

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE
LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES, PARA USO PECUARIO EN
LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI DEL DISTRITO DE ILAVE, 2016**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELMER ATENCIO MIRANDA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2017

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



**DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
EN VIVIENDAS RURALES, PARA USO PECUARIO EN LA COMUNIDAD DE
SUQUINAPI DEL DISTRITO DE ILAVE, 2016**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELMER ATENCIO MIRANDA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR:

PRESIDENTE

: 
M.Sc. Oscar Raúl MAMANI LUQUE

PRIMER JURADO

: 
Ing. Teófilo CHIRINOS ORTIZ

SEGUNDO JURADO

: 
M.Sc. Alcides H. CALDERÓN MONTALICO

DIRECTOR / ASESOR

: 
M.Sc. Roberto ALFARO ALEJO

Área: Ingeniería y Tecnología

Tema: Proyectos Hidráulicos

Fecha de sustentación: 14-06-2017

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, que me dio la oportunidad de vivir y darme la fuerza necesaria para salir adelante en cada tropiezo.

Con Profundo amor a mis padres Francisco y Simona por su amor, dedicación, esfuerzo, sacrificio y preocupación constante y por haberme hecho un hombre profesional.

A mis hermanos con mucho amor, cariño y respeto: Juan, Miguel, Mónica y José por su esfuerzo y constante apoyo.

A mis abuelos queridos Melchor, Micaela y Rogelio quienes me alentaron moralmente en la culminación de mi profesión.

A todos los miembros de mi familia los quiero con todo mi corazón y este trabajo es para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mis sinceros agradecimientos a las personas e instituciones que contribuyeron hacer realidad esta investigación.

- Quiero dar las gracias a Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino, que hicieron posible la realización de este trabajo.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater de siempre, muy en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme formado profesionalmente.
- A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, que en forma desinteresada me impartieron sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional contribuyendo al logro de mi objetivo.
- Asimismo, a mi director de tesis, M.Sc. Roberto Alfaro Alejo por su acertada dirección especial conducción en el presente trabajo.
- Mi eterno agradecimiento, a todos mis amigos y compañeros de estudio; en especial, a mis compañeros de clase y mi promoción con quienes compartimos cinco años de nuestras vidas y que de una u otra manera han motivado y contribuido en la culminación de mis estudios.
- Por último, agradezco al SENAMHI, por haberme brindado la información y la oportunidad de elaborar la presente tesis.

A todos ellos, mi eterna gratitud

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	5
2.2. MARCO TEÓRICO	10
2.2.1. LA PRECIPITACIÓN.....	10
2.2.2. CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA	14
2.2.3. MEDIOS DE CAPTACIÓN	15
2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....	18
2.2.5. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA	23
2.2.6. COMPONENTES DEL SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....	27

2.2.7. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL) PARA CONSUMO ANIMAL	35
2.2.8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SCALL	37
2.2.9. CONSUMO DE AGUA PARA USO PECUARIO.....	39
2.2.10. BEBEDEROS PECUARIOS.....	48
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	50
3.1.1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	50
3.2. DIAGNOSTICO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	52
3.2.1. SERVICIO DE SANEAMIENTO	52
3.2.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA POBLACIÓN.....	53
3.2.3. SOCIAL E INSTITUCIONAL	57
3.2.4. LOS RECURSOS NATURALES	58
3.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES PARA USO PECUARIO	60
3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.....	60
3.3.2. INFORMACIÓN BÁSICA	60
3.3.3. METODOLOGÍA DEL ASPECTO TÉCNICO.....	62
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
4.1. DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y DEMANDA DE AGUA POR CONSUMO DE ABREVADERO DE ANIMALES.....	70
4.1.1. RESUMEN DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OFERTA, DEMANDA	80
4.2. DETERMINAR EL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIAS PARA EL ABREVADERO DE ANIMALES	82

4.3. DISEÑO DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA DE LLUVIA PARA EL CONSUMO DE ABREVADEROS, EN LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI DEL DISTRITO DE ILAVE	84
V. CONCLUSIONES.....	86
VI. RECOMENDACIONES	88
VII. REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: TECHO DE CUENCA.....	17
Figura 2: CAPTACION EN GEOMENBRANA.....	18
Figura 3: SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN TECHOS	27
Figura 4: CANALETAS DE RECOLECCIÓN.	30
Figura 5: DISPOSITIVO INTERCEPTOR DE LAS PRIMERAS AGUAS.....	32
Figura 6: TANQUE DE ALMACENAMIENTO	34
Figura 7: MACRO LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	50
Figura 8: MICRO LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	51
Figura 9: UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	51
Figura 10: EDIFICACIÓN TÍPICA DE LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI.....	70
Figura 11: CANALETAS PARA LA COLECCIÓN DE AGUA LLUVIA.	72
Figura 12: PRESIPITACION PROMEDIO MENSUAL Y NETA 2000-2014.....	78
Figura 13: VOLUMEN DE SEDIMENTADOR DE PRIMERAS LLUVIAS	80
Figura 14: RESULTADOS DE DEMANDA, OFERTA MENSUAL Y ACUMULADA.....	82
Figura 15: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CONSUMO DE AGUA EN LOS ANIMALES.	42
Tabla 2: CONSUMO DIARIO DE AGUA DE LOS ANIMALES.	48
Tabla 3: VÍAS DE ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO.	52
Tabla 4: POBLACIÓN TOTAL, POR ÁREA URBANA Y RURAL, SEGÚN SEXO.	53
Tabla 5: POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO	54
Tabla 6: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA.	54
Tabla 7: POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR GRUPOS DE EDAD.	55
Tabla 8: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA.	56
Tabla 9: POBLACIÓN DE 3 AÑOS A MÁS, SEGÚN SEXO Y CONDICIÓN DE ALFABETISMO.	57
Tabla 10: CAPACIDAD DE USO DEL RECURSO SUELO EN EL DISTRITO DE ILAVE.	59
Tabla 11: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ILAVE EN T.M. Y HAS (2002-2005).....	59
Tabla 12: ESTACIÓN METEOROLÓGICA.	61
Tabla 13: RESUMEN DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS (2000-2014).....	62
Tabla 14: COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO (CE) DE LOS MATERIALES EN EL ÁREA DE CAPTACIÓN.	66
Tabla 15: ÁREA TOTAL DE TECHOS DE LA VIVIENDA.	71
Tabla 16: CONSUMO DE AGUA POR LOS ANIMALES	73
Tabla 17: DEMANDA MENSUAL	74
Tabla 18: DEMANDA TOTAL DEL MES, MÁS PERDIDA POR EVAPORACIÓN.	75
Tabla 19: PRECIPITACIÓN MENSUAL (2000 – 2014).....	76
Tabla 20: PROMEDIO MENSUAL DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL (2000-2014).....	77
Tabla 21: PRECIPITACIÓN PLUVIAL NETA EN MM (2000 – 2014)	77
Tabla 22: OFERTA MENSUAL DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL.....	79

Tabla 23 : RESULTADOS DE DEMANDA, OFERTA MENSUAL Y ACUMULADA.81

Tabla 24 : DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.83

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

SCAPT: Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos.

UNATSABAR: Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente.

SCALL: Sistema de Captación del Agua de Lluvia.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

PEA: Población económicamente Activa.

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

SENAMHI: El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

CIDECALLI- COLPOS: Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general determinar el sistema de captación de agua lluvia en viviendas rurales para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del Distrito de Ilave. En el aspecto metodológico se evaluó las características del techo de una vivienda familiar, la localización del sitio, la demanda de agua, la oferta de precipitación pluvial, el área de captación, el volumen del sedimentador para trampa de sólidos, el diseño del volumen de almacenamiento según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. La vivienda cuenta con tres habitaciones cuyas dimensiones de los techos son 8 m de largo por 5 m de ancho; la construcción del cobertizo y sus dimensiones son de 12.40 m largo por 5.2 m de ancho construidas de material noble, con techos de lámina galvanizada. La demanda de la vivienda fue de 0,240 m³/día y la oferta de la captación de 450,97 mm/año, captando 82,98 m³ de agua por año. Se obtuvo el área total de los techos de 184 m², el volumen para la trampa de sólidos de 0.20 m³ y el volumen captado de 42,51m³. Se concluye que la oferta acumulada 82,98 m³ es menor que la demanda acumulada 96,36 m³; por lo que no se cubre la necesidad de agua para los abrevaderos de animales. La propuesta para el diseño de volumen de almacenamiento es de 5,30 m de ancho por 5,30 m de largo por 2 m de altura y, el volumen útil de almacenamiento es de 45 m³. La captación de agua de lluvia para el abastecimiento pecuario, solo cubrirá los meses de enero a agosto, y para los meses de setiembre a diciembre, se cubrirá con el sistema convencional de agua potable.

Palabras clave: Agua de lluvia, pecuario, sistema de captación, vivienda rural.

ABSTRACT

The research had as general objective to determine the system of rainwater harvesting in rural dwellings for livestock use in the community of Suquinapi of the District of Ilave. In the methodological aspect, the characteristics of the roof of a family home, the site location, the water demand, the rainfall supply, the catchment area, the sedimentador volume for solid trap, the volume design of Storage according to the Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Science. The house has three rooms whose dimensions of the ceilings are 8 m long by 5 m wide; The construction of the shed and its dimensions are of 12.40 m long by 5.2 m of width constructed of noble material, with roofs of galvanized sheet. The demand for housing was 0.240 m³ / day and the supply of the collection of 450.97 mm / year, capturing 82.98 m³ of water per year. The total area of the ceilings was 184 m², the volume for the solid trap of 0.20 m³ and the captured volume of 42.51m³. It is concluded that the accumulated supply 82.98 m³ is lower than the accumulated demand 96,36 m³; So the need for water is not covered for animal troughs. The proposal for the design of storage volume is 5.30 m wide by 5.30 m long by 2 m high and the useful storage volume is 45 m³. The collection of rainwater for the livestock supply will only cover the months of January to August, and for the months of September to December, will be covered with the conventional system of drinking water.

Key words: Rainwater, livestock, catchment system, rural housing.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso natural más importante y cada vez más escaso en nuestro entorno; en la actualidad uno de los procedimientos que sin duda podría ayudar o incluso solucionar la escases de este recurso, es la captación de agua lluvia para uso doméstico, pecuario, agrícola o industrial. La captación de aguas lluvias representa una práctica económica para el consumidor y amigable con el medio ambiente.

En América los sistemas de recolección de agua lluvia fueron empleados por las culturas prehispánicas y en diferentes países del mundo como Japón, Corea, India, Costa Rica, Haití y Colombia, La recolección de agua lluvia es considerada como una alternativa viable a los sistemas de distribución para el suministro de agua (Ballén, Galarza, & Ortiz, 2006).

La alta disponibilidad de aguas superficiales siempre limitó los usos del agua lluvia, siendo indispensable únicamente en la agricultura. Pero debido al gran crecimiento demográfico, muchas civilizaciones se vieron obligadas a ocupar regiones de baja o nula disponibilidad de aguas superficiales (zonas áridas y semiáridas), en donde el aprovechamiento de aguas lluvias para los usos domésticos se vuelve una necesidad. Es así como desarrollaron mecanismos de almacenamiento de aguas lluvias que hoy son encontrados en los rescates arqueológicos que datan de 4000 años a.C, y que demuestran la alta importancia que tenía su aprovechamiento en siglos pasados, como por ejemplo los hallazgos en Israel, Jordania, Yemen, Roma, China, Irán, y algunas culturas indígenas de Centroamérica. Todas estas experiencias coincidían en dirigir las aguas de escorrentía, de patios y techos hacia lugares de

almacenamiento para luego ser aprovechadas en la agricultura y en usos domésticos (Ballén, Galarza, & Ortiz, 2006).

El agua del mundo existe de manera natural bajo distintas formas y en distintos lugares: en el aire, en la superficie, bajo el suelo y en los océanos, pero sólo el 2.5% del agua total es agua dulce, aunque de éste valor no todo está disponible, pues únicamente el 0.4% del agua dulce está en condiciones aptas para ser utilizadas por los seres vivos (Palacio, 2010).

La importancia de captar, almacenar utilizar el agua de lluvia para el uso doméstico y para abrevadero de animales es de gran relevancia para poblaciones, sobre todo en aquellas que no tienen acceso a este elemento vital. La idea de la siguiente investigación es contar con fuentes alternas de dotación de agua, que brinde agua de buena calidad.

Viendo en el caso de la región de Puno sobre el abastecimiento de agua potable es un problema cada vez mayor debido al aumento de la población y la no valoración del recurso vital, por lo tanto, está empezando a ser insuficiente para abastecer algunas viviendas y en muchas partes no se tiene la disponibilidad y todo esto ha llevado a las enfermedades asociadas con la calidad de agua.

Para su estudio, ha sido necesario identificar los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia, su funcionamiento, los criterios de diseño más sobresalientes así como su funcionamiento; además las características de la zona de estudio respecto al aspecto socioeconómico y físicas de la ubicación del ámbito donde se ha planteado esta propuesta; por otro lado ha sido fundamental evaluar los techos de las viviendas de la comunidad de Suquinapi,

su nivel de escurrimiento el mismo que en un 90% presentan características apropiadas para captar agua de lluvia en óptimas condiciones.

En este contexto el crecimiento demográfico ha generado mayor atención a sus necesidades básicas: como son agua potable. Esto ha producido el colapso en el abastecimiento y calidad del agua potable para el consumo humano, dada la escasez de agua durante la época de estiaje (abril - noviembre). El ahorro, el buen manejo y la gestión del agua es fundamental para hacer frente a esta situación. Por ello, los esfuerzos se orientan al uso de diferentes técnicas para lograr este objetivo teniendo entre ellas implementar sistemas de recuperación que permitan el mayor ahorro de agua posible, así como el fortalecimiento institucional a fin de garantizar la adecuada operación y mantenimiento.

Viendo en la comunidad de Suquinapi los pobladores utilizan el sistema de agua potable para otros fines no potables ya sea como para regar sus chacras, para el consumo de abrevadero de animales y para otros, por lo tanto, en la zona no existe la valoración del sistema de agua potable, en la cual los usuarios más alejados tienen el malestar de que el agua potable no llega y/o no se abastecen por varias horas. Este sistema de agua potable no está cumpliendo con la demanda actual, ocasionando desabastecimiento de agua potable, así mismo, no existe aguas superficiales para abrevadero de animales, porque la comunidad vive de la crianza de animales como ovinos, vacunos, cerdos, gallinas entre otros, por lo tanto, el sistema de agua potable no abastece a toda la comunidad y por esa razón se plantea la propuesta de captación de agua de lluvia para mejorar el abastecimiento de agua para los animales de la vivienda.

Por esta razón planteamos las siguientes interrogantes.

PROBLEMA GENERAL

- ✓ ¿De qué manera se puede emplear un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del Distrito de Ilave, 2016?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ✓ ¿Cuál es la oferta de precipitación pluvial y demanda de agua por consumo de abrevadero de animales?
- ✓ ¿Cuál es el volumen de almacenamiento de agua de lluvias para el abrevadero de animales?
- ✓ ¿Cómo podemos proponer el diseño de almacenamiento para el agua de lluvia en la comunidad de Suquinapi?

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el sistema de captación de agua lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del Distrito de Ilave, 2016.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la oferta de precipitación pluvial y demanda de agua por consumo de abrevadero de animales.
- ✓ Determinar el volumen de almacenamiento de agua de lluvias para el abrevadero de animales.
- ✓ Proponer el diseño de almacenamiento para agua de lluvia en la comunidad de Suquinapi.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Daremos algunas citas de investigaciones a nivel Regional, Nacional e Internacional, a fin de ver sus perspectivas y enfoques de sus estudios.

Quispe (2008) en su investigación “*Captación de agua de lluvia para la agricultura familiar, una experiencia en comunidades rurales de Tlaxcala*” elaboraron estrategias y tecnologías probadas para practicar una agricultura que sea congruente con el desarrollo sustentable. Con el propósito de que esas tecnologías sean conocidas y practicadas por los productores, especialmente por los de pequeña escala, se transfirieron tres tecnologías llamadas ecotecnia para una mejor producción de hortalizas a nivel de traspatio. Los cálculos se hicieron tomando en cuenta las características de una familia promedio, con cinco miembros, algunos animales, plantas y las hortalizas del invernadero, determinando que el requerimiento de agua diariamente es de 165 litros (limpieza, higiene personal y consumo de animales) y de 340 litros para las plantas incluyendo las hortalizas invernadero, lo que hacen un total de 530 litros, siendo el volumen requerido al año es de 193 450 litros de agua. Así, se construyeron para la captación y almacenamiento de agua de lluvia en cisternas de ferrocemento de forma cilíndrica con capacidad de más de 30 mil litros, el composteo con lombrices de residuos orgánicos y estiércoles y el uso de invernaderos para la producción de hortalizas, incluyendo el sistema de riego por goteo.

Chino (2013) en su tesis titulada “*Evaluación y Propuesta de Diseño de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas Rurales de la Comunidad Vilca Maquera – Pilcuyo*”, tuvo como objetivo evaluar los techos de las viviendas

rurales para la captación de agua de lluvia y diseñar un sistema de captación del agua de lluvia con fines de consumo doméstico, diagnosticando las viviendas rurales, donde el 95% de las viviendas, de la Comunidad de Vilca Maquera, están construidas con de techo de calamina galvanizada. En cada vivienda familiar se ha podido observar una superficie mayor de 100m² de calamina galvanizada. Cada habitación tiene las siguientes dimensiones aproximadamente 8.00 m de largo x 5.00 m de ancho. Siendo el área por habitación de 40 m². Considerando tres habitaciones por vivienda familiar, se ha determinado el área total por muestra de 120 m². aproximadamente. La demanda per cápita por persona es de 50 Lit/hab/día. Para suministrar el líquido elemento se requiere de una cobertura de techo de calamina galvanizada de 25.29 m², para recolectar 18.25m³ agua/persona/año. La oferta de precipitación pluvial, en el punto de captación, es de 721.44 mm/año. Por 1 m² se capta 1 litro de agua y por 721.44mm se capta 721.44 litros de agua. Por lo tanto, en 25.29 m² de superficie materia de estudio, se obtiene 18.25 m³, del líquido elemento; durante todo el año por persona. Según el diseño de captación se ha determinado que la sección transversal de la canaleta es de 86 cm², con una base de 0.08 m, con una pendiente de 0.006 m. El diámetro calculado de la tubería recolectora es de 2' de clase 5. El volumen de la cisterna para acumular el agua es de 73 m³; se ha descontado al volumen total 24.2 m³, teniendo en cuenta el consumo de agua de diciembre a marzo, en consecuencia, se ha propuesto diseñar una cisterna de 50.5 m³. El costo de bombeo por año es de 32.4 nuevos soles, considerando un consumo de energía de 0.35 kw/h., por un tiempo 0.5 hrs de bombeo de tres veces a mes y utilizando una bomba de agua de 0.5hp de capacidad.

Aranda (2015) en su tesis "*Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014*" como una respuesta para fortalecer la captación y aprovechamiento pluvial para usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros, para beneficio de los pobladores de la zona. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que el proyecto cumple el objetivo general en cuanto a que es técnicamente viable para hacer un uso eficiente del agua dentro de las instituciones educativas, y de la población en general pues con la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer en un 48% de la demanda siendo necesario suplir el 52% con agua potable en la universidad nacional del centro del Perú, y para áreas de 220m² con 6 pobladores se podrá satisfacer el 100% del consumo. Se debe tener presente que el sistema está diseñado para las condiciones hidrológicas, en la cuales se detallan las precipitaciones mensual-acumulado anual al periodo de diseño seleccionado (40 años), por lo tanto, el diseño puede variar si las condiciones no se asemejan a las presentadas anteriormente, y el volumen posible de ser captado puede ser mayor o menor, dependiendo de estos factores. Debido a que éste proyecto consiste únicamente en la ingeniería conceptual de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, no se tiene nivel de los detalles de instalación y construcción del sistema, por lo que para su implementación se recomienda hacer levantamientos en campo para la cuantificación exacta de los componentes del sistema y su ubicación.

Brown, et al. (2009) en su investigación titulada "*Estimación del volumen potencial de agua pluvial con fines agropecuarios*" a partir del estudio de una

serie de 28 años de precipitaciones en la que se efectúa el análisis de consistencia y de frecuencia; así como el cálculo de los estadígrafos fundamentales, la probabilidad empírica, el volumen de captación de agua pluvial, el área de captación y el volumen de almacenamiento, demostrando que los datos correspondientes a la serie de 28 años en estudio se comportan de forma consistente, por lo que son fiables para su utilización en la estimación del potencial de agua aprovechable en sistemas de captación de agua pluvial. El sistema de captación de agua de lluvia se diseña a partir de un tiempo de captación de seis meses, que corresponde con la temporada de mayor déficit hídrico donde los valores de precipitaciones oscilan entre 22 y 59 mm con una media de 40,67 mm y un valor total de 240,10 mm considerada como la precipitación de diseño. Los eventos de precipitaciones con valores iguales o superiores a la media mensual de 41 mm que es la correspondiente al periodo seco, puede presentarse con una probabilidad de 70%. El sistema de captación de agua de lluvia que se pretende diseñar permite disponer de un volumen de agua considerable para el uso doméstico de la vaquería durante todo el periodo de déficit hídrico.

León (2016) en su tesis *“Aprovechamiento Sostenible de Recursos Hídricos Pluviales en Zonas Residenciales”* se basa en la captación del agua de lluvia a través de los techos, la cual se utilizará directamente en las viviendas como alternativa de ahorro para distintos usos para viviendas residenciales de la sierra peruana (Nueva Ciudad de Morococha – Yauli – Junín) y como tal se obtuvo una capacidad de abastecimiento anual de 31.95 m³, valor con el cual analizó variables ambientales y sus beneficios para determinar la conveniencia del sistema de captación pluvial en la zona de estudio. Como conclusiones,

determino que los sistemas de abastecimiento a través de agua de lluvia son en realidad factibles en algunas zonas donde la precipitación es considerable, y que su poco uso hoy en día se debe únicamente a que la facilidad de abastecerse a través de aguas superficiales frenó el desarrollo de las tecnologías en cuanto a captación pluvial. Con el estudio, queda demostrado que estos sistemas realmente funcionan en algunos lugares en donde las personas pueden abastecerse completamente con agua de lluvias. Se utilizó un área de captación muy pequeña (46m^2) en comparación con el área disponible en el terreno (112m^2), por lo que se concluye que se puede obtener una mayor dotación disponible, que podría dar una mayor capacidad de ahorro hídrico. No obstante, al tener mayor capacidad de captación de agua, también se necesitaría tanques más grandes y mayores áreas de techos de captación, por lo que se tendría que buscar un equilibrio que permita tener la solución más económicamente viable. La viabilidad del sistema podría frenarse por el hecho de que, en el futuro, se planearían crear dos niveles más por vivienda, lo que aumentaría el número de personas en la edificación y aumentaría asimismo la demanda de agua. Por ello, el aporte del agua de lluvia sería cada vez menor en comparación a lo requerido. Sin embargo, esta situación puede conllevar una necesidad mayor de agua que puede satisfacerse de alguna manera gracias al aprovechamiento pluvial. Se puede concluir, en cuanto a beneficios ambientales, que siempre va a ser conveniente optar por estos métodos de abastecimiento de agua que no son para nada invasivos. En estos casos no se afectan los flujos de aguas superficiales ni subterráneas, ni se fomenta la contaminación de los mismos. Ello aporta a que la flora y fauna de las zonas

donde se encuentran estas fuentes puedan permanecer saludables y conservar su medio ambiente de manera sostenible.

Ruvalcaba (2012) en su tesis "*Propuesta de un Sistema de captación del agua de lluvia para consumo Animal en el Ejido la Candelaria Municipio de Candelaria, Campeche*" tuvo como objetivos principal determinar las necesidades técnicas y de gestión que contribuyan a facilitar la realización de un sistema de captación de agua de lluvia, demanda de agua por individuo, el área de captación, el sistema de conducción y el sistema de almacenamiento, concluyendo que el ejido "La Candelaria" requiere 810 m³ de agua durante los tres meses que dura la temporada de estiaje, para cubrir la demanda diaria de agua del ganado sin que éste sufra alguna consecuencia o enfermedad causada por la falta del recurso. Las superficies aprovechables para la cosecha de agua logran captar 943.9 m³. Esto indica que si se utiliza la infraestructura existente del rancho y se aprovechan sus techos como áreas de captación del agua de lluvia. se podría obtener más agua de la que demanda el hato ganadero durante la temporada de sequía.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. LA PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones son importantes porque ayudan a mantener el balance atmosférico. Sin precipitación, todo el planeta sería un desierto.

Las precipitaciones ayudan a la flora, las siembras y nos proporcionan agua para beber (Aranda, 2015).

Sin embargo, las precipitaciones también pueden ser dañinas. Demasiada lluvia puede ocasionar inundaciones severas, daños en el campo y en zonas urbanas (Villon, 2011, pág. 69).

Definición de la precipitación

- ✓ Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes como agua, nieve hielo. La precipitación constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región.
- ✓ En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que se precipita del cielo a la superficie terrestre.

Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm, o de gotas menores pero muy dispersas (Herrera, 2010).

Cualquier producto formado por la condensación de vapor de agua atmosférico en el aire libre o la superficie de la tierra es un hidrometeoro.

La lluvia depende de tres factores: presión, temperatura y en especial la radiación solar.

Como se mide la precipitación:

La precipitación se mide por la altura que el agua caída alcanzaría sobre una superficie plana y horizontal, en la que no existieran pérdidas por infiltración y evaporación; tal altura se mide en milímetros (mm).

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos (Villon, 2011).

El pluviómetro: Proporciona la altura de precipitación total en milímetros en intervalos de tiempo fijados, generalmente de 24 horas.

El pluviógrafo: Mide continuamente la precipitación en el tiempo, es el mismo pluviómetro provisto de un mecanismo de relojería que le permite marcar en un tipo especial de papel la variación de la precipitación con el tiempo.

Formas de precipitación

Las gotas de agua pequeñas son casi esféricas, mientras que las mayores están achatadas. Su tamaño oscila entre los 0.5 y los 6.35 mm, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 km/h, dependiendo de su volumen (Villon, 2011, pág. 70).

Por la forma en que cae, se pueden clasificar diversos tipos de precipitación:

- a) **Llovizna:** son gotas de agua pequeñas por lo que su velocidad de caída es bastante baja y rara vez sobrepasa un valor de 1 mm/hrs.
- b) **Chispear:** se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de éstas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.
- c) **Lluvia:** consiste en gotas de agua líquida con diámetros mayores a las que componen la llovizna propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

Comúnmente se reportan cuatro intensidades de lluvia:

- ✓ Ligera, hasta 2.5 mm/hora.
- ✓ Moderada, entre 2.5 y 7.6 mm/hora.
- ✓ Fuerte, mayores a 7.6 mm/hora.
- ✓ Torrencial, aquella que supera los 12.7 mm/hora.

Cada milímetro medido de precipitación representa la altura en lámina precipitada, que tendría un cubo con un área igual a un metro cuadrado y una altura de 1 mm.

- d) Escarcha:** es una capa de hielo que se forma producto del enfriamiento de una superficie húmeda producida por lluvia o llovizna.
- e) Chubasco:** el viento, las gotas y la intensidad, aumentan.
- f) Tormenta:** puede ser débil o intensa, su precipitación es alta y las gotas son grandes, el viento es intenso e incluye la posibilidad de que se precipite granizo.
- g) Nieve:** está compuesta por cristales de hielo blanco o traslúcido.
- h) Granizo:** precipitación en forma de bolas o cristales irregulares de hielo que se producen generalmente por nubes convectivas.
- i) Tromba:** es más fuerte que la tormenta, tiene viento intenso, gotas grandes, precipitación suficientemente alta para inundar y causar estragos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados (Herrera, 2010).

En general las nubes se forman por enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede tener lugar por varios

procesos, que conducen al ascenso y descenso de la presión y descenso térmico asociado.

La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad del aire y la velocidad vertical.

Tipos de precipitación

De acuerdo con la causa que origina el ascenso de la masa húmeda, pueden distinguirse tres tipos de precipitación (Herrera, 2010).

- a. Precipitación ciclónica:** Resulta del levantamiento del aire que converge de un área de baja presión o ciclón.
- b. Precipitación convectiva:** Es causada por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Se caracteriza por ser puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras o aguaceros.
- c. Precipitación orográfica:** Resulta del ascenso mecánico sobre una cadena de montañas.

Es importante destacar que, en la naturaleza, los efectos de estos varios tipos de enfriamiento a menudo están interrelacionados, de manera que la precipitación resultante no puede identificarse como de un solo tipo.

2.2.2. CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Para Adler, Carmona, & Bojalil (2008), la captación de agua de lluvia es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre. Las superficies que captan el agua en las ciudades pueden ser techos de casas y edificios, techumbres de almacenes y de tiendas, explanadas,

etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando utilicemos los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos básicos como limpieza de ropa, de pisos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo; para aseo personal y para agua que se pretenda beber, se deberá tener un sistema de filtros diferente, adecuados para estos fines.

El agua de lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto haría posible el hacer más llevadero el tiempo de secas y en un futuro sobrevivir las secas, ya que por el mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua ira escaseando progresivamente lo cual significa que, en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua de lluvia será un mecanismo de sobrevivencia (Herrera, 2010, p. 82).

2.2.3. MEDIOS DE CAPTACIÓN

El agua pluvial se recolecta de los techos, suelo, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas.

Techos

Los materiales más comunes con los cuales se construyen los techos son: lámina galvanizada, concreto, madera, teja y en algunos casos de láminas de asbesto, el asbesto está relacionado con diversas enfermedades por lo cual la OMS prohíbe su uso, En cualquier caso, se debe aplicar un tratamiento de impermeabilización, aunque también se puede utilizar todo tipo de superficie impermeable que no desprenda

residuos. La condición más importante para las superficies de escurrimiento es que sea impermeable y que permita el escurrimiento, ya que siendo la parte fundamental de este sistema de ella depende la cantidad y calidad del agua captada. La superficie debe estar limpia, libre de fugas y roturas, preferentemente lisa y uniforme para facilitar el flujo de agua (Guzman, 2014).

Techos cuenca

Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia, es un área especialmente preparada que retarda el proceso de evaporación y así disminuir la pérdida de agua por evaporación. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central por gravedad.

Este tipo de sistemas se implementan para abastecimiento de tipo comunitario debido al área que se requiere para poder obtener el volumen suficiente para abastecer la comunidad.

Un ejemplo aplicado es el techo cuenca que se encuentra en el estado de Aguascalientes de 750m^2 y que logra captar 451m^3 , beneficiando a 129 habitantes destinando a cada persona 3.5 litros de agua diarios y con esto solucionaron el abasto de agua durante la temporada de secas (Guzman, 2014).



Figura 1: TECHO DE CUENCA

Fuente: (Guzman, 2014).

Suelo

Cuando un área de captación por techo es insuficiente se selecciona una superficie donde por la topografía se requiera el mínimo movimiento de tierra y se recubre con material impermeable lo cual puede ser un plástico tratado, geomembrana o concreto.

Este tipo de captación requiere un poco más de atención en cuanto a los factores físicos y ambientales del lugar ya que se debe de revisar la topografía, geología, precipitación media mensual y anual para determinar los meses en los cuales la captación de agua será mayor y poder estimar el volumen de agua, variaciones de temperatura durante las distintas estaciones con el fin de establecer el porcentaje de pérdida de agua por evaporación durante cada uno de ellos, clima y flora para determinar las características de los filtros y así reducir la cantidad de materia orgánica que pueda ingresar al sistema de captación con la finalidad de determinar los volúmenes de excavación, relleno y compactación. Este tipo de sistema además de servir como medio de

captación es de igual forma un medio de almacenamiento (Guzman, 2014).



Figura 2: CAPTACION EN GEOMENBRANA
Fuente: (Guzman, 2014).

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Como se ha podido apreciar, se han utilizado distintos sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia a través del tiempo hasta la actualidad; por tal motivo a continuación se presenta una clasificación de los métodos alternativos de captación y uso eficiente de agua, las cuales fueron identificados a través de la investigación y experiencias de investigadores dedicados al uso eficiente del agua y basada conforme a la forma como el agua escurre por techos o sobre suelos naturales, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas y al uso que se le da. Esta clasificación incluye: (Herrera, 2010).

- ✓ Sistemas para uso humano.
- ✓ Sistemas para uso agrícola y ganadero.

- ✓ Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.
- ✓ Captación de agua de niebla.

A continuación, se hace una descripción detallada de cada sistema.

a) Sistemas para uso humano

Dentro de esta clasificación entran las técnicas de captación de agua de lluvia que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de tejados o superficies terrestres para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria como son:

- Los sistemas de captación de agua de lluvia: es un medio para obtener agua para consumo humano y uso doméstico. Consiste de cinco elementos principales que son la captación, recolección y conducción, interceptor o filtro, almacenamiento y un sistema de distribución los cuales se describen detalladamente más adelante. Estos sistemas pueden ser muy sencillos o sofisticados con tratamientos automáticos en cada proceso y con monitoreo electrónico dependiendo del uso que se le dé al agua captada como: uso sanitario, limpieza, alimentación, riego de jardines, etcétera. Existe una gran diversidad de estos sistemas en los cuales comúnmente varía principalmente el elemento de almacenamiento utilizando lagunas, zanjas o aljibes revestidos con ladrillo, polietileno o plástico, piletas de ladrillo de arcilla y concreto y pozos cisternas (Cajina, 2006).

- Captación en manantiales con barriles: Una alternativa de la captación de agua de lluvia es aprovechando los manantiales conocidos popularmente como ojos de agua, reventadero o nacientes mediante el uso de barriles. Esta tecnología consiste en realizar un pequeño dique hecho de mampostería, tabique o concreto, con un tubo para su desbordamiento, al poner malla de alambre en el tubo de acceso al tanque se evita que entren contaminantes (Herrera, 2010).

Ventajas y Desventajas

La captación del agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas (Anaya, 2009, pág. 26).

- ✓ Alta calidad del agua de lluvia.
- ✓ Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas.
- ✓ Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
- ✓ No requiere energía para la operación del sistema.
- ✓ Fácil de mantener.
- ✓ Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.
- ✓ Es un sistema autónomo.
- ✓ Disponibilidad del agua almacenada para su consumo.
- ✓ Las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes
- ✓ Al costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos.

- ✓ La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

b) Sistemas para uso agrícola y ganadero

Estos sistemas están enfocados a mejorar la producción de los cultivos, árboles y pastizales en áreas propensas a sequía en lugar de que el escurrimiento superficial provoque erosión además de convertirse en lugares aptos para abrevadero de ganado. Funcionan bajo el concepto de micro captación in situ, el cual manipula los escurrimientos superficiales para su almacenamiento en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua en muchos ejidos y ranchos (Herrera, 2010).

Las técnicas de micro captación in situ involucran conservación del suelo, aumentan la disponibilidad de agua para los cultivos, mitigan los efectos de sequía y mejoran el entorno ecológico.

Según Herrera (2010) , la micro captación in situ del agua de lluvia se diferencia de la captación general, básicamente en tres aspectos:

- ✓ Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- ✓ Porque el área de esorrentía, está formada por micro captaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que

dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.

- ✓ Porque el área de almacenamiento incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

Estos sistemas de captación de agua de lluvia son especialmente relevantes para zonas áridas y semiáridas y donde los problemas de degradación ambiental, sequía y presiones de población son más evidentes.

c) Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas

La falta de estudios geo hidrológicos, geofísicos, y geológicos en la realización de nuevas construcciones, ocasiona que la captación de agua pluvial sea menor y no se le dé la importancia que amerita, ya que al ocupar lo que antes eran áreas verdes con nuevos desarrollos habitacionales, consorcios comerciales, etcétera (Herrera, 2010).

La infiltración del agua de lluvia al subsuelo se reduce por el incremento de las zonas pavimentadas y su desalojo a través de drenajes, lo que genera problemas de gran magnitud en obras recientes; pues la sobreexplotación del manto acuífero modifica de manera considerable la estructura del subsuelo. Se parte de estos problemas para darnos cuenta de la importancia que tiene la infiltración, no solo para el abastecimiento del agua; sino para la preservación del ciclo hidrológico (Herrera, 2010).

d) Captación de agua de niebla

Se presenta el estudio de las condiciones climáticas y de la captación de agua de niebla en Lachay y Atiquipa, considerada como áreas representativas de lomas ubicadas en las intercuenas de la costa desértica del Perú. El clima en las lomas costeras se caracteriza por presentar una ocurrencia de niebla entre mayo y diciembre, una precipitación anual de 67.8 mm y una temperatura promedio de 13.6°C (agosto) y 22.2°C (febrero).

Mientras que la captación de agua de niebla (CAN) tuvo un promedio de 2.8 l/m²/d (Lachay) y 1.7 l/m²/d (Atiquipa) para el periodo mayo-agosto de 1988. Los resultados demostraron que la niebla es una fuente de recurso hídrico en las lomas que requiere ser evaluada con mayor información de CAN y de parámetros meteorológicos, a fin de establecer la disponibilidad del recurso hídrico en el año (Pinche, 1996).

2.2.5. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La información que a continuación se presenta se ha obtenido al realizar el análisis de diferentes proyectos elaborados por diversas instituciones, así como de manuales de sistemas de captación de agua de lluvia, con la finalidad de facilitar al lector, obtener el conocimiento adecuado para la fácil elaboración de un sistema de captación de agua de lluvia. Al realizar este análisis podemos darnos cuenta que las consideraciones de diseño para un sistema de captación de agua de lluvia, por tratarse de gastos menores no necesita de una implementación afondo de las leyes

de la hidráulica, esto no quiere decir que no sean necesarias, sino todo lo contrario, la persona responsable del diseño de un sistema de captación de agua de lluvia debe tener amplio conocimiento de la aplicación de las leyes de la hidráulica a fin de asegurar el funcionamiento del sistema (UNATSABAR, 2001).

Aplicación

La captación de agua de lluvia para consumo humano es recomendada en primera instancia para zonas rurales o urbano marginales, con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible el adecuado abastecimiento de agua de la población beneficiada y que no cuentan con acceso a fuentes superficiales cercanas, y donde el nivel freático de las aguas subterráneas es muy bajo, pero en la actualidad es importante hacer provecho de la captación de agua en todas las zonas pobladas aunque exista un sistema de abastecimiento; considerando así a la captación de agua como un sistema alternativo o complementario de distribución de agua.

Factibilidad

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos, sociales y ambientales.

a) Factor Técnico

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

- **Producción u “oferta” de agua;** ésta relacionada directamente con la precipitación pluvial durante el año y con

las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos de precipitación suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.

- **Demanda de agua;** La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

b) Factor Económico

Existe una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta una restricción para la mayor parte de los interesados, lo que imposibilita acceder a un sistema de abastecimiento de esta naturaleza. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales, debiendo atenderse los aspectos de higiene personal y lavado de ropa por otras fuentes de agua. Así mismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua (UNATSABAR, 2001).

c) Factor social

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que se puedan afectar con la implementación de las tecnologías aplicadas. Al efecto, el responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear.

Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto (UNATSABAR, 2001).

d) Factor Ambiental

En la actualidad todos los proyectos deben considerar las consecuencias ambientales que se contraen con la obra a realizar, en este caso las obras alternativas contribuyen con el factor ambiental, la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales como flora, fauna y regeneración natural, mejora el ambiente escénico, el clima es más saludable, lo que a la vez hace que las tierras ubicadas en estas condiciones adquieran un mejor valor. En el aspecto agronómico se considera que, en mejores condiciones ambientales,

hay menos daños de plagas a los cultivos, además de alargar las reservas de agua potable disponibles al ahorrar en el consumo (Herrera, 2010, pág. 81).

2.2.6. COMPONENTES DEL SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Componentes:

Según UNATSABAR (2001) .el sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos:

- Captación;
 - recolección y conducción;
 - interceptor;
 - y d) almacenamiento.
- Ver Figura 3.

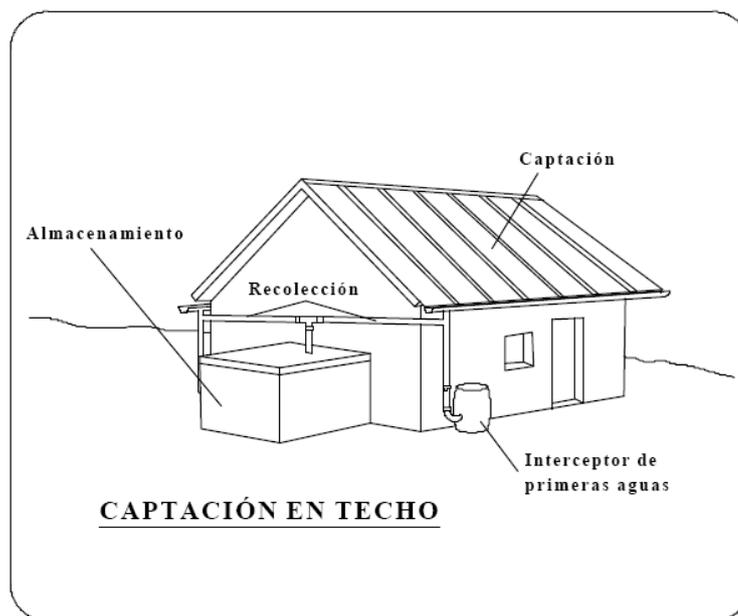


Figura 3: SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN TECHOS
Fuente: Guía de diseño para captación de agua de lluvia. CEPIS, 2004.

a) El área de captación

La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección.

En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo.

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción.

La paja, por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc. (UNATSABAR, 2001).

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- ✓ La superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda requerida. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores,

colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.

- ✓ El techo de la edificación deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección, debe tener una pendiente no menor al cinco por ciento (5%) en dirección a las canaletas de recolección del agua de lluvia. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo y el coeficiente de escurrimiento.
- ✓ En el caso de utilizar aéreas sobre terreno, estas deben estar limpias y ser lo suficientemente impermeables para no permitir que cierta parte importante del agua precipitada se pierda por infiltración en el terreno.

b) Recolección y Conducción

Este componente es una parte esencial de los SCAPT ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo (ver Figura 4).

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC.

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesita, sin embargo, son costosas. Las canaletas

confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir, pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas.

Las canaletas se fijan al techo con:

- ✓ Alambre
- ✓ Madera
- ✓ Clavos.

Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas (UNATSABAR, 2001, p. 7).



Figura 4: CANALETAS DE RECOLECCIÓN.

Fuente: Guía de diseño para captación de agua de lluvia. CEPIS, 2004.

c) Interceptor

Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los

materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente (ver Fig. 5) (UNATSABAR, 2003).

El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

- a) El volumen del interceptor se debe calcular a razón de un litro de agua de lluvia por metro cuadrado del área del techo drenado.
- b) El techo destinado a la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor. En el caso que el área de captación tenga dos o más interceptores, ellos deberán atender áreas específicas del techo y por ningún motivo un determinado interceptor deberá captar las primeras aguas de lluvia de un área que haya sido atendida por otro interceptor.
- c) Al inicio del tubo de bajada al interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita encauzar el agua hacia el interceptor sin que se produzcan reboses, y su ancho inicial debe ser igual al doble del diámetro de la canaleta debiendo tener la reducción a una longitud de dos veces el diámetro (ver figura 5).

- d) El diámetro mínimo del tubo de bajada del interceptor no será menor a 75 mm.
- e) La parte superior del interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras aguas de lluvia.
- f) El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia.
- g) El interceptor contará con un dispositivo que debe cerrarse una vez que se hayan evacuado las primeras aguas de lluvia.
- UNATSABAR, (2003).

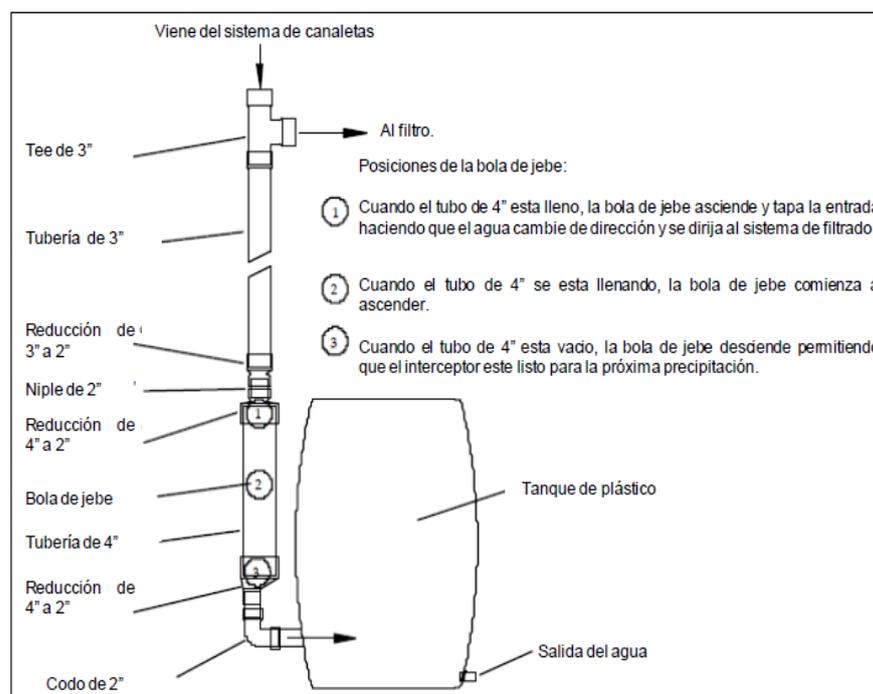


Figura 5: DISPOSITIVO INTERCEPTOR DE LAS PRIMERAS AGUAS

Fuente: Guía de diseño para captación de agua de lluvia. CEPIS, 2004.

d) Almacenamiento

Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía (ver Figura 6).

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- ✓ Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración,
- ✓ De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones,
- ✓ Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- ✓ Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias,
- ✓ La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- ✓ Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.

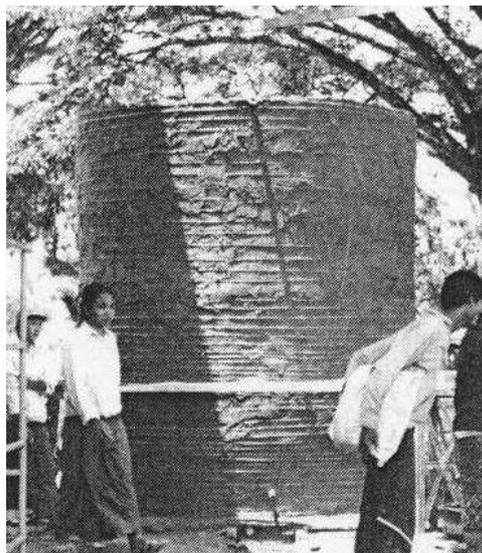


Figura 6: TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Fuente: Guía de diseño para captación de agua de lluvia. CEPIS, 2004.

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser construidos con los materiales siguientes:

- ✓ Mortero cemento – arena; se aplica sobre un molde de madera u otro material de forma preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m³ y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2.3 m³.
- ✓ Concreto; normalmente se construye vaciando concreto en moldes concéntricos de acero de un diámetro de 1.5 m, 0.1 m de espesor y 0.60 m de altura. Este tipo de tanque de almacenamiento puede alcanzar volúmenes de hasta 11 m³.

2.2.7. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL) PARA CONSUMO ANIMAL

Los sistemas de captación de agua de lluvia para consumo animal son una ecotecnia que contribuye a incrementar la eficiencia en el aprovechamiento del agua de lluvia y prolonga el abastecimiento para el consumo del ganado, además es una técnica simple y sencilla de construir en los predios ganaderos. Gran parte del material de construcción está disponible en todo el medio rural y prácticamente puede ser construida por los propios agricultores (Ruvalcaba, 2012).

Los sistemas de agua de lluvia para consumo animal son una alternativa para que el ganado obtenga agua permanente durante las épocas de sequía prolongada, contribuyendo a reducir los problemas de abastecimiento del vital líquido que afrontan los hatos ganaderos durante la temporada de estiaje.

Algunos ranchos estén alejados de las fuentes de agua y tienen problemas para satisfacer la demanda de agua para consumo animal. sobre todo, en la época de sequía los pequeños productores de ganado tienen que comprar pastura y acarrear agua en vehículo. Esto ocasiona que los costos de producción se eleven. lo cual repercute en la relación costo-beneficio. Una opción tecnológica para ayudar a disminuir este problema. se refiere a los sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL), los cuales permiten satisfacer la demanda de agua en cantidad y calidad de manera continua.

A. Características de los SCALL para consumo animal

1. Es un sistema recolector de agua de lluvia, que consiste en un área de captación que conecta con una cisterna de almacenamiento.
2. El agua captada y almacenada en la infraestructura de almacenamiento se distribuye por gravedad, y se dirige hasta el centro de los agostaderos donde se localiza el bebedero, por medio de tubería.
3. El área de escurrimiento y la cisterna de almacenamiento deben ubicarse dentro de un área protegida que evite el acceso del ganado: esta área debe quedar totalmente impermeabilizada.
4. Este sistema es de baja inversión y no genera contaminación.

Los sistemas de captación de agua de lluvia, son de bajo costo, sencillos, presentan escaso o nulo consumo de energía. con facilidad para su construcción, bajo mantenimiento y bajo costo de operación, además de que no dañan el medio ambiente y son opciones viables y eficientes para dotar de agua a los animales (Ruvalcaba, 2012).

B. Ventaja de los SCALL para Consumo Animal

1. Reduce las enfermedades y muertes de ganado por falta de agua durante la temporada de sequía.
2. El agua de lluvia cosechada presenta una alta calidad física y química.
3. Es un sistema independiente, ideal para lugares dispersos y alejados.
4. Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
5. Requiere escasa o nula energía para la operación del sistema.
6. Fácil mantenimiento

7. Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.
8. Aprovechamiento eficiente del agua de lluvia.
9. Representa una fuente alternativa y ecológica de agua.

Con las ventajas del modelo SCALL se contribuye a disminuir los problemas de abastecimiento de agua en los predios ganadero y generar una mejor condición de vida para el hato ganadero en las épocas de sequía (Ruvalcaba, 2012).

2.2.8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SCALL

Operación

La operación de los sistemas captación de agua de lluvia (SCALL) es muy sencilla e individual primero el agua de lluvia cae sobre las áreas de captación guiando el agua captada a canaletas que recogen y conducen el agua hacia un sistema interceptor el cual elimina las primeras aguas con basura, sedimentos y materiales indeseables, el cual se cierra de forma manual o automática y envía el agua hacia un dispositivo de filtrado antes de entrar al dispositivo de almacenamiento. A partir de este punto el sistema puede utilizar un sistema automático de bombeo el cual bombea el agua desde las cisternas de almacenamiento ubicadas en cada vivienda hacia el tanque elevado de distribución, en el caso de que la cada vivienda cuente con varias cisternas a fin de poder suplir la demanda de agua durante el periodo de sequía, al vaciarse una de ellas, se debe instalar la bomba manual en la siguiente cisterna y continuar con este proceso hasta que se inicie la próxima temporada de lluvias y se recarguen nuevamente las cisternas (Herrera, 2010).

Mantenimiento

Cada familia beneficiada con los sistemas SCALL, es la encargada de realizar las actividades necesarias para operar y mantener en buenas condiciones el sistema. Una de las principales ventajas de los sistemas es el poco mantenimiento que necesitan, sin embargo, es importante seguir los siguientes consejos a fin de mantener en buen estado del sistema asegurando su eficiencia:

Área de captación (techo) y canaletas:

- ✓ Controlar el buen estado y limpieza de estos sectores, sobre todo cuando se acerca el período de lluvias.
- ✓ Limpia el tanque y el tubo de entrada antes de la temporada de lluvias.
- ✓ La limpieza periódica de los tejados durante acontecimientos extendidos de lluvia mejora la calidad del agua.
- ✓ Es importante evitar en lo posible que en el área del techo no caigan hojas o excremento de las aves; en este caso es necesario limpiar las canaletas continuamente antes de canalizar el agua al tanque de almacenamiento.

Generales

- ✓ Asegurarse que los materiales utilizados en el sistema no contengan o desprendan residuos o contaminantes al contacto con el agua e incrementen el costo del tratamiento para obtener un producto de calidad.

- ✓ En el caso de materiales de concreto se deben limpiar antes de impermeabilizar; si son de lámina galvanizada o asbesto se recomienda revisar si tienen algún deterioro y en su caso sustituirlas por otros antes de su impermeabilización. Además, se requiere asegurar y verificar que sus estructuras soporten el peso de las canaletas más el agua de lluvia.

2.2.9. CONSUMO DE AGUA PARA USO PECUARIO

Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento, y la obtienen de tres fuentes: la contenida en el alimento, la que se produce durante el proceso de asimilación de los mismos y el agua de bebida, Sencillamente el agua, constituye la mayor parte del peso de los vegetales y animales y es indispensable para la vida. Las funciones orgánicas del agua son múltiples: digestión, absorción y metabolismo, transporte de nutrientes y otras sustancias entre tejidos, eliminación de productos de desecho, ambiente fluido para el feto, producción de leche, regulación de la temperatura corporal, entre otros (Duarte, 2000).

El consumo de alimentos es directamente proporcional al consumo de agua. En la medida que no dispongamos de la calidad y cantidad de agua suficiente se limitará el consumo de materia seca (de los alimentos) y se puede dañar seriamente la salud de los animales. En cualquiera de los casos se afectará la producción de carne o leche. De ahí que es imprescindible conocer que calidad y cantidad de agua tenemos para definir diferentes estrategias, incluso, las características del sistema productivo (cría, engorde o leche) a implementar con ese tipo de agua (Fernandez M. A., 2016).

El agua y su importancia para los bovinos

El agua químicamente pura es la combinación del hidrógeno con el oxígeno. Al estado natural, es clara, sin color, ni olor. El agua forma parte de la alimentación de los animales, y después del oxígeno, es el componente más importante e indispensable para la vida sobre la tierra (Cseh, 2003).

El agua constituye el mayor peso de animales y vegetales. La falta de agua puede producir la muerte rápidamente, más que la falta de cualquier otro elemento (Cseh, 2003).

Para tener una idea de la importancia del agua, animales sometidos a ayuno pueden soportar la pérdida total de su grasa, una pérdida de la mitad de la proteína corporal sin poner en riesgo la vida del animal, pero la pérdida de una quinta parte de su contenido acuoso le produce una deshidratación que lo lleva a la muerte (Bravera, 2001).

Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento. Desde el punto de vista físico, el agua actúa en el animal como un amortiguador entre su propia temperatura y el medio ambiente. Desde el punto de vista nutricional, se comporta como un solvente universal. El agua favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos, permitiendo su asimilación y la excreción de orina y heces (Cseh, 2003).

El agua es el principal constituyente celular, formando parte de más de la mitad del peso del animal. El peso corporal de una vaca contiene 55-60% de agua (Cseh, 2003).

- Consumo de agua

Las fuentes de obtención del agua por parte del animal para cubrir sus requerimientos son:

a) Agua obtenida voluntariamente cuando el animal se abreva: esta estaría condicionada a factores como la temperatura ambiental, a la especie, al estado fisiológico.

b) Agua contenida en los alimentos como la que se deposita sobre los mismos varía en un amplio rango, dependiendo de factores como son granos, ensilajes, material verde en pastos tiernos dependiendo del estado vegetativo de las plantas.

c) Agua metabólica producto de la oxidación de los alimentos, puede llegar a representar entre el 5 y 10% del consumo total de agua.

d) Agua liberada en las reacciones de síntesis, tales como la unión de los aminoácidos para la formación de proteína, si bien aporta una determinada cantidad no es suficiente para cubrir las necesidades metabólicas con lo cual el animal tiene que recurrir a sus depósitos corporales (Bravera, 2001).

Existen varios factores que intervienen en la determinación del consumo de agua por parte de los animales, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 1: FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CONSUMO DE AGUA EN LOS ANIMALES

FACTOR BIOLÓGICO	FACTOR AMBIENTAL	FACTOR DE LA DIETA
Calor producido tasa metabólica raza variación individual estado fisiológico	Temperatura ambiente humedad ambiente	Cantidad de materia seca consumida Naturaleza del alimento Temperatura del agua bebida Disponibilidad del agua Sales totales

Fuente: (Bravera, 2001).

Los animales consumen una cantidad determinada de agua de acuerdo a los requerimientos dados por sus funciones productivas. Los factores que más modifican el consumo de agua son la temperatura ambiente y el tipo de alimento. La temperatura ambiente elevada aumenta los requerimientos de consumo (Sager, 2000).

Los alimentos como ensilajes, pasturas, tienen un alto porcentaje de humedad, mientras que los granos y henos tienen bajo porcentaje. Alimentos altamente energéticos, producen mucha agua metabólica, mientras que alimentos bajos en energía, producen poca. En general, todos los forrajes secos y concentrados, demandan un consumo de agua por parte del animal mayor que los forrajes verdes (Cseh, 2003).

Los requerimientos de agua por unidad de peso corporal disminuyen con la edad. Las vacas lecheras, son las que más agua consumen de todos los bovinos, en proporción a su tamaño corporal, debido a que tienen grandes requerimientos de agua para poder mantener su producción láctea, ya que entre el 85 y el 87% de la leche, es agua (Cseh, 2003).

En líneas generales se puede estimar el consumo de agua dentro de un intervalo del 8 al 12 % del peso del animal (Bravera, 2001).

Durante la privación de agua hay pérdida de peso debido a la pérdida de agua desde los tejidos y desde el intestino, el cual actúa como reservorio de agua que mantiene al organismo hidratado. Una provisión inadecuada de agua, puede resultar en una disminución de la producción láctea más rápida y drásticamente que cualquier otra deficiencia nutricional.

Si el consumo de agua está limitado, el animal comienza a comer menos y más lentamente. La privación de agua generalmente resulta en pérdidas del peso corporal.

Hábitos de abrevado

Los animales cuando disponen con facilidad del agua para abrevarse lo hacen entre 2 a 7 veces por día. Por su comportamiento gregario, los animales cuando uno se dirige a la aguada algunos lo siguen o todos.

También se manifiesta el dominante que siempre se abreva primero, con lo cual alguno puede ser que no tome por tener restringido el acceso al bebedero. Lo mismo ocurre cuando hay en el rodeo animales con cuernos juntos con los animales sin cuernos teniendo los primeros, prioridad y muchas veces impiden que algunos animales accedan al bebedero.

La temperatura ambiental tiene una influencia determinante sobre las veces que un animal se abreva. Con temperaturas en el orden de los 26°C los animales tienden a consumir agua en la mañana y al final de la tarde. La calidad del forraje modifica la cantidad de veces que los

animales consumen agua, lo mismo ocurre cuando se utilizan suplementos o concentrados (Bravera, 2001).

En los pastoreos rotativos cuando el agua está en la parcela el hábito de consumo se modifica a 6 a 7 veces por día.

Las Aguadas

Se denomina aguadas a los lugares donde el animal se abreva. Existen diferentes tipos: naturales y artificiales. En el siguiente cuadro se presenta la clasificación de las aguadas.

Descripción de las aguadas

A. Aguadas naturales

Son aquellas que existen sin la intervención del hombre. Pueden ser permanentes o transitorias (Bravera, 2001).

1. Agua de vertiente: es el agua que surge de la tierra, que se puede o no transformar en arroyo o río.

a) Manantial: Ojo de agua o vertiente son sinónimos empleados para designar el lugar donde brota el agua.

b) Vegas cordilleranas: Es el agua que surge de la tierra, pero se encuentran en la cordillera.

c) Menuco: Palabra araucana que significa agua en el bajo, agua subterránea (menú = abajo o adentro – co = agua). Son pozos naturales de agua surgente y potable.

d) Lloradero: Lugar muy difuso en la montaña en donde caen muchas gotas como lágrimas que a veces se juntan para formar una corriente permanente.

e) Pantanos de sierra: Lugares de tierra negra ubicados en depresiones y que son alimentados por vertientes que lo transforman en ciénagas² con el consiguiente peligro para la hacienda porque se empantan.

2. Agua Viva: Es la que se encuentra en movimiento corriendo por su curso, siguiendo las diferencias de nivel de los terrenos.

Se presentan todas las alternativas en cuanto a tamaño, caudal curso, largo, ancho y sus orígenes. Cuando se encuentra con grandes desniveles de terrenos se forman los rápidos, saltos o cataratas y cuando falta pendiente se forman los esteros y cañadas. Existen diferentes alternativas de hacer uso de los ríos o arroyos teniendo siempre la precaución de evitar las contaminaciones y asegurar la entrada y salida de los animales luego de abrevarse. Se sabe que en muchos casos los lechos de los ríos son pantanosos al igual que los esteros en donde el animal puede quedar atrapado y no poder salir (Bravera, 2001).

3. Agua muerta: Es cuando el agua no tiene movimiento, es decir que no corre por un cauce. Esta agua tiene un problema grande de contaminación que debe tenerse en cuenta para su uso.

B. Aguadas artificiales

Son aquella en donde el hombre interviene en su construcción. Para la ubicación de las corrientes de agua se realizan los estudios geológicos que se basan en el estudio de la composición del subsuelo e impermeables, obteniendo así una serie de datos que permiten

determinar la existencia o ausencia de agua subterránea (Bravera, 2001).

1. Pozo: Es una excavación generalmente hecha a mano que llega hasta el manto freático. Cuando se hace necesario por el tipo de terreno se calza el pozo con diferentes materiales.

2. Jagüel: Es un pozo artificial o una depresión natural donde se junta agua. Es fundamental evitar que los animales tengan acceso al agua en forma directa para no contaminarla.

3. Perforaciones: Es el acceso al agua subterránea por intermedio de la perforación realizada y la colocación de caños de un diámetro acorde con el caudal necesario.

Para la extracción se utilizan bombas de superficie que puede ser un molino o bombas accionadas por motores. Cuando el manto freático este a más de 6 metros se debe realizar el ante pozo y luego la perforación correspondiente (Bravera, 2001).

Existen también perforaciones horizontales en zonas montañosas, accediendo de esta manera a manantiales dentro de la montaña (Bravera, 2001).

Requerimientos de agua:

Se refiere a la necesidad de agua, generalmente no se habla de requerimientos porque son difíciles de determinar, se ven afectados por factores ambientales y factores dietéticos.

Los animales son más productivos cuando se les proporciona más materia seca, puesto que el consumo total de agua es menor que cuando se les proporciona ensilado.

Los requerimientos de agua según la especie son los siguientes:

Ovinos: se recomienda garantizar un consumo de 3.8 litros de agua por día por hembra madura alimentada con alimentos secos durante épocas lluviosas; 5.7 litros de agua por oveja por día en el caso de hembras lactantes y 1.9 litros de agua por cordero por día en el caso de animales de engorde.

Cerdos: Los cerdos deben tener un acceso libre y fácil al agua durante todo el día. Normalmente los cerdos consumen 2 a 5 litros de agua por cada kilogramo de alimento seco.

Equinos: A los caballos se les debe suministrar agua ad libitum, es decir, que consuman toda el agua que deseen. Normalmente un caballo consume entre 19 y 45 litros de agua al día. Esto depende de la cantidad de ejercicio que realice, del clima (temperatura y humedad) y el tipo de dieta que se le suministra.

Bovinos: Por lo general el consumo de agua varía entre 3 y 7 litros de agua por cada kilogramo de materia seca, esto depende de la alimentación que se le brinde al animal, del estado fisiológico y del clima.

Tabla 2: CONSUMO DIARIO DE AGUA DE LOS ANIMALES

ESPECIE		CONDICION DE CONSUMO	CONSUMO
Aves	Gallinas		15 litros / día por 100 cabezas
	Pavos		30 litros / día por 100 cabezas
Bovinos			450 litros / día por 10 cabezas
Cerdos		Primeros 12 meses	10 a 12 litros/día por 100 kg de peso
		Engorde	3 a 4 litros /día por kg de MS consumida
		Marranas en lactancia	15 a 20 litros por día
Ovinos	De pelo	32 - 35 kg peso	3 litros por día (invierno) 3,8 litros por día (verano)
	En pastoreo	bajo sombra sin proteccion	7 litros por día 11 litros por día
Caprinos			4,5 a 8 litros por día
Camelidos	Alpaca		2,9 litros por día
Cuyes	Hembras primerizas		30 a 70 ml por día
	Machos y Hembras destetados		45 a 198 ml por día

Fuente: Captación y almacenamiento de agua de lluvia (FAO, 2013).

2.2.10. BEBEDEROS PECUARIOS

Un bebedero pecuario, es una estructura que consta de un tanque rectangular o cuadrangular (bebedero) construido con piedra, ladrillo, cemento, arena, grava y armex, cuya finalidad es almacenar agua para abastecer al ganado. Este tanque se asocia con una sombra (techo) de lámina galvanizada (Fernandez R. D., 2013).

- CONDICIONES PARA ESTABLECER UN BEBEDERO PECUARIO

La construcción de un bebedero implica contar con fuentes de abastecimiento aguas arriba (obras de almacenamiento, derivación, o regulación), para que aseguren la dotación de agua durante la época de estiaje.

Para el diseño de los bebederos se deberán conocer las demandas pecuarias de agua que se presentan en la región y la lejanía de la fuente de dotación (Fernandez R. D., 2013).

- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN BEBEDERO

Ventajas

- a) Este tipo de bebederos es resistente a la intemperie en comparación a las tinas de plástico.
- b) Capta agua de lluvia.
- c) Es de fácil mantenimiento.
- d) Cómodo para suficientes animales.
- e) Ahorra trabajo en el acarreo de agua.
- f) Complementa con una línea de conducción para abastecimiento de agua desde una obra de almacenamiento, para tiempos de escasez de lluvia.
- g) Mayores y mejores rendimientos en la ganadería.

Desventajas

- a) No es movable, es prácticamente fijo.
- b) Una mala ubicación repercutirá en acarreos de agua para mantener siempre lleno el bebedero.
- c) Si no existe una línea de conducción como alternativa para alimentación, la obra estará seca y correrá riesgo de fisurarse.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

a) Ubicación Política:

Políticamente el área de estudio está ubicada en:

- Región : Puno
- Departamento : Puno
- Provincia : El Collao
- Distrito : Ilave
- Comunidad : Suquinapi

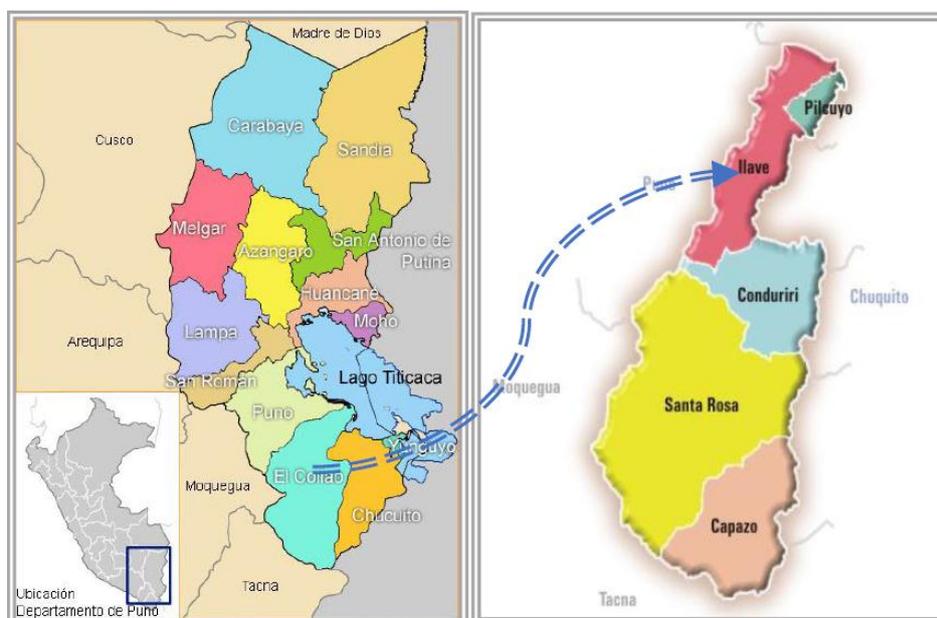


Figura 7: MACRO LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

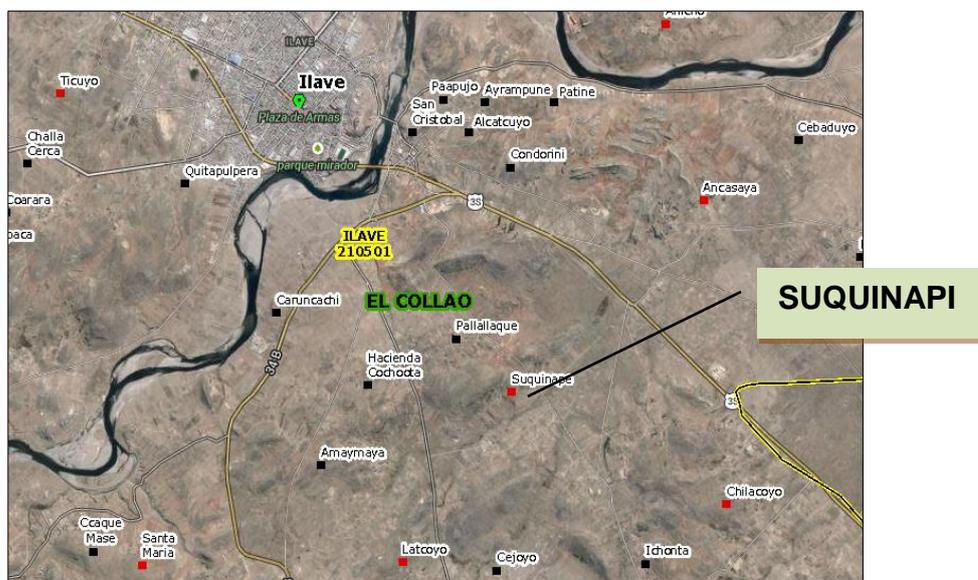


Figura 8: MICRO LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO



Figura 9: UBICACIÓN DEL PROYECTO

b) Ubicación Geográfica:

Geográficamente la comunidad de Suquinapi del Distrito de Ilave, provincia del “El Collao”, Región de Puno, se encuentra ubicado en la meseta del altiplano peruano a las orillas del río Wenque, entre 16° 07’ 01” de latitud sur y 69°37’ 70” de longitud occidental del meridiano de

Greenwich. A una altitud de 3870 m.s.n.m. a 1 Km. al sur de la ciudad de Ilave.

c) Ubicación Hidrográfica:

- ✓ Vertiente : Pacífico.
- ✓ Hoya hidrográfica : Lago Titicaca.
- ✓ Cuenca : Rio Ilave.
- ✓ Sub cuenca : Rio Ilave baja.

d) Vías de acceso al área de estudio

La principal vía de acceso a la zona de estudio es por la carretera panamericana Puno – Ilave, posteriormente por la carretera Ilave – Coraraca, es la única vía que existe para acceder a la zona de estudio, los cuales se ilustra en el siguiente Tabla.

Tabla 3: VÍAS DE ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (min)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
Puno - Ilave	54	45	Asfaltada	Puno - Ilave
Ilave - Coraraca	15	20	Asfaltada	Ilave - Coraraca
Coraraca – Desvío a la comunidad de Suquinapi (letrero)	3	10	Trocha afirmada	Camino a Suquinapi

Fuente: elaboración propia.

3.2. DIAGNOSTICO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

3.2.1. SERVICIO DE SANEAMIENTO

a) Agua potable en el área de estudio

En el área de estudio 60 viviendas se abastecen con agua potable para consumo humano.

En la comunidad no se tiene aguas superficiales para el abrevadero de animales, por lo que estas aguas se encuentran muy profundas y contaminadas.

b) Sistema de alcantarillado en el área de estudio

En el área de estudio las viviendas cuentan con el servicio de baños con arrastre hidráulico.

c) Vivienda

Las viviendas de la comunidad de Suquinapi se caracterizan por ser de material rustico (material de adobe o tierra), lo mismo en el tipo de piso de las viviendas. En su mayoría las familias cuentan entre 1 a 5 habitaciones aproximadamente, y sus condiciones de habitabilidad no permiten un ambiente saludable.

En su mayoría se tienen viviendas de antigüedad promedio entre 20 - 30 años.

3.2.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA POBLACIÓN

Capital Humano

a) Población referencial

Está constituida por la población de todo el distrito de llave y para realizar la tasa de crecimiento Provincial inter censal es de 0.34%.

Tabla 4: POBLACIÓN TOTAL, POR ÁREA URBANA Y RURAL, SEGÚN SEXO

DPTO. PROV. Y DIST.	TOTAL	POBLACIÓN		TOTAL	URBANA		TOTAL	RURAL.	
		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES
Dpto. Puno	1,268.441	633.332	635.109	629.89	313.663	316.228	638.60	319.669	318.881
Prov. El Collao	81.059	41.148	39.911	25.376	13.04	12.336	55.68	28.108	27.575

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

b) Población objetivo

Está constituido por la población del área de influencia del proyecto es decir la población de la comunidad de Suquinapi del distrito de llave, información obtenida de la relación del padrón, brindada por el presidente de la comunidad.

Tabla 5: POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO

SEGÚN SEXO	TIPO DE AREA		TOTAL
	URBANA	RURAL	
Hombre	-	42	42
Mujer	-	18	18
TOTAL	-	60	60

Fuente: elaboración propia.

c) Población económicamente activa en el área de estudio

La población de PEA según la información del INEI, se tiene 138 personas mayores de 14 años de edad pertenecen a la Población Económicamente Activa – PEA, y 48 habitantes pertenecen a la PEA desocupada, los resultados se muestran en el siguiente Tabla.

Tabla 6: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
PEA Ocupada	-	138	138
No PEA	-	48	48
Total	-	186	186
NSA:	23		

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

Según la información obtenida por el Plan de desarrollo Concertado al 2021, del Gobierno Regional de Puno. El ingreso familiar per cápita mensual asciende a 231.40 nuevos soles a nivel de la provincia de El Collao.

La distribución de la población Económicamente Activa a nivel del distrito, según rama de actividad económica, se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 7: POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR GRUPOS DE EDAD

RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	TOTAL	GRUPOS DE EDAD				
		6 - 14 AÑOS	15 - 29 AÑOS	30 - 44 AÑOS	45 - 64 AÑOS	65 Y MAS AÑOS
Agric. Ganadería, caza y silvicultura	3665	47	706	855	1242	815
Pesca	112	-	36	41	34	1
Industrias manufactureras	84	-	39	23	11	11
Construcción	67	-	23	17	23	4
Comerc, rep. Veh. Autom.,efecto.pers.	305	3	102	107	82	11
Venta, mant, y rep.Veh. Automo, y motoc.	22	-	14	5	2	1
Comercio al por mayor	5	-	1	4	-	-
Comercio al por menor	278	3	87	98	80	10
Hoteles y restaurantes	15	-	2	8	5	-
Trans., almac. Y comunicaciones	61	1	18	32	9	1
Actividad inmoibil., empresa; y alquileres	12	-	9	2	1	-
Admin...pub., ydefensa; p. seguridad.socialafil	58	-	20	21	17	-
Enseñanza	154	-	23	59	69	3
Servicios sociales y de salud	25	-	8	7	10	-
Otras activ. Serv.comun.soc y personales	6	1	-	2	3	-
Hogares privados con servicio domestico	14	-	8	5	-	1
Actividad económica no especificada	159	-	33	34	46	46
Desocupado	282	1	139	70	48	24
Total	5324	56	1268	1390	1682	928

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

d) Migraciones

En el altiplano puneño es característico el fuerte progreso migratorio de la población rural hacia los centros y pueblos de mayor desarrollo relativo, como son: Moquegua, Tacna, Arequipa, Cusco y Juliaca.

El progreso migratorio tiene su origen en la escasa tenencia y propiedad de los recursos productivos, en el uso inadecuado de la fuerza de trabajo

y la tecnología, los exiguos ingresos per cápita y la baja producción y productividad anual.

La migración es mayor en los pobladores de sector rural en el grupo de edades de 20 a 29 años, principalmente en el sexo masculino (15.2%), este indicador muestra que el campesino incentivado en futuras mejoras económicas, tiende a movilizarse a diferentes regiones y centros urbanos, originando diversas corrientes migratorias que en su mayor parte son de carácter temporal y se realizan en las épocas posteriores a los periodos de siembra y cosecha.

e) Servicios de educación en el área de estudio

Los servicios educativos que brindan son públicos, las mismas que son facilitados por el ministerio de educación, la cobertura educativa alcanza a mayoría de los centros poblados, comunidades y parcialidades, las instituciones educativas iniciales, primarias en algunos de ellos, en caso de secundario está concentrado en la capital de la provincia.

Un aspecto fundamental en el tema de educación es el analfabetismo de la población, que en datos representa 43 personas que no saben leer y escribir, y 156 personas saben leer y escribir.

Tabla 8: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

QUE SABE LEER Y ESCRIBIR	TIPO DE AREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Si	-	156	156
No	-	43	43
Total	-	199	199
NSA:	10		

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

Según resultado, en el Distrito de Llave, en zonas rurales el 42.05% de la población total es analfabeta, de los cuales el 28.71 % corresponden a mujeres y el 13.34 % a hombres.

Tabla 9: POBLACIÓN DE 3 AÑOS A MÁS, SEGÚN SEXO Y CONDICIÓN DE ALFABETISMO

Nivel de Alfabetismo	Hombres	%	Mujeres	%	TOTAL
Sabe leer y escribir	13350	86.66	10822	71.29	24172
No sabe leer y escribir	2055	13.34	4359	28.71	6414
TOTAL	15405	100	15181	100	30586

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

3.2.3. SOCIAL E INSTITUCIONAL

a) Organización Comunal

La comunidad campesina de Suquinapi es una organización social y económica integrada por 60 familias que representan 240 habitantes con una densidad poblacional de 5.00 hab/fam/vivienda.

b) Organización de productores

El proceso productivo en el ámbito del área de estudio de la comunidad campesina de Suquinapi, particularmente referido a la actividad pecuaria se organiza de dos maneras; a nivel de la organización comunal (comités agropecuarios) y familia campesina.

c) Organización familiar parcelaria

Este tipo de organización de producción es la que tiene mayor vigencia en la comunidad de Suquinapi del distrito de Llave. La familia campesina tiene como objetivo principal satisfacer sus necesidades de consumo, adicionalmente requiere cubrir gastos en educación, salud, vivienda, vestido, etc.

d) Energía eléctrica

La comunidad de Suquinapi se dota del servicio de electrificación, sin embargo, no toda la población se beneficia de este servicio algunos se dotan del servicio mediante paneles solares, mientras que otros aun no cuentan el servicio.

3.2.4. LOS RECURSOS NATURALES**a) Suelo**

La parcelación es a menudo una necesidad a la vez para diversificar los cultivos y utilizar la variabilidad climática vertical, y para permitir una rotación de los cultivos, indispensable al mantenimiento de una buena calidad, en un contexto de escasez de la tierra. Tampoco el relieve del terreno permite a veces cultivar grandes parcelas.

La fragmentación de una propiedad agrícola significa también un freno para la mecanización, la gestión del riego y el mejoramiento de la rentabilidad.

Las tierras y suelos del distrito de Llave se encuentran parceladas, en donde existe una creciente parcelación de tierras por el constante crecimiento demográfico, trayendo como consecuencia la reducción de las áreas de cultivo por familias.

Tabla 10: CAPACIDAD DE USO DEL RECURSO SUELO EN EL DISTRITO DE ILAVE

Provincial Distrital	Nº DE PRODUCTORES ESTIMADOS	ÁREAS AGRICOLAS				%	Superficie con pastos naturales	%	Superficie Forestal	%	Superficie con otras tierras	%	Superficie total	Altitud
		TOTAL	Superficie con cultivos	%	Superficie en descanso									
ILAVE	16210	29540	12390	59	17150	88	43560	14	190	4	18067	9	91357	3,847
PILCUYO	8540	10740	8530	41	2210	11	5170	2	10	1	110	0,5	16030	3,836
CONDURIRI	1420	60	40	0,1	20	1	47820	15	710	12	47747	24	96337	3,950
MAZOCRUS	1650	0	0	0	0	0	171900	55	4390	82	76112	38	252402	4,026
CAPASO	405	0	0	0	0	0	44640	14	10	1	59275	29	103925	4,400
TOTAL PROVINCIAL	28225	40340	20960	100	19380	100	313090	100	5310	100	201311	100	560051	

Fuente: Dirección Agraria Puno – Agencia Agraria El Collao.

b) Actividad agrícola

Los cultivos predominantes son las variedades de papa, “dulce – amargas”, habas, quinua, trigo, cebada, avena entre otros. Los pastos naturales son muy importantes para la crianza de ganado y son los siguientes; alfalfa, crespillo y grama salada. Además, se tiene otras especies con potenciales medicinales como: mostaza, layo, entre los más principales.

Tabla 11: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE ILAVE EN T.M. Y HAS (2002-2005)

PRODUCTOS	2002				2003				2004				2005			
	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%
Papa dulce	469	21	2448	33	599	29	1685	46	730	25	764	36	511	19	1685	11
Papa amarga	429	19	2413	32	365	17	1260	34	260	9	29	1	182	9	360	2,4
Quinua	524	23	96	1,5	402	19	88	2	280	10	79	4	265	10	168	1,1
Cabada grano	615	27	285	4	510	24	280	8	695	24	141	8	710	27	462	3
Avena grano	83	4	40	0,5	70	3	56	2	90	3	22	1	50	2	26	0,5
Cebada forraje	48	2	816	11	60	3	105	3	690	24	864	41	720	27	9300	60
Avena forraje	80	4	1376	18	95	5	180	5	165	5	188	9	165	6	3300	22
TOTAL	2248	100	7474	100	2101	100	3654	100	2910	100	2087	100	2603	100	15301	100

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentaria, Oficina de Estadística – Agencia Agraria – Ilave.

3.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES PARA USO PECUARIO

Para el aspecto técnico, se considera importante el siguiente procedimiento:

3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Fue necesario el uso de materiales y equipos siguientes:

Materiales de Gabinete:

- ✓ Equipo de cómputo e impresión
- ✓ Equipo de dibujo
- ✓ Útiles de escritorio (papel bond de 80 grs. Cuadernos, lapiceros, lápices, plumones y otros.)

Equipos de Campo:

- ✓ Gps
- ✓ Wincha de 50m
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Estacas de madera
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Flexómetro de 7.5 m

3.3.2. INFORMACIÓN BÁSICA

Información Meteorológica

La información recolectada de precipitación para la comunidad en estudio, fue obtenida de la Estación meteorología de llave, información brindada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI – Puno. Los datos analizados corresponden a los años 2000 hasta 2014, periodo recomendado como mínimo de 10 a 15 años,

según el CEPIS, (2004), para realizar el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia, como se muestra en la tabla 13.

A partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados, Este valor puede ser expresado en mm/mes, de acuerdo con la ecuación 1:

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

P_{pi} : precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados (mm/mes).

n: número de años evaluados.

P_i : valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

Tabla 12: ESTACIÓN METEOROLÓGICA

CODIGO Nº	ESTACION / CONTROL	TIPO	ALTITUD (m.s.n.m.)	COORDENADAS		DIST.	PROP.
				LONGITUD	LATITUD		
110879	ILAVE	CO	3,880.00	69 ° 38` 42”	16° 05` 17.7”	ILAVE	SENAMHI

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13: RESUMEN DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS (2000-2014)

MESES	VARIABLES		
	Precipitación (mm)	Temperatura (°)	Humedad relativa (%)
ENERO	189.09	9.70	67.30
FEBRERO	140.98	9.30	38.40
MARZO	120.16	9.40	67.10
ABRIL	37.83	9.00	59.80
MAYO	10.25	7.10	49.90
JUNIO	3.49	5.40	46.40
JULIO	8.98	5.20	45.90
AGOSTO	10.67	6.30	48.30
SETIEMBRE	26.08	7.80	48.70
OCTUBRE	36.13	9.00	46.90
NOVIEMBRE	30.11	9.70	48.90
DICIEMBRE	113.48	9.90	56.50
PROMEDIO	60.6	8.15	54.51
TOTAL	727.25		

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. METODOLOGÍA DEL ASPECTO TÉCNICO

Como proceso metodológico del aspecto técnico fue necesario partir de la realización del diagnóstico del ámbito de estudio; así mismo, cálculos de la oferta y demanda de agua para consumo de abrevadero de animales, para tomar en cuenta criterios para el diseño de sistemas de captación del agua de lluvia.

Para nuestra investigación, hemos realizado un muestreo no probabilístico por conveniencia (Bernal, 2010), ya que solo tomamos una sola vivienda como prueba piloto para la captación de aguas pluviales, siendo esta una vivienda con características similares a las demás.

Para ello debe considerarse lo siguiente:

- a). - Evaluación de los techos de la vivienda familiar para la captación de agua de lluvia.

- b). - Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de Lluvia.
- c). - Determinación de la demanda de agua por familia o por la comunidad.
- d). - Cálculo de la oferta de precipitación pluvial.
- e). - Área de captación del agua de lluvia.
- f). – Determinar el volumen del sedimentador por trampa de sólidos.
- g). - Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada.
- h). - Distribución del agua almacenada para el consumo.

a) Evaluación de los techos de la vivienda familiar para la captación de agua de lluvia

Se ha aplicado la técnica de estudio de campo, porque se ha realizado la observación en contacto directo con el objeto de estudio, es decir los techos de una vivienda familiar.

b) Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de Lluvia

La localización del sistema se realiza teniendo como punto focal la comunidad de Suquinapi donde se ha realizado la investigación.

c) Determinación de la demanda de agua por familia o por la comunidad

La demanda o dotación por persona, es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. Además, considera el número de habitantes a beneficiar.

La expresión matemática para calcular la demanda de agua es la siguiente:

$$D_j = \frac{Nu * Dot * Nd_j}{1000} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

D_j = Demanda de agua en el mes j, m³/mes /población.

Nu = Número de beneficiarios del sistema.

Dot = Dotación, en 1/persona/día.

Nd_j = Número de días del mes.

D_{anual} = Demanda de agua para la población.

j = Número del mes (j=1,2, 3, ...12)

1000 = Factor de conversión en litros en m³

- Demanda acumulada (D_{ai})

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D_{ai} = D_{a(i-1)} + D_i \quad \text{Ecuación (4)}$$

Dónde:

D_{ai} : demanda acumulada al mes "i" (m³).

$D_{a(i-1)}$: demanda acumulada al mes anterior "i-1" (m³).

D_i : demanda del mes "i" (m³)

d) Cálculo de la Oferta de precipitación pluvial**- Cálculo de la Oferta de precipitación pluvial**

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Dónde:

A_i : oferta de agua en el mes "i" (m³)

P_{pi} : precipitación promedio mensual (L/m²)

C_e : coeficiente de escorrentía.

A_c : área de captación (m²).

- Oferta acumulada (A_{ai})

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + A_i \quad \text{Ecuación (6)}$$

Dónde:

A_{ai} : oferta acumulada al mes "i" (m³).

$A_{a(i-1)}$: oferta acumulada al mes anterior "i-1" (m³).

A_i : oferta del mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m³).

- Cálculo de la precipitación pluvial neta

A partir de la información disponible de precipitación, se determina la Precipitación Neta, que se define como la cantidad de agua de lluvia que

queda a disposición del sistema (SCALL), Este método consiste en descontar las pérdidas de agua por diversos factores como salpicamiento, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño de la gota; considerados en un coeficiente de captación del 80%(0.80) que se obtuvo de la tabla 14, de acuerdo con la experiencia desarrollada en el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados (CIDECALLI-CP). La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía en el rango de 0.1 a 0.9 (ver tabla 14).

Tabla 14: COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO (CE) DE LOS MATERIALES EN EL ÁREA DE CAPTACIÓN

TIPOS DE CAPTACIÓN	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6 - 0,8
Pavimento	0,5 - 0,6
Geomembrana de PVC	0,85 - 0,90
Azotea	
Azulejos, teja, calamina galvanizada	0,8 - 0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7 - 0,9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0,2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0,0 - 0,3
Superficies naturales rocosas	0,2 - 0,5

Fuente: (UNATSABAR) 2003.

Fórmula para estimar la precipitación neta:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} * \eta_{captación} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

PN_{ijk} = Precipitación neta del día i, mes j y año k, mm.

P_{ijk} = Precipitación Total del día i, mes j y año k, mm.

$\eta_{captación}$ = Eficiencia de captación del agua de lluvia, 0.80

Cuando las precipitaciones medias mensuales sean menores de 50 mm y de baja intensidad (mm/hr), se recomienda no considerarlas, sobre todo si se presentan durante las épocas secas, ya que la cantidad y calidad del agua de lluvia no será de consideración para su almacenamiento (CIDECALLI - CP, 2007).

e) Área de captación del agua de lluvia

El área de captación del agua de lluvia se obtiene con la ecuación: (en vista de planta).

$$A = a * b \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

A = Área de captación, m²

a = Ancho de la casa, m

b = Largo de la casa, m

En caso de que no exista el área de captación del sistema de captación de agua de lluvia, se diseñara en función de la demanda anual de los habitantes a beneficiar y de la precipitación pluvial neta anual.

$$A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j} \quad \text{Ecuación (9)}$$

$j = \text{No. del mes con lluvia, } j = 1, \dots, 12$

Donde:

A_{ec} = Área de captación necesaria para abastecer la demanda de agua a una familia o comunidad, en m²

D_{anual} = demanda de agua anual que necesita una población.

$\sum_{j=1}^{12} PN_{anual}$ = Suma de las precipitaciones netas medias mensuales que originan escurrimiento en mm.

La vivienda ya cuenta con canaletas y bajantes en PVC de 2", que recolectan y conducen el agua lluvia por todos los techos hacia el suelo, por lo tanto, para este sistema no se tendrá en cuenta la instalación de nuevas canaletas, pero sí se complementarán los bajantes para conducirlos hacia el interceptor de primeras aguas y posteriormente al tanque de almacenamiento.

f) Determinar el volumen del sedimentador por trampa de sólidos

Éste elemento permite recolectar las primeras aguas lluvias que caen y lavan el techo, por lo tanto, es necesario desviarlas para no ser almacenadas en el tanque. Su diseño, de acuerdo con los parámetros establecidos según CEPIS, (2004), establece que se requiere un litro de agua lluvia para lavar un metro cuadrado del techo, es decir que el volumen del tanque interceptor se calcula de la siguiente manera:

$$V_{int} = \left(1 \frac{L}{m^2} * A_{techo}\right) / 1000 \quad \text{Ecuación (10)}$$

Dónde:

V_{int}: Volumen del interceptor (m³).

A_{techo}: Área del techo a captar (m²).

1000 = factor de conversión de litros a m³.

g) Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes.

Para conocer el volumen necesario de almacenamiento se debe encontrar la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada para cada mes, de esta manera el mayor valor de diferencia será el volumen del tanque adoptado. Si las diferencias dan valores negativos, quiere decir que las áreas de captación no son suficientes para satisfacer la demanda.

$$Vi = Aai - Dai \qquad \text{Ecuación (11)}$$

Dónde:

Vi: volumen de almacenamiento del mes "i" (m³).

Aai: oferta acumulada al mes "i" (m³).

Dai: demanda acumulada al mes "i" (m³).

h) Distribución del agua almacenada para el consumo

Para la distribución del agua almacenada para el consumo de abrevadero de animales se ubicará en la parte más baja, por lo que se aprovechará la pendiente del terreno, hasta el punto del abrevadero de los animales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y DEMANDA DE AGUA POR CONSUMO DE ABREVADERO DE ANIMALES

A. Evaluación de los techos de la vivienda familiar para la captación de agua de lluvia para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi

Para el aspecto técnico de la propuesta de captación de agua de lluvia en viviendas rurales para el consumo de abrevadero de animales, se ha considerado el estudio del área de los techos que conforman la vivienda de un habitante de la Comunidad de Suquinapi. Para ello fue necesario realizar un diagnóstico del ámbito de estudio y producto de esta investigación se ha encontrado que el área de los techos de la vivienda es de calamina galvanizada. La ventaja que proporciona este material es que presenta una superficie lisa de fácil escurrimiento y efecto esterilizante debido al calentamiento del metal producido por el sol.



Figura 10: EDIFICACIÓN TÍPICA DE LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI
Fuente: elaboración Propia.

La vivienda familiar cuenta con tres habitaciones cuyas dimensiones de los techos de calamina galvanizada es 8 m de largo por 5 m de ancho; así mismo la construcción del cobertizo y sus dimensiones son de 12.40 m largo por 5.2 m de ancho, construidas de material noble, con techos de lámina galvanizada, lo que hace un promedio en cuanto al área de recolección total de 184 m². Cabe mencionar que los techos de la vivienda no presentan óxido en los techos las cuales garantizan la captación del agua de buena calidad, asimismo estos techos tienen una pendiente que facilita el escurrimiento del agua de lluvia.

Tabla 15: ÁREA TOTAL DE TECHOS DE LA VIVIENDA

Nº HABITACIONES	DESCRIPCION	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA (m ²)
1	DORMITORIO PRINCIPAL	5	8	40
2	DORMITORIO SECUNDARIO	5	8	40
3	SALA Y USOS MULTIPLES	5	8	40
4	COBERTIZO	5.2	12.40	64.48
AREATOTAL (m²)				184.48

Fuente: elaboración propia.

La vivienda, está conformado de un dormitorio principal, un dormitorio secundario, cocina y sala multiusos, también se tiene la construcción de un cobertizo, los mismos que tienen las siguientes características: Los muros de las viviendas están construidas de adobe; el techo es de lámina galvanizada, de dos aguas. Considerando tres habitaciones se determinó un área de 120 m², más la construcción de un cobertizo de 64.48 m². La vivienda del señor ya cuenta con las canaletas para la colección de agua de lluvia.



Figura 11: CANALETAS PARA LA COLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

Fuente: elaboración propia

Se consideró conveniente utilizar los techos de las viviendas con el objeto de fomentar una cultura de aprovechamiento del recurso hídrico a través de la captación y el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia para la utilización en abrevadero de animales y algunos usos no potables, que contribuya al desarrollo rural sustentable en las comunidades de las zonas marginales.

Las características de las canaletas de la vivienda del señor Fredy Laura Arocutipa tiene 113.20 metros lineales en toda la construcción con calamina galvanizada, 38 unidas cada 3.05m con remaches y silicón de alta resistencia. La canaleta tiene una base de 10 cm, y una altura de 12 cm. El soporte para las canaletas de bajo de las orillas de los techos es de una solera de acero de 1 * 1/8 de pulgada a cada metro de distancia. El sistema de conducción de agua pluvial tiene una altura promedio de 2.40 en material de PVC sanitario.

B. Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de lluvia

Para la elaboración del proyecto se escogió una vivienda familiar, la cual está ubicada en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, En la actualidad la familia del señor Fredy Laura Arocutipá cuenta con 3 vacunos, 15 ovinos. La vivienda cuenta con servicios de agua potable, servicios higiénicos y electricidad, los cuales son prestados por Las Empresas Públicas y son pagados por la familia.

Ubicación

Longitud Oeste	N 69° 37' 70"
Latitud	E 16° 07' 01"
Altura	3870 msnm

C. Determinación de la demanda de agua de la familia

La demanda de agua por el consumo de abrevadero de animales, se obtuvo de acuerdo al diagnóstico realizado en una familia de la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave.

Tabla 16: CONSUMO DE AGUA POR LOS ANIMALES

CANTIDAD	TIPO DE ANIMAL	CONSUMO DE AGUA / ANIMAL (LITROS / DIA)	TOTAL (LITROS)
3	VACUNOS	45	135
15	OVINOS	7	105
TOTAL POR DIA (LITROS)			240

Fuente: (FAO, 2013).

Calculo de Demanda de agua mensual

La demanda mensual por el abrevadero de animales se obtiene, multiplicando la demanda diaria por el número de días del mes, como se muestra en la tabla.

Tabla 17: DEMANDA MENSUAL

MES	DIAS	DEMANDA POR DIA (Litros)	DEMANDA POR MES (m3)
Enero	31	240	7.44
Febrero	28	240	6.72
Marzo	31	240	7.44
Abril	30	240	7.2
Mayo	31	240	7.44
Junio	30	240	7.2
Julio	31	240	7.44
Agosto	31	240	7.44
Setiembre	30	240	7.2
Octubre	31	240	7.44
Noviembre	30	240	7.2
Diciembre	31	240	7.44

Fuente: elaboración propia

Considerando un 10% de pérdidas de agua durante su almacenamiento por evaporación e infiltración a través de las paredes de la cisterna quizá por la utilización de materiales de poca eficiencia en el almacenamiento del agua, entre otras, el volumen total efectivo de agua requerida y que debe compensar con el porcentaje que se pierde es (Herrera, 2010).

Tabla 18: DEMANDA TOTAL DEL MES, MÁS PERDIDA POR EVAPORACIÓN

MES	DIAS	DEMANDA POR DIA (Litros)	DEMANDA POR MES (m3)	MAS 10% DE PERDIDA POR EVAPORACION (m3)
Enero	31	240	7.44	8.184
Febrero	28	240	6.72	7.392
Marzo	31	240	7.44	8.184
Abril	30	240	7.2	7.92
Mayo	31	240	7.44	8.184
Junio	30	240	7.2	7.92
Julio	31	240	7.44	8.184
Agosto	31	240	7.44	8.184
Setiembre	30	240	7.2	7.92
Octubre	31	240	7.44	8.184
Noviembre	30	240	7.2	7.92
Diciembre	31	240	7.44	8.184

Fuente: elaboración propia

D. Cálculo de la oferta de precipitación pluvial

Información pluviométrica mensualizada de los periodos 2000 - 2014

La información que se toma en cuenta para calcular la precipitación pluvial, es el promedio mensual para los periodos 2000-2014, tomado a partir de los datos diarios proporcionados por SENAMHI (Tabla 19).

Tabla 19: PRECIPITACIÓN MENSUAL (2000 – 2014)

AÑO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2000	269.92	161.1	135.6	14.4	4.9	4.4	9.3	6.4	3.2	51.5	1	109.8	771.52
2001	298.9	231.8	162.2	44.1	2.5	0.1	15	23.9	12.2	58	33.8	106.9	989.4
2002	108.2	242.7	228.5	156.8	20.9	19.8	43.6	15.2	10.7	69.8	80.7	108	1104.9
2003	168.1	78.8	172.04	14.5	24.3	0.5	0	10.3	52.2	14.1	17.9	89.3	642.04
2004	286.1	132.5	52.6	19.4	10.2	1.6	22.1	38.3	15.9	2	22.4	63.2	666.3
2005	125	142.5	78.7	23.6	8.3	0	0	0	26.2	58.7	55.7	88.5	607.2
2006	335.4	80.1	138.34	30.8	3.2	3	0	8.9	27.7	25.6	99.6	81.1	833.74
2007	92.9	61.8	212.4	66.2	2.5	2.1	7.8	5.2	41.5	27.5	30.64	87.1	637.64
2008	245.1	94.7	68.5	17	1.8	1.4	7.2	3.2	1.4	53.7	0.6	146.2	640.8
2009	105.1	126.7	81.7	57.5	0	0	8.2	0	40.5	35.2	0	57.6	512.5
2010	212.9	117.5	64.4	42.1	37.2	0	0	8.7	1.2	39	7.8	125.9	656.7
2011	120.9	165.8	152.6	5.6	4	0	11	0	23.1	22.6	16	128.9	650.5
2012	115	248.4	179.5	43.5	0	1.2	0	4.2	12.4	7.5	46.3	252.6	910.6
2013	142.4	152.1	39.3	13.4	33.7	18.3	7.2	6.5	2.5	46	19.1	173.6	654.1
2014	210.4	78.2	36	18.6	0.2	0	3.3	29.2	120.5	30.7	20.1	83.5	630.7
PROM	189.09	140.98	120.16	37.83	10.25	3.49	8.98	10.67	26.08	36.13	30.11	113.48	727.25

Fuente: SENAMHI

Tabla 20: PROMEDIO MENSUAL DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL (2000-2014)

MES	PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL	
Enero	189.09	mm
Febrero	140.98	mm
Marzo	120.16	mm
Abril	37.83	mm
Mayo	10.25	mm
Junio	3.49	mm
Julio	8.98	mm
Agosto	10.67	mm
Setiembre	26.08	mm
Octubre	36.13	mm
Noviembre	30.11	mm
Diciembre	113.48	mm

Fuente: elaboración propia

Cálculo de Precipitación Pluvial Neta

Para el cálculo de la precipitación pluvial neta se considera un coeficiente de escurrimiento de 80% de captación de agua de lluvia, por tratarse de pérdidas por factores como salpicamiento, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño de la gota, de acuerdo con la experiencia desarrollada por (CIDECALLI - CP, 2007).

Tabla 21: PRECIPITACIÓN PLUVIAL NETA EN MM (2000 – 2014)

MES	PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (2000-2014) (mm)	FACTOR DE PERDIDAS	PRECIPITACIÓN NETA (mm)
Enero	189.09	0.8	151.272
Febrero	140.98	0.8	112.784
Marzo	120.16	0.8	96.128
Abril	-	-	-
Mayo	-	-	-
Junio	-	-	-
Julio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Setiembre	-	-	-
Octubre	-	-	-
Noviembre	-	-	-
Diciembre	113.48	0.8	90.784
Total Precipitacion Pluvial Neta			450.97

Fuente: elaboración propia

La precipitación pluvial neta es de 450,97 mm.

Se ha graficado el promedio mensual de precipitación pluvial y la precipitación pluvial neta para los años 2000-2014.

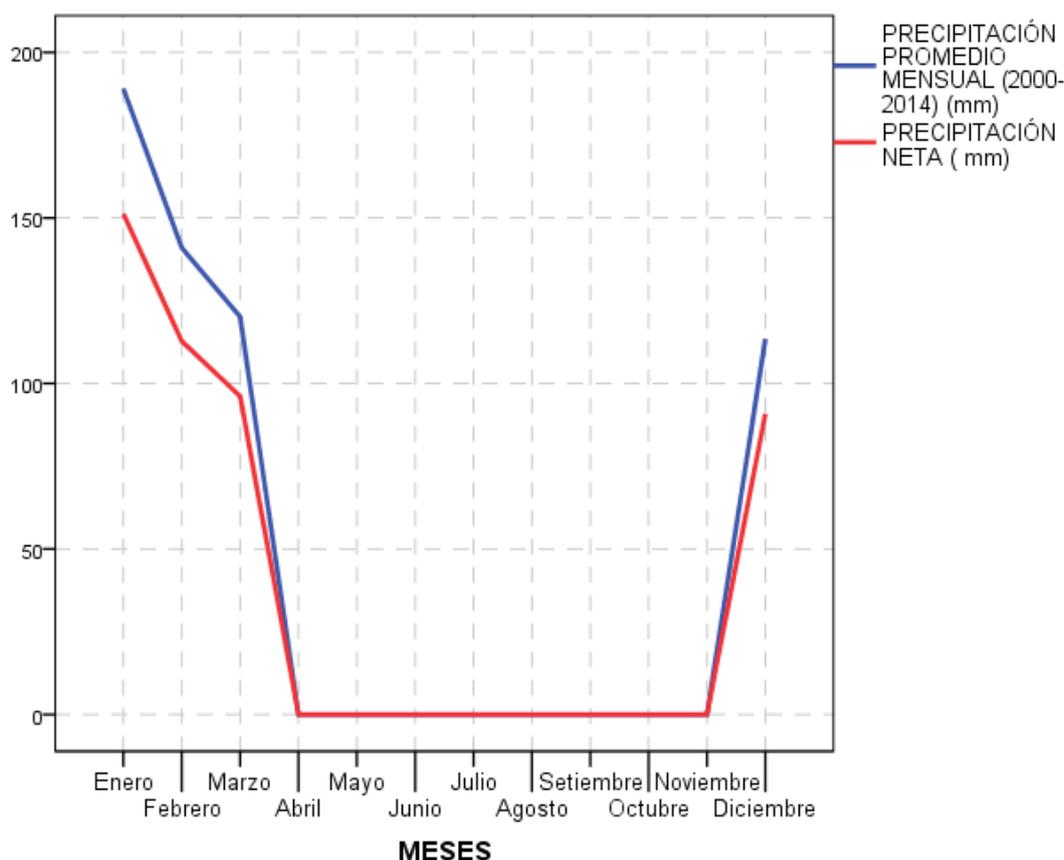


Figura 12: PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL Y NETA 2000-2014

Fuente: elaboración propia.

Calculo de Oferta de precipitación mensual

Para el cálculo de la oferta de precipitación neta mensual se multiplica la precipitación pluvial neta por el área del techo de captación que hemos calculado 184 m², como se muestra a continuación.

Tabla 22: OFERTA MENSUAL DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL

MES	PRECIPITACION NETA (mm)	AREA DEL TECHO (m ²)	OFERTA DEL MES (m ³)
Enero	151.27	184	27.83
Febrero	112.78	184	20.75
Marzo	96.13	184	17.69
Abril	-	-	-
Mayo	-	-	-
Junio	-	-	-
Julio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Setiembre	-	-	-
Octubre	-	-	-
Noviembre	-	-	-
Diciembre	90.78	184	16.70
Total	450.97	736.00	82.98

Fuente: elaboración propia

E. Área de captación del agua de lluvia

El área de captación de la vivienda ubicada en la comunidad de Suquinapi es de 184 m² (Ver tabla 15).

F. Determinación del Volumen de sedimentador de primeras aguas

El interceptor de las primeras aguas se calculó de acuerdo con el área de captación y el volumen de agua lluvia requerido para el lavado de cada metro cuadrado del techo, por tal razón, de acuerdo con la ecuación 7, para un área de 184 m², el volumen de agua lluvia que no será almacenado es de 184 litros. El volumen no es comercial, se instalará un tanque plástico de 200 Litros de volumen, el cual tendrá un sistema de válvula flotante que indicará el nivel requerido (184L) que permitirá la limpieza del techo, posteriormente el agua es transmitida a la cisterna de almacenamiento. Éste interceptor se ubicará a la entrada del tanque de almacenamiento, a nivel del suelo.

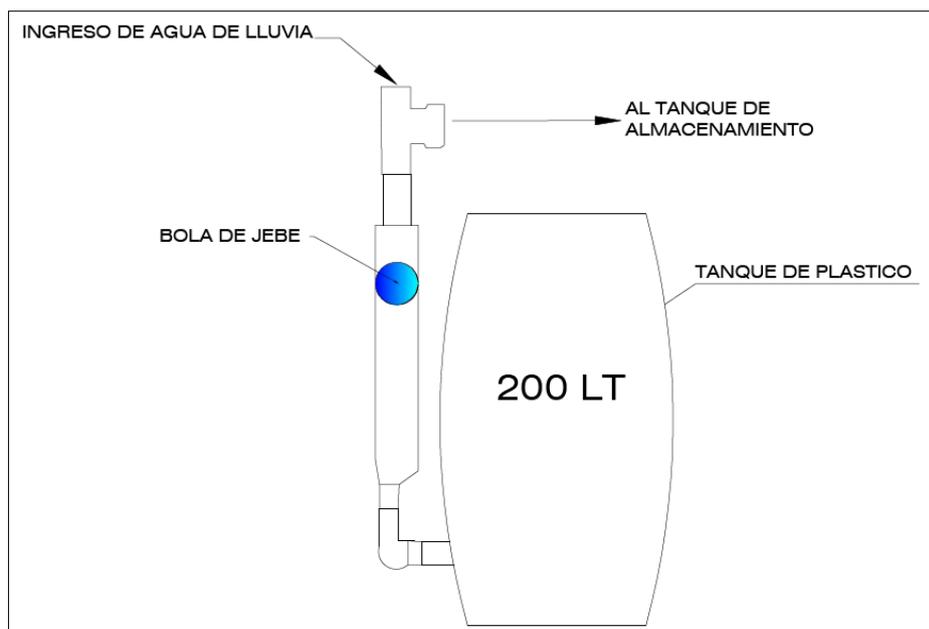


Figura 13: VOLUMEN DE SEDIMENTADOR DE PRIMERAS LLUVIAS

Fuente: elaboración propia.

$$V = (1 \frac{L}{m^2} \times A. \text{techo}) / 1000$$

$$V = (1 \frac{L}{m^2} \times 184 \text{ m}^2) / 1000$$

$$V = 0.184 \text{ m}^3$$

$$V = 0.20 \text{ m}^3$$

4.1.1. RESUMEN DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OFERTA, DEMANDA

Para la determinación de la demanda, oferta mensual y acumulada se obtienen de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, y lograr obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia, según CEPIS, (2004). Obteniendo una demanda total acumulada anual de 96,36 m³ y una oferta acumulada total de 82.98 m³, por lo tanto, se obtiene que la oferta acumulada es menor que la demanda acumulada ver tabla.

Tabla 23 : RESULTADOS DE DEMANDA, OFERTA MENSUAL Y ACUMULADA

MES	PRECIP. (mm)	PRECIP. NETA (mm)	DIAS	OFERTA DEL MES (M3)	OFERTA ACUM. (M3)	DEM. POR DIA (M3)	DEM. MES (M3)	DEM. ACUM (M3)
Enero	189.09	151.272	31	27.83	27.83	0.264	8.184	8.184
Febrero	140.98	112.784	28	20.75	48.59	0.264	7.392	15.576
Marzo	120.16	96.128	31	17.69	66.27	0.264	8.184	23.76
Abril	-	-	30	0	66.27	0.264	7.92	31.68
Mayo	-	-	31	0	66.27	0.264	8.184	39.864
Junio	-	-	30	0	66.27	0.264	7.92	47.784
Julio	-	-	31	0	66.27	0.264	8.184	55.968
Agosto	-	-	31	0	66.27	0.264	8.184	64.152
Setiembre	-	-	30	0	66.27	0.264	7.92	72.072
Octubre	-	-	31	0	66.27	0.264	8.184	80.256
Noviembre	-	-	30	0	66.27	0.264	7.92	88.176
Diciembre	113.48	90.784	31	16.70	82.98	0.264	8.18	96.36

Fuente: elaboración propia.

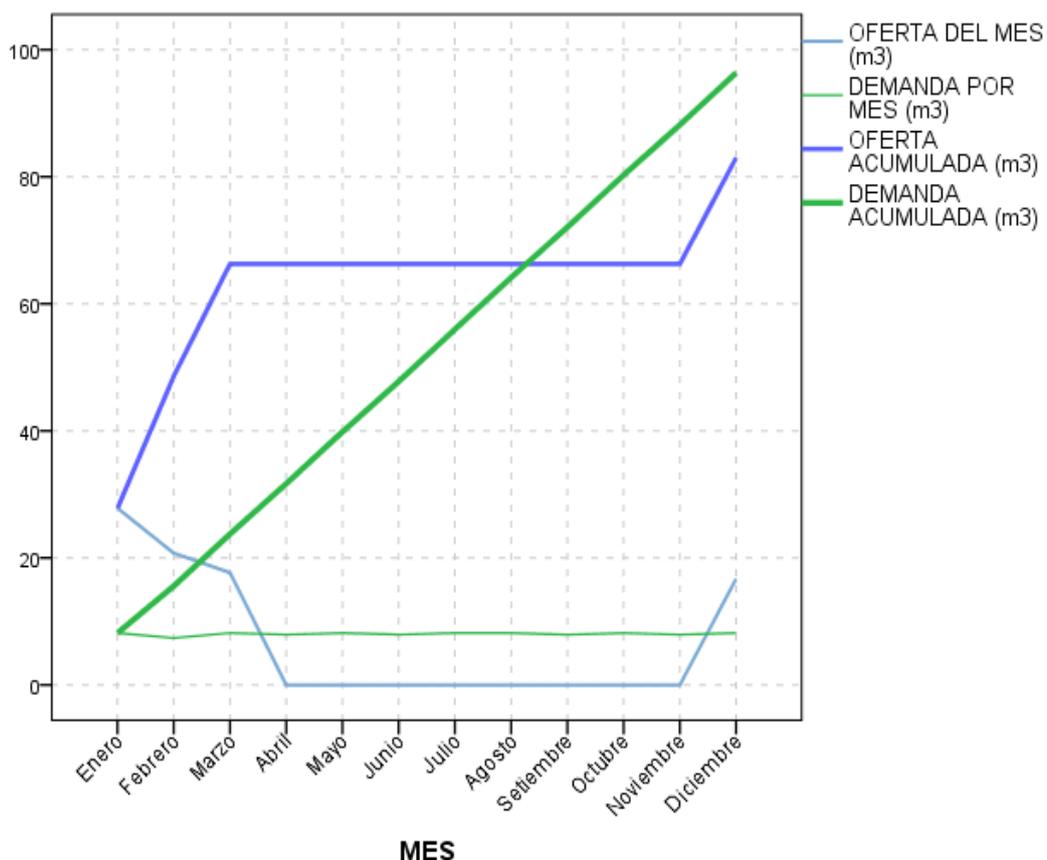


Figura 14: RESULTADOS DE DEMANDA, OFERTA MENSUAL Y ACUMULADA
Fuente: elaboración propia.

4.2. DETERMINAR EL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIAS PARA EL ABREVADERO DE ANIMALES

Para determinar el volumen de almacenamiento de agua de lluvias para el abrevadero de animales, se determinó sustrayendo la oferta acumulada y la demanda acumulada por cada mes. El volumen máximo de almacenamiento es de 42,51 m³ para el mes de marzo, siendo este el volumen de diseño para la cisterna.

Tabla 24 : DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

MES	OFERTA DEL MES (M3)	OFERTA ACUM. (M3)	DEM. POR DIA (M3)	DEM. MES (M3)	DEM. ACUM (M3)	VOL. (M3)
Enero	27.83	27.83	0.264	8.18	8.18	19.65
Febrero	20.75	48.59	0.264	7.39	15.58	33.01
Marzo	17.69	66.27	0.264	8.18	23.76	42.51
Abril	0	66.27	0.264	7.92	31.68	34.59
Mayo	0	66.27	0.264	8.18	39.86	26.41
Junio	0	66.27	0.264	7.92	47.78	18.49
Julio	0	66.27	0.264	8.18	55.97	10.30
Agosto	0	66.27	0.264	8.18	64.15	2.12
Setiembre	0	66.27	0.264	7.92	72.07	-5.80
Octubre	0	66.27	0.264	8.18	80.26	-13.99
Noviembre	0	66.27	0.264	7.92	88.18	-21.91
Diciembre	16.70	82.98	0.264	8.18	96.36	-13.38

Fuente: elaboración propia.

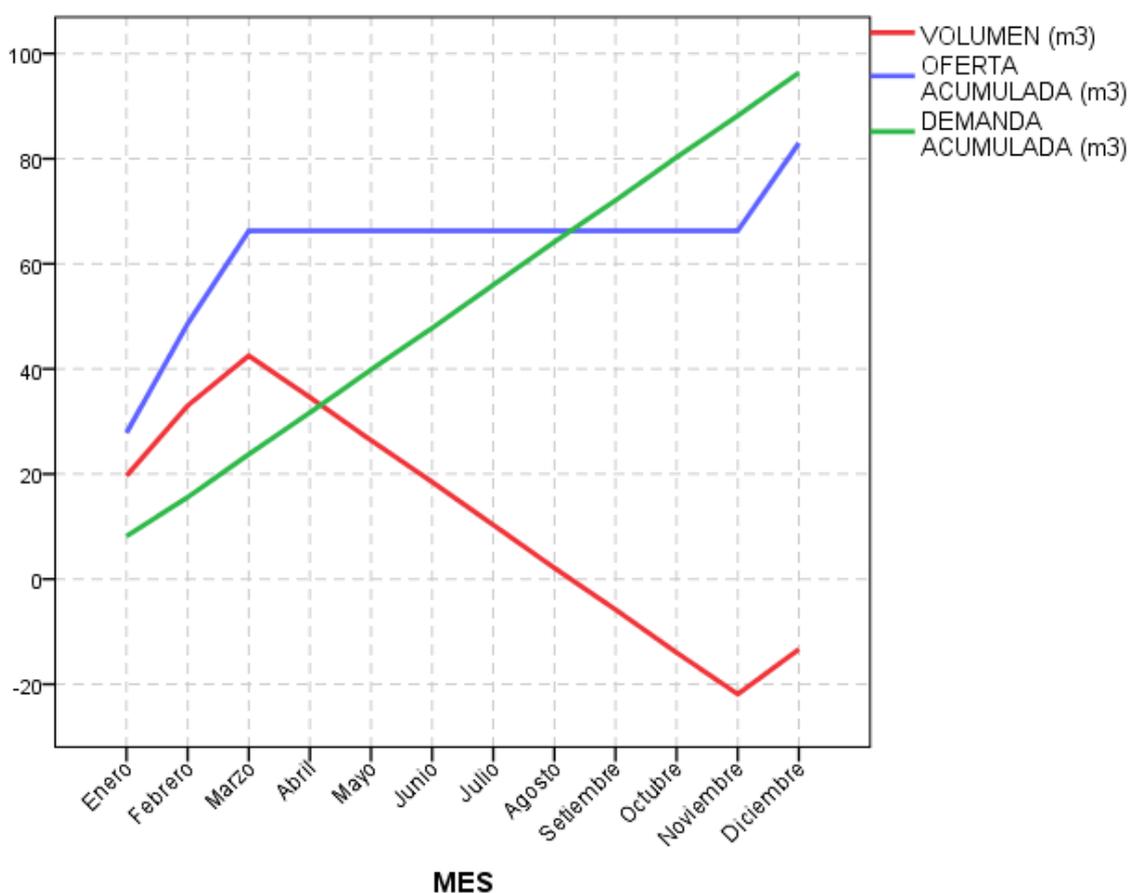


Figura 15: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

Fuente: elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 24.

4.3. DISEÑO DE ALMACENAMIENTO PARA AGUA DE LLUVIA PARA EL CONSUMO DE ABREVADEROS, EN LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI DEL DISTRITO DE ILAVE

A. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

La figura 15 muestra los diferentes volúmenes para cada mes. El color rojo son los volúmenes de almacenamiento luego de la captación y del consumo, el volumen más alto en el año y el que indica el tamaño del tanque de almacenamiento es de 42.51 m^3 que se registra en el mes de marzo.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 24 y la Figura 15, en los 12 meses del año, durante cuatro (04) meses la oferta es mayor que la demanda mensual, pero viendo la oferta acumulada es mayor durante los ocho (08) meses que la demanda acumulada, viendo la tabla 24 donde se muestra valores negativos, es donde se adicionará con agua potable en dichos meses (Setiembre – Diciembre), lo que indica en primera instancia que el proyecto es viable para un ahorro alto de agua potable.

Según los parámetros establecidos, el volumen de almacenamiento del tanque es el mayor valor obtenido de la acumulación de agua lluvia, es decir, el mayor volumen acumulado equivale al mes de marzo con un valor de 42.51 m^3 . Este volumen permitirá abastecer a la familia durante los ocho (8) meses del año.

Para efectos constructivos se propone construir un reservorio apoyado al terreno natural de 45 m^3 en concreto reforzado, en la zona de estudio de

la familia, pero estará cubierto de manera que no interfiera con las actividades que se realizan. Adicionalmente, de acuerdo con los parámetros ya mencionados, tendrá una profundidad útil de agua de 1.85 m para evitar sobrepresiones, por lo tanto, las dimensiones de la cisterna son 5.30 m ancho x 5.30 m largo x 2.0 m altura, 0.20 m de borde libre sobre el nivel del agua, ver los cálculos y el diseño del volumen de almacenamiento (anexo 3).

V. CONCLUSIONES

Primera: Para la prueba piloto en una vivienda de la comunidad de Suquinapi, se hizo el diagnóstico de los techos de la vivienda, contruidos de calamina galvanizada, de tres habitaciones, 01 dormitorio principal, 01 dormitorio secundario, 01 sala de usos múltiples y 01 cobertizo para la crianza de vacunos con dimensiones de 8 m de largo x 5 m de ancho y el cobertizo de 12.40 m de largo x 5.20 m de ancho, siendo el área de 40 m² y 64.48 m² respectivamente, estableciendo el área total de techo de calamina galvanizada (habitaciones y cobertizo) de 184 m². La vivienda cuenta con canaletas de sección circular de 40 cm², pendiente de 0.006 m, una longitud total 26 m lineales por habitación, y tres habitaciones determinando un total de 78 m, incluyendo al cobertizo de 12.40 m, con salidas para tubería recolectoras de 2" hasta el interceptor de las primeras aguas de lluvia. La oferta de precipitación pluvial, en la zona de estudio fue de 727,25 mm/año y la oferta captada de 450,97 mm/ año (en techos de la vivienda de la prueba piloto); es decir por 1mm de precipitación pluvial en 1 m² se capta 1 litro de agua y por 450,97 mm de precipitación neta para un área de techo de 184 m² se capta 82 978,11 litros de agua por año y/o equivalente a 82,98 m³/año. El consumo diario de agua de los animales de la familia, es 240 litros/día, para suministrar el líquido a 03 vacunos que consumen 135 litros/día y 15 ovinos que consumen 105 litros/día.

Segunda: El volumen de almacenamiento de agua de lluvias para el consumo de animales, se ha determinado sustrayendo la oferta acumulada y la demanda acumulada por cada mes, determinando el

volumen máximo de almacenamiento de 42,51 m³, siendo este el volumen de diseño para el reservorio de agua.

Tercera: El volumen del interceptor de las primeras lluvias, fue de 184 litros y se instalará un tanque de plástico de 200 litros de volumen, con sistema de válvula flotante que indicará el nivel requerido (184L). Se ha propuesto diseñar un reservorio de agua de 45 m³ con dimensiones de 5.40 m largo por 5.40 m de ancho por 2.00 m de alto. En cuanto a la distribución será por gravedad, por lo que se tiene una pendiente óptima para su utilización para el consumo de animales.

VI. RECOMENDACIONES

Primera: Para lograr efectos positivos en el proceso de captación de agua de lluvia para el consumo pecuario, captado en los techos de la vivienda en la comunidad de Suquinapi, se recomienda considerar el rubro de capacitación para que la población tenga el conocimiento básico lo que contribuirá a la sostenibilidad a los recursos naturales de la zona de estudio y esencialmente la conservación del recurso hídrico.

Que la Universidad promueva realizar investigaciones más detalladas en el tema captación de agua de lluvia para optimizar el agua superficial, como una medida para enfrentar la escases de los recursos hídricos que viene ocurriendo debido al problema del cambio climático, ocasionado por el calentamiento global.

Segunda: Los sistemas de captación de lluvia, aunque no son temas nuevos, requieren de más investigación y creatividad para que dejen de ser temas y casos aislados, y puedan detonar una mejora significativa en la manera de abastecimiento de agua, en beneficio del ambiente y la sociedad.

Tercera: Se recomienda utilizar este documento como un primer paso para la realización de un manual en Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, ya que, aunque los elementos del sistema son muy sencillos, es necesario trabajar mucho en diseños que aseguren agua de buena calidad y la salud en la población rural.

VII. REFERENCIAS

- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J. A. (2008). Manual de Captacion de aguas de lluvia para centros urbanos. Mexico.
- Anaya, G. M. (2009). Sistemas de Captacion de Agua de Lluvia para Uso Domestico en America Latina y el Caribe,Manual Tecnico.
- Aranda, H. L. (2015). Diseño del Sistema de Captacion de agua de pluvial en techos como Alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014. Huancayo.
- Ballén, S. J., Galarza, G. M., & Ortiz, M. R. (2006). Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación (3a ed.). Bogotá: Pearson Educación.
- Bravera, G. (2001). Agua y Aguadas para el ganado. Argentina.
- Brown, M. O., Gallardo, B. Y., Diego, N. F., Companioni, S. J., & Pérez, D. W. (2009). Estimación del volumen potencial de agua pluvial con fines agropecuarios.
- Cajina, C. M. (2006). Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes,Nicaragua. Costa Rica.
- CEPIS. (2004). Guia de Diseño para Captacion del Agua de Lluvia. CEPIS.

- Chino, C. M. (2013). Evaluación y Propuesta de Diseño de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas Rurales de la Comunidad Vilca Maquera – Pilcuyo. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola.
- CIDECALLI - CP. (2007). Sistema de Captación de Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano a nivel familiar.
- Cseh, S. (2003). El agua y su importancia para los bovinos. Argentina.
- Duarte, E. (2000). Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Argentina.
- FAO. (2013). Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Chile.
- Fernandez, M. A. (2016). Calidad del Agua para Consumo Vacuno. 6.
- Fernandez, R. D. (2013). Diseño y Construcción de Bebederos Pecuarios. Mexico.
- Guzman, R. S. (2014). Sistemas de Captación de Aguas Pluviales Adaptables a Casas Habitación. Oaxaca.
- Herrera, M. L. (2010). Estudio de Alternativas Para Uso Sustentable del agua de lluvia. Mexico.
- León, R. L. (2016). Aprovechamiento Sostenible de Recursos Hídricos Pluviales en Zonas Residenciales. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Palacio, C. N. (2010). Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, Como Alternativa Para El Ahorro de Agua Potable, En La Institución Educativa María Auxiliadora De Caldas, Antioquia.
- Pinche, L. C. (1996). Captación de agua de niebla en lomas de la costa peruana.
- Quispe, L. A. (2008). Captación de agua de lluvia para la agricultura familiar, una experiencia en comunidades rurales de Tlaxcala. Boletín del Archivo Histórico del Agua, pp. 82-91.
- Ruvalcaba, S. F. (2012). Propuesta de un Sistema de captacion del agua de lluvia para consumo Animal en el Elejido la Candelaria Municipio de Candelaria, Campeche. Las Agujas, Zapopan: Universidad de Guadalajara.
- Sager, R. (2000). Agua para bebida de bovinos. Argentina.
- UNATSABAR. (2001). Guia de Diseño para Captacion del agua de LLuvia. LIMA.
- UNATSABAR. (2003). Captacion de agua de Lluvia para Consumo Humano: especificaciones tecnicas. Peru.
- Villon, B. M. (2011). Hdrologia. LIMA.

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 2: DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACIÓN DE ILAVE

ANEXO 3: CÁLCULO Y DISEÑO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO 45 m³

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO



VIVIENDA EN ESTUDIO PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA



DIAGNOSTICO DE LAS CALAMINAS DE LA VIVIENDA ESTUDIADA PARA LA
CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.



ENCUESTA CON EL DUEÑO DE LA VIVIENDA DE LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI.



REALIZANDO LAS DIMENSIONES DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO



SERVICIOS HIGIÉNICOS DE LOS USUARIOS DE LA COMUNIDAD



OTRAS VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE SUQUINAPI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2000

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	15.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.5	11.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2.5	1.0	3.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	23.6	0.5	1.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
6	4.7	3.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
7	5.4	1.1	2.4	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2	0.0	4.5	0.0	0.3
8	18.6	0.0	21.1	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	12.0
9	9.4	2.6	27.6	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	8.4
10	19.5	14.5	10.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	18.0	0.0	18.0
11	3.3	8.3	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0
12	3.3	2.7	14.6	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.2	6.6	18.5	9.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	3.4	0.0	0.0
14	9.2	3.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	2.6	0.0	0.0
15	23.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.5	0.0	0.0
16	15.8	5.4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	6.5
17	1.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	12.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	20.3
19	4.0	18.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	3.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
21	4.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0
22	13.3	15.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.5	0.0	0.0
23	8.5	15.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
24	1.4	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
25	4.5	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
26	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0
27	7.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0	1.7	0.0	13.3
28	26.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.9
29	3.8	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
30	9.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.2
31	12.8		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		12.5
Total	269.9	161.1	135.6	14.4	4.9	4.4	9.3	6.4	3.2	51.5	1.0	109.8
N° Dias	29	26	17	4	2	5	1	8	2	15	1	14
Max 24 Hrs.	26.1	18.4	27.6	9.2	3.3	2.2	9.3	3.4	2.8	18.0	1.0	20.3
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2002

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0.0	29.1	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.0	33.2
2	2.0	7.8	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.3	1.4	0.0	3.3
3	0.1	7.7	7.4	0.0	6.8	0.0	0.9	0.0	0.0	0.4	0.0	1.8
4	0.0	5.3	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	9.9
5	0.9	16.4	2.8	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
6	0.0	12.5	6.7	0.0	0.4	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	5.3	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3
8	0.0	6.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	0.0	0.0
9	4.0	1.8	6.6	6.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0
10	10.3	1.9	3.6	6.8	0.0	0.0	13.8	0.0	3.9	1.8	0.0	0.0
11	8.2	9.2	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
12	0.8	12.6	9.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
13	0.7	8.9	6.5	12.8	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0
14	7.1	12.2	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	1.8	0.0
15	0.0	22.6	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0
16	5.6	7.1	7.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	4.9	2.5	0.0
17	26.8	3.7	6.9	9.3	0.0	0.0	0.4	4.0	0.0	0.0	7.2	6.7
18	4.9	0.0	3.8	19.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	9.6
19	2.4	7.1	2.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	16.7	3.8
20	4.0	9.3	12.5	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0
21	7.1	2.8	18.1	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.8	6.5
22	3.5	6.6	7.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	8.2	10.7
23	5.0	12.3	6.6	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0
24	1.5	8.7	6.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	3.1	0.0
25	0.0	6.9	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	3.0	18.5	0.0
26	0.0	8.0	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	2.1	1.0	3.8
27	0.6	6.0	11.1	7.3	0.0	7.0	7.7	0.4	0.0	6.0	12.3	0.0
28	0.4	4.0	1.8	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	5.4		0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
30	2.0		11.3	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	4.9		23.7		0.0		0.0	1.3	0.0	0.0		4.2
Total	108.2	242.7	228.5	156.8	20.9	19.8	43.6	15.2	10.7	69.8	80.7	108.0
N° Dias	23	27	25	17	5	3	8	9	5	17	14	14
Max 24 Hrs.	26.8	29.1	23.7	19.7	9.9	12.0	13.8	4.8	4.4	16.5	18.5	33.2
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2003

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	23.9	0.6	15.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	6.0	1.1
2	0.0	3.3	25.7	1.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	3.3	0.6	0.0
3	0.0	4.5	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0
4	0.0	0.0	14.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0
6	8.8	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
7	0.0	8.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.2	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	6.6	8.5
10	24.5	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	3.8	3.9	1.7	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.2
12	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.2	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	1.7	8.0
14	13.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
16	2.0	0.3	16.5	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2
17	0.3	2.0	5.5	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
18	5.0	3.5	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	10.5	8.0	8.0	0.0	2.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	3.2	2.5	19.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.2
21	9.4	5.4	5.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	2.0
22	3.7	0.5	1.7	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0
23	3.9	3.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	5.1
24	2.6	6.2	1.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	16.5
25	0.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
26	0.7	6.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.5
27	9.3	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	3.4	6.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	3.5
29	8.3		0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	2.0
30	2.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8
31	10.9		26.1		0.0		0.0	0.0		0.0		1.2
Total	168.1	78.8	172.0	14.5	24.3	0.5	0.0	10.3	52.2	14.1	17.9	89.3
N° Dias	24	20	21	9	5	1		5	9	5	5	17
Max 24 Hrs.	24.5	8.7	26.1	5.5	9.4	0.5	0.0	5.0	16.7	6.1	6.6	19.8
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2004

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	19.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
3	0.3	1.3	0.0	0.0	10.2	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	11.1	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
5	3.0	28.7	0.0	1.6	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	T	1.6
6	12.8	13.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0
7	28.0	3.8	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	5.7	0.0
8	7.6	1.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1.0	0.0	0.0
9	10.5	5.9	4.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	1.0	0.0	0.2
10	10.6	12.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	10.6	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.3
12	2.9	1.3	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
13	0.3	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
14	23.7	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
15	9.5	1.2	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
16	24.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.6
17	9.2	4.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	4.8
18	9.9	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	T	0.0
19	5.2	4.8	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	1.3
20	10.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	2.1	1.4
21	23.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	15.2	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	12.2	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	0.0	0.0	1.8	0.0
24	6.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	2.2	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
30	5.1		4.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4
31	1.6		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.6
Total	286.1	132.5	52.6	19.4	10.2	1.6	22.1	38.3	15.9	2.0	22.4	63.2
N° Dias	28	19	10	8	1	1	7	9	2	2	6	16
Max 24 Hrs.	28.0	28.7	10.0	6.0	10.2	1.6	8.5	16.8	10.0	1.0	5.7	18.4
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2005

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	2.4	12.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	9.5	0.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	12.4	9.8	0.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0
4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
5	0.0	0.4	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	17.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2
7	5.4	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.5	6.3	6.5	0.0
8	0.0	14.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.1	9.0	0.0
9	4.0	8.5	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	23.2	1.3	0.0
10	5.9	9.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.5	0.0
11	15.9	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	1.5
12	22.6	17.5	8.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	6.9	0.0
13	3.8	0.0	13.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0
14	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
15	8.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.1
16	0.0	4.5	0.0	1.5	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5
17	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.8	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	1.5	0.0	5.3
19	1.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
20	5.9	11.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.5	1.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	3.8	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.7	0.0
23	0.0	3.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0
24	0.0	8.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	3.7
25	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	16.5
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	4.1	22.2
27	6.4	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
28	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0
29	0.0		3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	4.7
30	0.3		4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9
31	0.0		1.2		0.0		0.0	0.0		0.0		0.3
Total	125.0	142.5	78.7	23.6	8.3	0.0	0.0	0.0	26.2	58.7	55.7	88.5
N° Dias	17	23	17	8	1				10	11	11	14
Max 24 Hrs.	22.6	17.5	14.4	10.0	8.3	0.0	0.0	0.0	5.2	23.2	10.8	22.2
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2006

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	4.3	13.0	0.0	1.2	0.8	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	17.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	13.0	2.5	6.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0
4	11.3	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	3.0
5	0.0	0.5	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
6	0.0	1.3	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	0.0
7	0.0	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0
8	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0
9	1.4	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	2.1	4.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	5.2	0.0
11	18.2	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.0	0.0
12	8.9	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	20.6	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
14	7.6	0.0	17.5	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	17.0	0.0	4.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2
16	43.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.0
17	9.6	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	1.9
18	5.5	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.5	6.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	7.7	11.4
20	3.2	6.0	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	T	0.0	2.4
21	3.4	1.2	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0
22	9.3	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.1	0.0
23	46.0	0.0	6.8	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
24	20.5	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	11.2	0.0
25	13.6	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.8
26	23.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	1.8	9.6	19.7
27	10.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.0
28	10.0	1.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	12.8	0.0	8.9
29	7.1		0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.5
30	5.5		1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	8.7	4.0
31	3.8		26.9		2.4		0.0	0.0		0.0		4.3
Total	335.4	80.1	138.3	30.8	3.2	3.0	0.0	8.9	27.7	25.6	99.6	81.1
N° Dias	27	13	19	8	1	1		3	4	8	14	14
Max 24 Hrs.	46.0	21.8	26.9	12.4	2.4	3.0	0.0	7.0	16.2	12.8	25.6	19.7
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2008

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	5.1	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	2.3
2	4.2	10.4	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.5	4.8	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	3.8	3.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
5	6.8	1.3	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	7.0	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
7	0.8	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	14.1	0.0	13.0
8	0.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	1.6	0.0	18.4
9	7.2	0.0	3.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
10	15.5	0.0	1.3	0.0	0.8	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
11	0.5	0.0	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	15.3	0.0	6.7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	10.6	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
14	4.5	0.0	2.1	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.0
15	16.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	3.0	0.0	0.4
16	30.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
17	0.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	6.0
18	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
19	1.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	8.4
20	9.8	12.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
21	0.7	4.4	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
22	0.6	1.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	2.0	13.5	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
24	14.5	11.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T
25	6.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.2	0.0	5.6
26	0.2	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	5.3
27	9.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	0.0	3.8
28	13.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	9.5	0.0	11.7
29	38.1	3.3	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	7.5
30	15.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	18.3
31	2.5		5.0		0.0		0.0			0.0		2.6
Total	245.1	94.7	68.5	17.0	1.8	1.4	7.2	3.2	1.4	53.7	0.6	146.2
N° Dias	30	20	18	4	2	1	1	2	3	13	2	21
Max 24 Hrs.	38.1	13.5	14.4	11.8	1.0	1.4	7.2	3.1	1.4	14.1	0.3	18.4
Dia	29	23	11	14	12	10	28	8	4	7	19	8

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2009

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	23.0	2.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	2.7	0.0	2.2
2	0.2	0.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
3	2.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.8	7.3	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2.8	2.1	5.5	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.2	1.5	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	3.6	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
10	2.5	1.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8
11	2.1	11.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.6	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	1.8	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	2.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4
17	2.4	5.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
18	3.1	1.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	5.2	0.0	3.1
19	18.8	9.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.5
20	1.0	0.2	3.8	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1
21	0.0	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
22	12.3	3.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	1.0
23	13.3	9.8	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0
24	0.0	21.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0
25	6.6	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	0.0
26	4.6	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	T	0.0	0.0	0.0
27	4.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	12.4	0.2	0.0	10.8
28	4.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	0.0	0.0	0.0
29	0.0		0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	0.3
30	0.0		0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0	0.0			0.0
Total	105.1	126.7	81.7	57.5	0.0	0.0	8.2	0.0	40.5	35.2	0.0	57.6
N° Dias	18	22	16	7			3		5	7		
Max 24 Hrs.	23.0	31.0	23.0	36.0	0.0	0.0	4.6	0.0	17.6	13.0	0.0	19.4
Dia												

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2010

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0.0	3.8	10.8	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
2	0.0	1.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	11.0	4.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2.3	1.2	0.5	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
5	1.5	1.2	12.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
6	2.5	3.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
7	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	4.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
9	2.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
10	19.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	2.4	3.5
11	12.2	4.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	0.0	2.1
12	0.3	6.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	3.4
13	0.6	0.3	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	2.8
14	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
15	12.4	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0
16	0.0	4.6	0.5	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0
17	0.8	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	11.6	1.6	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
20	8.0	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
21	2.4	6.4	T	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5
22	14.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
23	18.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2
24	24.2	2.3	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
25	13.8	0.6	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
26	21.0	1.8	12.2	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
27	0.5	2.8	3.4	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	10.4
28	4.2	0.6	T	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
29	1.0		T	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.4
30	8.2		13.2	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
31	27.4		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7		0.0	0.0	0.0
Total	212.9	117.5	64.4	42.1	37.2	0.0	0.0	8.7	1.2	39.0	7.8	125.9
N° Dias	25	26	20	6				1	1	3	2	22
Max 24 Hrs.	27.4	20.0	13.2	19.8	19.0	0.0	0.0	8.7	1.2	17.7	5.4	33.4
Dia										15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2012

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	2.4	8.2	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6
2	7.7	6.1	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	27.9
3	0.0	4.7	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
4	0.0	11.9	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.8
5	0.6	15.8	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
6	9.7	1.5	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	5.4
7	5.4	6.2	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.0
8	1.2	0.1	35.8	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.9
9	3.5	3.7	2.1	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
10	0.0	12.4	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
11	0.0	0.2	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
12	0.0	4.7	1.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
13	0.0	22.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	25.5
14	0.0	34.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.5
15	0.0	36.1	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	11.1
16	0.0	6.2	1.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	12.1
17	4.1	11.7	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	13.9
18	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
19	0.4	18.4	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	16.8
20	4.4	5.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0
21	17.3	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	15.8
22	9.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
23	1.2	0.5	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
24	10.8	6.6	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.6	0.0
25	22.3	0.1	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	1.4	0.0	21.8
26	0.3	14.0	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	18.1
27	7.8	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	1.0	0.0	0.2
28	4.4	1.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
29	1.6	5.4	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	3.4
30	0.2		6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	25.6	0.2
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		1.3
Total	115.0	248.4	179.5	43.5	0.0	1.2	0.0	4.2	12.4	7.5	46.3	252.6
N° Dias	20	28	22	11		1		2	2	9	10	29
Max 24 Hrs.	22.3	36.1	35.8	14.9	0.0	1.2	0.0	3.7	11.9	1.4	25.6	27.9
Dia												

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2013

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	5.6	0.1	3.6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0
3	0.3	2.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	4.2
4	3.0	2.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0
5	3.1	12.5	4.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
6	2.6	4.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
7	0.0	10.9	0.8	2.2	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	7.2
8	8.9	24.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
9	4.1	9.8	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
10	7.8	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5
11	2.4	0.2	0.8	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
12	10.9	0.0	0.0	0.0	5.8	11.8	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.2
13	7.1	2.1	0.6	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	5.5
14	7.8	0.4	4.5	0.0	1.1	0.1	3.1	0.0	0.0	1.9	0.0	14.8
15	3.0	3.2	0.9	0.0	3.7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
16	12.8	0.2	16.6	0.0	2.4	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
17	2.0	0.3	1.0	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	10.0	5.6	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
19	3.4	6.8	0.0	0.0	1.1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
20	4.3	9.4	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8
21	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	2.2
22	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	1.8
23	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	7.9
24	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	12.6	0.0	19.5
25	1.0	13.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.8	0.0	0.3
26	6.2	0.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	15.1
27	0.0	21.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	5.4	2.1
28	7.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	8.1	0.0	0.6
29	22.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	21.4
30	0.1		0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	1.8	0.0	2.1
31	1.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		21.0
Total	142.4	152.1	39.3	13.4	33.7	18.3	7.2	6.5	2.5	46.0	19.1	173.6
N° Dias	26	25	16	3	9	5	5	5	1	10	7	26
Max 24 Hrs.	22.3	24.2	16.6	9.8	10.6	11.8	3.1	3.4	2.5	12.6	5.7	21.4
Dia	12	25	11					28		15		

FUENTE : SENAMHI

ANEXO 02 : DATOS DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACION DE ILAVE

ESTACION: CO. 110879 LATITUD 16°05'17,7" DEPARTAMENTO PUNO
 LONGITUD 69°38'42,0" PROVINCIA EL COLLAO
 ALTITUD 3860 DISTRITO ILAVE

AÑO : 2014

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOS.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	0.0	7.8	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	1.6	0.0
2	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	1.9
3	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	1.5
4	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
5	23.0	20.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0
6	20.4	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	8.3	0.0	0.0	0.0
7	0.2	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
8	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0
9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
10	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
12	10.8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	18.5	0.0	0.0	0.0
13	0.4	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	3.0
14	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	5.8
15	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
16	26.8	1.1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	2.6
17	0.8	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	5.3
18	4.4	8.7	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Tz	0.0	0.0	14.8
19	7.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.2
20	0.0	0.6	3.5	0.2	0.0	0.0	2.3	0.0	6.8	14.1	2.9	5.9
21	15.6	2.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.4	0.0
22	2.7	14.5	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.6	1.9
23	1.2	0.0	1.5	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	5.2	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	0.0	0.0	14.4
28	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.7	0.0	0.0	15.0
29	1.6		0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	4.2	1.6	0.0	0.0	9.1
30	2.8		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	2.2	0.0	0.0	1.8
31	23.0		0.0		0.0		0.0	10.2		0.0		0.0
Total	210.4	78.2	36.0	18.6	0.2	0.0	3.3	29.2	120.5	30.7	20.1	83.5
N° Dias	20	14	12	9	1	0	2	7	14	7	6	15
Max 24 Hrs.	33.3	20.5	6.9	7.6	0.2	0.0	2.3	10.2	30.7	14.1	10.7	15.0
Dia	12	25	11					28		15		

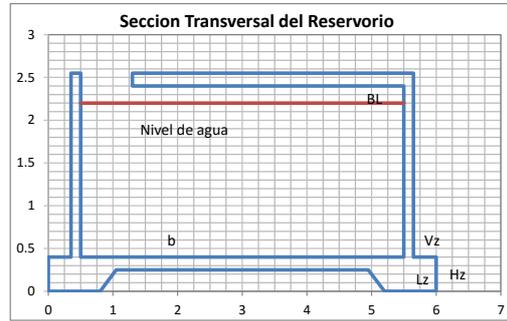
FUENTE : SENAMHI

ANÁLISIS Y DISEÑO DE RESERVORIOS RECTANGULARES - DISEÑO

01 DATOS INICIALES DE DISEÑO

Volumen Reservorio :	V =	45.00	m ³
Altura del Agua:	h =	1.80	m
Intervalo Medida :	It =	0.10	m
Borde Libre :	BL =	0.20	m
Volado de la Cimentacion :	Vz =	0.35	m
Espesor de Cimentacion:	H _z =	0.40	m
Longitud Ensanchamiento:	Lz =	0.80	m
Peso Especifico del Agua :	γ _a =	1000.00	kg/m ³
Peso Especifico concreto :	γ _c =	2400.00	kg/m ³
Peso Especifico Terreno :	γ _t =	1800.00	kg/m ³
Capacidad Portante :	σ _t =	2.30	kg/cm ²
Resistencia del Concreto:	f _c =	210.00	kg/cm ²
Esfuerzo de Fluencia Acero	f _y =	4200.00	kg/cm ²

Ancho de la Pared :	b =	5.00	m
Altura Total del Muro :	H =	2.00	m



Volumen Real de Almacenamiento :	45.00	m ³
Tipo :	Top: Libre - Mide: Empotrado - Botton: Empotrado	

02 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LAS PAREDES DEL RESERVORIO

Utilizando el Metodo PCA se determina momentos y fuerzas cortantes, en los reservorios apoyados o superficiales, típicos para poblaciones rurales; se utiliza preferentemente la condición que considera la tapa libre y el fondo empotrado. Para este caso y cuando actúa solo el empuje del agua, la presión en el borde es cero y la presión máxima (P) ocurren en la base. El análisis se realiza cuando el reservorio se encuentra lleno y sujeto a la presión del agua. Para el cálculo de momentos utilizamos los coeficientes (k) propuestos por el PCA, los cuales se encuentran en función de el ancho de la pared (b) y la altura de agua (h).

Obtenemos la relación b/h: $\frac{b}{h} = \frac{5.00}{1.80} = 2.78$ Cumple con la relacion $0.5 \leq b/h = 2.78 \leq 3.0$

Debemos definir la relacion a ser utilizada para el cálculo de los momentos: $b/h = 3.00$

Para la relación se presentan los coeficientes (k) para el cálculo de los momentos, cuya información se muestra a continuación:

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		M _x	M _y	M _x	M _y	M _x	M _y
3	0	0.000	0.025	0.000	0.014	0.000	-0.082
	1/4	0.010	0.019	0.007	0.013	-0.014	-0.071
	1/2	0.005	0.010	0.008	0.010	-0.011	-0.055
	3/4	-0.033	-0.004	-0.018	0.000	-0.006	-0.028
	1	-0.126	-0.025	-0.092	-0.018	0.000	0.000

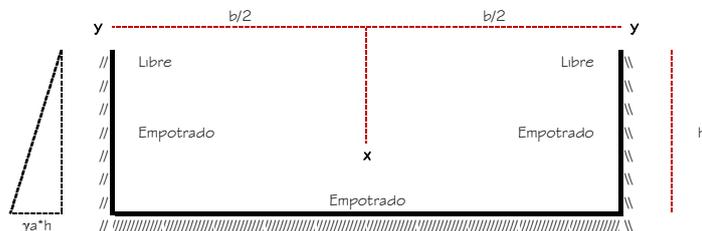
Valores de los coeficientes (K) para el calculo de momentos

Los momentos se determinan mediante la siguiente fórmula: $M = k \cdot \gamma_a \cdot h^3$

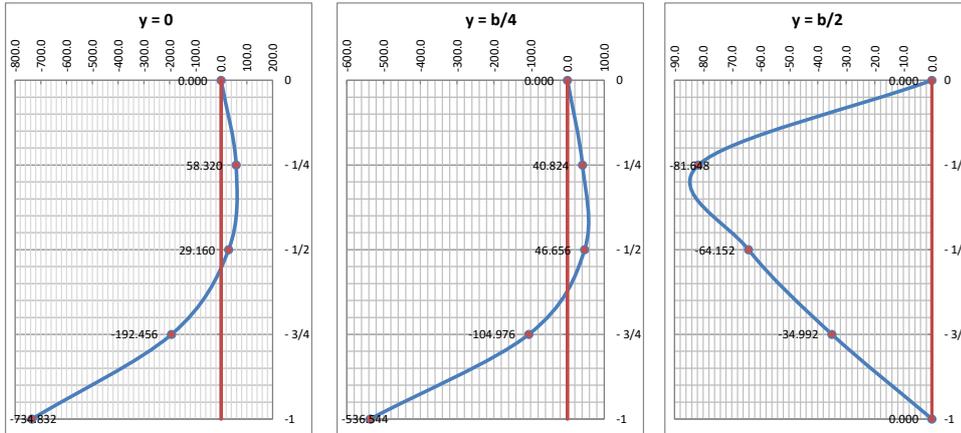
Conocidos los datos se calculan los momentos, los que se muestran en el cuadro siguiente:

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		M _x	M _y	M _x	M _y	M _x	M _y
3	0	0.000	145.800	0.000	81.648	0.000	-478.224
	1/4	58.320	110.808	40.824	75.816	-81.648	-414.072
	1/2	29.160	58.320	46.656	58.320	-64.152	-320.760
	3/4	-192.456	-23.328	-104.976	0.000	-34.992	-163.296
	1	-734.832	-145.800	-536.544	-104.976	0.000	0.000

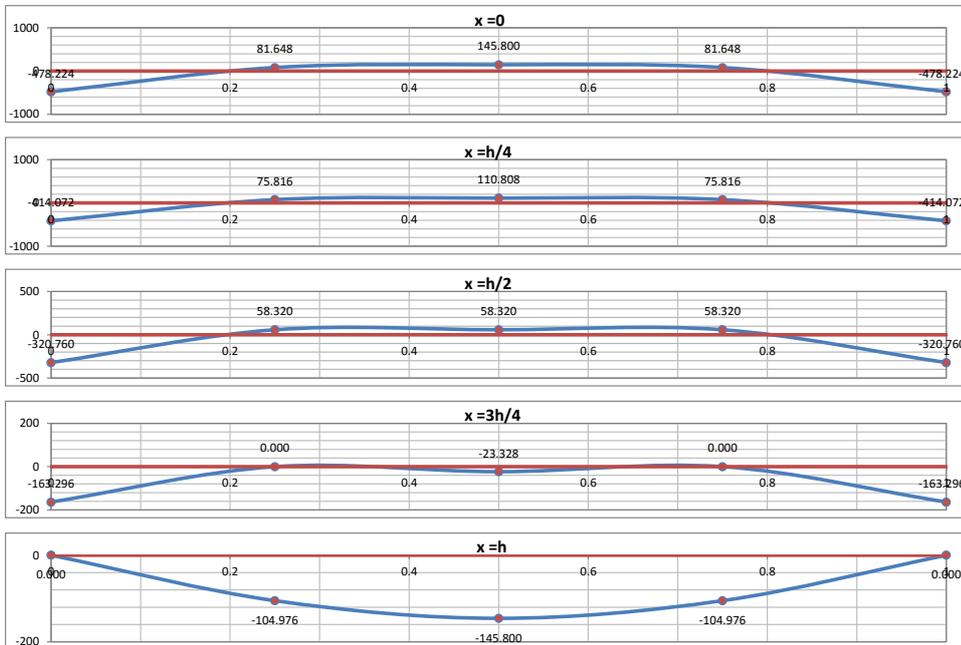
Valores de los momentos verticales y horizontales (Klg-m)



Graficamos los momento verticales M_x (kg-m), tenemos:



Graficamos los momento horizontales M_y (kg-m), tenemos:



De los graficos se puede ver que el máximo momento absoluto es:

$$M_{max} = 734.832 \text{ kg-m}$$

El espesor de la pared (e) originado por un momento "M" y el esfuerzo de tracción por flexión (f_t) en cualquier punto de la pared, se determina mediante el métodos elástico sin agrietamiento, cuyo valor se estima mediante:

$$e = \frac{\sqrt{(6 \cdot M_{max})}}{\sqrt{(f_r \cdot b)}} = \frac{\sqrt{(6 \cdot M_{max})}}{\sqrt{(2 \cdot f_r \cdot b)}}$$

- Donde :
- M_{max} : Es el momento Maximo (kg-m)
 - f_r : Es la resistencia del concreto a tracción por flexión (kg/cm²); $f_r = 2 \cdot \sqrt{f_c}$ según el Art. 9.6.2.3 - E060 - RNE
 - b : Es el ancho de analisis del muro, para este caso 1.00 m
 - f_c : Es la resistencia a compresion del concreto (kg/cm²)

Por lo tanto el espesor de la pared será:

$$fr = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

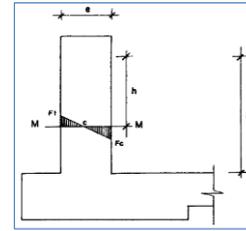
$$b = 100.00 \text{ cm}$$

$$e_l = 12.334 \text{ cm}$$

$$e_{min} = 15.00 \text{ cm}$$

El espesor de la pared para el diseño de concreto armado sera:

$$e_l = 15.00 \text{ cm}$$



Maximo momento absoluto originado por el empuje del agua

Diseño de la armadura vertical del muro

Para el diseno estructural de la armadura vertical de la pared se considera el momento maximo absoluto.

Para la armadura vertical resulta un momento (Mx) igual: $1.7 \text{ Mx} = 1249.214 \text{ kg-m}$

$r_l = 5.00 \text{ cm}$ (Recubrimiento) $d_l = 10.00 \text{ cm}$ (Peralte efectivo)

Calculamos el area de acero con la siguiente ecuacion: $M_u = 0.9 * b * d_l^2 * f_c * w * (1 - 0.59w)$

Factor de reduccion f_c : 0.45 Factor de reduccion f_y : 0.65

$w_1 = 1.53247$ $w_2 = 0.1625$

$\rho = 0.01250$ $A_s = 12.50 \text{ cm}^2$

El acero minimo es dado por : $A_{smin} = 0.001500 * b * e_l$ $A_{smin} = 2.25 \text{ cm}^2$

Por lo tanto el area de acero que utilizaremos en le muro sera: $A_s = 12.50 \text{ cm}^2$

La distribucion de acero vertical en el muro sera de :

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
Area	0.71	1.27	1.98	2.85	3.88	5.07
s (cm)	5.68	10.16	15.84	22.81	31.05	40.57

Distribucion de acero

$\text{Ø } 3/4" @ 0.225 \text{ m}$

Diseño de la armadura horizontal del muro

Para el diseno estructural de la armadura horizontal de la pared se considera el momento maximo absoluto.

Para la armadura horizontal el momento (My) es igual a : $1.7 \text{ My} = 812.981 \text{ kg-m}$

$r = 5.00 \text{ cm}$ (Recubrimiento) $d = 10.00 \text{ cm}$ (Peralte efectivo)

Calculamos el area de acero con la siguiente ecuacion: $M_u = 0.9 * b * d^2 * f_c * w * (1 - 0.59w)$

Factor de reduccion f_c : 0.45 Factor de reduccion f_y : 0.65

$w_1 = 1.59323$ $w_2 = 0.1017$

$\rho = 0.00782$ $A_s = 7.82 \text{ cm}^2$

El acero minimo es dado por : $A_{smin} = 0.002500 * b * e_l$ $A_{smin} = 3.75 \text{ cm}^2$

Por lo tanto el area de acero que utilizaremos en le muro sera: $A_s = 7.82 \text{ cm}^2$

La distribucion de acero vertical en el muro sera de :

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
Area	0.71	1.27	1.98	2.85	3.88	5.07
s (cm)	9.08	16.24	25.31	36.43	49.60	64.81

Distribucion de acero

$\text{Ø } 1/2" @ 0.150 \text{ m}$

Verificacion por cortante en el muro del reservorio

Se verifica el efecto del cortante en la base del muro del reservorio. El cortante que se produce por el empuje del agua es:

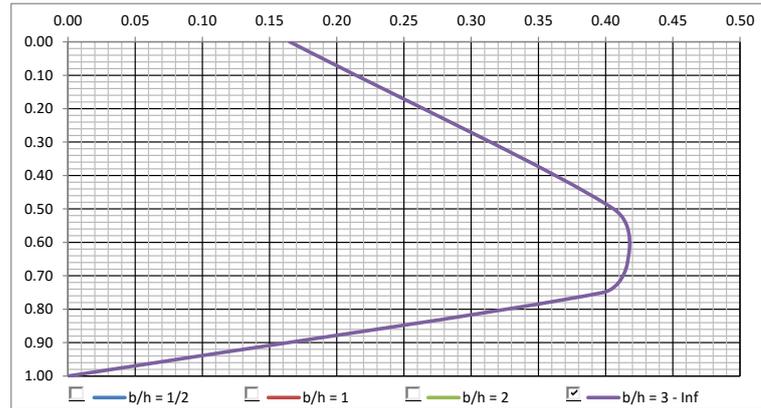
El cortante en la base del muro del reservorio se da cuando : $x = 1.80 \text{ m}$

$$V_u = \frac{1.7 * (\gamma_a * x * h)}{2} = 2754.000 \text{ kg}$$

Calculamos el cortante usando las tablas del PCA para el tipo de reservorio: Top: Libre - Middle: Empotrado - Bottom: Articulado

b/h	1/2	1	2	3
Centro de la base	0.141wh ²	0.242wh ²	0.380wh ²	0.450wh ²
Vértice de la base	-0.258wh ²	-0.440wh ²	-0.583wh ²	-0.590wh ²
Tope inferior del lado empotrado	0.000wh ²	0.010wh ²	0.100wh ²	0.165wh ²
Centro del lado empotrado	0.128wh ²	0.258wh ²	0.375wh ²	0.406wh ²
Tercio inferior del lado empotrado	0.174wh ²	0.311wh ²	0.406wh ²	0.416wh ²
Cuarto inferior del lado empotrado	0.192wh ²	0.315wh ²	0.390wh ²	0.398wh ²
Total en el borde inferior	0.048wh ²	0.096wh ²	0.204wh ²	0.286wh ²
Total de un lado empotrado	0.226wh ²	0.202wh ²	0.148wh ²	0.107wh ²
Total de los 4 bordes	0.500wh ²	0.500wh ²	0.500wh ²	0.500wh ²

b/h = 3.00



De la tabla y del grafico anterior obtenemos un cortante maximo de: 0.4160 * wh² * 1.7 = 2291.328 kg

La resistencia del concreto al cortante esta dado por la siguiente expresión:

$\phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d_l = 6528.365 \text{ kg}$

Verificamos el efecto de corte

$V_u = 2754.000 \text{ kg} < \phi V_c = 6528.365 \text{ kg}$ Cumple

Revisión de la longitud de anclaje del gancho del muro en la cimentación

La longitud basica de anclaje de un gancho estandar, para acero de diametro de: $\phi \ 3/4"$, es:

$l_{dh} = (318 * d_b) / \sqrt{f_c}$ l_{dh} = 41.91 cm

La longitud de anclaje del gancho se reduce por los factores que cumplen las condiciones del ACI

$r_1 = 0.70$ Para ganchos de diametro menor a #11 con dobles de 90°, recubrimiento lateral mayor a 6.5 cm y recubrimiento detrás del acero de refuerzo de 5 cm.

$r_2 = \frac{A_s \text{ req}}{A_s \text{ prov}} = 0.6175$

La longitud de anclaje del gancho sera finalmente: $L_{dh} = r_1 * r_2 * l_{dh}$

$L_{dh} = 18.12 \text{ cm} < H_z = 40.00 \text{ cm}$ Cumple

03 ANALISIS Y DISEÑO DE LA LOSA DE CUBIERTA

La losa de cubierta sera considerada como una losa armada en dos sentidos y apoyada en sus cuatro lados. Para el calculo del espesor de la losa tenemos:

Espesor de los apoyos (muros): $e_l = 0.15 \text{ m}$ Luz interna (Ancho muro): $L_i = 5.00 \text{ m}$

Luz de calculo (L): $L = 5 + 2(0.15) / 2 = 5.15 \text{ m}$

Hallamos el espesor "e2" de la losa de cubierta:

$$e2 = \frac{L}{36} \quad e2 = \frac{5.15}{36} = 0.14 \text{ m} \quad e2 \text{ min} = 0.15 \text{ m}$$

El espesor de la losa de cubierta para el diseño de concreto armado sera: $e2 = 0.15 \text{ m}$

Segun el Reglamento Nacional de Edificaciones para losas macizas en dos direcciones, cuando la relacion de los dos lados es igual a la unidad, los momentos flexionantes en las fajas centrales son:

$$M_a = M_b = C \cdot W \cdot L^2$$

Donde : $C = 0.036$

W : Es el peso de la carga muerta y la carga viva

L : Es la luz libre entre ejes de los apoyos

El peso de la sobrecarga sera:

Peso Propio (CM) :	0.15 m	x	2400.00 kg/m3	x	1.4	=	504.00 kg/m2
Sobre carga (CV) :			200.00 kg/m2	x	1.7	=	340.00 kg/m2
						W =	844.00 kg/m2

Reemplazando en la ecuacion de momentos, se tiene: $M_a = M_b = 805.86 \text{ kg-m}$

Conocidos los valores de los momentos, se calcula el espesor util "d2" mediante el metodo elastico con la siguiente relacion:

$$d2 = L \cdot \left[\frac{W}{(\phi \cdot f_c \cdot b \cdot w) (1 - 0.59w)} \right]^{1/2} \quad w = \rho \cdot f_y / f_c \quad \rho = A_{smin} / (b \cdot e2_{min})$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.003500 \cdot b \cdot e2_{min} = 5.25 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 0.9$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior tenemos el espesor útil calculado : $d2 = 4.20 \text{ cm}$

Considerando un recubrimiento de : $r2 = 4.00 \text{ cm}$

Tenemos que el espesor de la losa de cubierta sera de : $e2 = d2 + r2 = 8.20 \text{ cm}$

Siendo el Espesor Calculado menor que el Espesor Mínimo, tomamos el espesor e2 anterior

El espesor de la losa de cubierta para el diseño de concreto armado sera: $e2 = 15.00 \text{ cm}$

Diseño de la armadura en la losa de cubierta

Para el diseño estructural del refuerzo se considera el momento en el centro de la losa cuyo valor permitira definir el area de acero.

De los calculos anteriores tenemos que momento de diseño es: $M_x = 805.86 \text{ kg-m}$

$$r2 = 4.00 \text{ cm} \text{ (Recubrimiento)} \quad d2 = 11.00 \text{ cm} \text{ (Peralte efectivo)}$$

Calculamos el area de acero con la siguiente ecuacion: $M_u = 0.9 \cdot b \cdot d2^2 \cdot f_c \cdot w \cdot (1 - 0.59w)$

Factor de reduccion f_c : 0.45 Factor de reduccion f_y : 0.65

$$w1 = 1.61261 \quad w2 = 0.0823$$

$$\rho = 0.00633 \quad A_s = 6.96 \text{ cm}^2$$

El acero minimo es dado por : $A_{smin} = 0.003500 \cdot b \cdot e2$ $A_{smin} = 5.25 \text{ cm}^2$

Por lo tanto el area de acero que utilizaremos en la losa de cubierta sera: $A_s = 6.96 \text{ cm}^2$

La distribucion de acero vertical en el muro sera de :

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
Area	0.71	1.27	1.98	2.85	3.88	5.07
s (cm)	10.20	18.24	28.43	40.92	55.71	72.80

Distribucion de acero

$$\phi \quad 1/2" \quad @ \quad 0.175 \text{ m}$$

Verificacion por cortante en la losa de cubierta del reservorio

Se verifica el efecto del cortante en la cara del muro. El cortante que se produce por las cargas en la losa de cubierta es:

El cortante en la cara del muro se da en la luz interna del reservorio : $L_i = 5.00 \text{ m}$

$$V_u = \frac{1.0 \cdot W \cdot L_i}{3} = 1406.67 \text{ kg}$$

La resistencia del concreto al cortante esta dado por la siguiente expresión:

$$\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d^2 = 7181.202 \text{ kg}$$

Verificamos el efecto de corte

$$V_u = 1406.667 \text{ kg} < \phi V_c = 7181.202 \text{ kg} \quad \text{Cumple}$$

Revisión de la longitud de anclaje del gancho de la losa de cubierta en el muro del reservorio

La longitud básica de anclaje de un gancho estándar, para acero de diámetro de: $\phi \ 1/2"$, es:

$$l_{dh} = (318 \cdot d_b) / \sqrt{f_c} \quad l_{dh} = 27.87 \text{ cm}$$

La longitud de anclaje del gancho se reduce por los factores que cumplen las condiciones del ACI

$$r_1 = 0.50 \quad \text{Para ganchos de diámetro menor a } \#11 \text{ con dobles de } 90^\circ, \text{ recubrimiento lateral mayor a } 6.5 \text{ cm y recubrimiento detrás del acero de refuerzo de } 5 \text{ cm.}$$

$$r_2 = \frac{A_s \text{ req}}{A_s \text{ prov}} = 0.9596$$

La longitud de anclaje del gancho será finalmente: $L_{dh} = r_1 \cdot r_2 \cdot l_{dh}$

$$L_{dh} = 13.37 \text{ cm} < e_l = 15.00 \text{ cm} \quad \text{Cumple}$$

04 ANALISIS Y DISEÑO DE LA LOSA DE FONDO

Para el diseño de la losa de fondo, asumiremos un espesor inicial: $e_{3min} = 15.00 \text{ cm}$

Con la altura de agua y espesor de la losa de fondo procedemos a calcular la fuerza ejercida sobre esta losa:

$$\begin{aligned} \text{Peso del agua (CV):} & \quad 1.80 \text{ m} \times 1000.00 \text{ kg/m}^3 \times 1.4 = 2520.00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Peso propio (CM):} & \quad \frac{0.15 \text{ m} \times 2400.00 \text{ kg/m}^3 \times 1.7}{W} = \frac{612.00 \text{ kg/m}^2}{W = 3132.00 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

La losa de fondo será analizada como una placa flexible y no como una placa rígida, debido a que el espesor es pequeño en relación a la longitud; además la consideraremos apoyada en un medio cuya rigidez aumenta con el empotramiento. Dicha placa estará empotrada en los bordes.

Debido a la acción de las cargas verticales actuantes para una luz de: $L = 5.15 \text{ m}$

Se originan los siguientes momentos de empotramiento en los extremos:

$$M = -WL^2 / 192 \quad M = -432.65 \text{ kg-m}$$

El momento generado en el centro de luz de la losa de fondo será:

$$M = WL^2 / 384 \quad M = 216.32 \text{ kg-m}$$

Para losas planas rectangulares reforzadas con acero en dos direcciones, Timoshenko recomienda los siguientes coeficientes:

$$\text{Para un momento de empotramiento: } 0.5290 \quad \text{Para un momento en el centro: } 0.0513$$

Utilizando los coeficientes mencionados anteriormente tenemos los siguientes momentos:

$$\text{Momento de empotramiento: } M_e = -228.87 \text{ kg-m} \quad \text{Momento en el centro: } M_c = 11.10 \text{ kg-m}$$

Calculamos el momento de acuerdo a las tablas de la PCA: $b/h = 3.00$

Para la relación se presentan los coeficientes (k) para el cálculo de los momentos, cuya información se muestra a continuación:

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
3	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1/4	0.089	0.022	0.077	0.025	0.000	0.000
	1/2	0.118	0.029	0.101	0.034	0.000	0.000
	3/4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valores de los coeficientes (K) para el cálculo de momentos

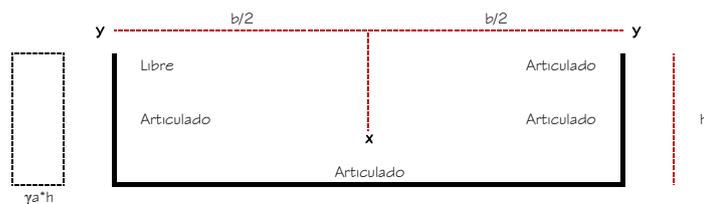
Los momentos se determinan mediante la siguiente fórmula:

$$M = k \cdot \gamma a \cdot h^2$$

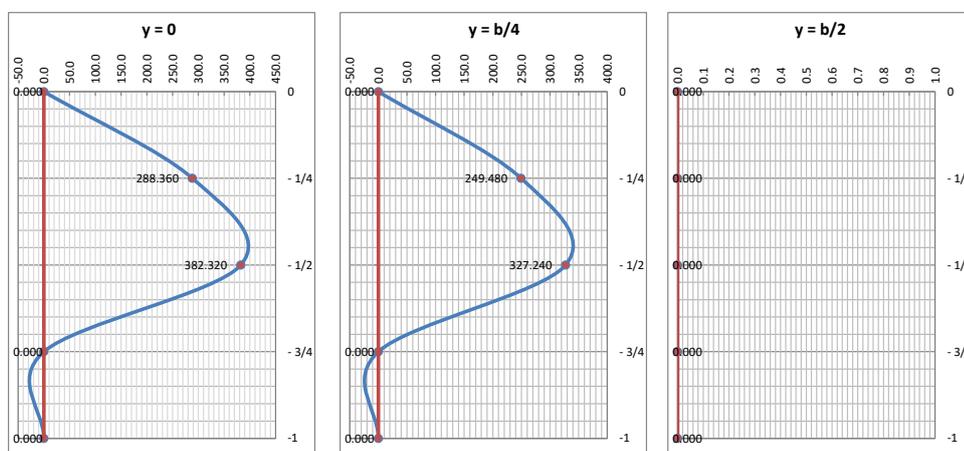
Conocidos los datos se calculan los momentos, los que se muestran en el cuadro siguiente:

b/h	x/h	y = 0		y = b/4		y = b/2	
		Mx	My	Mx	My	Mx	My
3	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1/4	288.360	71.280	249.480	81.000	0.000	0.000
	1/2	382.320	93.960	327.240	110.160	0.000	0.000
	3/4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

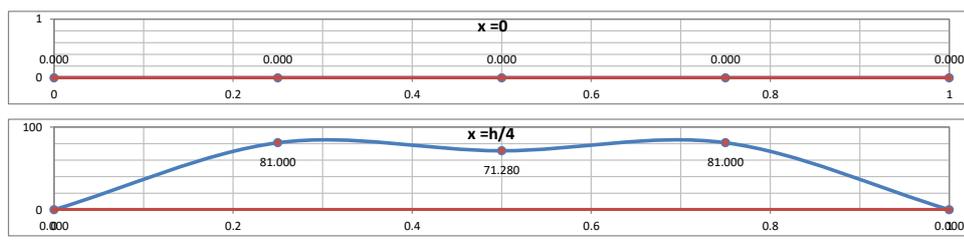
Valores de los momentos verticales y horizontales (Kg-m)

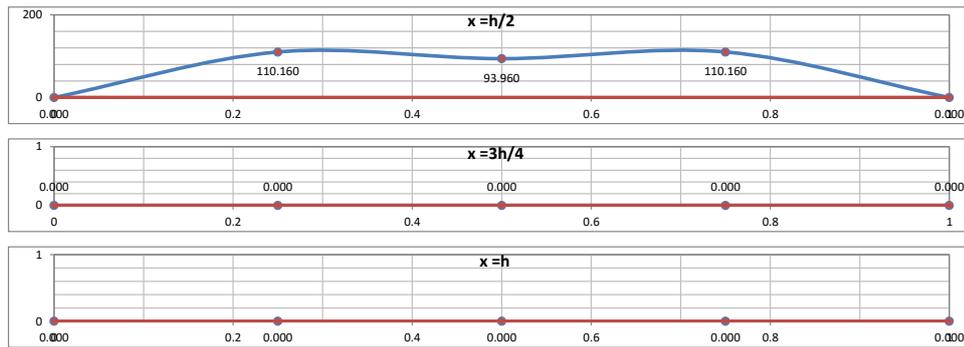


Graficamos los momento verticales Mx (kg-m), tenemos:



Graficamos los momento horizontales My (kg-m), tenemos:





De los graficos se puede ver que el máximo momento absoluto es: $M_{max} = 382.320$ kg-m

Revisamos el espesor, considerando como máximo momento absoluto: Momento para el diseño : $M = 382.32$ kg-m

Conocidos los valores de los momentos, se calcula el espesor útil "d3" mediante el metodo elastico con la siguiente relacion:

$$d3 = L * [W / (\phi * f_c * b * w * (1 - 0.59w))]^{1/2}$$

$$w = \rho * f_y / f_c$$

$$\rho = A_{smin} / (b * e3_{min})$$

$A_{smin} = 0.003500 * b * e3_{min} = 5.25$ cm² $\phi = 0.9$

Reemplazando valores en la ecuación anterior tenemos el espesor útil calculado : $d3 = 8.09$ cm

Considerando un recubrimiento de : $r3 = 5.00$ cm

Tenemos que el espesor de la losa de cubierta sera de : $e3 = d3 + r3 = 13.09$ cm

Siendo el Espesor Calculado menor que el Espesor Mínimo, tomamos el espesor e3 anterior

El espesor de la losa de cubierta para el diseño de concreto armado sera: $e2 = 15.00$ cm

Diseño de la armadura en la losa de fondo

Para el diseno estructural del refuerzo se considera el momento mayor de la losa cuyo valor permitira definir el area de acero.

De los calculos anteriores tenemos que momento de diseño es: $M_x = 382.32$ kg-m

$r3 = 5.00$ cm (Recubrimiento) $d3 = 10.00$ cm (Peralte efectivo)

Calculamos el area de acero con la siguiente ecuacion: $M_u = 0.9 * b * d^2 * f_c * w * (1 - 0.59w)$

Factor de reduccion f_c : 0.45 Factor de reduccion f_y : 0.65

$w1 = 1.64870$ $w2 = 0.0462$

$\rho = 0.00355$ $A_s = 3.55$ cm²

El acero minimo es dado por : $A_{smin} = 0.003500 * b * e2$ $A_{smin} = 5.25$ cm²

Por lo tanto el area de acero que utilizaremos en la losa de cubierta sera: $A_s = 5.25$ cm²

La distribucion de acero vertical en el muro sera de :

Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
Area	0.71	1.27	1.98	2.85	3.88	5.07
s (cm)	13.52	24.19	37.71	54.29	73.90	96.57

Distribucion de acero

ϕ 1/2" @ 0.225 m

Verificacion por cortante en la losa de fondo del reservorio

Se verifica el efecto del cortante en la cara del muro. El cortante que se produce por las cargas en la losa de fondo es:

El cortante en la cara del muro se da en la luz interna del reservorio : $L_i = 5.00$ m

$$V_u = \frac{1.0 * W * L_i}{3} = 5220.00$$
 kg

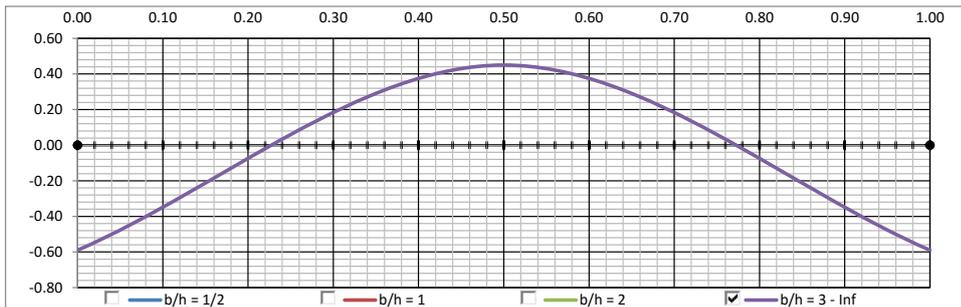
Calculamos el cortante usando las tablas del PCA para el tipo de reservorio:

Top: Libre - Middle: Empotrado - Bottom: Articulado

b/h	1/2	1	2	3		
Centro de la base	0.141wh ²	0.242wh ²	0.380wh ²	0.450wh ²		
Vértice de la base	-0.258wh ²	-0.440wh ²	-0.583wh ²	-0.590wh ²		
Tope inferior del lado empotrado	0.000wh ²	0.010wh ²	0.100wh ²	0.165wh ²		
Centro del lado empotrado	0.128wh ²	0.258wh ²	0.375wh ²	0.406wh ²		
Tercio inferior del lado empotrado	0.174wh ²	0.311wh ²	0.406wh ²	0.416wh ²		
Cuarto inferior del lado empotrado	0.192wh ²	0.315wh ²	0.390wh ²	0.398wh ²		
Total en el borde inferior	0.048wh ²	0.096wh ²	0.204wh ²	0.286wh ²		
Total de un lado empotrado	0.226wh ²	0.202wh ²	0.148wh ²	0.107wh ²		
Total de los 4 bordes	0.500wh ²	0.500wh ²	0.500wh ²	0.500wh ²		

Graficamos la variación del cortante para una relación de:

b/h = 3.00



De la tabla y del grafico anterior obtenemos un cortante maximo de: $0.6000 \text{ wh}^2 \cdot 1.7 = 3304.800 \text{ kg}$

La resistencia del concreto al cortante esta dado por la siguiente expresión:

$$\phi V_c = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d_3 = 6528.365 \text{ kg}$$

Verificamos el efecto de corte

$$V_u = 5220.000 \text{ kg} < \phi V_c = 6528.365 \text{ kg} \quad \text{Cumple}$$

Revisión de la longitud de anclaje del gancho de la losa de fondo en el muro del reservorio

La longitud basica de anclaje de un gancho estandar, para acero de diametro de: $\phi \ 1/2"$, es:

$$l_{dh} = (318 \cdot d_b) / \sqrt{f_c} \quad l_{dh} = 27.87 \text{ cm}$$

La longitud de anclaje del gancho se reduce por los factores que cumplen las condiciones del ACI

$$r1 = 0.70 \quad \text{Para ganchos de diametro menor a } \#11 \text{ con dobles de } 90^\circ, \text{ recubrimiento lateral mayor a } 6.5 \text{ cm} \text{ y recubrimiento detrás del acero de refuerzo de } 5 \text{ cm.}$$

$$r2 = A_{sreq} / A_{sprov} = 0.6298$$

La longitud de anclaje del gancho sera finalmente: $L_{dh} = r1 \cdot r2 \cdot l_{dh}$

$$L_{dh} = 12.29 \text{ cm} < e1 = 15.00 \text{ cm} \quad \text{Cumple}$$

05 VERIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

La capacidad portante neta del terreno "qnt" es :

$$qnt = qt - Hzapata \cdot \gamma_c - Hlosacimen \cdot \gamma_c$$

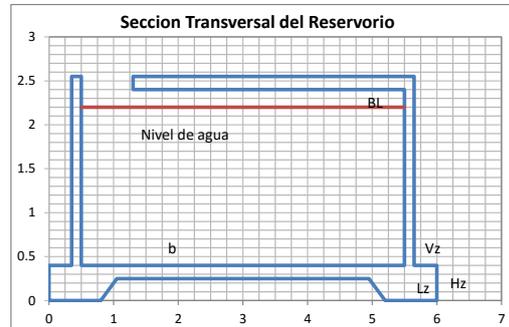
Tenemos los siguientes datos para el analisis:

- Hzapata = 0.40 m
- Hcimen = 0.15 m
- Hlosa = 0.15 m
- Hagua = 1.80 m
- Hmuro = 2.00 m

$$qnt = 2.204 \text{ kg/cm}^2$$

Peso total del reservorio en condiciones de servicio (lleno) :

$$Pt = 85353.60 \text{ kg}$$



Area necesaria de la cimentacion del reservorio :

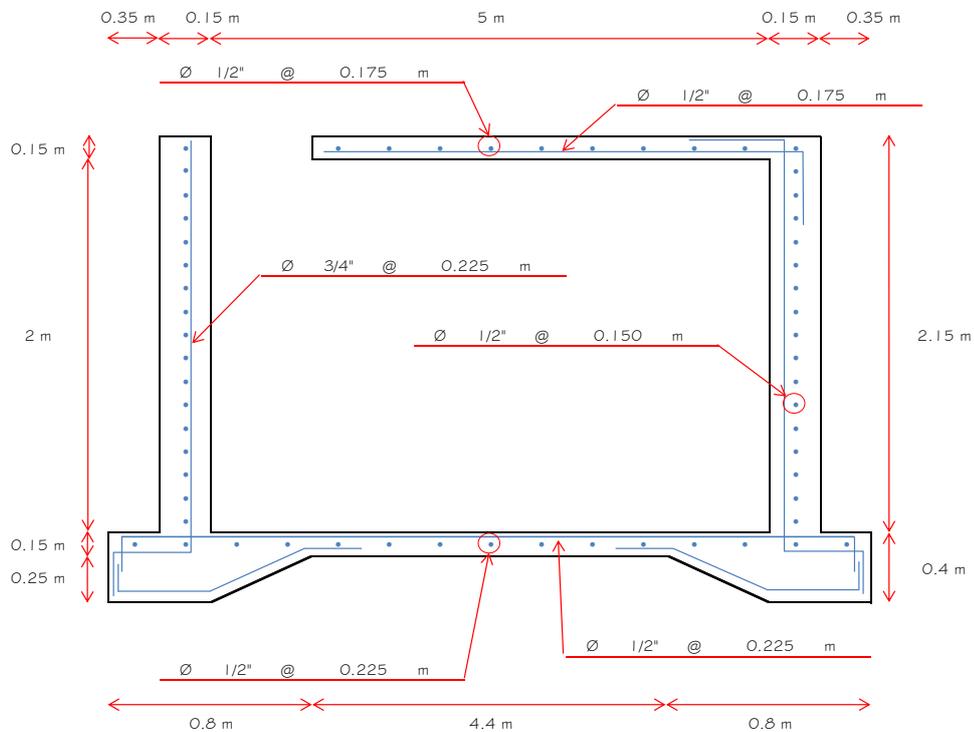
$$Acimen = Pt / qnt = 3.873 \text{ m}^2$$

Verificacion :

$$Acimen = 3.873 \text{ m}^2 < Areserv = 36.000 \text{ m}^2$$

Cumple

06 ESQUEMA FINAL DE LA DISTRIBUCION DE ACEROS EN EL RESERVORIO



PLANO DE RESERVORIO 45 M3