



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE
LLUVIA POR CANALETAS EN COBERTURAS IMPERMEABLES
DE VIVIENDAS RURALES EN EL CENTRO POBLADO DE
INCHUPALLA.**

TESIS

PRESENTADA POR:

VELASQUEZ CRUZ, JUDITH MADELEINE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios, a
mis padres Melitón y Lourdes y
a mi hermano Arnold, quienes
con su amor, comprensión,
ejemplo y palabras de aliento
supieron guiarme en este
camino que eh decidido
recorrer.*

*Lo dedico a mis tíos y tías que
estuvieron para guiarme con
palabras y ejemplos durante
todo mi camino de vida
acompañándome en las
decisiones que eh tomado.*

*Y, por último, lo dedico a mis
abuelos Esteban (†), Luisa,
Fermín y Teresa, que con su
mirada y sus manos cálidas me
llevan y cuidan por este
sendero al que llamamos vida.*



AGRADECIMIENTOS

A mi institución, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por haberme dado la oportunidad de subir un peldaño más en mi educación.

A mis jurados, Ing. Mariano Roberto García Loayza, Ing. Raúl Fernando Echegaray Chambi e Ing. Félix rojas chahuares Por las correcciones y recomendaciones brindada en la investigación.

A mi Director de Tesis, Ing. Zenón Mellado Vargas, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción de este proyecto.

Al Ing. Edgar Vidal Hurtado Chavez, por la guía al inicio de esta investigación.

A mis familiares por el apoyo emocional y motivacional incesante.

A mis amigos, por su apoyo moral y sus palabras de aliento para continuar sin desfallecer en este proyecto.

Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 17

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 18

1.3.1. Objetivo general. 18

1.3.2. Objetivos específicos..... 18

CAPITULO II

REVISIÓN LITERARIA

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS. 19

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional. 19

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional. 20

2.1.3. Antecedentes a nivel regional..... 21

2.2. BASE LEGAL..... 22

2.2.1. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS)..... 22

2.2.2. Ministerio de salud 22

2.3. BASES TEÓRICAS..... 23

2.3.1. Ciclo hidrológico..... 23



2.3.2.	La precipitación.	24
2.3.2.1.	Origen de la precipitación.	25
2.3.2.2.	Formas de precipitación.	26
2.3.2.3.	Clasificación de la precipitación.	26
2.3.2.4.	Medición de la precipitación.	28
2.3.3.	Tipos de fuentes de agua.	31
2.3.4.	Cantidad de agua.	32
2.3.5.	Sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) o sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT).	33
2.3.5.1.	Clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia.	34
2.3.5.2.	Componentes del sistema de captación de agua de lluvia.	36
2.3.6.	Consideraciones para el diseño de sistemas de captación.	43
2.3.6.1.	Cálculo de la precipitación media sobre una zona.	43
2.3.6.2.	Coeficiente de escorrentía.	44
2.3.6.3.	Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento.	44
2.3.6.4.	Cálculo de la demanda de agua.	44
2.3.6.5.	Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno.	45
2.3.6.6.	Obtención de curvas precipitación-duración-periodo de retorno para un tiempo de 5 a 120 minutos.	46
2.3.6.7.	Intensidad máxima de lluvia (mm/hr).	46
2.3.7.	Eficiencia tecnológica.	47
2.3.7.1.	Eficiencia hidráulica.	47
2.3.8.	Tratamiento para potabilización del agua de lluvia en el reservorio.	47
2.3.8.1.	Tratamiento por medio de filtración.	47
2.3.8.2.	Tratamiento con hipoclorito de sodio (NaOCl) o hipoclorito de calcio (Ca(ClO) ₂).	48
2.3.9.	Calidad de agua para consumo humano.	48



2.3.9.1. Parámetros de calidad de agua para consumo humano.....	48
2.3.10. Dotación y consumo de agua.....	50
2.3.10.1. Dotación de agua.....	50

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.1.1. Población.....	52
3.1.2. Muestra.....	52
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	53
3.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁMBITO DE ESTUDIO .	53
3.3.1. Descripción de la zona de estudio.....	53
3.3.1.1. Ubicación y extensión del área de estudio.....	53
3.3.1.2. Vías de comunicación y acceso.....	54
3.3.1.3. Climatología.....	54
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS	55
3.4.1. Materiales de gabinete y escritorio.....	55
3.4.2. Equipos de campo.....	56
3.5. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES DEL CENTRO POBLADO DE INCHUPALLA	56
3.5.1. Información básica.....	56
3.5.1.1. Información meteorológica.....	56
3.5.2. Diseño del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia.....	61
3.5.2.1. Datos para el diseño.....	61
3.5.2.2. Dotación de agua.....	63
3.5.2.3. Área de captación de agua de lluvia – cobertura de techos.....	63
3.5.2.4. Cálculo del volumen del almacenamiento.....	64



3.5.2.5.	Sugerencia del volumen del almacenamiento según la tesista.	66
3.5.2.6.	Cálculo del volumen del interceptor de primeras aguas de lluvia.	67
3.5.2.7.	Caudal captado de los techos de la vivienda.	68
3.5.2.8.	Sistema de conducción - canaleta.	69
3.5.3.	Cálculo de la dosificación de cloro para la potabilización del agua.	70
3.5.4.	Análisis de la contaminación del agua por causa de la oxidación de la cobertura.	71

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS.	73
4.1.1.	Diagnóstico de la situación actual del centro poblado mediante la encuesta.	73
4.1.2.	Resultados con respecto a los objetivos	79
4.1.2.1.	Evaluar las condiciones de las coberturas existentes para garantizar la captación de agua pluvial en viviendas rurales del centro poblado de Inchupalla.	79
4.1.2.2.	Proponer un sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas con un nivel de eficiencia mayor al 80%.	80
4.1.2.3.	Proponer el diseño de un sistema de tratamiento de agua pluvial que logre la eliminación de agentes contaminantes.	83
4.1.3.	El diseño de sistema de captación y tratamiento garantiza el abastecimiento de agua.	83
4.1.4.	Resultado del análisis de la calidad del agua de lluvia captada por canaletas en coberturas impermeables del centro poblado de Inchupalla.	87
4.2.	DISCUSIÓN.	90



4.2.1. Proponer un sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas con un nivel de eficiencia mayor al 80%.....	90
V. CONCLUSIONES	91
VI. RECOMENDACIONES	93
VII. REFERENCIAS.....	94
ANEXOS.....	97

ÁREA : Hidráulica

TEMA: Abastecimiento de agua

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica y medio ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 DE MARZO DEL 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases	23
Figura 2:	Representación del Ciclo Hidrológico.....	24
Figura 3:	Pluviógrafo	29
Figura 4:	Pluviómetro	30
Figura 5:	Tipos de Pluviógrafos.....	31
Figura 6:	Captación de agua de lluvia.....	31
Figura 7:	Nivel de estrés hídrico físico	33
Figura 8:	Sistema de captación. Colpos 1	35
Figura 9:	Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.....	36
Figura 10:	Croquis de un sistema de aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano	37
Figura 11:	SCAPT - Sistema de captación de agua pluvial en techos	40
Figura 12:	Interceptor de las primeras aguas	42
Figura 13:	Filtro separado	47
Figura 14:	Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	56
Figura 15:	Delimitación de la cuenca del río Inchipalla	57
Figura 16:	Ubicación de la cuenca del río Inchipalla y las estaciones meteorológicas	58
Figura 17:	Diagrama del polígono de Thiessen	58
Figura 18:	Área de influencia de las estaciones meteorológicas.....	59
Figura 19:	Ubicación del C.P. de Inchipalla en la cuenca.....	59
Figura 20:	Esquema del sistema de captación de agua de lluvia	61
Figura 21:	Histórico de precipitaciones de la estación meteorológica de Rincón de la Cruz de los años 1992 – 2018.....	62



Figura 22:	Sección transversal de un techo donde se aprecian las variables.	63
Figura 23:	Cubierta de una vivienda.	63
Figura 24:	Volúmenes de agua para un área de 106 m ² con 3 habitantes.	67
Figura 25:	Sección de canaleta de 4"	69
Figura 26:	Ventana a usar del programa HCANALES.....	70
Figura 27:	Hipoclorito de sodio comercial – lejía.....	71
Figura 28:	Gráficas circulares de resultados de la tabla 16 con respecto a la vivienda	74
Figura 29:	Gráfica circular de número de habitantes.....	76
Figura 30:	Gráfica circular de abastecimiento de agua.....	76
Figura 31:	Gráficas circulares de los resultados de la tabla 16 – con respecto al agua	77
Figura 32:	Gráfico de morbilidad de enfermedades.....	78
Figura 33:	Gráficas circulares de los resultados de la tabla 16 – con respecto a la cobertura de la vivienda.....	78
Figura 34:	Comparación de volúmenes captados en áreas del Centro Poblado de Inchupalla	81
Figura 35:	Altura de tirante de agua máxima que la canaleta debe conducir	82
Figura 36:	Porcentaje de abastecimiento de agua en época de sequía del C.P. de Inchupalla	86



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Coefficientes de escorrentía	44
Tabla 2:	Anexo I - límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	49
Tabla 3:	Anexo II – límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.....	50
Tabla 4:	Dotación de agua según forma de disposición de excretas.....	51
Tabla 5:	Dotación de agua por tipo de abastecimiento	51
Tabla 6:	Selección de muestras para el estudio.....	53
Tabla 7:	Vías de acceso a la localidad de investigación	54
Tabla 8:	Promedio de precipitación total mensual en mm de los años 1992 al 2018	55
Tabla 9:	Ubicación de la estación meteorológica	60
Tabla 10:	Resumen de los parámetros meteorológicos de la estación Rincón de la Cruz (Promedios 1992 - 2018)	60
Tabla 11:	Cuadro de resultados de volúmenes con respecto a la demanda por mes....	66
Tabla 12:	Coefficiente de rugosidad "n" de Manning	69
Tabla 13:	Conglomerado de los resultados de la encuesta.....	73
Tabla 14:	Lista de encuestas realizadas – número de habitantes	75
Tabla 15:	Cálculo del volumen de captación por área en centro poblado de Inchupalla	80
Tabla 16:	Precipitación e intensidad de lluvia del Centro Poblado de Inchupalla.....	82
Tabla 17:	Cuadro de resultados de la conducción de agua por una canaleta de 4”.....	82
Tabla 18:	Duración en meses del agua almacenada para los meses de sequía del Centro Poblado de Inchupalla.....	85



Tabla 19: Resultados del ensayo bacteriológico del agua de las 03 muestras comparado con los límites máximos permisibles	88
Tabla 20: Resultados del ensayo físico químico del agua de las 03 muestras comparado con los límites máximos permisibles	89
Tabla 21: Cuadro comparativo con respecto a la captación para un área de 36 m ²	90



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MVCS: ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

MINAGRI: ministerio de agricultura y riego.

COLPOS: Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo.

CIPECALLI – CP: Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo.

CONAMA10: congreso nacional del medio ambiente 2010.

CIRA: certificado de existencia de restos arqueológicas.

FAO: organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación.

SCAPT: sistema de captación de agua pluvial en techos.

SCALLs: sistema de captación de aguas de lluvias.

MSNM: metros sobre el nivel del mar.

SENAMHI: sistema nacional de meteorología e hidrología del Perú.

UNESCO: organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura.

PHI LAC: programa hidrológico internacional de la UNESCO para américa latina y caribe.

IDEAM: instituto de hidrología, metodología y estudios ambientales.

IRCA: índice de riego de la calidad del agua para consumo humano.

INIA: instituto de investigaciones agropecuarios.

PNUD: programa de las naciones unidas para el desarrollo.

ABA: asociación Bartolome Aripaylla (ONG en la región de Ayacucho).

PRONAMACHCS: programa nacional de manejo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos.

DS: decreto supremo.

RM: resolución ministerial.

RNE: reglamento nacional de edificaciones.

SA: sistema de abastecimiento.

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.



RESUMEN

El ser humano ha provocado un desequilibrio en la disponibilidad de los recursos hídricos, siendo una de las consecuencias la escasez de agua potable, que también se presenta en el centro poblado de Inchupalla del distrito de Chucuito de la provincia de Puno; lo que induce a la búsqueda de otras fuentes de agua para consumo, por tales condiciones, el objetivo de la presente es el diseño de la captación de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales, y a su vez se garantiza que el sistema trabaja con una eficiencia del 80% al momento de la captación de agua de lluvia; tipo y nivel de investigación aplicada descriptiva transversal, de diseño no experimental, siendo el tamaño de la muestra utilizada de 87 viviendas, para la recolección de datos se utilizó la técnica de encuesta y observación, los datos obtenidos fueron procesados utilizando el software Excel 2016, siendo los resultados obtenidos que para el centro poblado con las construcciones existentes el agua captada puede abastecer cinco meses para una familia de dos habitantes y para una de seis sólo cubriría mes y medio, con lo que se llegó a la siguiente conclusión, en un sistema de abastecimiento de agua con una sola fuente que en este caso es el agua de lluvia, no cumpliría con satisfacer de agua en los meses de sequía, ya que en nuestra zona de estudio las lluvias no son constantes. Por lo que es una alternativa de apoyo.

Palabras clave: Agua potable, captación pluvial, eficiencia hídrica.



ABSTRACT

The human being has caused an imbalance in the availability of water resources, one of the consequences being the shortage of drinking water, which is also present in the town of Inchupalla in the district of Chucuito in the province of Puno; which induces the search for other sources of water for consumption, for such conditions, the objective of the present is the design of rainwater harvesting by gutters in impermeable covers of rural homes, and in turn ensures that the system works with an efficiency of 80% at the time of rainwater harvesting; type and level of applied descriptive cross-sectional research, non-experimental design, being the sample size used 87 homes, for data collection the technique of survey and observation was used, the data obtained were processed using Excel 2016 software, being the results obtained that for the population center with the existing constructions the water captured can supply five months for a family of two inhabitants and for a family of six it would only cover a month and a half, with which the following conclusion was reached, in a water supply system with a single source which in this case is rainwater, it would not meet satisfy water in the months of drought, since in our study area the rains are not constant. Therefore, it is a support alternative.

Key words: Drinking water, rainwater catchment, water efficiency.



CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el mundo vive un marcado déficit de abastecimiento de agua para consumo humano, es así que según la SUNASS (2018) solo un 85% de la población urbana cuenta con servicio de agua potable, mientras que solo el 20% de la población rural tiene acceso al agua potable; en nuestro país, según la encuesta realizada en los años 2015 – 2016 por MVCS (como se citó en Cabrera, V. L., 2016, 20 de octubre) dice que "Sólo el 37 % de los centros poblados rurales cuentan con sistema de agua y que el 13 % de los centros poblados rurales tienen sistemas de agua en buen estado.

A esta problemática de escasez de agua que cada día se va acrecentando, no es ajeno el Centro Poblado de Inchupalla – Chucuito, en el cual, el 100% de la población no dispone de servicio de agua potable, siendo el consumo actual de pequeños pozos sin protección y manantiales efímeros en periodos de lluvia, en consecuencia la población sufre de enfermedades gastrointestinales, sobre todo los niños; a lo mencionado se suma la contaminación con residuos sólidos y fertilizantes provocada por los mismos pobladores, lo que hace que los escasos recursos hídricos existentes sean afectados en su calidad, lo cual se observa más en la temporada de sequía que dura desde el mes de mayo hasta octubre, periodo en el que las fuentes de abastecimiento mencionados, no reciben ningún tratamiento, pero que siguen siendo utilizados en las mismas condiciones.

De continuar las fuentes de agua para consumo humano en el estado descrito, la calidad del agua superaría los límites máximos permisibles, por consiguiente, sería un medio de transmisión de enfermedades relacionados al agua no apta para consumo



humano, lo que puede causar daños a la salud y al bienestar de los habitantes del centro poblado.

Para lograr la seguridad hídrica y que beneficie a los pobladores, se plantea el abastecimiento de agua a partir de la captación de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas, con lo cual se contribuiría a la dotación de agua de mejor calidad.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La escasez de agua potable es el problema que se está afrontando en las zonas rurales y cada día va en aumento debido también al cambio climático, problema que además afecta los pobladores del C.P. de Inchupalla – Chucuito, donde el agua obtenida de las diferentes fuentes existentes no es tratada, por consiguiente, por las condiciones en que se encuentran no es apta para el consumo humano, lo que provoca diversas enfermedades de origen hídrico, por lo que se eleva la tasa de morbilidad; por otro lado, el centro poblado tiene pozos con bomba manual, pero al darles el mantenimiento inadecuado, dichos pozos ya no trabajan con normalidad y se encuentran sin agua. Además, a pesar de que las autoridades buscan poder implementar un sistema de agua que abastezca a toda la población, también existe problemas de índole social que impiden el desarrollo de proyectos; por ejemplo, no se cuenta con la disponibilidad de terrenos para la ejecución de la línea de conducción de agua almacenada en un reservorio, por otra parte, los manantiales con que cuenta el centro poblado no tienen el caudal suficiente para cubrir con la demanda de agua. Sin embargo, también cuenta con un río y la opción de captar agua de esa fuente para abastecer al poblado también se ve afectada por no poseer la disponibilidad de terreno. Y debido a que no han existido iniciativas para mejorar el abastecimiento con sistemas alternos a los existentes en la zona, es por ello que, se decide



abordar el problema con la idea de una captación individual, para que cada vivienda posea su propio sistema de captación y almacenamiento, con la finalidad de superar la escasez de agua potable y así ayudar a mejorar la calidad de vida de las familias en esta zona usando una técnica que data de nuestros ancestros como "cosecha de agua"¹.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales en el centro poblado de Inchupalla para garantizar el abastecimiento de agua en la vivienda para consumo.

1.3.2. Objetivos específicos.

Evaluar las condiciones de las coberturas existentes en las viviendas para garantizar la captación de agua pluvial.

Proponer un sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas con un nivel de eficiencia mayor al 80%.

Proponer el diseño de un sistema de tratamiento de agua pluvial que logre la eliminación de agentes contaminantes.

¹ Según la SEMARNAT (La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), cosecha de agua es "la captación de la precipitación pluvial para usarse en la vida diaria". es la dependencia de gobierno de México que tiene como propósito fundamental fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.



CAPITULO II

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.

Barreto, Gualteros, y Vargas (2018) en su estudio busca diseñar un sistema de captación de aguas lluvias para el autoabastecimiento de la finca hotel Mesopotamia, como respuesta al problema de abastecimiento de agua puesto que la finca necesita de grandes cantidades de agua por día; usando una metodología que contempla la topografía, la hidrología, el diseño del tanque de almacenamiento y la estadística de ahorro financiero. Además, los resultados obtenidos son, que por el estado de las coberturas de la finca el agua captada no es apta para el consumo y que se debe realizar un mantenimiento periódico para prolongar la vida útil del sistema, finalmente, llega a la conclusión que por alteraciones en algunos parámetros de la calidad de agua no es apta para su consumo y que para el abastecimiento de la finca Mesopotamia se calcula un volumen efectivo es de 12000 Litros de agua.

González (2015) en su estudio genera alternativas para el aprovechamiento de las aguas lluvias para viviendas rurales de la parroquia Machachi, Cantón Mejía, como respuesta a la pregunta ¿Qué tipo de sistema de aprovechamiento de aguas lluvias se podría utilizar para beneficiar a los habitantes de la parroquia Machachi y al medio ambiente? Usando la metodología de recopilación de datos pluviométricos y analizando nuevas propuestas para el propósito del agua, concluyendo que el agua de lluvia en la parroquia rural de Machachi es abundante, y abastece las necesidades de los habitantes y los análisis del agua de lluvia en el laboratorio del INAMHI dieron los resultados de los minerales dentro de los límites máximos permisibles.



Gonzaga (2015) en su estudio busca diseñar un sistema de recolección de aguas lluvias para uso doméstico. Usando una metodología de la realización de una encuesta y la recopilación de datos de diferentes fuentes y concluye que el sistema de recolección con un área de 56 m² producirá un volumen anual de agua lluvia de 34.76 m³ que será destinado a consumo y otras actividades.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.

León (2016) en su estudio analiza la conveniencia de utilizar un medio alternativo de abastecimiento de agua para zonas residenciales, el cual estará basado en la captación de aguas pluviales para ser usadas directamente en las viviendas de manera que se genere un abastecimiento sostenible. Para afrontar la problemática de captación de agua usando una metodología como es la revisión bibliográfica, la identificación del lugar de estudio, el tratamiento y análisis de los datos de precipitación y el análisis de las dotaciones de las familias; lo que le lleva a concluir que los sistemas de abastecimiento a través de la captación 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 a que optaron más por las aguas superficiales lo que frenó el desarrollo de las tecnologías en cuanto a captación pluvial y que el abastecimiento obtenido es considerablemente importante. Sin embargo, el precio de inversión es muy elevado para ser costado por familias de bajos recursos.

Aranda (2015, p. 116) en su estudio busca la determinación del grado de influencia de la implementación del sistema de captación de agua pluvial en techos, en el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014; usando una metodología de revisión de literatura, historia, antecedentes, estudios relacionados, diseño del sistema y el análisis de costo-beneficio; llegando a un resultado que el sistema planteado es una respuesta para fortalecer la captación del agua de lluvia no solo para



Huancayo, sino que para la sub cuenca del río Shullcas. Además, concluye que el sistema 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.

2.1.3. Antecedentes a nivel regional.

Chino (2013) en su estudio evalúa la cobertura de las viviendas y proponer un diseño de captación del agua de lluvia para el consumo doméstico, en las viviendas rurales de la comunidad campesina de Vilca Maquera – Pilcuyo. Que tiene el problema de desabastecimiento de agua potable. la metodología que usa es la selección de materiales y equipos, informaciones meteorológicas, la evaluación de los techos de las viviendas; obteniendo resultados como, el material de los techos de las viviendas en su mayoría es de calamina galvanizada sin presencia de óxido, además que la comunidad no cuenta con abastecimiento de agua potable. Donde concluye al diagnóstico de las viviendas rurales, que el 95% de las viviendas de la Comunidad están construidas con de techo de calamina galvanizada. En cada vivienda familiar se ha podido observar una superficie mayor de 100m² de calamina galvanizada, donde cada habitación tiene aproximadamente 8.00 m de largo x 5.00 m de ancho y la oferta de precipitación pluvial en el punto de captación, es de 721.44 mm/año. Es decir que 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; durante todo el año por persona.



Chalco (2016) en su estudio diseña de un sistema de captación, almacenamiento, distribución del agua de lluvia para el consumo doméstico, en las viviendas rurales en Molino - Juli. afrontando el problema de colapso del abastecimiento y la calidad del agua potable, lo que ha generado la escasez en época de estiaje. usando una metodología de selección de materiales y equipos para el diseño, información meteorológica y diseño del sistema; obteniendo resultados como el área de captación de los techos por vivienda es de aproximadamente 100 m^2 con un material de calamina galvanizada sin presencia de óxido. y concluye que el diseño de captación ha determinado que la sección transversal de la canaleta es de 86 cm^2 , 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 m^3 ; pero por criterio del autor se propuesto diseñar una cisterna de 50.5 m^3 .

2.2. BASE LEGAL

2.2.1. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS)

RM. N° 192-2018-VIVIENDA (2018, art. 2). Indica, “Establézcase que la presente norma es de aplicación para la formulación y elaboración de los proyectos de los sistemas de saneamiento en el ámbito rural, en los centros poblados rurales que no sobrepasen de dos mil (2,000) habitantes”.

2.2.2. Ministerio de salud

DS. N° 031-2010-SA. (2010, art. 1). Donde expresa lo siguiente: “El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población”.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. Ciclo hidrológico.

González (2013) afirma que toda el agua disponible en el planeta es parte de un ciclo. El desarrollo de la ciencia y de la tecnología para uso y manejo del agua deben orientarse a la búsqueda de un mejor aprovechamiento de este recurso en sus diversas fases y formas dentro del ciclo hidrológico. (...) El agua es esencial para la vida y su escasez afecta negativa y profundamente las posibilidades de desarrollo de una región. Sin agua disponible todo el tiempo, quedan comprometidas las posibilidades de progreso económico y bienestar. Por otro lado, el exceso de agua también puede causar severos daños a la producción y la vida (pérdida de cosechas, empobrecimiento del suelo por lixiviación y erosión, riesgos de derrumbes, avalanchas e inundaciones, entre otros). Comprender el ciclo hidrológico y saber cuáles son sus variables manejables es importante para alcanzar el objetivo de mejorar la captación y aprovechamiento del agua de lluvia. (p. 12).

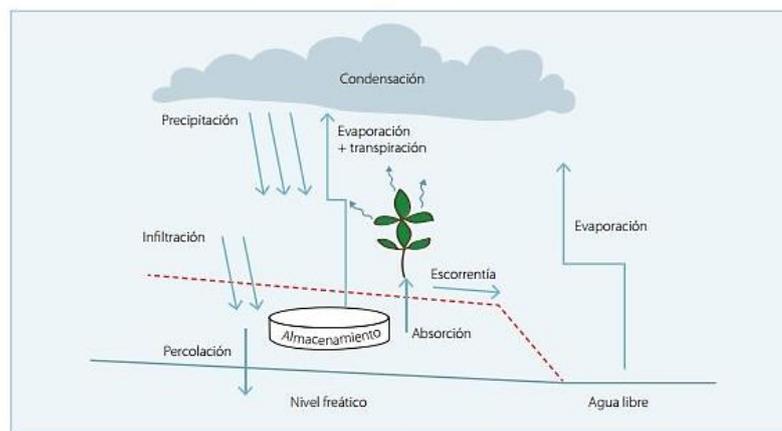


Figura 1: Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases

Fuente: González. N. (ed.). (2013, p.12).

Ordoñez (2011, p. 10), dice que “Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo

o masas de agua y re evaporación. (...) este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento)”.

(Chereque, 1989 citado en Ordoñez, 2011, p. 10), define “como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (superficial, subsuperficial, subterránea, etc.)”.

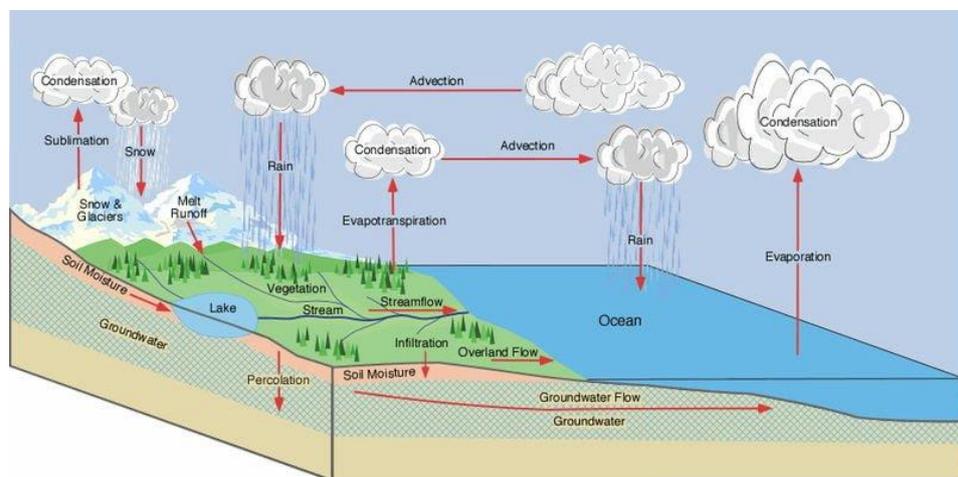


Figura 2: Representación del Ciclo Hidrológico

Fuente: www.eoearth.org/article/Hydrologic_cycle, adaptado por Ordoñez, 2011

2.3.2. La precipitación.

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, ya que ésta es consecuencia de diferentes factores atmosféricos. Según la RAE (2019) es “agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra”.

Ordoñez (2011, p. 11) menciona que para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación. Los varios procesos termodinámicos son convenientes para realizar la saturación de las partículas



atmosféricas inicialmente no saturadas y causar su condensación: Saturación y condensación isobárica (a presión constante), saturación y condensación por presión adiabática, saturación y condensación por presión de vapor de agua, saturación por mezcla y turbulencia.

Existen diferentes tipos de precipitación: precipitación convectiva, precipitación orográfica y precipitaciones frontales.

Por su parte Villón (2002, p. 69) define a la precipitación como, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas. Desde ese punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

2.3.2.1. Origen de la precipitación.

Villón (2002, p. 70) explica que una nube está compuesta por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son: diámetro aproximado de las gotitas 0.02 mm, espaciamiento entre gotitas 1 mm y la masa 0.5 a 1 gr/m³. Por el contrario, las gotas de lluvia, tienen un diámetro de 0.5 a 2 mm, es decir, un aumento en el volumen de las gotitas de las nubes, de 100 000 a 1 000 000 de veces.

En este sorprendente aumento, está el origen de las precipitaciones y se asume principalmente gracias a dos fenómenos: Unión entre sí de numerosas gotitas y el engrosamiento de una gota por la fusión y condensación de otras.



2.3.2.2. Formas de precipitación.

Villón (202) también describe las diferentes formas de precipitación las cuales son:

Llovizna: pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro que varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caída muy bajas.

Lluvia: gotas de agua con diámetro mayor a 0.5 mm.

Escarcha: capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire.

Nieve: compuesta de cristales de hielo blanco translúcido, principalmente de forma compleja.

Granizo: precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricos, cónicos o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 a 125 mm. (p. 70).

2.3.2.3. Clasificación de la precipitación.

La precipitación necesita que la masa de agua se eleve a la atmosfera para que se enfríe y una parte se condense. Y dependiendo del factor que provoca esa elevación Villón (2002, p. 71 y 72). lo clasifico en tres tipos:

Precipitación de convección: Las masas de vapor se acumulan en los puntos llamados células de convección. A partir de este punto, estas masas pueden seguir elevándose hasta llegar a grandes alturas, donde encuentran condiciones que provocan la condensación y la precipitación. Generalmente viene acompañada de rayos y truenos.

Precipitación orográfica: Se producen cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, aquí las



nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.

Precipitación ciclónica: Se producen cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

Ordoñez (2011, p. 12) en la cartilla técnica también clasifica la precipitación en tres tipos como indica Villón, incluso menciona los mismos nombres que este autor utiliza, es decir:

Precipitación Convectiva. Resultan de una subida rápida de las masas del aire en la atmósfera. Se asocian a los cúmulos y cumulonimbos, desarrollo vertical significativo, y son generados así por el proceso de Bergeron. La precipitación que resulta de este proceso es generalmente tempestuosa, de corta duración (menos de una hora), de intensidad fuerte y de poca extensión espacial.

Precipitación Orográfica. Como su nombre indica (del griego oros = montaña), este tipo de precipitación se relaciona con la presencia de una barrera topográfica. La característica de la precipitación orográfica depende de la altitud, de la pendiente y de su orientación, pero también de la distancia que separa el origen de la masa del aire caliente del lugar del levantamiento. En general, presentan una intensidad y una frecuencia regular.

Precipitación Frontal o del tipo ciclónico. Se asocian a las superficies de contacto entre la temperatura de la masa de aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y de los diversos índices del recorrido, que uno nombra frentes. Los frentes



fríos crean precipitaciones cortas e intensas. Los Frentes calientes generan precipitaciones de larga duración, pero no muy intensas.

2.3.2.4. Medición de la precipitación.

Existen dos maneras para poder realizar la medición de la precipitación o en palabras simples es saber cuánta cantidad de lluvia cae en 24 horas, este dato es en “milímetros (mm)” ya que se registra la altura de la lámina de agua con respecto a una superficie horizontal; este proceso se realiza mediante dos equipos llamados pluviómetro y pluviógrafo; cada uno de ellos tiene sus características y el por qué y para qué sirven.

Según Villón (2002, p. 73-76) el **pluviómetro** consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa. Esto permite medir la altura de la lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia. Y el **pluviógrafo**: Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas. Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el

embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj.

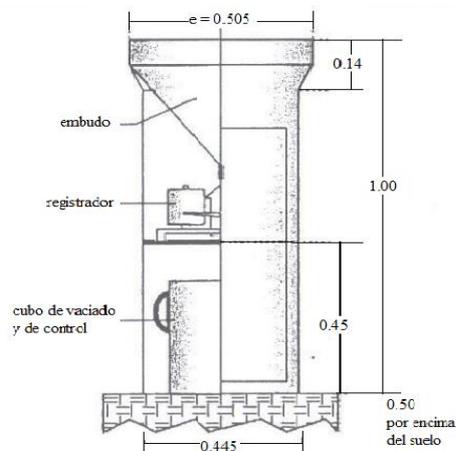


Figura 3: Pluviógrafo

Fuente: Villón, M. (2002, p. 75).

Ordoñez (2011, p. 16) también describe estos dos instrumentos de medición de precipitación.

Pluviómetros: Es un recipiente abierto, cuyos lados sean verticales, puede utilizarse para medir la lluvia; sin embargo, debido a los efectos del viento y el salpicado, las mediciones no son comparables a menos que sean del mismo tamaño y forma, y estén expuestos de un modo similar. El pluviómetro estándar del U.S. National Weather Service tiene un colector con un diámetro de 20 cm (8 in). Las características más importantes respecto a su instalación son: que la boca del pluviómetro se encuentra a 1.50 m del suelo, que va sujeto por un soporte lateral a un poste cuyo extremo superior está cortado en bisel y que es fácilmente desmontable del soporte para hacer la lectura.

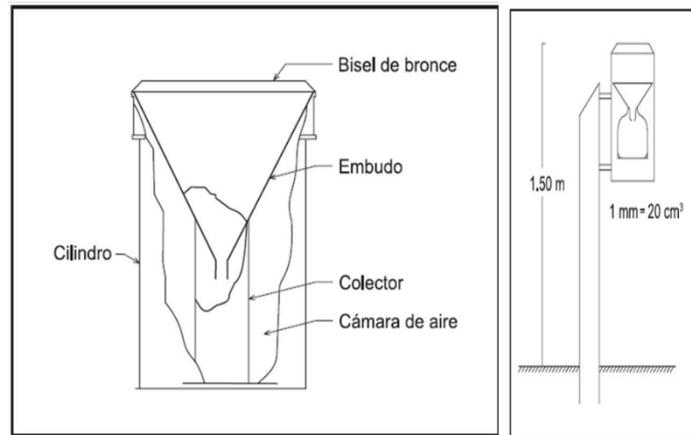


Figura 4: Pluviómetro

Fuente: Ordoñez, J. J., (2011, p. 15).

Pluviógrafos: Son los instrumentos destinados a medir la distribución de la lluvia en el tiempo en un determinado lugar. Con ellos se conoce la cantidad de lluvia a través del tiempo y también su intensidad. De las cinco clases o tipos, los más utilizados son: a) de flotador sin sifón automático, b) de flotador con sifón automático, c) de balanza y d) de oscilación.

Pluviógrafo de cubeta basculante: El agua que cae en el colector se dirige a un compartimiento en donde hay dos cubetas: cuando cae 0,1 mm de lluvia se llena una de las cubetas produciéndose un desequilibrio que hace que la cubeta se voltee, vertiendo su contenido en una vasija y moviendo el segundo compartimiento al lugar correspondiente. Cuando la cubeta se voltea actúa un circuito eléctrico, haciendo que una pluma produzca una marca sobre un papel colocado en un tambor giratorio. Este tipo de medidor no es adecuado para medir nieve sin calentar el colector.

Pluviógrafo de balanza: Pesa el agua o la nieve que cae en una cubeta situada sobre una plataforma con resorte o balanza. El aumento en peso se registra en una carta. El registro muestra valores acumulados de precipitación.

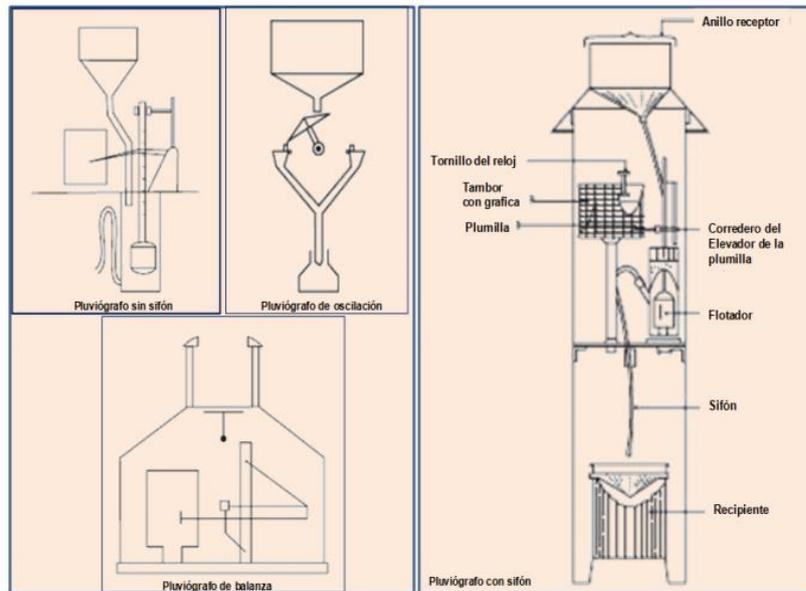


Figura 5:Tipos de Pluviógrafos

Fuente: Ordoñez, J. J., (2011, p. 17).

2.3.3. Tipos de fuentes de agua.

Agüero (1997) en su libro, describe tres tipos de fuentes de agua y estas son:

Agua de lluvia: La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias es importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico.

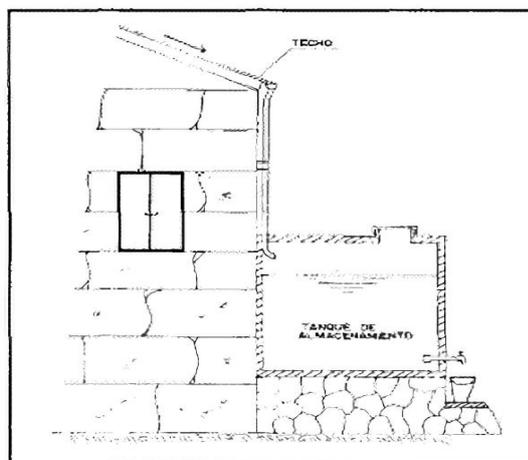


Figura 6: Captación de agua de lluvia

Fuente: Agüero, R. (1997, p. 27).



Aguas superficiales: Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. Que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo, a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

Aguas subterráneas: Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero. La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares).

Por otra parte, en la norma técnica de diseño que se adjunta a la RM N° 192-2018-VIVIENDA explica que hay tipos de fuente de agua para el consumo humano y estos son los siguientes.

Tipo de fuente, existen tres (03) tipos de fuentes de agua, para el consumo de las familias.

Grupo N° 1: Fuente Superficial: laguna o lago, río, canal, quebrada.

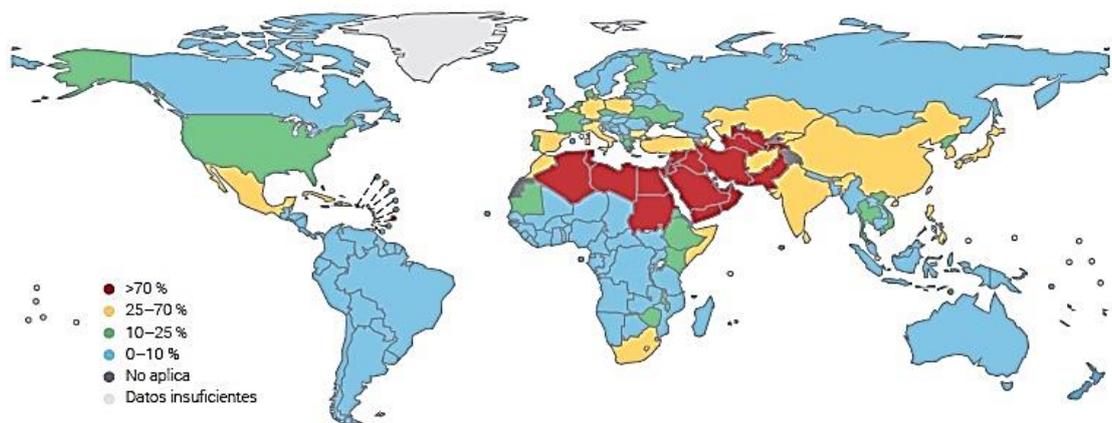
Grupo N° 2: Fuente Subterránea: Manantial (ladera, fondo y Bofedal), Pozos y Galerías Filtrantes.

Grupo N° 3: Fuente Pluvial: lluvia, neblina. MVCS (2018, p. 11).

2.3.4. Cantidad de agua.

A nivel mundial la UNESCO (2019, p. 1). Menciona: “El agua en el mundo: un recurso cada vez más escaso. El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual

en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. Más de 2.000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua, y aproximadamente 4.000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático”.



*El estrés hídrico físico se define aquí como la proporción del total de agua dulce extraída anualmente por todos los sectores principales, incluidos los requisitos ambientales de agua, respecto a la cantidad total de recursos renovables de agua dulce, expresada como porcentaje.

Fuente: ONU (2018a, pág. 72, basado en datos de AQUASTAT).

Figura 7: Nivel de estrés hídrico físico

Fuente: UNESCO (ed.) (2019, p. 16).

2.3.5. Sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) o sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT).

Los sistemas de captación de agua de lluvia o los sistemas de captación de agua pluvial en techos, son tecnologías consideradas nuevas en el País, pero estas



técnicas ya llevan años en uso de manera ancestral ya que la escasez de agua se ha sufrido desde mucho tiempo atrás. Estas técnicas se han ido mejorando de manera empírica durante el paso de los años, con el propósito de aprovechar los recursos que la madre naturaleza nos entrega.

La finalidad de esta técnica es que se pueda captar la mayor cantidad de agua posible para utilizarla de maneras diferentes, al respecto, González (2013, p. 184) asevera que, “los techos, por su condición impermeable, producen un volumen de escorrentía cercano al volumen de lluvia. El hecho de que estén en posición elevada e inclinada facilita la captación y almacenamiento del agua. Canaletas colocadas en la parte inferior del plano inclinado recogen la escorrentía del techo y, por una tubería, la conducen hacia la estructura de almacenamiento, generalmente estanques o cisternas, de donde el agua es retirada para su utilización.

2.3.5.1. Clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia.

Existen tipos de sistemas de captación, donde su principal diferencia es la finalidad de estos sistemas. Por ejemplo, Pino, E. (s. f.). en su [comunicación técnica]² explica que se clasifican en: Sistemas para uso humano, sistemas para uso agrícola y ganadero, y en la recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.

Sistemas para uso humano: Son todos aquellos sistemas que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de tejados o superficies terrestres para ser almacenado luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria, ejemplos de ellos son los sistemas COLPOS³.

² Es el proceso de la transmisión de información técnica por medio de la escritura, el habla y otros medios de comunicación a un público específico. La información es útil si el público a quien va dirigida puede realizar una acción o tomar una decisión basada en ésta

³ Se denomina COLPOS a el Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo, es decir que usan dicha denominación para nombrar a las muestras de estudio de captación pluvial.

Dada la relevancia de las investigaciones efectuadas por el CIDECALLI⁴, a continuación, se describen algunos de los sistemas COLPOS (del 1 al 5).

COLPOS 1. Cisterna para uso doméstico: Capacidad de dotar a una familia de 4 personas, consumo per cápita de 100 litros diarios durante todo el año, área de captación 120 m², precipitación pluvial anual 610 mm y tanque de almacenaje 73 m³.

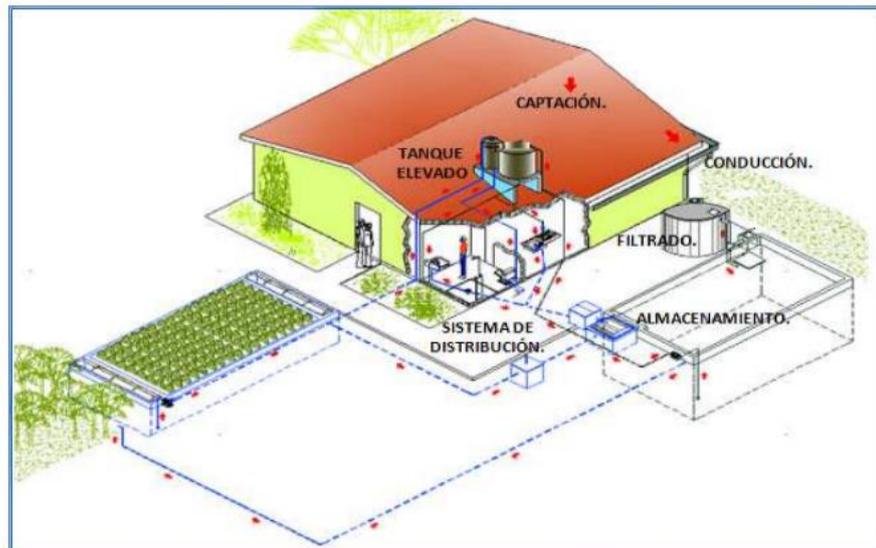


Figura 8: Sistema de captación. Colpos 1

Fuente: Pino, E. (s. f., p. 8)

Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas: Tienen por objetivo la regulación y almacenamiento de agua en un acuífero, asegurando una gestión racional del potencial hidráulico de cualquier cuenca hidrológica o sistema de explotación. Se da a través de la infiltración natural en: suelos permeables, cunetas verdes, estanques de retención, humedales, entre otros.

⁴En el año 2003 se constituyó el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo (CIDECALLI-CP).



Figura 9: Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas

Fuente: Perales y Andrés (2000) (como se ve en Pino, E. (s. f., p. 12))

2.3.5.2. Componentes del sistema de captación de agua de lluvia.

Estos sistemas tienen partes que se deben respetar, por lo tanto, en el proceso de diseño se debe tener muy presente los siguientes componentes, que a juicio de Bazán, Sánchez, Tosolini, Tejerina y Jordan (2018, p. 16) para un buen aprovechamiento del agua de lluvia constan de los siguientes elementos: Área de captación; sistema de canaletas y bajadas; sistema de pre filtrado⁵, cucharas y cámaras de inspección; sistema de filtrado; depósito de almacenamiento; mecanismo de bombeo para extraer el agua y el tratamiento microbiológico.

Por su parte, González (2013, pp. 184 - 187). Menciona que los componentes son:

⁵ Es decir que el agua pasa por un primer filtro que consta de una malla o red para atrapar los residuos de mayor tamaño como hojas, pequeños troncos, etc.

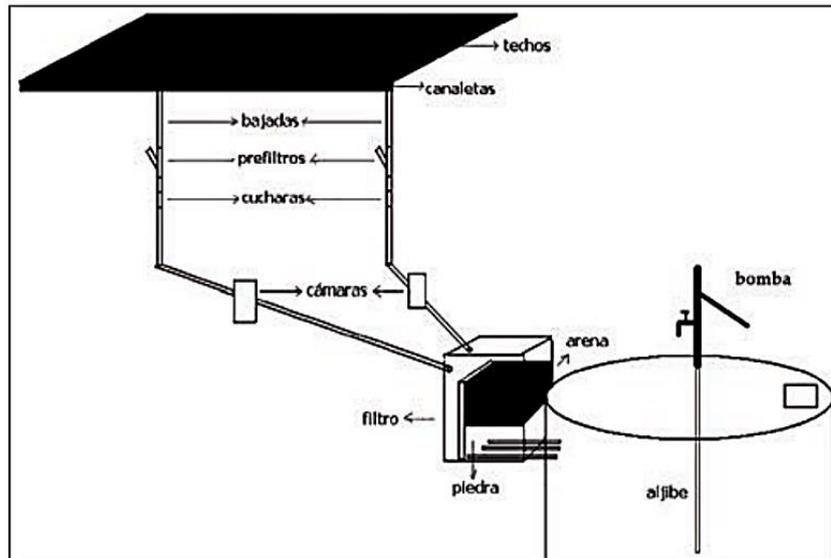


Figura 10: Croquis de un sistema de aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano

Fuente: Bazán, M., et al., (2018, p. 16).

Techo: El techo es el componente más importante del sistema. Debe ser de material impermeable, liso y uniforme (sin deformidades) para que el coeficiente de escorrentía sea elevado (arriba de 0,8 u 80%). (...) El techo se debe mantener limpio, libre de hojas y otros detritos, para que el agua recogida sea de buena calidad.

Canaletas: Las canaletas son las estructuras que se colocan en la parte donde termina el techo para captar el agua que escurre y cae por el declive y conducirla a un lugar de almacenamiento. Las canaletas deben tener las siguientes características:

Dimensiones adecuadas al volumen de escorrentía.

Pendiente uniforme hacia el tubo de conducción.

Suficiente estructura de apoyo para soportar el peso del agua cuando esté bajo plena carga.

Ser mantenidas limpias, sin impedimentos al desplazamiento de la escorrentía.

Boca de salida suficiente para el caudal máximo.



Acople canaleta-tubo de conducción y sistema de limpieza: Normalmente se utilizan tubos de 100 mm o 4 pulgadas para la conducción o desagüe. Cuando el agua es utilizada para consumo doméstico, se deja que la primera lluvia corra libremente a manera de remover la basura y polvo acumulados en el área de recolección y canaletas. La fuente más importante de contaminación la constituyen las deposiciones de aves y otros animales. La contaminación bacteriana puede ser minimizada manteniendo limpia la superficie de los techos y desagües, pero no puede ser completamente eliminada.

Conducción al estanque o cisterna: El tubo de conducción debe entrar por la parte superior del estanque o cisterna, en cualquier tipo de sistema de almacenamiento. El lugar de entrada del tubo debe estar ubicado en el lado opuesto a la ventana de acceso y retirada del agua. Normalmente, en el lugar de entrada del tubo es donde se deposita mayor cantidad de sedimentos provenientes del techo.

Por otra parte, Palacios (2010). Recomienda los siguientes componentes:

Captación: En este caso la captación se realizará en los techos de la institución educativa, los cuales tienen una pendiente adecuada (20%) que facilita el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

Recolección y conducción: (...) se complementarán los bajantes para conducirlos hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente se instalará en las canaletas, una malla que retenga los sólidos más gruesos como hojas y ramas, entre otros.

Interceptor de primeras aguas: (...) El agua entra a él por medio de un bajante unido a las canaletas. Además, debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado; cuando éste alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso



del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente contará con una válvula de purga en la parte inferior del tanque para hacer el mantenimiento después de cada lluvia.

Almacenamiento: El tanque de almacenamiento a diseñar será rectangular y en concreto reforzado. Las dimensiones se especifican en los resultados, de acuerdo con el volumen captado de agua lluvia.

Red de distribución y sistema de bombeo: (...) Para este diseño, la red sólo llegaría a los puntos hidráulicos donde se utiliza el agua lluvia, es decir, a los sanitarios, orinales y lava escobas, pero la red existente que abastece dichas unidades continuará suministrando agua potable en caso de ser necesario, así que debe protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de chequeo para evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable.

El sistema de bombeo se diseña principalmente de acuerdo con el caudal requerido por los aparatos sanitarios, la altura dinámica total, las pérdidas por fricción y por accesorios, entre otros parámetros, los cuales se muestran en los resultados. La bomba a utilizar será de succión negativa, por lo tanto, es necesario que la tubería de succión esté al menos 50cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado.

Dichos componentes la autora del artículo sugiere que es para un caso donde no se va a ser destinado a consumo humano directamente, pero si en un futuro se quiere cambiar o adicionar para el consumo humano se debe considerar dos componentes más, que son el de instalar un sistema de filtrado y seguido de un sistema de desinfección.

Y, por último, la OPS y CEPIS (2004). Considera los siguientes componentes importantes:

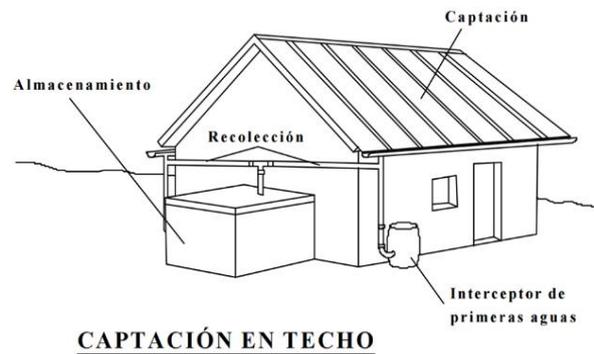


Figura 11: SCAPT - Sistema de captación de agua pluvial en techos

Fuente: OPS y CEPIS (eds.). (2004, p. 5).

Captación: La captación está conformado por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar 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 requiere una buena fuente de arcilla y combustibles para su cocción. El forraje (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 siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de bebida.



Recolección y Conducción: 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.

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. Para el caso de las primeras aguas es necesario contar con un dispositivo de descarga, pues constituyen una posible fuente de contaminación.

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. En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m² de techo.

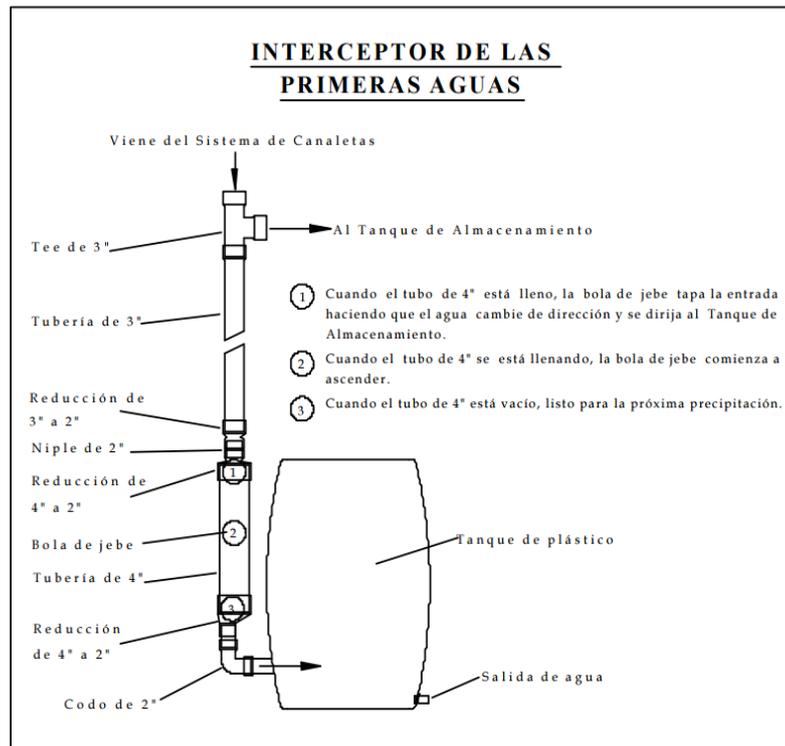


Figura 12: Interceptor de las primeras aguas

Fuente: OPS y CEPIS (eds.). Guía de diseño para captación de agua de lluvia. (2004, p. 7).

Almacenamiento: Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario, en especial durante el período de sequía. 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 m de altura para minimizar las sobre presiones.

Con 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.



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:

Mampostería para volúmenes menores 100 a 500 L

Ferrocemento para cualquier volumen.

Concreto para cualquier volumen.

Tratamiento: Es necesaria que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta. El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros de mesa de arena seguida de la desinfección con cloro.

2.3.6. Consideraciones para el diseño de sistemas de captación.

2.3.6.1. Cálculo de la precipitación media sobre una zona.

Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas en la zona.

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i + P_{i+1} + \dots + P_n)$$

Donde:

P_{med} = precipitación media de la zona

P_i = precipitación del mes analizado

n = número de años

Según la RM. N° 192-VIVIENDA (2018), la FAO y UNESCO recomiendan que sea con los datos de por lo menos 10 años y si es mejor 15 años atrás.

2.3.6.2. *Coefficiente de escorrentía.*

Los coeficientes de escorrentía a ser aplicados según el material del techo son: Según la Norma Técnica de Diseño de la RM. N° 192-VIVIENDA (2018).

Tabla 1: Coeficientes de escorrentía

MATERIAL	COEFICIENTE (C)
Calamina metálica	0.90
Techo plástico, geomembrana	0.90

FUENTE: RM. N° 192-VIVIENDA (2018).

2.3.6.3. *Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento.*

Calcular el volumen de almacenamiento mensual según el área de captación.

$$V_a = C_e \times A \times \frac{P_i}{1000}$$

Donde:

V_a = volumen mensual captado en m³/mes

C_e = coeficiente de escorrentía

A = superficie estimada de captación (m²)

P_i = precipitación mensual del mes “i” (mm) = P_{med}

2.3.6.4. *Cálculo de la demanda de agua.*

Se calcula la demanda de agua estimada en el mes, con base a las personas que se atienden en la vivienda y para ello se usará la dotación de agua que recomienda la Norma Técnica de diseño del ministerio de vivienda o lo que indica el Reglamento Nacional de Edificaciones como sugerencia.

$$D_i = \frac{N_u \times N_a \times Dot}{1000}$$

Donde:



D_i = demanda mensual m³

N_u = número de usuarios que se benefician del sistema

N_d = número de días del mes analizado

Dot = dotación (L/hab/día)

2.3.6.5. *Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno.*

Usando el análisis estadístico de valores extremos aplicados a la hidrología tenemos que Maggio (s.f.) menciona “a partir de una población cualquiera, se toman n muestras de m elementos cada una, los valores media individuales tomarán parte, a su vez, de una muestra aleatoria y distribuida alrededor de una gran media; sin embargo, los valores medios tienen en cuenta a los máximos y mínimos de cada muestra, la distribución conjunta no será normal, por lo que se usará la teoría de distribuciones extremas que aborda este tipo de problemas”.

Factores de frecuencia: Ven Te Chow (mencionado en Maggio. G. E. (s.f.)) demuestra que una variable aleatoria x puede ser expresada por una combinación lineal de la media y la desviación estándar:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

Donde: \bar{x} = es la media aritmética

σ_x = desviación estándar

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

k = variable aleatoria

Distribuciones teóricas: Maggio. G. E. (s.f.) describe la distribución empleada en hidrología en función de Gumbel. Primero para hallar la probabilidad de ocurrencia aplicando la ley de valores extremo tipo I (Gumbel), se desarrolla:

$$\Phi(y) = e^{-e^{-y}} \quad y = \ln\left(\frac{1}{\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)}\right)$$

$$k = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[\gamma + \ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right) \right]$$

Donde: $\Phi(y)$ = probabilidad de ocurrencia

T = periodo de retorno

γ = la constante de Euler = 0.5772

2.3.6.6. Obtención de curvas precipitación-duración-periodo de retorno para un tiempo de 5 a 120 minutos.

Campos (1998) propone la “metodología para obtener curvas precipitación-duración-periodo de retorno, a partir de registros de lluvia máxima”. Usando la siguiente fórmula:

$$P_T^t = (0.35 \times \ln(T) + 0.76)(0.54 \times t^{0.25} - 0.50) \times P_2^{60}$$

Para calcular la precipitación en t minutos para un periodo de retorno T igual a 2 años, donde $5 \text{ min} < t < 120 \text{ min}$.

2.3.6.7. Intensidad máxima de lluvia (mm/hr).

Villón (2002, p. 87) dice que es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado. De acuerdo a esto la intensidad se expresa así:

$$I_{max} = \frac{P}{t}$$

Donde:

I_{max} = intensidad máxima, en mm/hora

P = precipitación en altura de agua (mm)

t = tiempo en horas

2.3.7. Eficiencia tecnológica.

La eficiencia hidráulica es la cuantificación en porcentaje del trabajo que está realizando al transportar el agua o captarla, con respecto al diseño versus la realidad.

2.3.7.1. Eficiencia hidráulica.

Anaya, M. (1998, p. 40). Dice: “los sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico son utilizados en muchos países de América Latina y el Caribe y representan una excelente fuente de agua en casos de emergencia. Sin embargo, debe considerarse una eficiencia de 70% a 90% en el diseño y construcción de las cisternas, esto es debido a que las lluvias escasas y de baja intensidad producen un bajo escurrimiento; en otras ocasiones, la alta energía cinética de las gotas de agua de lluvia hace que mucha agua rebote de los techos y caiga fuera del área de captación. También en la canaleta de conducción puede haber pérdidas considerables del agua por salpicadura, sobre todo cuando ocurre una lluvia de alta intensidad”.

2.3.8. Tratamiento para potabilización del agua de lluvia en el reservorio.

2.3.8.1. Tratamiento por medio de filtración.

Bazán et al. (2018, p. 19) el sistema de filtrado consiste en un decantador y el filtro de arena, donde el agua pasa por los mismos, impidiendo el ingreso de tierra o de cualquier elemento que haya sorteado el sistema de pre filtrado.

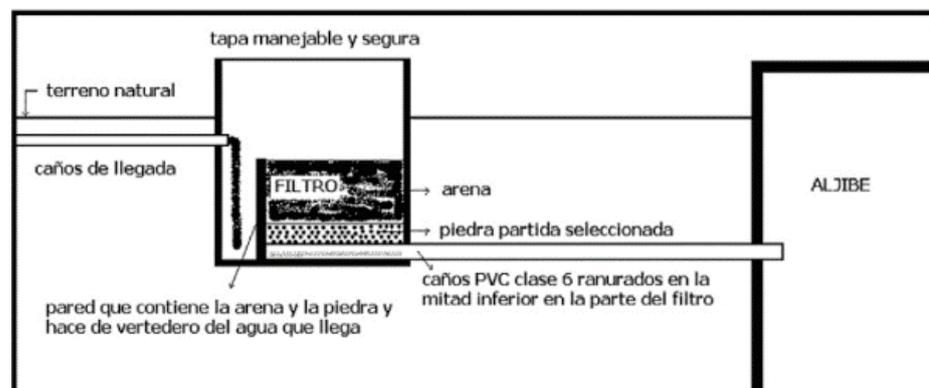


Figura 13: Filtro separado

Fuente: Bazán, M., et al. (2018, p. 19).



2.3.8.2. Tratamiento con hipoclorito de sodio (NaOCl) o hipoclorito de calcio (Ca(ClO)₂).

En el RNE (2006), en la norma OS. 020 dice: “5.12.2.2. Cloro residual: el efluente de la planta deberá tener por lo menos 1 ppm de cloro residual o necesaria para que en el punto más alejado de la red exista no menos de 0.2 ppm. En las localidades en las que exista endemividad de enfermedades diarreicas como el cólera, el residual de los puntos más alejados deberá ser de 0.5 ppm”.

2.3.9. Calidad de agua para consumo humano.

Diaz (2014) afirma que se entiende por calidad natural del agua al conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta el agua en su estado natural en los ríos, lagos, manantiales, en el subsuelo o en el mar. Además, la calidad del agua no es un término absoluto; es algo que siempre dice en relación con el uso o actividad a que se destina: calidad para beber, calidad para riego, etc. Por consiguiente, un agua puede resultar contaminada para un cierto uso y puede ser perfectamente aplicable a otro; de ahí que se fijen criterios de calidad del agua según los usos.

2.3.9.1. Parámetros de calidad de agua para consumo humano

Para que el agua sea considerada como apta para consumo humano, debe cumplir con las condiciones mínimas que establece el Ministerio de Salud a través del DS. N° 031-2010-SA, reglamento de la calidad de agua para consumo humano, cuyos artículos relacionados directamente son:

Artículo 60°. - ***Parámetros microbiológicos y otros organismos:*** Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I (Tabla 2), debe estar exenta de: Bacterias coliformes totales, termo tolerantes y escherichia coli,



virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y para el caso de bacterias heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Tabla 2: Anexo I - límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. Escherichia coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevo y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estados evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad Formadora de Colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =< 1,8 / 100 ml

FUENTE: Reglamento de calidad de agua para consumo humano – DS. N° 031-2010-SA

Artículo 61°. - *Parámetros de calidad organoléptica:* El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II (Tabla 3) del Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

Tabla 3: Anexo II – límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4 = \text{L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L^{-1}	0,4
14. Aluminio	mg Al L^{-1}	0,2
15. Cobre	mg Cu L^{-1}	2,0
16. Zin	mg Zn L^{-1}	3,0
17. Sodio	mg Na L^{-1}	200

UCV = Unidad de Color Verdadero

UNT = Unidad Nefelométrica de Turbiedad

FUENTE: Reglamento de calidad de agua para consumo humano – DS. N° 031-2010-SA

2.3.10. Dotación y consumo de agua.

2.3.10.1. Dotación de agua.

Comisión Nacional del Agua (ed.) (s. f., p. 15) en su manual describe la dotación como “la dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab al día.”.

RM N° 192-2018-VIVIENDA. Dice sobre la dotación de agua lo siguiente:

Disponibilidad de agua para consumo, este criterio se refiere a la dotación de agua

que debe considerarse según la forma seleccionada para la disposición sanitaria de excretas. Las dotaciones a evaluar se clasifican en dos (02) grupos:

Tabla 4: Dotación de agua según forma de disposición de excretas.

REGION GEOGRÁFICA	DOTACIÓN – UBS SIN ARRASTRE HIDRÁULICA (l/hab/día)	DOTACIÓN – UBS CON ARRASTRE HIDRÁULICO (l/hab/día)
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

FUENTE: Norma Técnica de Diseño, RM N° 192-2018-VIVIENDA (2018).

Tabla 5: Dotación de agua por tipo de abastecimiento

TECNOLOGÍA NO CONVENCIONAL	DOTACIÓN (l/hab/día)
Agua de lluvia	30

FUENTE: Norma Técnica de Diseño, RM N° 192-2018-VIVIENDA (2018).



CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Población.

La población que se tomó para realizar el estudio de investigación es el Centro Poblado de Inchupalla del distrito de Chucuito, donde las personas beneficiadas por familia en promedio son 3 habitantes (Ver en resultado - Tabla 14); pero ya que el diseño es por vivienda se debe conocer la población total y para ello se tiene el conocimiento por medio del padrón de usuarios que existe un total es de 173 familias que viven en el lugar.

Es decir: POBLACIÓN = 173 FAMILIAS

3.1.2. Muestra.

Se decidió de que el mejor tipo de muestreo era la no probabilística o intencional porque se desarrolló con voluntarios.

Para identificar el tamaño de nuestra muestra se tiene varios métodos, una de las formas prácticas y recomendables para estudios exploratorios y descriptivos, es el uso de la tabla de FISHER - ARKIN – COLTON, donde el porcentaje de error es del 1% al 10%, y se emplea para poblaciones finitas, pero tiene un rango de acción en la cual se recomienda para una población mayor de 500. Pero, si nuestra población es de 173 usuarios según el padrón, y este al ser menor que la población recomendada, los estadísticos sugieren que la muestra sea la mitad o más de la mitad de la población.

Tabla 6: Selección de muestras para el estudio

POBLACIÓN	PORCENTAJE	MUESTRA	MUESTRAS NECESARIAS
173	50 %	86.5	87 a más.

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

Al ser el muestreo de manera voluntaria, se optó por trabajar con una MUESTRA = 87.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Por las características de la investigación, esta es de tipo aplicada y nivel descriptivo transeccional de diseño no experimental.

3.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

3.3.1. Descripción de la zona de estudio.

3.3.1.1. Ubicación y extensión del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada de la siguiente manera:

A. Ubicación política.

LOCALIDAD : Centro Poblado de Inchipalla.

DISTRITO : Chucuito

PROVINCIA : Puno.

REGIÓN : Puno.

B. Ubicación geográfica.

El centro poblado de Inchipalla se ubica a una altitud de 3897.798 msnm, en coordenadas de latitud 15°58'05" S, longitud 69°56'47"W. y a coordenadas UTM E = 398710.445, N = 8234354.746 con.

C. Colindancias.

El centro poblado de Inchipalla del distrito de Chucuito se encuentra entre los límites con las siguientes comunidades.



Por el Norte: colinda con la CC. Ichu phusalaya

Por el Este: colinda con la CC Chaata

Por el Sur: colinda con la CC. Carucaya - Cutimbo

Por el Oeste: colinda con la C.P. Collacachi

3.3.1.2. Vías de comunicación y acceso.

A. Accesibilidad.

Desde la Ciudad de Puno se puede llegar al lugar del proyecto por la siguiente vía Puno-Malcomayo – C.P. Inchupalla, en un tiempo aproximado de 35 minutos, con una distancia de 25.15 Km. En un vehículo tipo M2-C1 según el MTC (de servicio inter urbano – camioneta rural tipo combi, que consta de más de 8 asientos sin incluir el asiento del conductor).

Tabla 7: Vías de acceso a la localidad de investigación

ACCESO	DISTANCIA KM	TIEMPO	CARRETERA	ESTADO
Puno – Malcomayo	15.8 km	20 minutos	Asfaltado	Regular
Malcomayo – C.P. Inchupalla	9.35 km	25 minutos	Trocha	Regular
Total	25.15 km	45 minutos		

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3.1.3. Climatología.

A. Estaciones meteorológicas de puno – senamhi.

Las estaciones meteorológicas son centros donde se registran diferentes datos como, por ejemplo: variación de la temperatura y con ello se puede saber la temperatura máxima y mínima, humedad relativa, la velocidad del viento, la evaporación, y la precipitación.

La región consta de por lo menos una estación en cada provincia, ubicada en lugares estratégicos. De las cuales la más próximas a la zona de estudio son: Laraqueri, Rincón de la Cruz y Puno.

B. Precipitación.

Según los registros de los datos proporcionados por el SENAMHI de un registro de 27 años. De la estación de Rincón de la Cruz ubicado en el distrito de Acora y a una distancia promedio de 14.851 km del centro poblado, se tiene que la precipitación promedio mensual es de 769.6 mm (Ver Tabla A. 5 – anexo 1 pág. 106, parámetro: precipitación total mensual en mm).

Tabla 8: Promedio de precipitación total mensual en mm de los años 1992 al 2018

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
Prom.	175.2	154.9	118.9	51.3	10.1	3.0	6.9	13.3	27.2
AÑOS	OCT	NOV	DIC						
Prom.	53.8	49.0	106.0						
PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO							769.6 mm		

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo.

Donde la precipitación anual promedio es de 769.6 mm, resultado que se obtiene al sumar los promedios de cada mes. Donde los meses más secos son desde mayo a septiembre.

3.4. Materiales y equipos

Los materiales y equipos que fueron utilizados son los siguientes:

3.4.1. Materiales de gabinete y escritorio.

87 encuestas (se adjunta formato – ver Anexo 7, pág. 199)

Documentación bibliográfica (Ley de recursos hídricos, SENAMHI, normas de construcción – RM N° 192-2018-vivienda, manuales, libros, etc.).

Materiales de escritorio (papel bond de 80gr., cuadernos, lapiceros y tóner para las impresiones)

3.4.2. Equipos de campo.

GPS Navegador	Cámara fotográfica
Wincha de 50m	Flexómetro de 8 m
Libreta de campo	Tablero de madera

3.5. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES DEL CENTRO POBLADO DE INCHUPALLA

Para el aspecto técnico de la propuesta, se considera importante el siguiente procedimiento.

3.5.1. Información básica.

3.5.1.1. Información meteorológica.

La información meteorológica que se necesita parte de un análisis, que se desarrolló con respecto a la ubicación del centro poblado y a la cuenca de estudio, en este caso es la cuenca del río Inchupalla por lo que primero se ubica el área de estudio y se observa las estaciones meteorológicas cercanas a ella.



Figura 14: Ubicación de las estaciones meteorológicas

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

Las estaciones próximas al centro poblado identificados son: Estación Puno, Estación Rincón de la Cruz y Estación Laraqueri.

Luego de tener identificado las estaciones con las cuales se va a trabajar, se procede a realizar la delimitación de la cuenca.

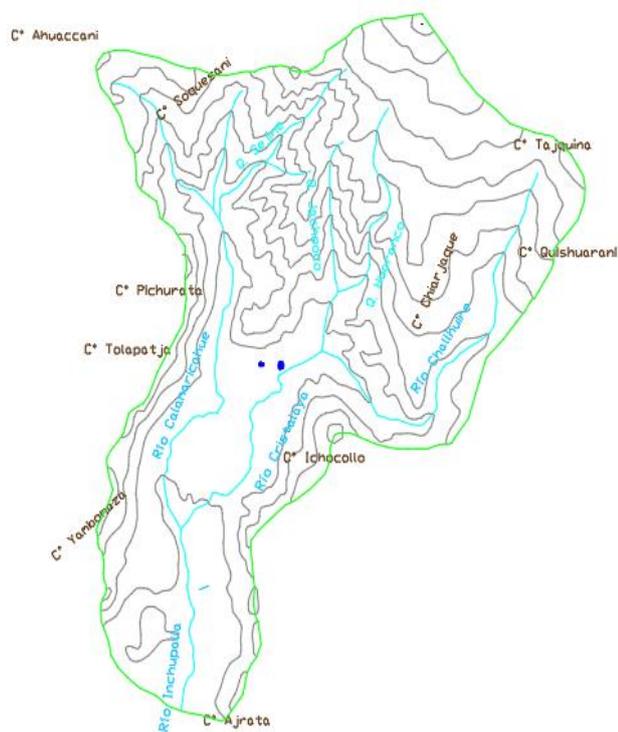
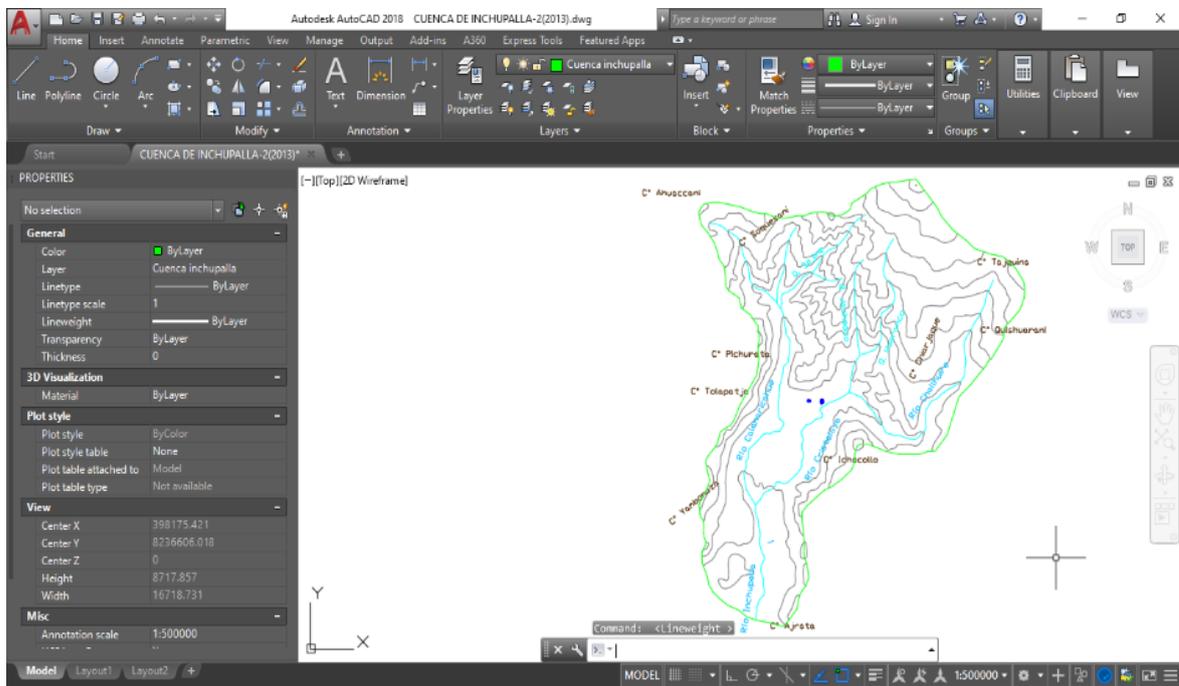


Figura 15: Delimitación de la cuenca del río Inchuapalla

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

OCT
53.8

57

NOV
49.0

DIC
106.0

Luego de realizar la delimitación de la cuenca con ayuda del programa QGIS se continua con la creación del polígono de Thiessen. Para ellos se ubica la cuenca y las estaciones meteorológicas en el programa ya mencionado.

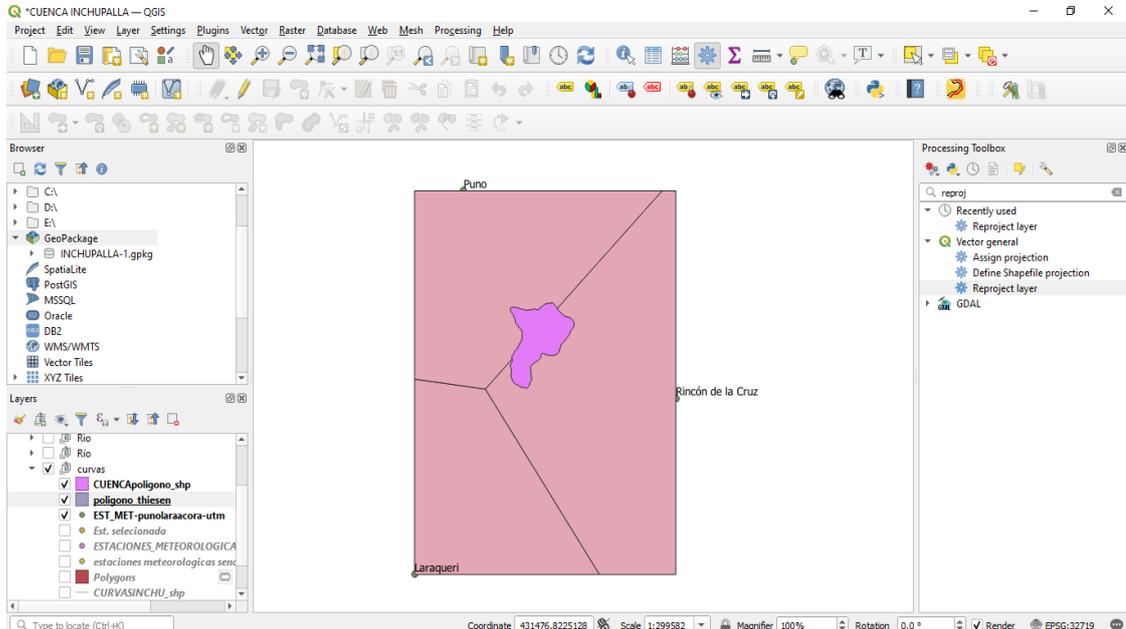


Figura 17: Diagrama del polígono de Thiessen

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

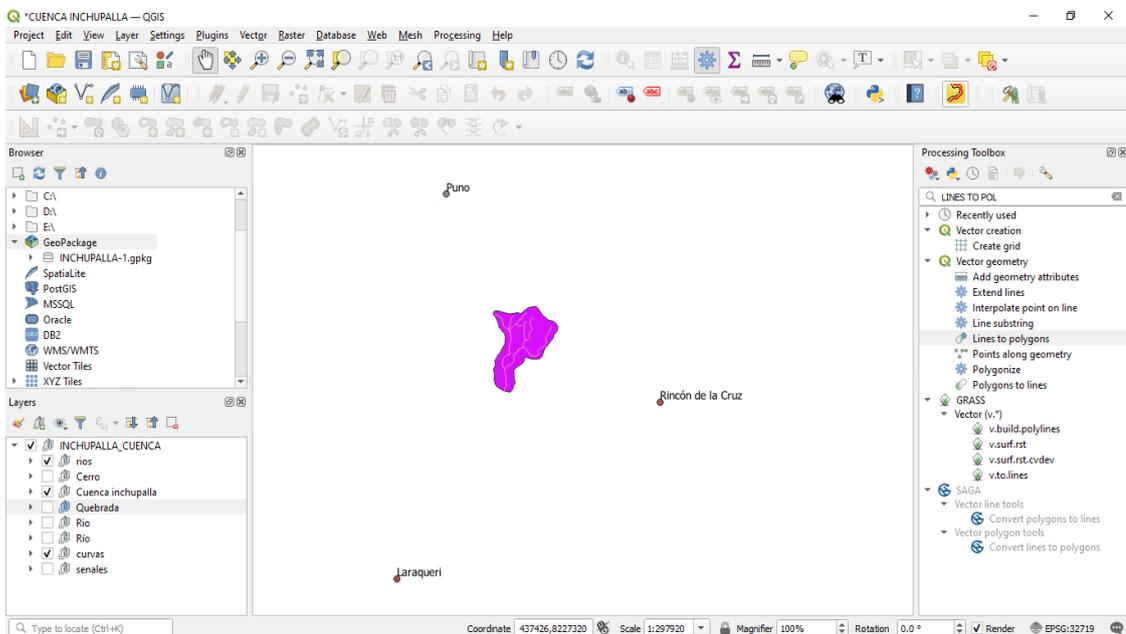


Figura 16: Ubicación de la cuenca del río Inchupalla y las estaciones meteorológicas

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura 17 se observa el área de influencia de las estaciones meteorológicas, lo que divide la cuenca en dos estaciones para su estudio.

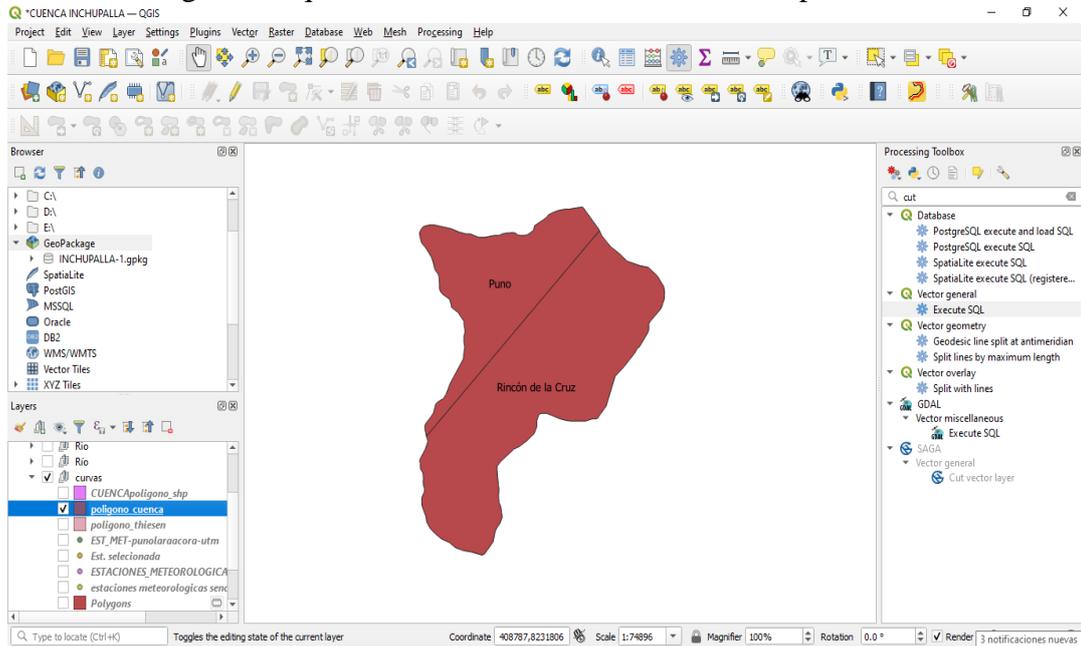


Figura 19: Área de influencia de las estaciones meteorológicas.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

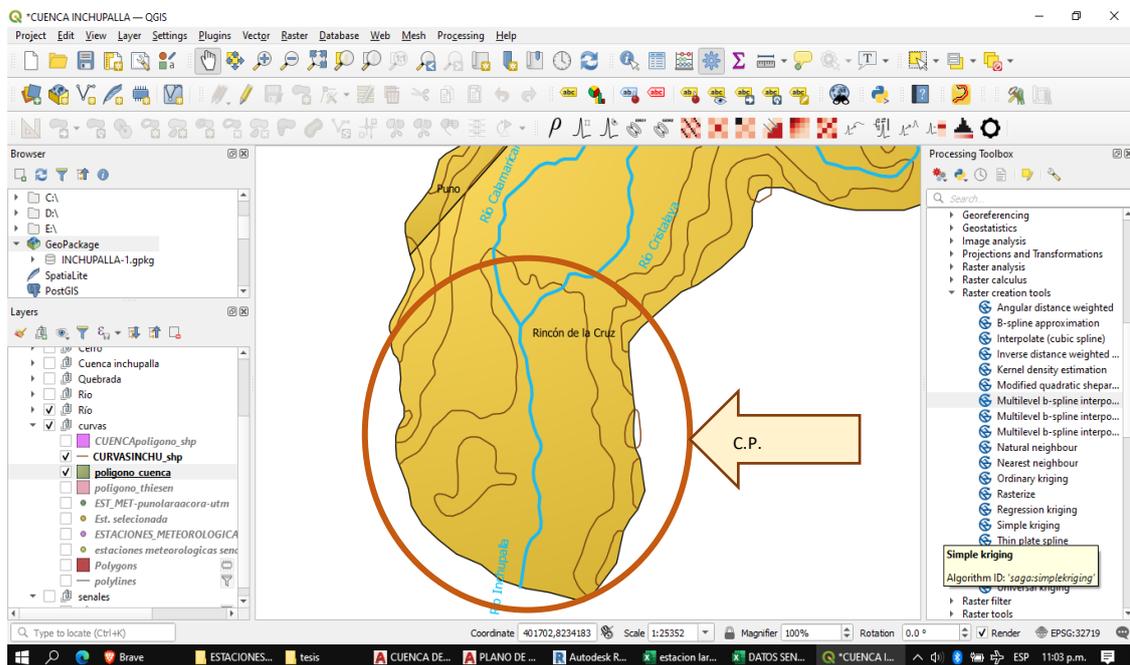


Figura 18: Ubicación del C.P. de Inchupalla en la cuenca

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Por ende, en la figura 19 el centro poblado se ubica en el área de influencia de la estación “Rincón de la Cruz” de Acora. Por lo que se usarán los datos de esta estación para los cálculos necesarios.

Es decir, la RM N° 192-2018-VIVIENDA indica que se necesita los datos de precipitación mínimamente de 10 o 15 años atrás; lo que a su vez Acevedo, J. ed. (2016) y Anaya, M. (1998). Recomiendan en sus publicaciones.

Por lo tanto, conociendo la ubicación del centro poblado y siguiendo el criterio anterior, se decidió usar la estación meteorológica de Rincón de la Cruz.

Donde, los datos de precipitación son:

Tabla 9: Ubicación de la estación meteorológica

ESTACIÓN: RINCÓN DE LA CRUZ – CO. 115052			
Latitud	15°59'26,1"	Región	Puno
Longitud	69°48'39"	Provincia	Puno
Altitud	3935	Distrito	Acora

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 10: Resumen de los parámetros meteorológicos de la estación Rincón de la Cruz (Promedios 1992 - 2018)

MESES	PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)
Enero	175.2	26.2
Febrero	154.9	24.6
Marzo	118.9	23.1
Abril	51.3	16.4
Mayo	10.1	5.9
Junio	3.0	2.3
Julio	6.9	4.2
Agosto	13.3	7.5
Septiembre	27.2	9.6
Octubre	53.8	17.3
Noviembre	49.0	15.0
Diciembre	106.0	24.2
Suma total	769.6	176.2

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

3.5.2. Diseño del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia.

A continuación, se detalla el proceso del diseño del sistema de captación de aguas de lluvias por canaletas en los techos de las viviendas rurales.

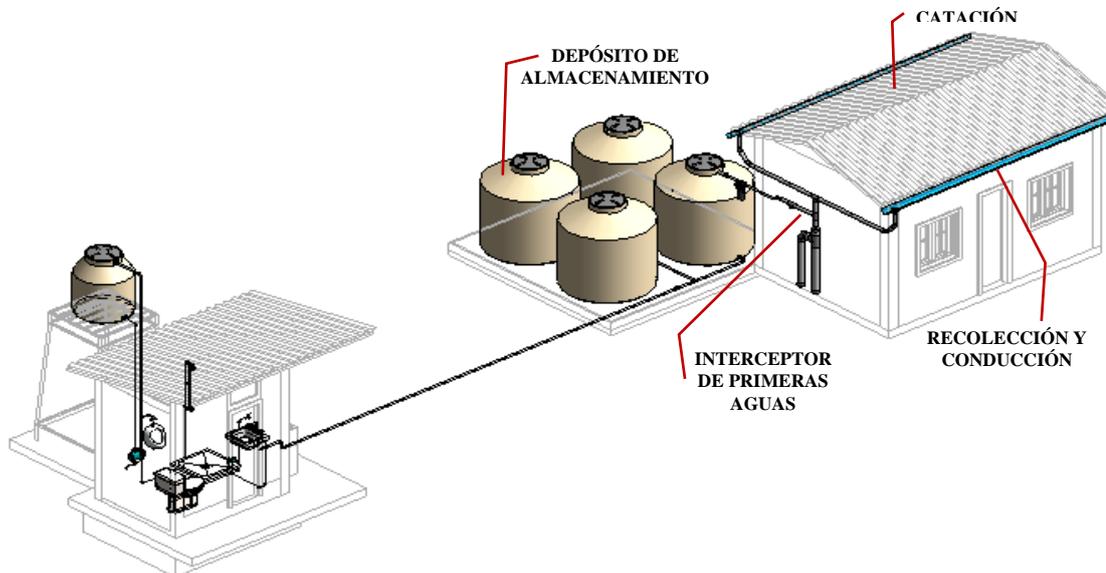


Figura 20: Esquema del sistema de captación de agua de lluvia

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.5.2.1. Datos para el diseño.

a) Cobertura de techos utilizados para techo

El material de las coberturas de los techos en el centro poblado es de calamina galvanizada, la cual es predominante en las construcciones existentes.

b) Precipitación pluvial

Para desarrollar el diseño primero debemos obtener diferentes datos e información, como son los datos de la precipitación pluvial según la estación meteorológica de Rincón de la Cruz, los cuales son proporcionados por el SENAMHI de los años 1992 hasta el 2018 (si hay datos faltantes, se deben completar usando los datos de la Tabla A. 6 y Tabla A. 7 (ver ANEXO 1, ítem 2.2 pág. 109)).

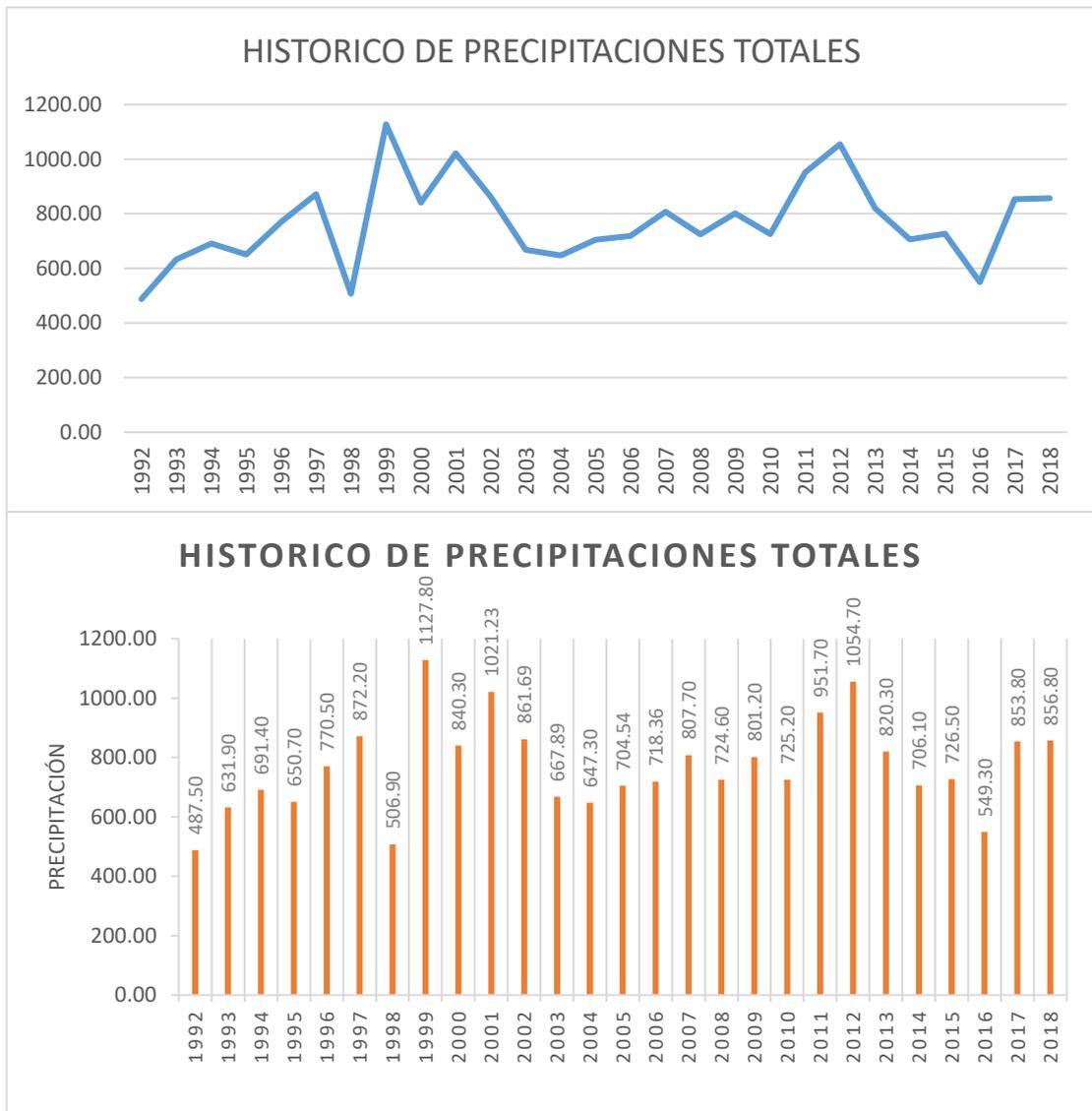


Figura 21: Histórico de precipitaciones de la estación meteorológica de Rincón de la Cruz de los años 1992 – 2018

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Número de beneficiarios promedio por familia: 3 personas (este dato se obtiene después de procesar las encuestas que se realizaron en la zona de estudio, ver resultados). Ya que el crecimiento poblacional para un periodo de diseño de 30 años está proyectado a disminuir con respecto al último censo del INEI. (ver Anexo 1, ítem 1.1 - pág. 102).

Pero al ser un diseño por cada familia, se usaron los datos que se obtuvieron por medio de la encuesta (ver ANEXO 2, pág. 162).

c) Población

De acuerdo a la naturaleza del sistema de abastecimiento de agua, que será por familia, se ha considerado como población de diseño, tres personas por familia, que es el promedio de la muestra de 87 familias.

3.5.2.2. Dotación de agua.

La dotación de agua que se va a utilizar para el diseño es de 50 L/hab/día. Tomando en cuenta las dotaciones que recomienda la RM N° 192-2018-VIVIENDA. (ver ANEXO 1, ítem 1.1. pág. 104).

3.5.2.3. Área de captación de agua de lluvia – cobertura de techos.

Para determinar el área de captación el agua según las viviendas existentes, tomamos diferentes datos, por ejemplo.

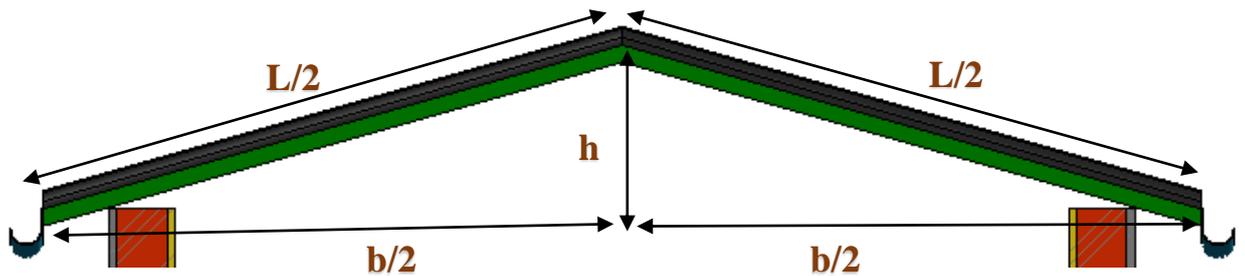


Figura 23: Sección transversal de un techo donde se aprecian las variables.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

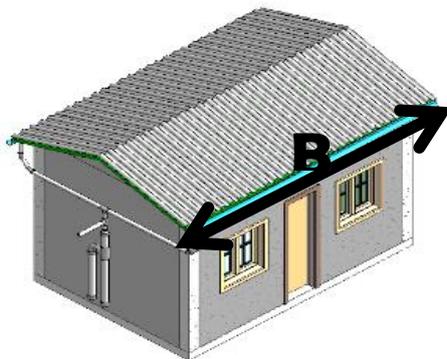


Figura 22: Cubierta de una vivienda.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Donde: B = base del techo en m

L = largo del techo en m

A = área del techo en m²

S = pendiente de la caída del agua del techo en %

h = altura entre el techo en m

b = largo de techo (medida horizontal) en m

Por lo tanto, tenemos lo siguiente.

$$A = B \times L$$

Y para hallar la pendiente del techo se reemplaza en la siguiente formula.

$$S = \frac{h}{b} \times 100$$

3.5.2.4. Cálculo del volumen del almacenamiento.

El cálculo del volumen del almacenamiento depende de varios factores, y los más importantes según la tesista son la precipitación, la dotación y el tiempo de sequía para lo cual se va a necesitar el agua.

Por lo tanto, usando los datos de la tabla 10 – parámetro de precipitación total mensual (mm) podemos completar la tabla 11 en “(b) – precipitación”.

Luego para obtener los datos de “(c)” se debe usar la siguiente fórmula.

$$(c) = V_a = C_e \times A \times \frac{P_i}{1000}$$

Donde:

V_a = volumen mensual captado en m³/mes

C_e = coeficiente de escorrentía = 0.9

A = superficie estimada de captación (m²)

P_i = precipitación mensual del mes “i” (mm) = P_{med} = (b)



Después:

$$(d) = (c) \times \frac{80\%}{100}$$

Así obtenemos el volumen mensual captado a un 80 %. Como sugiere Anaya, M. (1998).

Luego para llenar “(e)” se realiza una suma acumulativa.

Fila 1 - $(e) \text{ enero} = (d) \text{ enero}$

Fila 2 - $(e) \text{ febrero} = (e) \text{ enero} + (d) \text{ febrero}$

Fila 3 - $(e) \text{ marzo} = (e) \text{ febrero} + (d) \text{ marzo}$

...

Fila 11 - $(e) \text{ noviembre} = (e) \text{ octubre} + (d) \text{ noviembre}$

Fila 12 - $(e) \text{ diciembre} = (e) \text{ noviembre} + (d) \text{ diciembre}$

Luego para calcular la demanda de agua estimada “(f)” se desarrolla la siguiente fórmula.

$$(f) = D_i = \frac{N_u \times N_d \times \text{Dot}}{1000}$$

Donde:

D_i = demanda mensual m³

N_u = número de usuarios que se benefician del sistema

N_d = número de días del mes analizado = depende de los días del mes

Dot = dotación (L/hab/día) = 50 L/hab/día

Y para llenar “(g)”

Fila 1 - $(g) \text{ enero} = (f) \text{ enero}$

Fila 2 - $(g) \text{ febrero} = (g) \text{ enero} + (f) \text{ febrero}$

Fila 3 - $(g) \text{ marzo} = (g) \text{ febrero} + (f) \text{ marzo}$

...

Fila 11 - $(g) \text{ noviembre} = (g) \text{ octubre} + (f) \text{ noviembre}$

Fila 12 - $(g) \text{ diciembre} = (g) \text{ noviembre} + (f) \text{ diciembre}$

Por último, para hallar $(h) \text{ enero} = (e) \text{ enero} - (g) \text{ enero}$, de la misma forma para los demás meses.

Tabla 11: Cuadro de resultados de volúmenes con respecto a la demanda por mes

MES (a)	PRECIPITACIÓN (mm) (b)	ABASTECIMIENTO VOL. MENSUAL (Va) (m3/mes)			DEMANDA (m3)		DIFERENCIA (m3) (h)
		PARCIAL (c)	CAPTADO AL 80% (d)	ACUM. (e)	PARCIAL (f)	ACUM. (g)	
Enero	179.7						
Febrero	178.1						
Marzo	102.6						
Abril	49.9						
Mayo	6.1						
Junio	3.7						
Julio	6.8						
Agosto	8.6						
Septiembre	16.3						
Octubre	36.5						
Noviembre	38.4						
Diciembre	114.1						

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Donde a partir de la tabla 11, se selecciona el volumen máximo y mínimo de la columna “(h)”, entonces se tiene V_{\max} y V_{\min} ; y la suma de valor absoluto de estos dos valores nos da el volumen de almacenamiento V_{alm} .

(ver ANEXO 1, ítem 4 pág. 112) – para ver los cálculos con respecto a las viviendas del centro poblado.

3.5.2.5. Sugerencia del volumen del almacenamiento según la tesista.

En la Tabla A.9 (anexo 1, pág. 141), nos indica que para un promedio de 3 habitantes por familia y con un área de captación de 106 m^2 . El volumen de almacenamiento necesario para recolectar toda el agua es de 21 m^3 .

Pero este volumen es exorbitante porque varía y depende de la precipitación, dotación, el número de habitantes y el área de captación; además, su propósito es captar toda el agua posible y así almacenarla por varios meses, lo que es contraproducente ya que el almacenamiento del agua no debe exceder los 6 meses, porque el DS. 022-2001-SA. recomienda que debe de hacerse el mantenimiento de los reservorios cada 6 meses. Por lo que se optó en usar un volumen menor tomando en cuenta la demanda de agua por mes, por lo tanto, se usará un depósito de 10 m³.

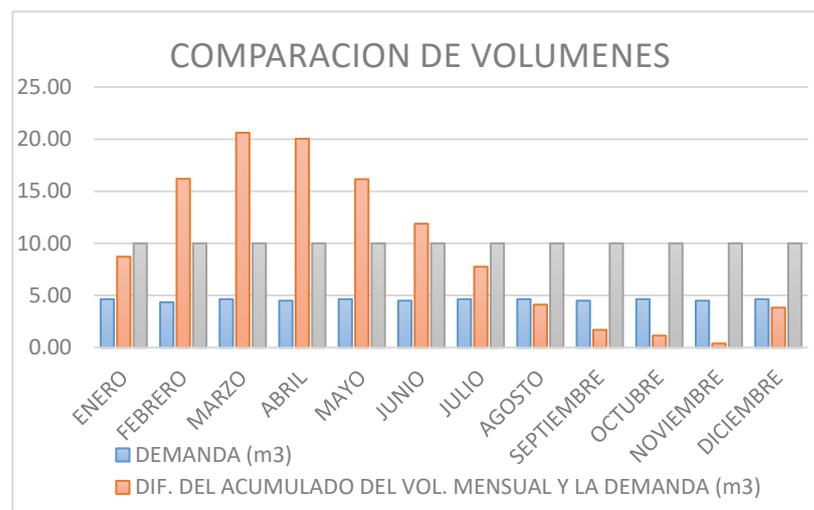


Figura 24: Volúmenes de agua para un área de 106 m² con 3 habitantes.

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.6. Cálculo del volumen del interceptor de primeras aguas de lluvia.

El cálculo del volumen del interceptor de las primeras aguas de lluvias dependerá del área de captación, la RM. N° 192-2018-VIVIENDA nos indica que por cada metro cuadrado le corresponde un litro de agua, por lo tanto, el área del techo de una vivienda o habitación le corresponde lo siguiente:

$$\text{Area (m}^2\text{)} = \text{Litros.}$$

Este interceptor trabaja con la finalidad de obstaculizar algún residuo de suciedad o algún desecho que puedan contener los techos y que el agua pueda arrastrar. Y esto se debe vaciar cada vez que se aproxime una lluvia.

Por lo tanto, desarrollando la igualdad se obtiene el volumen necesario para cada vivienda en el centro poblado y esto se detalla en el Anexo 1 (ítem 5, pág. 141, tabla A. 10).

3.5.2.7. Caudal captado de los techos de la vivienda.

Para calcular el caudal que el techo puede captar en un periodo de precipitación pluvial máxima, se necesita hallar la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 2 años en intervalos de 5 minutos usando probabilidades de distribución externa y la metodología que Campos (1998). (descrito en los ítems 2.3.6.5 y 2.3.6.6).

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

$$P_T^t = (0.35 \times \ln(T) + 0.76)(0.54 \times t^{0.25} - 0.50) \times P_2^{60}$$

Después de conocer la precipitación máxima en intervalos de 5 min, necesitamos hallar la intensidad de lluvia y así calcular el caudal de un día de dicha precipitación, para ello usaremos una variación de la ecuación de continuidad en el siguiente cálculo.

$$Q_p = Vel \times A = \frac{L \times B \times I}{36 \times 10^5} \frac{m^3}{seg}$$

Donde: Q_p = caudal de precipitación en m^3/seg .

Vel = velocidad en m/seg.

I = intensidad de lluvia en mm/hr

B = base de techo (m)

L = largo de techo (m)

El cálculo se encuentra desarrollado en el Anexo 1 (ítem 6, pág. 145).

3.5.2.8. Sistema de conducción - canaleta.

Este sistema es el encargado de transportar el agua de lluvia que se capta en los techos, para ello se optó por una canaleta semicircular de 4 pulgadas, estas se ubicarán a cada lado de la cubierta a dos aguas. Para ello, es necesario conocer el caudal que cada canaleta conducirá.

En la figura se muestra la sección de una canaleta de 4”:

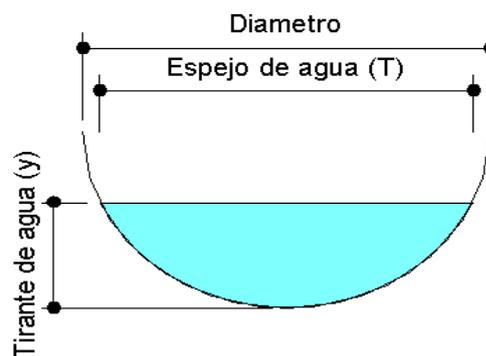


Figura 25: Sección de canaleta de 4”

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Donde: Diámetro efectivo $d = 108.6 \text{ mm} = 0.1086 \text{ m}$

Altura $h = 54.3 \text{ mm} = 0.0543 \text{ m}$.

Usando la fórmula de Manning se obtiene la velocidad:

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$$

Tabla 12: Coeficiente de rugosidad "n" de Manning

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “n”
Asbesto cemento y PVC plástico	0.010
Hierro fundido y concreto	0.015

FUENTE: Norma OS. 010 del RNE.

Pero, para usar la fórmula de Manning en función del caudal es necesario adecuarla multiplicándola por el área de la sección transversal, quedando de la siguiente forma:

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

Donde: Q = caudal en m³/seg

n = coeficiente de rugosidad

Rh = radio hidráulico en m

S = pendiente en m/m

A = área de sección transversal en m²

Y usando el programa de HCANALES v. 3.0 podremos hallar el tirante normal y crítico que una canaleta de este diámetro puede soportar, ya que según RM N° 192-2018-VIVIENDA menciona que el tirante máximo debe ser el 60% de la altura total. Se usa la siguiente ventana ya que la canaleta es un semicírculo.

Figura 26: Ventana a usar del programa HCANALES

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

(ver Anexo 1, ítem 7, pág. 150) para los cálculos del centro poblado.

3.5.3. Cálculo de la dosificación de cloro para la potabilización del agua.

Para obtener la concentración mínima de hipoclorito de sodio para la potabilización del agua, según el Reglamento Nacional De Edificaciones NORMA

OS. 020 indica que el cloro residual mínimo que debe haber en el agua es de 0.5 ppm y no debe superar 1 ppm.



Figura 27: Hipoclorito de sodio comercial – lejía

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El hipoclorito de sodio (NaClO) o “lejía” como se conoce cuando se disuelve en agua, tiene una concentración (%) específica en el producto, además se sabe que $1\% = 10\,000\text{ ppm}$ o $0.1\% = 1\,000\text{ ppm}$.

Desarrollando la siguiente fórmula podemos hallar cuanto de cloro se debe usar para una cantidad determinada de agua, y así llegar a la concentración que sugiere en la RNE.

$$V = \frac{V_1 \times C_1}{C_c}$$

Donde: V = Cantidad de cloro líquido (Litro)

V_1 = Volumen de agua a desinfectar (Litro)

C_1 = Concentración deseada (ppm)

C_c = Concentración de cloro del producto del fabricante expresado en ppm

(ver Anexo 1, ítem 8, pág. 153).

3.5.4. Análisis de la contaminación del agua por causa de la oxidación de la cobertura.

El material que se usa para la captación de agua de lluvia por medio de los techos es la calamina, pero este material tiene una composición química que según



las normas ASTM A653/954 y JIS G3302 SGCH dicen que presenta un porcentaje máximo de 0.15% de carbono (C), 0.80% de manganeso (Mn), 0.05% de fósforo (P), 0.08% de azufre (S) y el resto es de hierro (Fe) con pocas impurezas. Además, posee una recubierta de Zinc mínimo 90 g/m² (total en ambas caras) para la resistencia a la corrosión.

La calamina de los techos con el paso del tiempo y los efectos de la intemperie como la lluvia, el sol y los cambios de temperatura tarde o temprano empiezan a generar óxido férrico (óxido); y este compuesto si es inhalado o ingerido y este sobre pasa el límite máximo de 0.3mg según el reglamento de calidad de agua, puede causar mareos, vómitos, diarreas, fiebre, etc.

Por ende, si el agua presenta este tipo de contaminación y es superior al límite máximo, y es visible a simple vista como puntos rojos flotando en gran cantidad no debe ser consumida; por lo que se debe mantener en buenas condiciones las coberturas de las viviendas y si presentan algún defecto repararlo a la brevedad.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.

4.1.1. Diagnóstico de la situación actual del centro poblado mediante la encuesta.

Los resultados obtenidos por medio de las 87 encuestas que se realizaron son (ver ANEXO 2 (pág. 162) - la tabulación de la encuesta):

Tabla 13: Conglomerado de los resultados de la encuesta

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS			
Propiedad de la vivienda	Si = 87	No = 0		
Material de la vivienda	Mat. Adobe = 140	Mat. Noble = 40	Otro = 0	
Tiene energía eléctrica	Si = 87	No = 0		
Posee servicio de agua potable	Si = 0	No = 87		
Fuente de agua	Pozo = 70	Lago = 0	Rio = 0	Manantial = 0
Calidad del agua	Pozo + manantial = 11	Pozo + lluvia = 1	Pozo + rio = 2	Pozo + manantial + lluvia = 3
Que tratamiento de agua usa cuando la toma	Buena = 0	Media = 34	Mala = 53	
Se enferma por tomar agua	Ninguna = 59	Hervir = 28	Lejía = 0	
Posee servicios higiénicos (baño)	Si = 59	No = 28		
Tipo de servicio	Si = 87	No = 0		
Numero habitantes	Letrina = 87	Ubs = 0	Pozo séptico = 0	
Material del techo	Suma total = 264	Promedio = 3	Mínimo = 1	Máximo = 10
Estado del techo	Teja = 0	Paja o ichu = 8	Calamina galvanizada = 172	
	Bueno = 167	Malo = 8	Oxidado = 1	Sucio = 4

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

A. Información de la vivienda.

Con los resultados de la tabla 13 se tiene que un 100% de los lugareños cuentan con vivienda propia; por otro lado, el 78% de las viviendas son de adobe y un 22% es de material noble (ladrillo y concreto); además, el 100% de las viviendas tienen energía eléctrica; pero, el mismo 100% no cuenta con agua potable, y por consiguiente los servicios higiénicos que poseen son las letrinas.

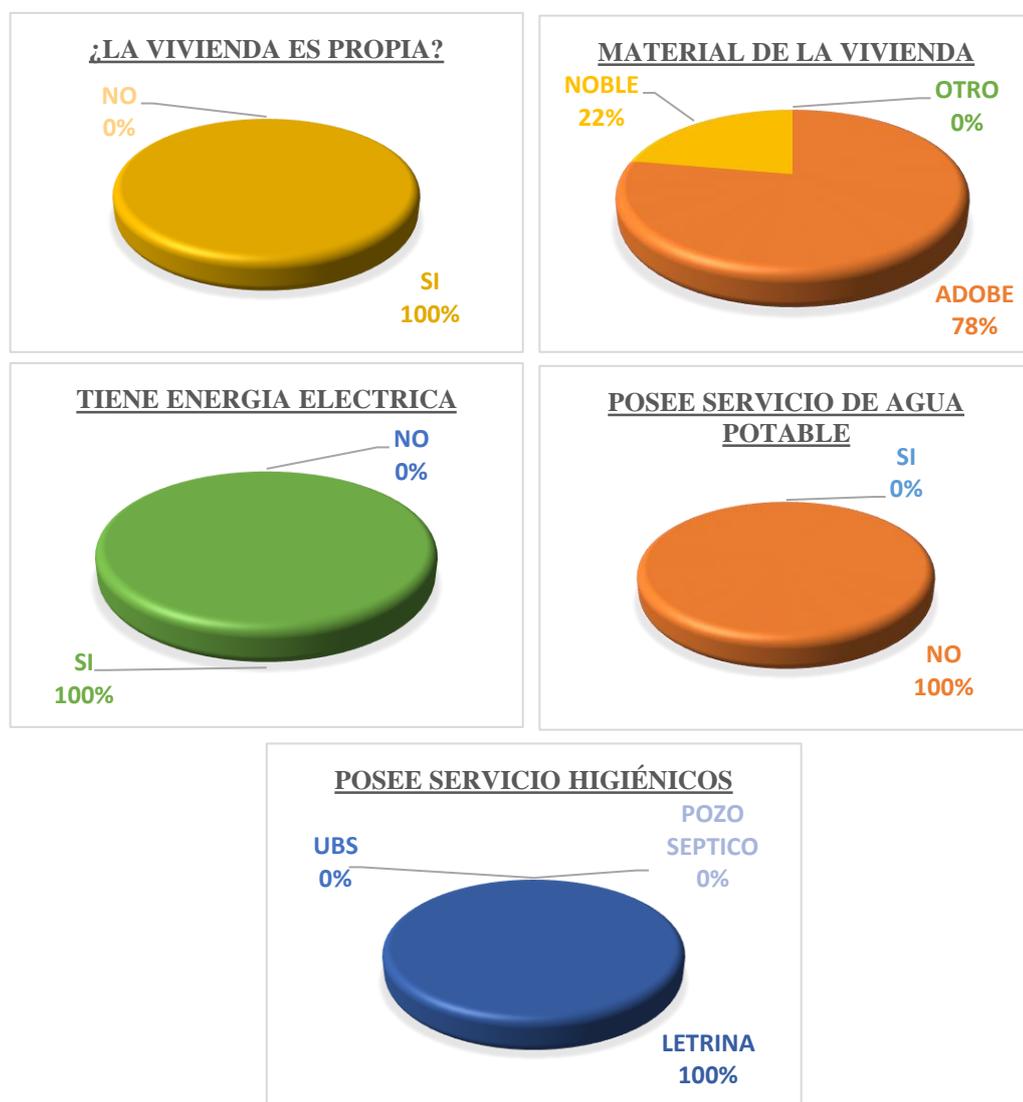


Figura 28: Gráficas circulares de resultados de la tabla 16 con respecto a la vivienda

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



B. Información sobre la familia.

De las viviendas que fueron encuestadas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 14: Lista de encuestas realizadas – número de habitantes

N° DE ENCUESTA	NUM. DE HABITANTE	N°	NUM. DE HABITANTE	N°	NUM. DE HABITANTE	N°	NUM. DE HABITANTE
1	5	23	4	45	4	67	2
2	5	24	2	46	2	68	3
3	4	25	2	47	6	69	10
4	3	26	2	48	3	70	3
5	1	27	2	49	3	71	3
6	3	28	2	50	2	72	5
7	2	29	2	51	2	73	2
8	2	30	3	52	7	74	1
9	2	31	3	53	2	75	1
10	4	32	4	54	3	76	3
11	3	33	2	55	1	77	3
12	3	34	3	56	1	78	2
13	3	35	1	57	5	79	3
14	5	36	4	58	2	80	2
15	3	37	4	59	4	81	4
16	2	38	1	60	4	82	4
17	5	39	1	61	2	83	1
18	3	40	3	62	2	84	2
19	6	41	1	63	3	85	4
20	3	42	4	64	3	86	4
21	3	43	2	65	2	87	3
22	4	44	4	66	6		
SUMA	74		56		69		65
SUMA TOTAL					264		
PROMEDIO - DENSIDAD POBLACIONAL					3.00		

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

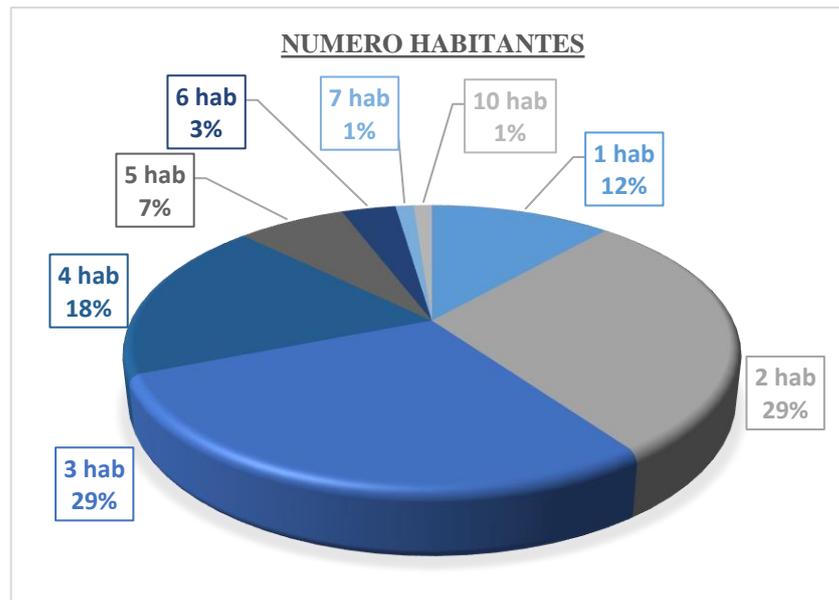


Figura 29: Gráfica circular de número de habitantes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se observa la cantidad de habitantes que tiene cada familia, de donde se tiene que la cantidad de personas promedio es de 3 habitantes. Además, por la figura 36 se ve que un 29% tiene como habitantes de su familia a 2 y 3 personas, pero también existen un 12% que son familias nuevas ya que solo la conforma 1 integrantes y por último el 4% tiene a 6 integrantes en la familia.

C. Información sobre el abastecimiento de agua.

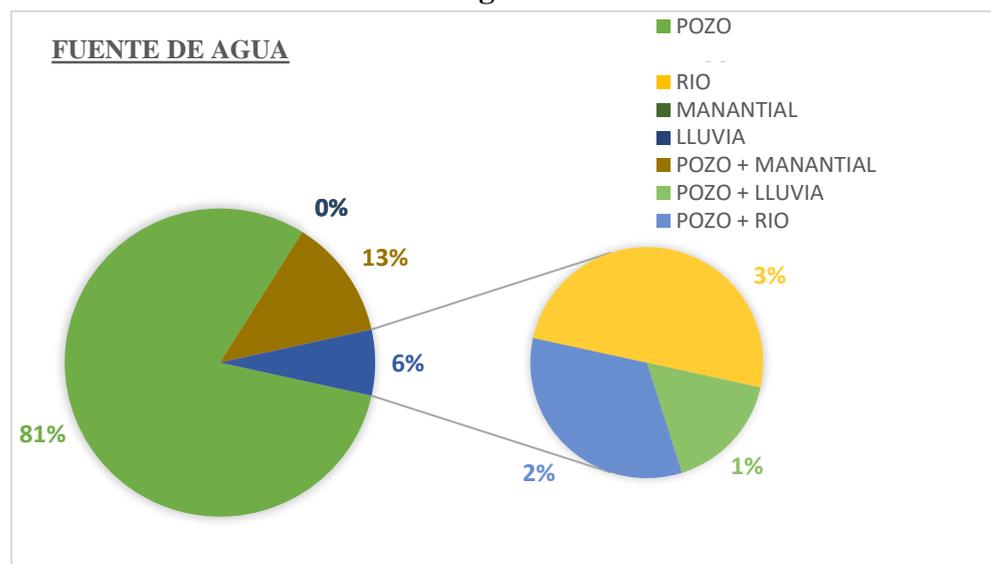


Figura 30: Gráfica circular de abastecimiento de agua

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En cuanto a el abastecimiento de agua, las familias usan diferentes fuentes a la vez, es así que, el 100% consume agua de pozo, un 13% usa agua de pozo y manantial, por otro lado, sólo un 3% usa tres tipos de fuente: pozo, manantial y lluvia.

En consecuencia, al no contar con agua para consumo humano, el 100% de los hogares optaron por almacenar agua para usar durante el día, así que, la cantidad de agua que almacenan varía desde 20 litros a más; el problema es la distancia que deben recorrer para poder obtenerla ya que no está cerca de sus hogares.

D. Información de la calidad de agua.

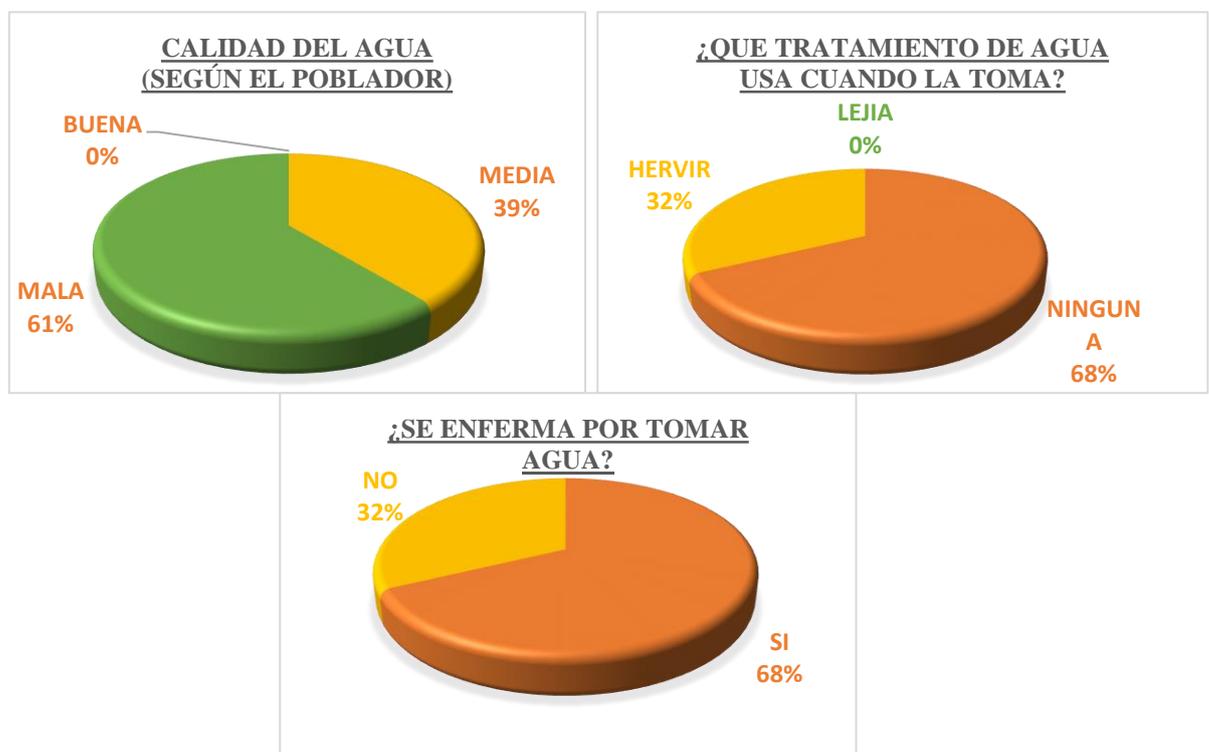


Figura 31: Gráficas circulares de los resultados de la tabla 16 – con respecto al agua

Fuente: Elaboración propia

Los pobladores consideran que el agua que toman no es de buena calidad, pero esto se puede traducir explicando que para el 39% el agua es aceptable, pero para el otro 61% el agua es mala lo que provoca diversas enfermedades, entre ellas las diarreas, dolores estomacales, vómitos y otras enfermedades del sistema digestivo.

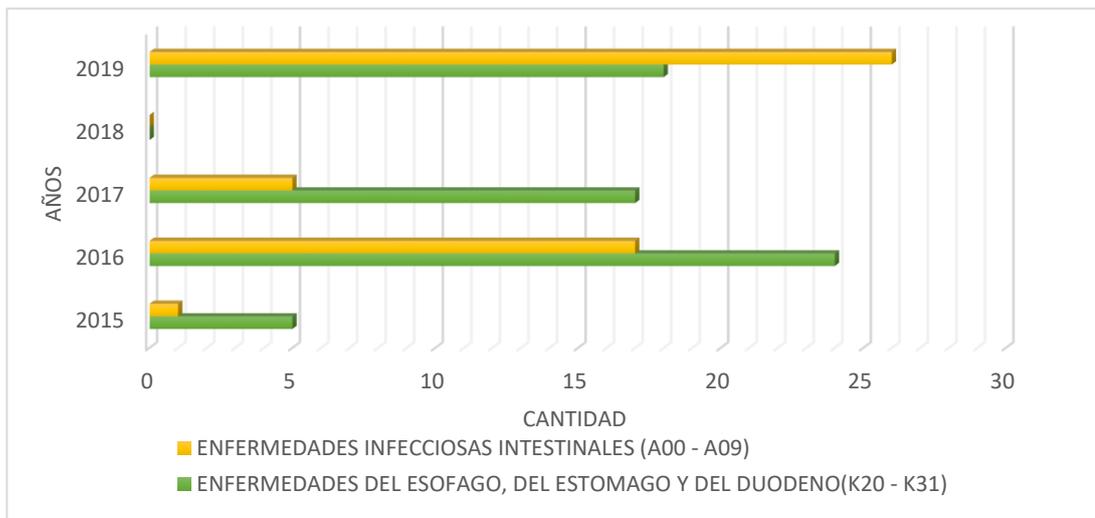


Figura 32: Gráfico de morbilidad de enfermedades.

Fuente: Dirección regional de salud – Puno.

E. Información de la cobertura de la vivienda.

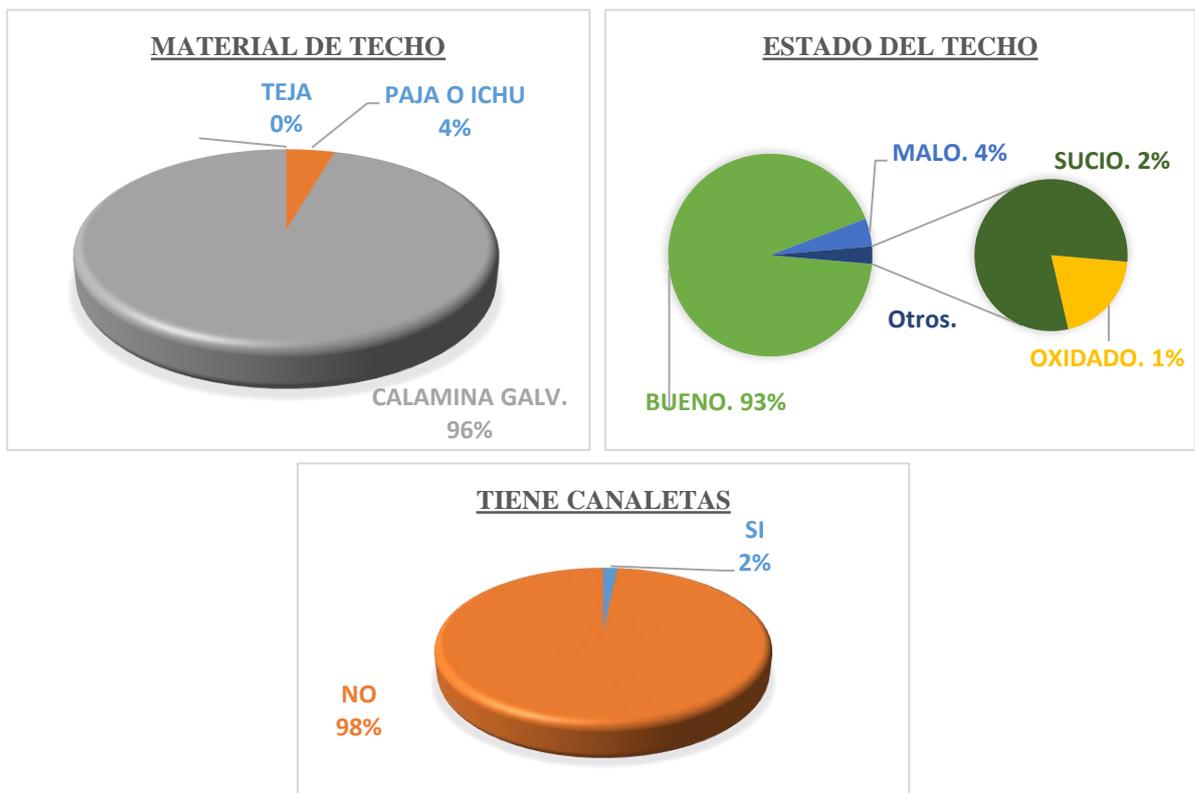


Figura 33: Gráficas circulares de los resultados de la tabla 16 – con respecto a la cobertura de la vivienda

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Como se muestra en la figura anterior el 96% de las viviendas poseen una cobertura de calamina galvanizada como material predominante y un mínimo porcentaje de 4% aún usa la paja para elaborar sus techos; por otro lado, las viviendas no cuentan con canaletas en sus techos, solo un 2% lo tienen; además, para un 93% sus techos están en buen estado, sin presencia de oxido u objetos que impidan la captación.

En cuanto a las pendientes que poseen las cubiertas de cada vivienda del centro poblado, estas tienen un rango desde 11% hasta 61% (ver ANEXO 2, pág.162). Y esto supera el 5% que es lo mínimo que la norma técnica de diseño de la RM N° 192-VIVIENDA, opciones tecnológicas para el sistema de saneamiento en el ámbito rural indica.

4.1.2. Resultados con respecto a los objetivos

4.1.2.1. Evaluar las condiciones de las coberturas existentes para garantizar la captación de agua pluvial en viviendas rurales del centro poblado de Inchupalla

Al desarrollar las encuestas en el centro poblado de Inchupalla se pudo observar el estado de las coberturas de las viviendas de cada beneficiario, por lo que según la figura 39, el 93% de la población puede captar agua por los techos de calamina galvanizada del centro poblado. Además, que todas las coberturas superan la pendiente mínima de 5% (Ver anexo 2 – tabulación de encuesta, pág. 162).

4.1.2.2. Proponer un sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas con un nivel de eficiencia mayor al 80%.

Anaya (1998, p. 40) menciona que este tipo de tecnología trabaja con una eficiencia del 70% al 90% considerando que se puede perder agua debido al efecto rebote que ocasionan las gotas de lluvia al momento de caer e impactar con el techo de las viviendas. Por lo que se decidió usar el 80% para plantear el diseño de captación, con esa eficiencia se obtuvo los siguientes resultados, estos están aplicados al área total de captación de una vivienda en el Centro Poblado de Inchupalla.

Las áreas de techos para captación que dispone cada vivienda del centro poblado varían de 16.31 m² a 99.65 m² siendo el promedio de 49.46 m² (se tiene en cuenta que es la suma de todos los techos disponibles de cada familia).

Tabla 15: Cálculo del volumen de captación por área en centro poblado de Inchupalla

	PRECIPITACIÓN (mm)	PARA UN AREA DE 16.31 m ² (MÍNIMA QUE TIENE UNA VIVIENDA)						PARA UN AREA DE 99.65 m ² (MÁXIMA QUE TIENE UNA VIVIENDA)					
		CAPTACIÓN (m ³)	CAPTACIÓN (litros)	ACUMULADO (m ³)	CAPTADO AL 80%	CAPTADO AL 80% (litros)	ACUMULADO AL 80% (m ³)	CAPTACIÓN (m ³)	CAPTACIÓN (litros)	ACUMULADO (m ³)	CAPTADO AL 80%	CAPTADO AL 80% (litros)	ACUMULADO AL 80% (m ³)
Enero	175.2	2.57	2571.37	2.57	2.06	2057.10	2.06	15.71	15710.45	15.71	12.57	12568.36	12.57
Febrero	154.9	2.27	2273.40	4.84	1.82	1818.72	3.88	13.89	13889.90	29.60	11.11	11111.92	23.68
Marzo	118.9	1.75	1745.47	6.59	1.40	1396.37	5.27	10.66	10664.36	40.26	8.53	8531.48	32.21
Abril	51.3	0.75	753.64	7.34	0.60	602.91	5.88	4.60	4604.53	44.87	3.68	3683.63	35.90
Mayo	10.1	0.15	148.74	7.49	0.12	118.99	5.99	0.91	908.77	45.78	0.73	727.01	36.62
Junio	3.0	0.04	43.43	7.54	0.03	34.74	6.03	0.27	265.32	46.04	0.21	212.26	36.83
Julio	6.9	0.10	101.09	7.64	0.08	80.87	6.11	0.62	617.65	46.66	0.49	494.12	37.33
Agosto	13.3	0.19	194.68	7.83	0.16	155.74	6.27	1.19	1189.44	47.85	0.95	951.55	38.28
Septiembre	27.2	0.40	399.83	8.23	0.32	319.86	6.59	2.44	2442.84	50.29	1.95	1954.27	40.23
Octubre	53.8	0.79	789.16	9.02	0.63	631.33	7.22	4.82	4821.55	55.11	3.86	3857.24	44.09
Noviembre	49.0	0.72	719.14	9.74	0.58	575.31	7.79	4.39	4393.74	59.51	3.51	3514.99	47.61
Diciembre	106.0	1.56	1556.43	11.30	1.25	1245.15	9.04	9.51	9509.42	69.02	7.61	7607.54	55.21

	PRECIPITACIÓN (mm)	PARA UN AREA DE 49.46 m ² (PROMEDIO QUE TIENE UNA VIVIENDA)						PARA UN AREA DE 106 m ² (ÁREA REMENDADA PARA 3 HABITANTES)					
		CAPTACIÓN (m ³)	CAPTACIÓN (litros)	ACUMULADO (m ³)	CAPTADO AL 80%	CAPTADO AL 80% (litros)	ACUMULADO AL 80% (m ³)	CAPTACIÓN (m ³)	CAPTACIÓN (litros)	ACUMULADO (m ³)	CAPTADO AL 80%	CAPTADO AL 80% (litros)	ACUMULADO AL 80% (m ³)
Enero	175.2	7.80	7797.68	7.80	6.24	6238.15	6.24	16.71	16711.57	16.71	13.37	13369.26	13.37
Febrero	154.9	6.89	6894.07	14.69	5.52	5515.26	11.75	14.78	14775.00	31.49	11.82	11820.00	25.19
Marzo	118.9	5.29	5293.12	19.98	4.23	4234.49	15.99	11.34	11343.92	42.83	9.08	9075.14	34.26
Abril	51.3	2.29	2285.40	22.27	1.83	1828.32	17.82	4.90	4897.95	47.73	3.92	3918.36	38.18
Mayo	10.1	0.45	451.05	22.72	0.36	360.84	18.18	0.97	966.68	48.70	0.77	773.34	38.96
Junio	3.0	0.13	131.69	22.85	0.11	105.35	18.28	0.28	282.23	48.98	0.23	225.78	39.18
Julio	6.9	0.31	306.56	23.16	0.25	245.25	18.53	0.66	657.01	49.63	0.53	525.61	39.71
Agosto	13.3	0.59	590.36	23.75	0.47	472.29	19.00	1.27	1265.23	50.90	1.01	1012.19	40.72
Septiembre	27.2	1.21	1212.47	24.96	0.97	969.98	19.97	2.60	2598.51	53.50	2.08	2078.80	42.80
Octubre	53.8	2.39	2393.11	27.36	1.91	1914.49	21.88	5.13	5128.79	58.63	4.10	4103.03	46.90
Noviembre	49.0	2.18	2180.77	29.54	1.74	1744.62	23.63	4.67	4673.72	63.30	3.74	3738.97	50.64
Diciembre	106.0	4.72	4719.88	34.26	3.78	3775.90	27.40	10.12	10115.39	73.42	8.09	8092.31	58.73

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Por lo que se puede concluir que anualmente estas áreas pueden captar lo siguiente.

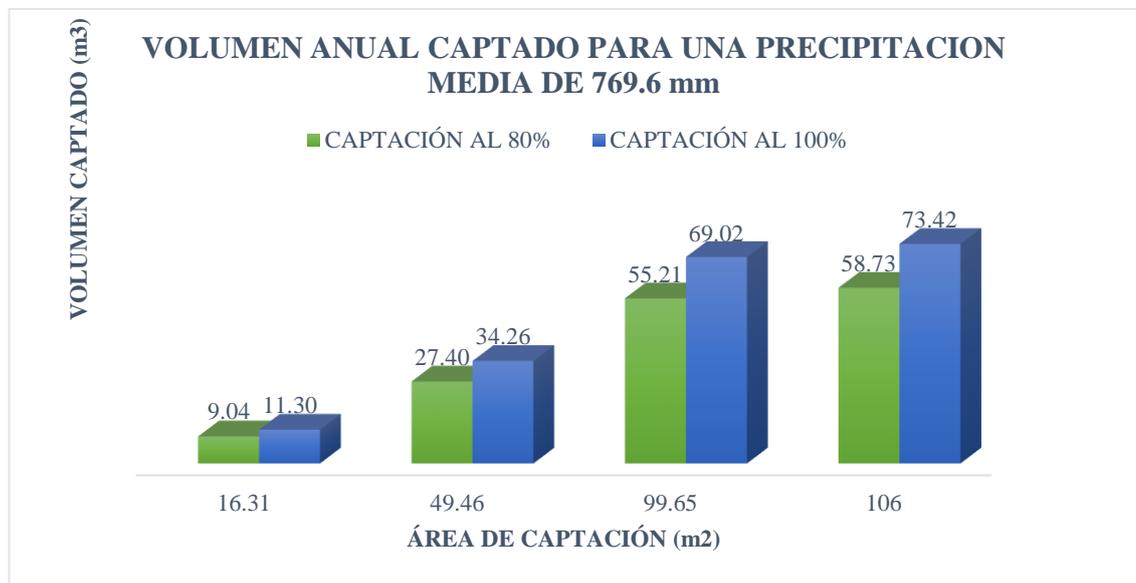


Figura 34: Comparación de volúmenes captados en áreas del Centro Poblado de Inchupalla

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Precipitación e intensidad de lluvia del Centro Poblado de Inchupalla.

t (min)	INTERVALO DE TIEMPO (min)	PRECIPITACIÓN DE LLUVIA (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)	INTENSIDAD ACUMULADA (mm/hr)
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
5	5	3.733	3.733	44.80	44.80
10	5	1.855	5.588	22.26	67.06
15	5	1.244	6.832	14.92	81.98
20	5	0.962	7.794	11.55	93.53
25	5	0.795	8.589	9.54	103.07
30	5	0.684	9.273	8.20	111.28
35	5	0.603	9.876	7.23	118.51
40	5	0.541	10.417	6.50	125.01
45	5	0.493	10.910	5.91	130.92
50	5	0.453	11.363	5.44	136.36
55	5	0.420	11.783	5.04	141.40
60	5	0.393	12.176	4.71	146.11

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo – ver (Anexo 1 - pág. 148).

Tabla 17: Cuadro de resultados de la conducción de agua por una canaleta de 4”

	EXISTENTE DEL CENTRO POBLADO	ÁREA MÁXIMA PARA CAPTAR
ÁREA (m ²)	44.49	106
CAUDAL (m ³ /seg)	0.00056	0.00132
TIRANTE DE AGUA (y) (m)	0.0195	0.0301
VELOCIDAD EN LA CANALETA (m/seg)	0.5184	0.6643

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Entonces, en la figura 41 muestra la cantidad de agua que se puede captar durante un año, el diseño de la canaleta debe ser capaz de transportar el agua sin generar mayores pérdidas; por consiguiente, usando el dato de intensidad máxima de la tabla 16 se calcula los resultados de la tabla 17.

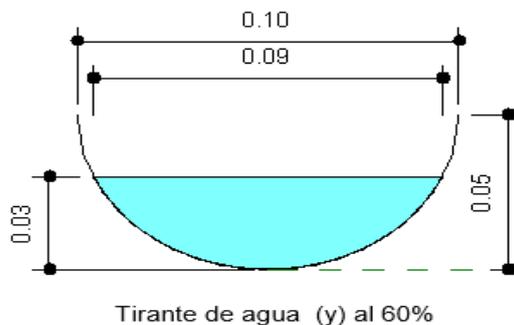


Figura 35: Altura de tirante de agua máxima que la canaleta debe conducir

Fuente: Elaboración propia



Por ende, para una intensidad máxima de lluvia de 44.80 mm/hr, una canaleta de 4" transportará el caudal obtenido sin problemas y respetará lo que indica la norma técnica de diseño bajo la RM N° 192-2018-VIVIENDA, es decir que el tirante de agua no supera el 60% de la altura total y la velocidad es menor a 1 m/seg; además, es útil para todas las construcciones de las viviendas del Centro Poblado de Inchupalla. Pero este diámetro de canaleta solo podrá soportar un área de captación máxima de 106 m².

4.1.2.3. Proponer el diseño de un sistema de tratamiento de agua pluvial que logre la eliminación de agentes contaminantes.

El tratamiento que se está dando al agua para potabilizarla es con el hipoclorito de sodio, la desinfección del agua de lluvia se realiza de acuerdo al volumen que se quiera potabilizar y a la concentración en ppm que se necesite de la solución. Es decir que para un volumen de 20 litros a una concentración de 0.5 y 1 ppm, se necesita 0.13 y 0.27 mililitros de hipoclorito de sodio, y para un volumen de 2500 litros a una concentración de 0.5 y 1 ppm se utiliza 16.67 y 33.33 mililitros; la cantidad de hipoclorito de sodio se incorpora de manera directa al depósito y se mezcla con un objeto (batidor) limpio, después se dejará reposar por al menos 30 minutos y de podrá consumir. Puesto que, según el RNE NORMA OS. 020 donde indica que la cantidad mínima que debe contener de hipoclorito de sodio es de 0.5 ppm y la máxima de 1 ppm como cloro residual.

4.1.3. El diseño de sistema de captación y tratamiento garantiza el abastecimiento de agua.

El diseño del sistema respeta las consideraciones que imparte la Resolución Ministerial N° 192-VIVIENDA; donde contempla este método como una nueva



tecnología para la captación de agua para consumo; y se corrobora con sugerencias de manuales y experiencias que otros países que ya usaron.

En la presente investigación se diseñó un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables (techos), lo que se plasma en un juego de planos donde se toma el caso de una vivienda de 3 habitaciones para un promedio de 3 habitantes con una dotación de 50 L/hab/día para el diseño, ya que la captación se realiza por cada vivienda. Lo que indica que este diseño se adapta de acuerdo al usuario por lo que debe sufrir un ajuste con respecto a las áreas con la cual se vaya a trabajar.

El cálculo desarrollado para la captación de agua para cada vivienda del Centro Poblado de Inchupalla con las coberturas existentes se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 18: Duración en meses del agua almacenada para los meses de sequía del Centro Poblado de Inchupalla

ALMACENAR AGUA PARA LOS MESES DE SEQUIA ENTRE MAYO A SEPTIEMBRE																				
N°	HAB	AREA DE CAPATACION	VOL. DEL DEPOST. DE ALMACENAM.	DEMANDA DE AGUA PROM. MENSUAL	VOLUMEN ALMACENANDO	DURACION DEL AGUA EN MESES	N°	HAB	AREA DE CAPATACION	VOL. DEL DEPOST. DE ALMACENAM.	DEMANDA DE AGUA PROM. MENSUAL	VOLUMEN ALMACENANDO	DURACION DEL AGUA EN MESES	N°	HAB	AREA DE CAPATACION	VOL. DEL DEPOST. DE ALMACENAM.	DEMANDA DE AGUA PROM. MENSUAL	VOLUMEN ALMACENANDO	DURACION DEL AGUA EN MESES
1	5	69.19	54.60	7.61	10.00	1.31	30	3	74.9	25.33	4.56	10.00	2.19	59	4	40.56	35.85	6.08	10.00	1.64
2	5	83.83	49.97	7.61	10.00	1.31	31	3	81.62	25.91	4.56	10.00	2.19	60	4	84.63	38.16	6.08	10.00	1.64
3	4	72.95	38.16	6.08	10.00	1.64	32	4	76.4	35.85	6.08	10.00	1.64	61	2	23.7	13.71	3.04	10.00	3.29
4	3	97.44	25.91	4.56	10.00	2.19	33	2	29.32	15.83	3.04	10.00	3.29	62	2	24.16	24.54	3.04	10.00	3.29
5	1	35.17	37.17	1.52	10.00	6.57	34	3	78.82	25.91	4.56	10.00	2.19	63	3	29.8	25.33	4.56	10.00	2.19
6	3	83.57	25.33	4.56	10.00	2.19	35	1	32.48	37.17	1.52	10.00	6.57	64	3	28.65	25.91	4.56	10.00	2.19
7	2	30.51	13.71	3.04	10.00	3.29	36	4	88.06	38.16	6.08	10.00	1.64	65	2	27.21	24.54	3.04	10.00	3.29
8	2	23.02	24.54	3.04	10.00	3.29	37	4	69.9	39.30	6.08	10.00	1.64	66	6	19.36	69.48	9.13	10.00	1.10
9	2	34.64	15.83	3.04	10.00	3.29	38	1	25.74	37.17	1.52	10.00	6.57	67	2	25.8	13.71	3.04	10.00	3.29
10	4	70.58	39.30	6.08	10.00	1.64	39	1	21.68	29.77	1.52	10.00	6.57	68	3	55.95	23.65	4.56	10.00	2.19
11	3	79.98	23.65	4.56	10.00	2.19	40	3	76.66	25.91	4.56	10.00	2.19	69	10	24.7	148.88	15.21	10.00	0.66
12	3	83.95	25.33	4.56	10.00	2.19	41	1	20.42	37.17	1.52	10.00	6.57	70	3	21.92	25.91	4.56	10.00	2.19
13	3	85.04	25.91	4.56	10.00	2.19	42	4	98.54	38.16	6.08	10.00	1.64	71	3	29.8	23.65	4.56	10.00	2.19
14	5	87.31	49.97	7.61	10.00	1.31	43	2	23.82	13.71	3.04	10.00	3.29	72	5	52.96	53.42	7.61	10.00	1.31
15	3	74.5	25.33	4.56	10.00	2.19	44	4	68.04	35.85	6.08	10.00	1.64	73	2	31.87	13.71	3.04	10.00	3.29
16	2	26.59	13.71	3.04	10.00	3.29	45	4	72.69	38.16	6.08	10.00	1.64	74	1	27.73	37.17	1.52	10.00	6.57
17	5	85.74	49.97	7.61	10.00	1.31	46	2	31.19	13.71	3.04	10.00	3.29	75	1	27.46	29.77	1.52	10.00	6.57
18	3	71.42	25.33	4.56	10.00	2.19	47	6	84.42	65.27	9.13	10.00	1.10	76	3	25.85	25.91	4.56	10.00	2.19
19	6	99.65	70.89	9.13	10.00	1.10	48	3	60.51	25.33	4.56	10.00	2.19	77	3	21.01	23.65	4.56	10.00	2.19
20	3	66.33	23.65	4.56	10.00	2.19	49	3	58.49	25.91	4.56	10.00	2.19	78	2	25.01	15.83	3.04	10.00	3.29
21	3	68.95	25.33	4.56	10.00	2.19	50	2	34.03	24.54	3.04	10.00	3.29	79	3	18.98	25.91	4.56	10.00	2.19
22	4	74.72	39.30	6.08	10.00	1.64	51	2	27.74	15.83	3.04	10.00	3.29	80	2	25.63	24.54	3.04	10.00	3.29

23	4	55.96	35.85	6.08	10.00	1.64	52	7	84.78	91.89	10.65	10.00	0.94	81	4	44.56	38.16	6.08	10.00	1.64
24	2	79.03	15.83	3.04	10.00	3.29	53	2	26.59	24.54	3.04	10.00	3.29	82	4	55.38	39.30	6.08	10.00	1.64
25	2	87.33	13.71	3.04	10.00	3.29	54	3	68	25.33	4.56	10.00	2.19	83	1	27.62	37.17	1.52	10.00	6.57
26	2	88.07	24.54	3.04	10.00	3.29	55	1	22.3	27.21	1.52	10.00	6.57	84	2	16.31	15.83	3.04	10.00	3.29
27	2	80.43	15.83	3.04	10.00	3.29	56	1	33.04	37.17	1.52	10.00	6.57	85	4	87.79	39.30	6.08	10.00	1.64
28	2	64.44	13.71	3.04	10.00	3.29	57	5	72.47	53.42	7.61	10.00	1.31	86	4	36.61	35.85	6.08	10.00	1.64
29	2	82.95	24.54	3.04	10.00	3.29	58	2	30.32	13.71	3.04	10.00	3.29	87	3	30.73	25.33	4.56	10.00	2.19

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

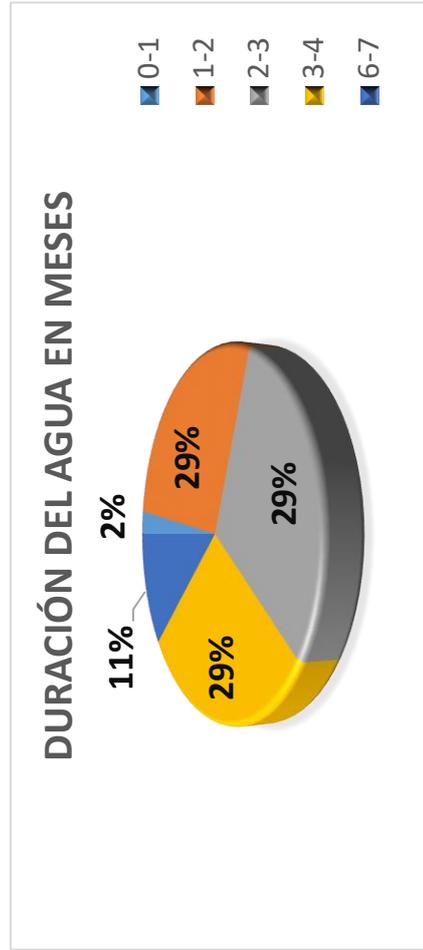


Figura 36: Porcentaje de abastecimiento de agua en época de sequía del C.P. de Inchupalla

Fuente: Elaboración propia

Lo que nos indica la figura 36, es que solo para un 2% el agua almacenada podrá cubrir los 5 meses de sequía, para el 29% les abastecerá por 2, 3 y 4 meses y, por último, para un 11% el agua escasamente cubrirá el primer mes de la época de sequía. Por lo que, este método de abastecimiento de agua no es conveniente que trabaje solo, puede ser de apoyo para obtener un mejor caudal de abastecimiento y así cumpla con la demanda de agua cada mes.



Pero si es una alternativa para el Centro Poblado de Inchupalla, ya que en la actualidad no cuentan con un sistema de saneamiento básico, y esto se debe principalmente a que no se tiene una ruta para que pase la línea de conducción y que los manantiales de agua no producen un caudal suficiente para abastecer a toda la población.

(En el Anexo 3, pág. 167), en los gráficos de volumen captado contra la demanda de cada mes, se puede observar que en los meses de presencia de lluvias el sistema abastece con normalidad la demanda de agua del mes; pero en los meses de escasez de lluvias, la captación no cumple con su función y queda obsoleta hasta las próximas precipitaciones.

Con este diseño se garantiza que se va a abastecer de agua durante los meses de lluvias pero en periodo sequía que dura desde el mes de mayo hasta septiembre, no abastece por completo; ya que la dotación habitante/día que sugiere la norma es de 50 lt/hab/día que se necesita a diario para un sistema que no va a contar con arrastre hidráulico y para una vivienda con 3 a más habitantes donde la demanda que se requiere en un mes varía entre 4.56 m³ a 15.21 m³ (dependiendo del mes del año y la cantidad de personas en la familia).

4.1.4. Resultado del análisis de la calidad del agua de lluvia captada por canaletas en coberturas impermeables del centro poblado de Inchupalla.

Para poder conocer si el agua de lluvia que se va a captar es de calidad óptima para el consumo humano se realizó la toma de tres muestras de agua para posteriormente someterla a un análisis bacteriológico y químico, llevado a cabo por un laboratorio especializado en calidad de agua. Para lo cual se tomaron 03 muestras de agua de lluvia en diferentes lugares y fechas, cabe resaltar los techos de calamina

de las viviendas donde se tomaron las muestras no tuvieron ningún tratamiento previo ya sea de limpieza o desinfección, es decir que se tomó las muestras como se encontraban en el momento.

La muestra 1: se recogió de la zona alta del centro poblado

La muestra 2: se recogió de la zona media

La muestra 3: se recogió de la zona baja

Después las muestras fueron enviadas al “Laboratorio de control ambiental” de la Dirección Regional de Salud – Puno. Donde se realizaron los siguientes ensayos.

A. Ensayo bacteriológico del agua.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio de las muestras son:

Tabla 19: Resultados del ensayo bacteriológico del agua de las 03 muestras comparado con los límites máximos permisibles

FECHA DE RECOLECCIÓN		24/01/2020	04/02/2020	12/02/2020	Según el Reglamento de calidad de agua
PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO FILT/MEMBRANA	MUESTRA N° 01	MUESTRA N° 02	MUESTRA N° 03	Límite máximo permisible
Coliformes totales (35 °C)	UFC/100mL	120	2.8 x 10 ³	1.4 x 10 ⁴	0
Coliformes termotolerantes (44.5 °C)	UFC/100mL	0	0	0	0

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo (ver certificado - anexos, pág. 194)

Realizando la comparación con los parámetros con respecto al límite máximo permisible establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, se observan los valores son obtenidos en el laboratorio sobrepasan al límite máximo permisible, lo que indica que el agua necesita un tratamiento antes de su consumo.

B. Ensayo físico químico del agua.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio de las muestras son:

Tabla 20: Resultados del ensayo físico químico del agua de las 03 muestras comparado con los límites máximos permisibles

FECHA DE RECOLECCIÓN		24/01/2020	04/02/2020	12/02/2020	Según el Reglamento de calidad de agua
PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	MUESTRA N° 01	MUESTRA N° 02	MUESTRA N° 03	Límite máximo permisible
Aspecto	Inspec. Física	Limpio	Limpio	Limpio	-
Color (PtCo)	Colorimétrico	Incoloro	Incoloro	Incoloro	15
Turbiedad (NTU)	Turbidimétrico	1.86	2.08	1.39	5
Temperatura (°C)	Termohidrometro	16.0	16.2	14.8	-
Ph	Potenciómetro	6.51	6.86	6.41	6,5 a 8,5
Conductividad uS/cm	Conductivímetro	16.3	26.7	6.9	1 500
Total de sólidos disueltos TDS (mg/L)	Conductivímetro	14.8	24.4	5.6	1 000
Salinidad en mil por ciento (o/oo)	Conductivímetro	< 0.01	< 0.01	< 0.01	-
Dureza total como CaCO3 (mg/L)	Titulométrico	8.9	10.3	5.2	500
Alcalinidad total como CaCO3 (mg/L)	Titulométrico	15.3	16.2	12.6	-
Cloruros como Cl (mg/L)	Titulométrico	13.2	12.8	11.8	250
Sulfatos como SO4 (mg/L)	Colorimétrico	0	0	0	250
Nitratos como NO3 (mg/L)	Colorimétrico	< 0.01	< 0.01	< 0.01	50

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo (ver certificado del laboratorio – anexos, pág. 194)

Observando la tabla de comparación se puede notar que los valores obtenidos por las muestras son considerablemente menores a lo que indica el reglamento de calidad de agua como límite máximo permisible.

4.2. DISCUSIÓN.

4.2.1. Proponer un sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas con un nivel de eficiencia mayor al 80%.

Carrasco y Felmer (2011) dice que por cada 100 mm de caída de agua en un techo de 24 m² puede coleccionar 1920 litros o si tiene un techo de 32 m² puede coleccionar 2560 litros, lo que nos hace entender que trabaja con una eficiencia del 80%. En comparación con Gonzáles, N. ed. (2015) donde indica que por cada 100 mm de caída de agua en un área de 36 m² puede captar 3600 litros de agua a una eficiencia del 100% pero si sólo trabajase a un 80% podría captar 2880 litros.

Realizando un cuadro comparativo entre lo que indica Carrasco, J. y Felmer, S, Gonzáles, N. (ed) y con nuestra captación se tiene que:

Tabla 21: Cuadro comparativo con respecto a la captación para un área de 36 m²

PRECIPITACIÓN (MM)	Carrasco, J. y Felmer, S. (2011)	Gonzáles, N. ed. (2015)	DE LA AUTORA EN EL CENTRO POBLADO
	Eficiencia del 80%	Eficiencia del 80%	Eficiencia del 80%
100	2880 litros	2880 litros	2592 litros

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Lo que nos indica que en ambos estudios ya mencionados tienen las mismas condiciones de lluvia; por otro lado, para nuestra cuenca la precipitación promedio anual es de 769.6 mm por lo que se capta menos agua en un área similar.



V. CONCLUSIONES

Las condiciones de las coberturas existentes garantizan la captación de agua de lluvia en la vivienda rurales, ya que se encuentran en buenas condiciones, sin presencia de objetos o basura. Además, los techos son de un material impermeable que es la calamina galvanizada. Por otro lado, la pendiente que presentan las coberturas de las viviendas respeta el mínimo de 5% como sugiere la norma.

El sistema de captación de agua de lluvia mediante canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales por su diseño garantiza una eficiencia mínimamente del 80%, ya que el material que se sigue para la captación tiene una rugosidad cero, es decir que es completamente lisa, lo que facilita el transporte del agua, además de contar con una pendiente mayor al 5% que favorece la conducción del agua y no provoca derrames o desperdicios.

El sistema tiene un interceptor de primeras aguas de lluvias, en este interceptor se capta todas las suciedades que los techos pueden tener, pero aparte de ello se está usando el hipoclorito de sodio como agente desinfectante y potabilizador, ya que según el análisis de laboratorio el agua de lluvia es más pura que otras fuentes, pero aun así cuenta con coliformes totales y por ello se debe usar el hipoclorito como desinfectante para eliminar esos contaminantes y a su vez garantizar el almacenaje durante meses.

Se utilizará los techos existentes de las viviendas siempre y cuando estén en buenas condiciones para captar el agua, ya que un 96% de las familias usan la calamina galvanizada como material para sus techos. Pero este sistema para la zona de estudio que es el Centro poblado de Inchupalla no cubre por completo la demanda de agua en los meses de sequía, ya que para que pueda abastecer sin problemas el



cálculo arroja volúmenes de almacenamiento muy exorbitantes. Por lo que se concluye que este método es una alternativa parcial para el centro poblado y así puedan combinar este método con otros para poder cubrir la demanda necesaria para cada familia.



VI. RECOMENDACIONES

Se aconseja seguir indagando en una investigación de este tipo porque depende de factores importantes y un tanto impredecible, cómo es la zona de estudio, las frecuencias de las lluvias, la cantidad de agua acumulada y el volumen de almacenamiento. Ya que analizando la metodología existente y que se recomienda como resultados cantidades exorbitantes en cuanto a los volúmenes de almacenamiento. Además, se puede usar diferentes instrumentos para la recolección de datos de la zona a estudiar. Quizás, trabajando de manera conjunta con otras fuentes de energía renovable ya sea solares, eólicas, entre otras para la impulsión a zonas más elevadas.

Se encomienda a los estudiantes de la facultad y a las personas interesadas en el tema de recolección de aguas de lluvia para afrontar el tema de escasez de agua, seguir indagando, ya que es de conocimiento público que el porcentaje de agua dulce para consumo de personas y animales disminuye cada año, y es nuestro deber poder ofrecer otras alternativas que afronten este problema.

Si los pobladores del centro poblado deciden usar esta alternativa a manera de afrontar parcialmente la escasez de agua, se recomienda realizar el mantenimiento periódico en las coberturas de las viviendas, para así evitar el óxido y la acumulación de polvo, hierba o basura, y con más frecuencia en época de lluvia para optimizar la captación; y dar el mantenimiento de todo el sistema por lo menos cada 6 meses, limpiando el depósito de almacenamiento y los interceptores de agua.



VII. REFERENCIAS

- Acevedo, J. ed. (2016). *Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en américa latina Experiencias y conclusiones de un debate*. Ediciones e Impresiones Copygraph. Chile.
https://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/library/environment_energy/captacion-y-aprovechamiento-de-agua-de-lluvia-en-america-latina-.html
- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales, sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Asociación Servicios Educativos Rurales (ASER). Lince, Lima.
- Anaya, M. (1998). *Sistemas de captación de agua de lluvias para uso doméstico en américa latina y el caribe*. México. Agencia de corporación técnica IICA.
- Aranda, L. E. (2015). *Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo]. Repositorio institucional URI:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/396>
- Barreto, J. C., Gualteros, J. A. y Vargas, E. M. (2018). *Diseño de sistema de captación de aguas lluvias para el abastecimiento total de la finca agroturística Mesopotamia finca hotel ubicada en la vereda caney bajo en el km 14 vía Villavicencio - Cumaral*, [Tesis de Pregrado, Universidad de Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional URI:
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/5635>
- Bazán, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina, F. y Jordan, P. (2018). Sistema de captación de agua de lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura. *Agua-LAC*. 10(1). 15-25
- Carrasco, J. y Felmer, S. (2011, junio – julio). *Cosecha de Aguas Lluvia. Alternativa que permite resolver la escasez de agua en las áreas de secano de la zona central de Chile. tierra adentro - inia*. 117(94), 59-62
https://issuu.com/tierraadentro/docs/tierra_adentro_94
- Campos, D. F. (1998). *Proceso del ciclo hidrológico (3ra reimpresión)*. San Luis de Potosi, México: editorial universitaria potosina.
- Comisión Nacional del Agua (ed.) (s. f.). *Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento, datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado (vol 4)*. ANEAS - Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, México. <http://aneas.com.mx/manual-de-agua-potable-alcantarillado-y-saneamiento-mapas-conagua-2015/>
- Chalco, G. F. (2016). *Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino – Juli*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno]. Repositorio institucional URI:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4620>
- Chino, M. (2013). *Evaluación y propuesta de diseño de captación de agua de lluvia en viviendas rurales de la comunidad Vilca Maquera – Pilcuyo. Puno*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno]. Repositorio



institucional URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4509>

- Díaz Mori, E. D. (2014). *Factores Que Influyen En La Calidad Del Agua Del Manantial De Molinopampa, Que Se Usa Para Consumo Doméstico En La Ciudad De Celendín*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca – Perú]. Repositorio institucional URI: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1865>
- Estaciones del año en Perú: cuáles son, fechas y características. (s. f.). Calendario Perú. Consultado el 03 de marzo del 2020. <https://www.calendarr.com/peru/estaciones-del-ano/>
- Gonzaga, F. G. (2015). *Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico en la isla de Jambelí, Cantón Santa Rosa, provincia de el Oro*. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala - Ecuador]. Repositorio institucional URI: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/3115>
- González. N. (ed.). (2013). *Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia, opciones técnicas para la agricultura familiar en américa latina y el caribe*. Maval Ltda. Santiago, Chile.
- González, N. (ed.) (2015). *Cosecha de agua de lluvia para enfrentar la escasez de agua en áreas de secano*. Simple! Comunicación. Chile. https://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/library/environment_energy/guias-campesinas/cosecha-de-agua-de-lluvia-para-enfrentar-la-escasez-de-agua-en-a.html
- Google LLC. (2020). *Google Earth* (versión 9.3.7.8) [aplicación móvil]. Google Play Store. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.earth>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). *Censos*. Consultado el 29 de agosto del 2020. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/censos/>
- León, L. M. (2016). *Aprovechamiento sostenible de recursos hídricos pluviales en zonas residenciales* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima]. Repositorio institucional URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7603>
- Maggio, G. E. (s.f.). *Análisis estadístico de valores extremos. Aplicaciones en hidrología*. Buenos Aires: Noldor. S.R.L.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (ed.). (2016). *Rumbo a un programa nacional de siembra y cosecha de agua: aportes y reflexiones desde la práctica*. Lima, Perú: BIO PARTNERS S.A.C. <https://www.minagri.gob.pe/portal/libro-siembra-y-cosecha>
- Ministerio de Salud. (2001, 18 de julio). *Decreto Supremo N° 022-2001-SA, Aprueban reglamento sanitario para las actividades de saneamiento ambiental en viviendas y establecimientos comerciales, industriales y de servicios*. Diario oficial El Peruano.
- Ministerio de Salud. (2001, 26 de julio). *Resolución Ministerial N° 449-2001-SA-DM, Aprueban norma sanitaria para trabajos de desinsectación, desratización, desinfección, limpieza y desinfección de reservorios de agua, limpieza de ambientes y de tanques sépticos*. Diario oficial El Peruano.
- Ministerio de Salud. (2010, 26 de septiembre). *Decreto Supremo N° 031-2010-SA,*



- Aprueban reglamento de la calidad de agua para consumo humano.* Diario oficial El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018, 17 de mayo). *Resolución Ministerial N° 192-2018-Vivienda, Aprueban la Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.* Diario oficial El Peruano.
- Ordoñez, J. J., (2011). *Ciclo hidrológico* [cartilla técnica] (Sociedad Geográfica de Lima y Foro Peruano para el Agua – GWP Perú, eds.). IBEGRAF. Lima, Perú. <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/conocimiento/publicaciones/Documentos-tecnicos/Otras-publicaciones/>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (eds.). (2004). *Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia.* Lima, Perú. <https://cosechaagualluvia.cl/biblioteca-digital-del-agua/>
- Palacios, 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. *Revista Gestión y Ambiente.* 13(2), 25-40.
- Pino, E. (s. f.). *Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable* [comunicación técnica]. CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente. Consultado el 15 de febrero del 2020. <http://www.conama10.conama.org/web/generico.php?idpaginas=&lang=es&menu=86&id=211&op=view&tipo=C>
- Puno. (s.f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 24 de febrero del 2020 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Puno#Clima>
- Real Academia Española. (2019). Reproducción. En *diccionario de la lengua española 2019*. <https://www.rae.es/>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS (ed.) (2018). *Agua bienestar y desarrollo – memoria anual y desarrollo 2018*. https://www.sunass.gob.pe/doc/Memoria/memoria_2018v3.pdf
- UNESCO (ed.) (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019, NO DEJAR A NADIE ATRÁS. Lucart Estudio S.A. de C.V. Ciudad de México, México.
- Villón, M. (2002). *Hidrología (2ª ed.)*. Editorial Villón. Lima, Perú.



ANEXOS