor de la corona del muro. La cara exterior del muro puede ser vertical como en el caso del muro de la Figura 8. Sin embargo, la teoría de Rankine supone que la cara interna del muro es vertical.

En la Figura 10 se muestra el predimensionamiento del muro de 5 m. de altura, fundado a 0.80 m. de profundidad. Como se hace uso de la ecuación de Rankine para la determinación del empuje de tierra se propuso la cara interna del muro vertical $\psi = 90^\circ$. La base del muro se predimensionó igual al 60% de la altura del muro ($5\text{m} \cdot 0.60 = 3.33$), valor intermedio entre 0,4 y 0,7 de H. La puntera de la base de 2 m. de longitud se seleccionó con $B/3$. El espesor de la base y de la pantalla en la base se predimensionó al 15% de la altura del muro ($0.15 \cdot 5 \text{ m.} = 0.80$), quedando el talón de la base de 1.50 m. de longitud y la altura de relleno sobre el talón de 4.20 m. El espesor del coronamiento del muro se propuso igual a 0.80 m. para facilitar la colocación del concreto fresco durante la construcción.



NOTA IMPORTANTE:
 $B = (0.50 - 0.66)H$
 $c = H/24$ o 0.25 el mayor de los dos
 espesor zapata = $H/12$ mínimo
 $b = H/12$
 Puntera = $1/3$ del ancho de la base

Figura 10. Predimensionado del muro de $H=6\text{m}$

5.3.5.3.2. Análisis de estabilidad de la mini presa

- **Metodología para análisis de estabilidad de la presa.**

Para abordar el análisis de seguridad de una presa hay que evaluar distintos factores que influirán en la selección de los parámetros de cálculo, entre los aspectos a tener en cuenta tenemos:

Clasificación de la presa en función del riesgo potencial

Las presas se clasifican según sus características físicas (altura y volumen de embalse) y en función de las consecuencias potenciales asociadas a su fallo, que se

pueden medir en términos de pérdidas de vidas humanas y económicas. Para determinar la clasificación de las presas, nos basaremos en la siguiente denominación según su factor de riesgo:

- Correspondencia entre clasificación

CLASIFICACIÓN	FACTOR DE RIESGO
A	Extremo
B	Moderado
C	Bajo

Para la situación de la mini presa Cachipasana se asume una clasificación C debido a las siguientes consideraciones:

- **Topografía:** el cierre de la presa se encuentra en una topografía irregular con una pendiente regular en su margen derecha y con poca pendiente en su margen izquierda lo cual origina que la corona de la presa se alargue de manera pronunciada en este sector.
- **Aspectos geotécnicos:** la zona de cierre cuenta con parámetros geotécnicos aceptables teniendo en cuenta que la zona del dentellón en el pie de talud aguas arriba se cimentará sobre material rocoso alterado de buena resistencia y el resto del cuerpo de la presa se cimentará sobre material con una capacidad portante aceptable.
- **Aspectos sísmicos:** como es de conocimiento la zona sur del Perú (zona del altiplano) es una zona sísmica en la cual se han registrado los eventos sísmicos entre moderados a bajos, sin embargo es un aspecto que se debe de tener muy en cuenta en salvaguarda de la estructura de la presa.
- **Viviendas e infraestructura:** cercanas aguas abajo de la presa: no existe infraestructura de riego de importancia en uso así como viviendas, que pudiesen ser afectadas por el embalse de la presa ante una posible falla de esta.
- **Coefficientes de seguridad:** Los valores de los coeficientes de seguridad están en función de la clasificación de la mini presa y de la

combinación de análisis consideradas, sin embargo en los manuales del USACE se diferencian en primer lugar por estructuras críticas (Categoría A) y estructuras normales (Categorías B y C) y posteriormente se dan distintos valores según el nivel de caracterización del sitio de presa. En presas de concreto se consideran apropiados los siguientes coeficientes de seguridad, considerando para el presente diseño de la mini presa Cachipascaná en una categoría C.

- **Chequeo al volteo**

Este chequeo generalmente no es dominante en el caso de presas masivas bajas

$$F_{SV} = \frac{\sum \text{momentos estabilizantes}}{\sum \text{momentos desestabilizantes}} > 1.5$$

F_{SV} = factor de seguridad al vuelco

- **Chequeo por deslizamiento**

Para no exceder el esfuerzo a la tensión que podría eventualmente permitirse en el concreto, el esfuerzo a la compresión mínimo permitido calculado sin la presión hidrostática interna debe ser determinado con la siguiente expresión que toma en cuenta la resistencia a tensión del concreto en superficies sometidas a subpresión:

$$F_{SD} = \frac{\sum \text{fuerzas resistentes}}{\sum \text{fuerzas motoras}} = \frac{CA + f \sum FV}{\sum FH}$$

Donde:

F_{SD} = Factor de seguridad al deslizamiento

f = Coeficiente de fricción

FV = Fuerzas verticales

FH = Fuerzas horizontales

C = Cohesión unitaria

A = Área del dentellón en contacto con el suelo o área de la sección considerada

$F_{SD} = 3.0$ para combinación usual de cargas

$F_{SD} = 2.0$ para combinación usual de cargas

$F_{SD} = 1.0$ para combinación extrema de cargas

- Cálculo del análisis de estabilidad para la mini presa Cachipascana

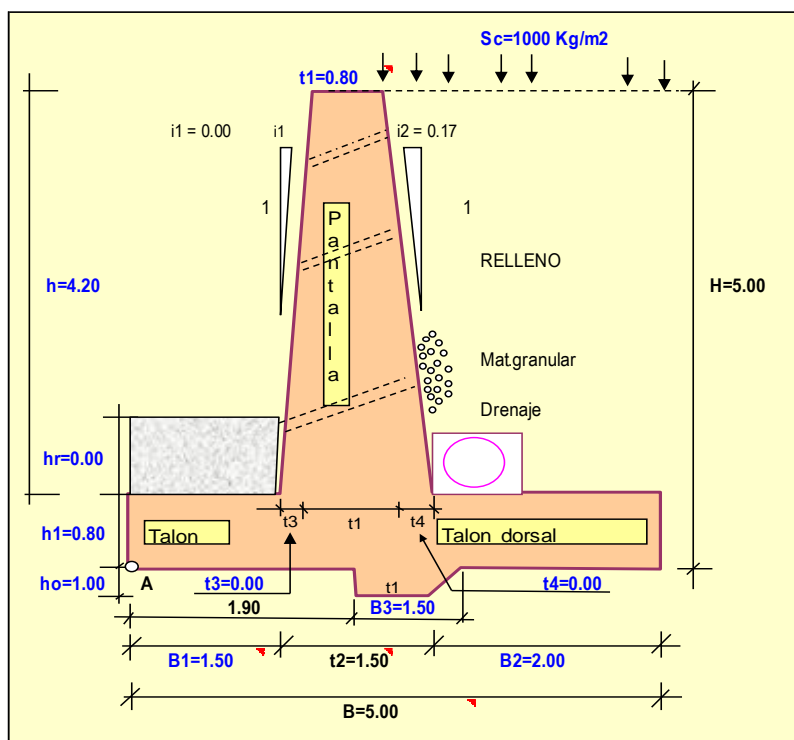


Figura 11. Muro dimensionado definitivo

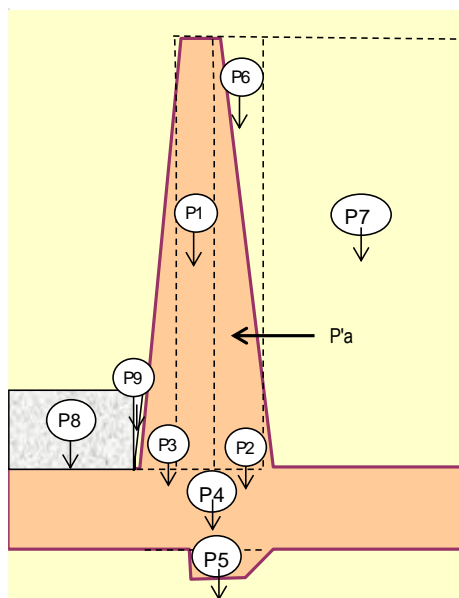


Figura 12. Esquematzación de las cargas

1. Cálculo de los coeficientes del empuje o presión activa y pasiva:

La pantalla del muro de hormigón armado tiene posibilidad de desplazarse sin impedimento alguno, pudiendo desarrollarse un estado de empuje activo, empleando la ecuación de Rankine se determinó el coeficiente de empuje activo.

$$K_p = \text{Coeficiente de presión pasiva de Rankine} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi_2}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi_1}{2} \right)$$

Para un relleno con superficie superior horizontal, se tiene

$$K_a = (1 - \text{SEN}\phi) / (1 + \text{SEN}\phi) = \mathbf{0.46}$$

$$K_p = (1 + \text{SEN}\phi) / (1 - \text{SEN}\phi) = \mathbf{2.18}$$

2. Cálculo del momento de vuelco debido al empuje o presión activa del agua (Pa):

$$P_{a=\frac{1}{2}} = \gamma (H')^2 K_a$$

Cálculo de altura equivalente de la sobrecarga h_s

$$h_s = S_c / \gamma_s = \mathbf{0.56 \text{ m}}$$

Pi	Pa (Tn)	Xi (m)	Mv (Tn-m)
Empuje activo	$1/2 * K_a * \gamma_s * H^2$ 10.35	1.67	17.285
Sobrecarga	$K_a * \gamma_s * h_s * H$ 2.30	2.50	5.750
TOTAL	12.650 Tn		23.035 Tn-m

3. Cálculo del momento de volteo Mv con respecto al punto "A" debido al suelo:

Las fuerzas que la componen son el peso propio, peso del relleno y el peso total de la sobrecarga.

$$\sum Mo = Ph (H'/3)$$

Pi	Pi (Tn)	Xi (m)	Mr (Tn-m)
P1	t1*h*gc°	8.064	15.322
P2	1/2*(t4*h)*gc°	3.528	8.938
P3	1/2*(t3*h)*gc°	0.000	0.000
P4	B*h1*gc°	9.600	24.000
P5	1/2*(t1+B3)*ho*gc°	2.760	6.880
P6	1/2*(t4*h)*gs	0.000	0.000
P7	B2*h*gs	15.120	60.480
P8	hr*B1*gs	0.000	0.000
P9	t3*hr²*gs/(2*h)	0.000	0.000
Sc	B2*hs*gs	2.000	8.000
TOTAL	41.072 Tn		123.619

El peso del suelo arriba del talón y el peso de concreto (Pi) son fuerzas que contribuyen al momento resistente, además de la componente vertical de Pa, es decir Pv.

4. Cálculo del punto de aplicación de la fuerza actuante:

El cálculo del esfuerzo máximo y mínimo se realiza con las formulas obtenidas a partir de la fórmula de la escuadrilla.

$$q_{min}^{max} = \frac{\sum Fy}{BL} \left[1 \pm \frac{6e}{B} \right]$$

Donde :

∑ Fy = Sumatoria de las fuerzas verticales

B = Ancho de la base

L = Distancia contra fuertes

e = Excentricidad » $\frac{B}{2} - x$

X = (Mr-Mv)/P = 2.45 m

Donde: X se mide a partir del punto A del pie

Excentricidad

e = B/2-X =0.05m, como e < B/6, entonces **OK**

qmax = P(1+6e/B)/B =0.87 kg/cm² < Cps = 2 **OK**

qmin = P(1-6e/B)/B =0.77 kg/cm² < Cps = 2 **OK**

Luego, $q = (q_{min}-q_{max})/B \cdot X + q_{max}$

Para $X=B_1$, $q_1 = 8,415.55 \text{ kg/m}^2$

Para $X=B_1+t_2$, $q_2 = 8,113.83 \text{ kg/m}^2$

5. Chequeo por volteo (Cv):

$Cv = Mr/Mv =$	5.37	>	FSV=2	OK
----------------	------	---	-------	----

6. Chequeo por deslizamiento (Cd):

El deslizamiento se puede producirse en la interface base del muro y el suelo

Coefic. de fricción $m = 0.30$

El deslizamiento se puede producir entresuelo-suelo por debajo de la base del muro

$m = 0.9 \cdot \tan(\phi_s) = 0.36$

Utilizando el menor m , se tiene:

$Pp = 1/2 \cdot Kp \cdot gs \cdot (ho+h1+hr)^2 = 6.345$

$FD = (m \cdot P + Pp) / Pa = 1.50$	=	FSD=1.5	OK
-------------------------------------	---	---------	----

RESULTADO DE ESTABILIDAD			
Soporte del suelo	OK	OK	
Exentricidad de la resultante	OK		
Estabilidad al volteo	OK		
Estabilidad al deslizamiento	OK		
Fuerzas cortantes			
Base del muro	OK	En talón frontal	OK
En talón dorsal	OK	Diente	OK

En atención a los resultados del cálculo puede concluirse que los taludes de la mini presa Cachipascana, en condiciones estáticas y pseudo estáticas, tienen factores de seguridad mayores que los factores de seguridad mínimos prescritos, lo que quiere decir que los criterios de estabilidad establecidos se han cumplido, por lo tanto la estabilidad de la presa es aceptable.

El procedimiento cumple con todos los requerimientos de seguridad contra volcamiento, contra el deslizamiento y con las presiones de contacto, quedando teóricamente toda la base del muro en compresión de tal manera que la

distribución de presiones es bastante regular disminuyendo el efecto de asentamientos diferenciales entre la puntera y el talón del muro.

7. Cálculo del acero en el muro :

Cálculo de presión activa que hace fallar la pantalla

Cálculo de altura equivalente de la sobrecarga h_s

$$h_s = S_c/g_s = 0.56 \text{ m}$$

Pi	Pa (Tn)	Yi (m)	M (Tn-m)
Empuje activo	$1/2 * K_a * g_s * h^2$ 7.30	h/3 1.40	10.224
Sobrecarga	$K_a * g_s * h_s * h$ 1.93	h/2 2.10	4.057
TOTAL	9.235 Tn		14.281 Tn-m

$$\text{Luego, el } M_u = 1.7 * M_v = 24.28 \text{ Tn-m}$$

7.1. Cálculo del peralte efectivo (d)

$$d = t_2 - r = 145.00 \text{ cm}$$

7.2. Cálculo de la cuantía del acero mediante el parámetro R_u :

$$R_u = M_u / (b * d^2), \text{ para } b=1 \text{ m}, R_u = 1.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Por otro lado, } R_u = 0.9 * p * F_y * (1 - 0.59 * p * F_y / f'c)$$

$$\text{Resolviendo la ecuación cuadrática, } p = 0.03 \%$$

7.3. Área de acero vertical

$$A_s = p * d * b, b=100, A_s = 3.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0.0015b * t_2 = 22.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luego resulta } A_s = 22.50 \text{ cm}^2$$

7.4. Área del acero horizontal

De la base hasta la parte media

$$A_{s \text{ mín}} = 0.0025b * t_2 = 37.50 \text{ cm}^2$$

De la parte media a superior

$$A_{s \text{ mín}} = 0.0025b * t' = 28.75 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo del acero

$$S \leq 3d \text{ Y } S \leq 45 \text{ cm}$$

8. Distribución del acero en el muro:

Distribución del acero vertical			
Usar Ø	1/2"	@ 5.5 cm	Smax / 2 = 23cm OK
Como el ancho de la corona > 25 cm, colocar acero en las dos caras			
Distribución del acero horizontal inferior			
El exterior con las 2/3 partes			
Usar Ø	3/8	@ 2.5 cm	Smax = 45cm OK
El interior con 1/3			
Usar Ø	3/8	@ 5.5 cm	Smax = 45cm OK
Distribución del acero horizontal superior			
El exterior con las 2/3 partes			
Usar Ø	3/8	@ 3.5 cm	Smax = 45cm OK
El interior con 1/3			
Usar Ø	3/8	@ 7.0 cm	Smax = 45cm OK

9. Longitud de anclaje para el acero vertical:

Para $\phi < 7/8$, $L = \phi * f_y * 0.9 / (6.63 * f_c^{0.5})$

Para $\phi \geq 7/8$, $L = \phi * f_y * 0.9 / (5.31 * f_c^{0.5})$

Luego, resulta $L = 50 \text{ cm}$

10. Corte de la mitad del acero vertical:

Momento resistente en base y corona para el acero elegido a doble espaciamiento, es decir:

$\phi 0.5" @ 11\text{cm}$ Luego $A_s = 11.73 \text{ cm}^2$ $S_{max} = 45\text{cm}$ **OK**

$a = A_s * f_y / (0.85 * f_c * 100) = 2.76 \text{ cm}$

En la corona $M_1 = \phi * A_s * f_y * (t_1 - r - a/2) = 32.64 \text{ Tn-m}$

En la base $M_2 = \phi * A_s * f_y * (d - a/2) = 64.26 \text{ Tn-m}$

Hallando la intersección de la ecuación cúbica del DMF y la recta formada por M_1 y M_2 , se determina el punto de intersección para:

$h_i = 1.875 \text{ m}$

El corte de la mitad del refuerzo vertical se efectuará en $h_i + d = 3.33 \text{ m}$

11. Verificación de la fuerza cortante en la base del muro:

$$Vu = 1.7 * (1/2 * Ka * gs * h^2 + Ka * gs * hs * h) = 15699 \text{ Kg}$$

$$\phi Vc = 0.85 * 0.53 * f_c^{0.5} * b * d = 94661 \text{ Kg}$$

Como $Vu < \phi Vc$, OK

12. Cálculo de acero en la zapata:

- *Talón dorsal*

$$Wu = 1.4 * (gs * h + h1 + C156 + h1 * gc^0) + 1.7 * Sc = 14972 \text{ Kg/m}$$

$$Mu = Wu * B^2 / 2 - 1.7 * (q_2 * B^2 / 6 + q_{min} * B^2 / 3) = 3269 \text{ Kg-m}$$

Cálculo de la cuantía del acero mediante el parámetro Ru (El parámetro Ru es un coeficiente adimensional que se define como la razón entre la presión intersticial y la tensión total vertical):

$$Ru = Mu / (b * d^2), \text{ para } b = 1 \text{ m}, \quad Ru = 0.58 \text{ Kg/cm}^2$$

Por otro lado, $Ru = 0.9 * p * Fy * (1 - 0.59 * p * Fy / f'c)$

Resolviendo la ecuación cuadrática, $p = 0.02 \%$

$$As = p * d * b, \quad b = 100, \quad As = 1.2 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ mín} = 0.0020b * h1 = 16.0 \text{ cm}^2$$

Luego, $As = 16.0 \text{ cm}^2$

Distribución del acero vertical: Usar $\phi 1/2'' @ 8.0 \text{ cm}$ $S_{max} = 45 \text{ cm}$ OK

Verificando la fuerza cortante

$$Vu = Wu * B_2 - 1.7 * (q_2 + q_{min}) * B_2 / 2 = 3041 \text{ Kg}$$

$$\phi Vc = 0.85 * 0.53 * f_c^{0.5} * b * d = 48963 \text{ Kg}$$

Como $Vu < \phi Vc$ OK

- *Talón frontal*

$$Mu = 1.7 * (q_{max} * B^2 / 3 + q_1 * B^2 / 6) = 16479 \text{ Kg-m}$$

Cálculo de la cuantía del acero mediante el parámetro Ru :

$$Ru = Mu / (b * d^2), \text{ para } b = 1 \text{ m}, \quad Ru = 2.93 \text{ Kg/cm}^2$$

Por otro lado, $Ru = 0.9 * p * Fy * (1 - 0.59 * p * Fy / f'c)$

Resolviendo la ecuación cuadrática, $p = 0.08 \%$

$$As = p * d * b, \quad b = 100, \quad As = 5.9 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ mín} = 0.0020b * h1 = 16.0 \text{ cm}^2$$

Luego, $As = 16.0 \text{ cm}^2$

Distribución del acero vertical: Usar $\phi 1/2'' @ 8.0 \text{ cm}$ $S_{max} = 45 \text{ cm}$ OK

Verificando la fuerza cortante

$$V_u = 1.7 \cdot B/2 \cdot (q_{\max} + q_1) = 21844 \text{ Kg}$$

$$\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \cdot f_c^{0.5} \cdot b \cdot d = 48963 \text{ Kg}$$

Como $V_u < \phi V_c$, OK

- *Diente contra el deslizamiento*

$$\text{Empuje pasivo } P_p = K_p \cdot g_s \cdot (h_1 + h_r) h_o + K_p \cdot g_s \cdot h_o^2 / 2 = 7.05 \text{ Tn}$$

$$\text{Brazo del momento } Y = (3 \cdot (h_1 + h_r) + 2 \cdot h_o) \cdot h_o / (6 \cdot (h_1 + h_r) + 3 \cdot h_o) = 0.56$$

$$M_n = P_p \cdot Y = 3.98 \text{ Tn-m}$$

$$M_u = 1.4 \cdot M_n = 5.567$$

Peralte:

$$d = B_3 - r = 145 \text{ cm}$$

Cálculo de la cuantía del acero mediante el parámetro R_u :

$$R_u = M_u / (b \cdot d^2), \text{ para } b = 1 \text{ m}, \quad R_u = 0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Por otro lado, } R_u = 0.9 \cdot p \cdot F_y \cdot (1 - 0.59 \cdot p \cdot F_y / f_c)$$

Resolviendo la ecuación cuadrática, $p = 0.00 \%$

Área de acero vertical

$$A_s = p \cdot d \cdot b, \quad b = 100, \quad A_s = 0.00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0.0015 b \cdot B_3 = 22.50 \text{ cm}^2$$

Luego resulta $A_s = 22.50 \text{ cm}^2$

Distribución del acero vertical: Usar $\phi \quad 1/2'' \quad @ \quad 5.5 \text{ cm} \quad S_{\max} = 45 \text{ cm} \quad \text{OK}$

Verificando la fuerza cortante

$$V_u = 1.7 \cdot (1/2 \cdot K_p \cdot g_s \cdot (h_o + h_1 + h_r)^2) = 10786 \text{ Kg}$$

$$\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \cdot f_c^{0.5} \cdot b \cdot d = 94661 \text{ Kg}$$

Como $V_u < \phi V_c$, OK

DIMENSIONAMIENTO DEL ACERO

	Ø	@	Smax	
Acero vertical en muro	1/2"	5.5 cm	23cm	OK
Acero horizontal parte baja del muro				
Exterior	3/8"	2.5 cm	45cm	OK
Interior	3/8"	5.5 cm	45cm	OK
Acero horizontal parte alta del muro				
Exterior	3/8"	3.5 cm	45cm	OK
Interior	3/8"	7.0 cm	45cm	OK
Acero en talón dorsal	1/2"	8.0 cm	45cm	OK
Acero en talón frontal	1/2"	8.0 cm	45cm	OK
Acero en diente contra deslizam.	1/2"	5.5 cm	45cm	OK
Cortar la mitad del acero vertical a			3.33 m	

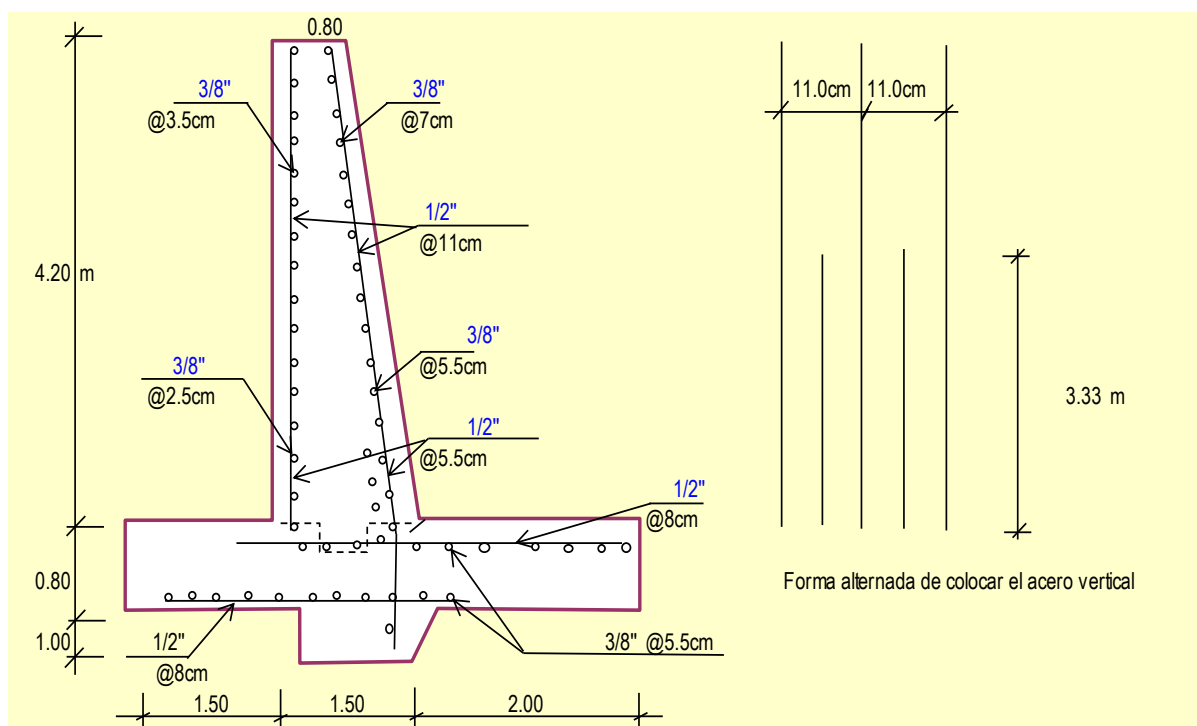


Figura 13. Dimensionamiento del acero en cara exterior de pantalla

5.3.5.4. Plan de Control de Sedimentos en la mini presa Cachipascana.

Para el proyecto "Mini presa Cachipascana" se asignó un período de vida útil de 50 años, sin embargo los organismos encargados de su manejo deben preocuparse por trascender estos parámetros ya que es muy importante tener un plan de control de sedimentos para poder tener un óptimo funcionamiento de la mini presa por mucho años.

Las acciones de control de sedimentación en cada embalse, parte por cuantificar el gasto sólido total; nuestras alternativas planteadas posiblemente sean muy referenciales, por el tipo y calidad de la información básica disponible y por las singularidades del fenómeno en estudio, por el momento son suficientes para advertir el problema de colmatación de la mini presa.

5.3.5.4.1. Lineamiento básico.

a) Precipitaciones de periodo de retorno de 50 años

Como medida para precipitaciones con periodo de retorno de 50 años se considera el control de sedimentos en periodos de avenidas. Es más efectivo implementar las siguientes medidas.

a.1) Facilidades de control de producción de sedimentos

Las facilidades de contención de producción de sedimentos tienen por objetivo controlar la producción a través de la protección de laderas, márgenes y lecho de los ríos que son la fuente de producción de sedimentos.

- Protección de laderas (obras de protección)

Las obras en las laderas consisten en:

- Obras básicas de protección para la estabilización de pendientes y prevenir la erosión en las laderas.
- Obras de reforestación en las laderas para prevenir o mitigar la ocurrencia o expansión de erosión superficial y fallas superficiales.

La implementación o una combinación adecuada de estas medidas logran el control de la producción de sedimentos. Las obras de ladera sirven para estabilizar los sedimentos de las partes de excavación y prevenir la erosión debido a las lluvias con el drenaje de ladera.

La reforestación de laderas es un método que busca prevenir y proteger las pendientes de la erosión y controlar el escurrimiento de suelo superficial.

- Compactación del piso

Las obras de compactación del piso tienen por objetivo mitigar o prevenir la erosión o arrastre de sedimentos en las quebradas a través del control de arrastre de sedimentos en el lecho y estabilización del mismo, al mismo tiempo sirve para prevenir o mitigar la erosión o arrastre de las márgenes. Las obras de compactación protegen la subsidencia durante los trabajos en los márgenes, por lo que tiene una función protectora también.

Al momento de planificar la localización de la compactación de piso los siguientes aspectos deben ser considerados.

- Planificar su ubicación en lugares con riesgo de hundimiento del lecho.
- Aguas abajo de las obras, cuando el objetivo sea la protección de las mismas.
- En lugares con erosión, derrumbes o deslizamiento en las márgenes, la ubicación debe ser aguas abajo.

- Protección de márgenes de la quebrada

Las obras de protección de márgenes tienen por objetivo controlar la erosión y derrumbe de las márgenes.

Estas obras son diseñadas para zonas en que convergen las aguas donde causan o pueden causar erosión o derrumbes, debido al arrastre de sedimentos o por el caudal de agua.

a.2) Obras de control de arrastre de sedimentos en la mini presa

Para el control de acumulación de sedimentos en la mini presa Cachipascana consideramos en el diseño una ventana de limpia que tiene por objetivo controlar y eliminar la acumulación de sedimentos. (Anexos).

VI. CONCLUSIONES

1. Se evaluó dos alternativas de solución para evitar el problema de escasez de agua para la actividad del hombre en la comunidad de Cachipascana, donde se optó por la alternativa 1: instalación del sistema de riego Cachipascana, mediante canal abierto una longitud de 2000 ml y obras de arte necesarios para dicha instalación de riego, incluido la mini presa en función a las características de la zona y costos que demanda la instalación del sistema.
2. La comunidad de Cachipascana consta de 49 familias, con una población de 245 habitantes, la actividad principal es la agropecuaria de autoconsumo, producción de pastos cultivados y pastos naturales para la alimentación del ganado ya que ellos se dedican a la crianza de ganado auquénido, ovino y animales menores. La tenencia de tierras es de tipo parcela con propiedades individuales, no cuenta con junta administradora de riego.
La población económicamente activa es 35%, el comercio se desenvuelve por el sistema de autoconsumo sin tener una actividad extensiva, el bajo ingreso familiar solamente permite que tengan una economía de subsistencia.
3. La disponibilidad de agua de la quebrada Cachipascana es de un caudal promedio de 70 l/s y el área beneficiada será de 50 has con un módulo de riego de 1.00 l/s/ha que genera una demanda de agua de 50 l/s, de acuerdo a los cultivos la mini presa almacenara aproximadamente 95454.3 m³ anuales y podremos cubrir la demanda todo el año. Según el diseño hidráulico la ventana de captación de la mini presa es de 0.4m. de altura y 0.4 m. de ancho, el vertedero de demasías tiene 5.50 m. de largo y 1.00 m. de altura, la altura de la mini presa es 6m de altura 12 m. de longitud de la base.

VII. RECOMENDACIONES

Se debe complementar el diseño de un sistema de riego con los componentes que parte del mismo, por parte de las entidades competentes en función a los resultados obtenidos y considerar la sensibilización social de los beneficiarios en el uso adecuado del sistema y del agua.

Se debe complementar un estudio de transporte de sedimentos completo para determinar el volumen muerto más aproximado.

Se debe complementar un diseño estructural más detallado para asegurarnos de que la obra no corra ningún peligro.

Capacitar a los pobladores de la comunidad de Cachipascaná para el mantenimiento y conservación de la minipresa para su adecuado uso y sostenibilidad del proyecto.

Promover la formación de una junta administradora del agua, para realizar un uso correcto del agua, con equidad para beneficiar al total de la población de la comunidad de Cachipascaná.

Realizar transferencia tecnológica sobre sistemas de riego, para dar un uso óptimo del agua y de acuerdo a la necesidad de la cedula de cultivos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ALUNNI, J. (2007). Fundamentos de Ingeniería. Consultado en <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T11p.pdf>
- APARICIO, F. (2001). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México.
- CAJINA, M. (2006). Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Costa Rica.
- CAMPOS, A; y FRANCISCO, D. (2005). Agroclimatología. Cuantitativa de Cultivos. Editorial Trillas, México.
- CHANG, C. (2010) Introducción a la Ingeniería de Presas, Perú.
- CHOQUEHUANCA C. (2010) Tesis " estudio y análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales en la micro cuenca del Loripongo del distrito de Pichacani Laraqueri " FIA-UNA-PUNO.
- CHOW, V. (1994). Hidrología Aplicada. Editorial Mc Graw Hill, Colombia.
- DINAGUA (2010). Manual de Diseño y Construcción de Pequeñas Presas volumen 1: diseño hidrológico / hidráulico, Montevideo Uruguay.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO77, Riego y Drenaje nº 24. FAO. Roma, 1986.
- FIGUERAS, M. (2008). Diseño de presas pequeñas, Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de: maestro en ingeniería, México.
- GUEVARA M. E. Presas. UCA (2009)
- GOBIERNO REGIONAL DE PUNO. (2013). Gobierno Regional inaugura la represa Cocaña e iniciará la represa Aricoma en Carabaya. En: <http://www.regionpuno.gob.pe/2011-2014/archives/11124> (Consulta: 31 de octubre de 2015).
- GÓMEZ, V. (2008). La economía de las comunidades campesinas de la sierra del Perú y su articulación al mercado en un contexto de liberalización: El caso de la CC de Quero – Junín. Anales científicos UNALM, Vol. 69, Núm. 1.
- GONZÁLEZ, J. (2005). Diseño de Estructuras Hidráulicas.
- GONZALES, L. (2012). Geología Aplicada a Presas, Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil, Lima Perú.

- GREENFACTS. (2015) ¿Cómo Afecta el Cambio Climático a los Recursos Hídricos? En <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/l-2/4-efectos-acciones-humanas.htm> (Consulta el 21 de octubre del 2015).
- HERRERA, L. (2010). Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia, Tesis Ingeniería Civil, Instituto Politécnico Nacional México.
- LA ONDA VERDE (2008). Consecuencias del calentamiento global. En <http://www.nrdc.org/laondaverde/globalwarming/fcons.asp> (Consulta 20 de octubre)
- MARTÍNEZ, A. (2007). Estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas” en los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- MASOLA, R.; CATTÁNEO, N.; GIORGIO, E.; REYNAFÉ, C.; HELBER, D. (1999). Estudio de recursos hídricos superficiales con destino a riego complementario (Departamentos Paraná, Victoria, Diamante y Nogoyá). Revista Científica Agropecuaria, 3: 21-25.
- MONGIL, J. (2004). Desarrollo y aplicación de una metodología destinada al dimensionado de sistemas de recolección de agua para la restauración forestal en zonas áridas, TESIS DOCTORAL, Universidad de Valladolid, Palencia.
- PARDOS, J.A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid.
- PRORRIDRE (2014). Informe Memoria, Puno 2014.
- RED AGRICOLA (2013). Entregan proyecto de Irrigación Lagunillas en Perú. En <http://www.redagricola.com/reportajes/agua/entregan-proyecto-de-irrigacion-lagunillas-en-peru> (consulta 28 de octubre del 2015).
- SCHROT, E. (2005). Proceso constructivo de presas, Perú.
- SLIDESHARE (2014). Cosecha De Agua para producir y enfrentar sequias. En <http://es.slideshare.net/CARENIC/cosecha-de-agua-9-web> (consulta 31 de octubre del 2015).

- TUMI, J.E.; TUMI, A.J. (2015). Pobreza exclusión social y acceso a oportunidades vitales en la región Puno. Rev. Investig. Altoandin., Vol 17 N° 3: 403-410.
- VILLARINO, E. (1998). Tratado Básico de Presas cuarta edición, Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos, España.
- WEART, S. (2007). El Calentamiento Global. Revista Ambiente y Desarrollo, 23 (3): 81 - 82, Santiago de Chile.

ANEXOS

Cuadro 26. Precipitación areal mensual (mm) cuenca Cachipascana

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	188.2	137.0	69.3	45.2	4.4	0.2	0.4	10.0	54.8	32.3	95.0	34.2	671.0
1961	173.2	173.3	120.3	39.6	17.3	5.3	0.0	9.8	17.7	22.3	38.8	128.4	746.0
1962	196.2	127.0	90.5	57.4	4.8	0.1	13.7	1.0	26.2	33.4	46.9	97.2	694.4
1963	203.8	142.4	81.0	27.8	1.8	0.3	2.2	1.5	18.3	49.1	43.7	92.6	664.5
1964	97.2	134.5	123.6	26.4	20.2	0.1	0.0	6.0	28.7	15.6	57.3	51.1	560.7
1965	87.0	77.9	45.4	25.5	1.6	1.6	2.5	4.8	22.3	18.5	24.2	130.4	441.7
1966	48.9	109.1	56.2	21.0	36.4	0.0	0.1	0.1	4.0	33.0	69.3	62.1	440.2
1967	77.6	121.6	176.0	25.0	10.0	0.0	10.9	9.2	35.6	29.3	4.6	111.8	611.6
1968	132.0	142.8	114.9	24.4	29.2	10.8	1.2	0.9	9.6	48.7	107.6	69.8	691.9
1969	156.8	87.4	54.1	19.1	1.6	1.0	1.9	1.6	11.2	16.0	38.0	75.5	464.2
1970	118.8	101.2	124.3	27.5	13.1	0.1	0.2	0.1	7.4	16.1	14.7	128.4	551.9
1971	144.8	221.6	59.8	22.6	1.9	1.3	0.0	3.4	0.0	11.0	46.4	114.5	627.3
1972	223.9	154.5	128.7	15.8	2.0	0.0	0.7	0.2	17.0	31.8	43.8	114.8	733.2
1973	208.3	126.6	124.1	51.7	12.3	0.3	6.7	10.9	32.8	8.7	20.1	59.7	662.2
1974	273.8	226.2	71.2	31.8	0.2	0.8	0.2	60.3	9.2	8.7	12.0	56.0	750.4
1975	154.1	199.6	112.9	16.0	19.1	2.7	0.0	4.5	14.6	30.1	21.3	171.7	746.6
1976	262.5	137.4	135.6	20.6	8.3	0.2	10.5	27.4	32.2	5.6	2.3	61.8	704.4
1977	62.2	194.5	142.0	8.5	3.7	0.0	0.9	0.4	19.8	34.0	82.6	99.9	648.5
1978	209.4	90.9	84.2	41.6	0.0	0.0	9.3	4.3	9.7	7.4	107.6	89.2	653.6
1979	162.6	70.8	109.8	15.7	0.3	0.4	4.9	3.6	2.6	34.4	25.2	76.4	506.7
1980	64.4	56.7	186.8	6.8	0.2	0.0	4.3	8.4	33.8	58.5	28.8	34.7	483.4
1981	184.3	236.5	112.8	40.3	2.9	0.1	1.1	28.3	16.6	17.5	20.3	114.3	775.0
1982	176.1	75.6	96.8	27.9	2.7	0.6	1.2	1.7	33.9	69.2	64.7	22.2	572.6
1983	58.3	54.3	18.8	17.6	4.0	1.6	0.1	3.1	15.6	13.2	16.0	71.9	274.5
1984	296.2	243.8	181.7	18.3	8.6	13.3	0.3	8.6	2.8	73.5	133.1	84.3	1,064.5
1985	139.4	213.5	102.3	85.5	17.9	18.9	0.3	5.2	31.8	11.0	117.7	160.1	903.6
1986	145.1	242.7	203.5	71.9	5.8	0.1	2.5	9.1	7.4	4.5	30.8	140.9	864.3
1987	216.6	54.3	48.3	18.4	1.0	3.0	22.3	2.5	6.9	30.8	46.3	28.3	478.7
1988	164.1	45.2	132.3	87.8	10.0	0.8	0.3	0.0	13.4	24.0	7.3	72.7	557.9
1989	171.7	131.8	141.9	59.5	5.5	4.1	3.1	6.0	7.6	3.2	15.8	28.9	579.1
1990	118.2	34.4	59.4	19.3	13.2	46.9	2.9	14.8	6.2	72.7	78.7	93.5	560.2
1991	110.7	91.9	156.2	36.0	3.1	22.2	2.4	1.6	13.4	28.6	20.5	51.9	538.5
1992	121.4	67.0	31.9	23.9	0.3	2.8	6.3	29.6	0.5	46.5	40.0	75.7	445.9
1993	176.0	58.2	126.7	41.9	8.4	1.2	0.0	40.2	15.1	76.7	78.8	131.4	754.6
1994	165.5	164.9	111.5	66.9	10.5	0.7	1.3	0.6	4.7	13.9	62.5	119.4	722.4
1995	110.2	124.3	121.5	10.7	2.2	0.5	0.0	1.3	9.5	7.7	46.0	108.8	542.7
1996	209.3	117.7	63.9	40.8	9.7	0.0	1.5	25.5	6.2	5.3	68.4	93.8	642.1
1997	199.2	192.8	93.7	29.2	2.4	0.0	0.0	27.9	64.6	22.4	87.8	63.6	783.6
1998	121.6	89.7	68.8	22.0	0.1	12.9	0.0	0.4	0.9	20.4	41.0	24.3	402.1
1999	126.2	191.5	217.4	61.9	9.2	0.4	0.1	5.0	8.7	79.6	6.3	64.8	771.1
2000	235.4	172.5	106.6	16.7	4.6	2.0	0.9	8.4	4.7	56.5	9.5	97.6	715.4
2001	302.8	215.0	137.9	49.3	6.9	0.6	3.5	9.8	8.3	28.9	31.9	52.4	847.3
2002	73.9	186.4	140.7	70.6	17.8	8.5	19.9	10.0	9.2	49.5	67.9	79.1	733.5
2003	129.5	106.8	117.8	17.2	10.6	0.4	1.4	7.5	17.4	11.5	24.0	91.6	535.7
2004	198.2	124.4	71.5	20.8	9.4	3.1	18.9	41.8	13.3	0.9	11.1	63.5	576.9
2005	103.8	206.0	62.8	30.9	3.5	0.0	0.0	0.0	21.2	29.7	39.2	135.2	632.3
2006	241.4	93.2	105.3	38.4	8.7	1.8	0.0	6.6	19.1	26.2	53.0	71.9	665.6
2007	93.7	87.7	131.1	31.4	3.8	0.4	0.5	0.4	37.0	27.4	47.3	83.1	543.8
2008	132.8	65.4	38.2	10.0	1.9	0.0	0.0	0.0	8.9	67.7	31.4	154.5	510.8
2009	77.7	100.1	39.1	26.6	0.0	0.0	4.4	0.0	23.8	18.5	69.0	85.5	444.7
2010	171.9	138.5	69.5	26.0	10.2	0.0	0.0	3.7	0.0	60.6	21.7	86.0	588.1
2011	116.1	150.7	78.1	26.2	2.0	0.0	7.2	16.2	70.3	70.1	20.3	98.6	655.8
2012	153.6	93.1	83.7	65.4	0.0	1.8	0.2	0.0	6.5	18.0	35.0	155.8	613.1
2013	159.7	94.5	69.9	17.7	2.4	2.8	1.0	7.6	7.7	60.2	45.0	91.2	559.7
2014	118.3	82.9	76.2	32.7	8.0	0.0	5.5	10.2	68.8	27.6	38.8	87.9	556.9
PROM	155.7	130.6	102.3	33.3	7.2	3.2	3.3	9.1	18.0	31.2	44.7	88.1	626.7
DESVEST	60.2	56.8	44.0	19.4	7.4	7.6	5.2	12.3	16.6	21.9	30.6	35.9	138.7

Cuadro 27. Modelo hidrológico de Lutz Scholz para la generación de caudales mensuales para el año promedio cuenca quebrada Cachipasana

MES	PRECIPITACION MENSUAL					CONTRIBUCION A LA RETENCION				CAUDALES MENSUALES			
	TOTAL P (mm/mes)	EFECTIVA				GASTO		ABASTECIMIENTO		GENERADOS		AFORADOS	
		PE - I (mm/mes)	PE - II (mm/mes)	PE - III (mm/mes)	PE (mm/mes)	b_i	G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)	(mm/mes)	(m3/sg)	(m3/sg)	(mm/mes)
ENERO	155.70	37.00	69.30	95.30	68.30	0.000	0.00	0.695	36.10	32.20	0.130	0.350	85.10
FEBRERO	130.60	20.70	46.20	71.40	55.00	0.000	0.00	0.040	2.10	52.90	0.240	0.000	0.00
MARZO	102.30	9.40	25.70	42.20	34.30	0.000	0.00	-0.270	-14.00	48.30	0.200	0.000	0.00
ABRIL	33.30	0.30	3.50	6.80	3.90	0.432	30.00	0.251	13.10	20.80	0.090	0.000	0.00
MAYO	7.20	0.00	0.90	1.80	0.80	0.182	12.60	0.081	4.20	9.20	0.040	0.000	0.00
JUNIO	3.20	0.00	0.40	0.80	0.40	0.079	5.50	0.000	0.00	5.90	0.030	0.000	0.00
JULIO	3.30	0.00	0.40	0.90	0.30	0.033	2.30	0.000	0.00	2.60	0.010	0.000	0.00
AGOSTO	9.10	0.00	1.10	2.20	1.00	0.014	1.00	0.000	0.00	2.00	0.010	0.000	0.00
SETIEMBRE	18.00	0.00	1.90	4.00	1.70	0.006	0.40	0.000	0.00	2.10	0.010	0.000	0.00
OCTUBRE	31.20	0.30	3.20	6.40	3.40	0.003	0.20	0.016	0.80	2.80	0.010	0.120	29.20
NOVIEMBRE	44.70	0.80	5.00	9.30	7.40	0.000	0.00	0.030	1.60	5.80	0.020	0.160	37.70
DICIEMBRE	88.10	5.90	18.10	30.20	20.40	0.000	0.00	0.157	8.20	12.20	0.050	0.260	63.20
TOTAL	626.70	74.40	175.70	271.30	196.90	0.749	51.90	1.000	52.00	196.80	0.07	0.07	215.20

AREA DE LA CUENCA	RETENCION DE LA CUENCA	COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO	
A = 11.012 Km ²	R = 52.00 mm/año	a = 0.02795	w = 0.0340
PRECIPITACION EFECTIVA	COEFICIENTE DE ESCORENTIA	COEFICIENTES	
PE = C ₁ * PE-I + C ₂ * PE-II	C = 0.343	C ₁ = 0.100	C ₂ = 0.900
		C ₁ + C ₂ = 1.00 OK'	

Cuadro 28. Caudales generados (m³/s) en la quebrada Cachipascana

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1960	0.16	0.29	0.15	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.05	0.07
1961	0.13	0.31	0.25	0.12	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.07	0.08
1962	0.23	0.31	0.15	0.08	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.08
1963	0.2	0.34	0.17	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.08
1964	0.07	0.12	0.16	0.11	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05
1965	0.04	0.06	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.03
1966	0.1	0.08	0.07	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04
1967	0.04	0.09	0.2	0.2	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.05	0.06
1968	0.12	0.19	0.17	0.1	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.08	0.07
1969	0.12	0.18	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04
1970	0.08	0.12	0.12	0.1	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.05
1971	0.16	0.33	0.29	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.08
1972	0.24	0.38	0.24	0.12	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.10
1973	0.22	0.33	0.18	0.12	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.08
1974	0.39	0.48	0.32	0.09	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.12
1975	0.1	0.31	0.28	0.11	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.12	0.09
1976	0.35	0.39	0.22	0.13	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.10
1977	0.03	0.18	0.29	0.15	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.07
1978	0.21	0.3	0.1	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.08	0.07
1979	0.14	0.19	0.09	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05
1980	0.04	0.04	0.15	0.21	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05
1981	0.14	0.41	0.35	0.13	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	0.10
1982	0.18	0.22	0.09	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.03	0.06
1983	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
1984	0.16	0.41	0.43	0.25	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.1	0.12	0.13
1985	0.12	0.3	0.3	0.13	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.17	0.10
1986	0.23	0.36	0.45	0.31	0.08	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	0.13
1987	0.27	0.3	0.07	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07
1988	0.11	0.17	0.1	0.13	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06
1989	0.13	0.25	0.19	0.15	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07
1990	0.06	0.09	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.06	0.04
1991	0.09	0.11	0.14	0.16	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05
1992	0.07	0.1	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
1993	0.14	0.21	0.1	0.1	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.1	0.07
1994	0.2	0.3	0.22	0.11	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.07	0.09
1995	0.12	0.14	0.14	0.1	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.05
1996	0.22	0.31	0.13	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.07
1997	0.19	0.4	0.27	0.09	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.10
1998	0.08	0.12	0.07	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
1999	0.06	0.24	0.38	0.31	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.10
2000	0.2	0.41	0.25	0.1	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.09
2001	0.16	0.38	0.34	0.17	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.10
2002	0.03	0.17	0.27	0.16	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.07
2003	0.09	0.14	0.12	0.09	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.05
2004	0.18	0.29	0.13	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.07
2005	0.05	0.23	0.25	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.08	0.06
2006	0.28	0.35	0.13	0.08	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.08
2007	0.05	0.08	0.1	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04
2008	0.21	0.3	0.1	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.08	0.07
2009	0.14	0.19	0.09	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05
2010	0.04	0.04	0.15	0.21	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05
2011	0.12	0.19	0.17	0.1	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.08	0.07
2012	0.12	0.18	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04
2013	0.08	0.12	0.12	0.1	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.05
2014	0.35	0.39	0.22	0.13	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.10
PROM	0.14	0.24	0.18	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07
DESVEST	0.08	0.12	0.11	0.07	0.02	0.01	0	0	0	0.01	0.02	0.03	0.03
PROM. AFORADO	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0.16	0.26	0.07

Cuadro 29. Ejemplo de la simulación de la operación de un embalse

FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1. En la municipalidad del distrito de San Antonio de Esquilache



Fotografía 2. Plaza principal del distrito de San Antonio de Esquilache.



Fotografía 3. Casa de la comunidad de Cachipascana



Fotografía 4. Se aprecia la quebrada de Cachipascana



Fotografía 5. Reconocimiento del lugar de la mini presa de Cachipascana.



Fotografía 6. Reconocimiento del lugar de la mini presa de Cachipascana.



Fotografía 7. Realizando el levantamiento topográfico.



Fotografía 8. Instalando el correntómetro para el aforo



Fotografía 9. Instalando el correntómetro para el aforo.



Fotografía 10. Leyendo los resultados del correntómetro.



Fotografía 11. Leyendo los resultados del correntómetro