

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA QUIMICA, PETROQUIMICA
INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS**



PROYECTO DE GRADO

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y
APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO EN EL
MUNICIPIO DE VIACHA – ESTUDIO DE CASO: UNIDAD EDUCATIVA HUGO
BANZER SUAREZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERIA AMBIENTAL

POSTULANTE

MARIA MAGDA ELENA TORREZ MEJIA

TUTOR

ING. WILLIAM CUSI ARUQUIPA

La Paz – Bolivia

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

A Dios:

Por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible en esta vida.

A mis Padres:

A mi *mamita Fanny Olga*, a quien amo y admiro mucho por toda la fortaleza que tiene, y le agradezco todo, porque a ella le debo lo que soy hoy en día y por estar siempre a mi lado dándome consejos y confiando siempre en mí.

A mi *papá Nicolás* por su paciencia y a mis hermanos por su colaboración en todo momento

A mis compañeros:

Luis y Modesta

Por su colaboración en cada momento desde que los conocí, el mejor apoyo que me dieron en momentos difíciles y buenos que me brindaron y haberme ayudado para que todo salga muy bien.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería, carrera de Ingeniería Ambiental por haberme dado la enseñanza de todo lo que ahora represento.

Al Ingeniero William Cusi Aruquipa mi Docente tutor, quien con dedicación y paciencia me oriento en la elaboración y conclusión de este proyecto.

Al Ingeniero Santiago Morales Maldonado por su apoyo en la realización de este proyecto como Docente de Tratamiento de aguas.

Al Ingeniero Felipe Calisaya Mamani por su apoyo en la orientación y colaboración al proyecto.

De igual manera a todos los catedráticos de la carrera de Ingeniería Química, Petroquímica, Ambiental y Alimentos que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo, llenándome de conocimiento y formación.

A todos, mi mayor respeto, reconocimiento y gratitud.

“Ahora puedo decir que me siento orgullosa de todo lo que soy es gracias a todos ustedes”

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, de fácil implementación y mantenimiento para una Unidad Educativa de interés social en la ciudad de Viacha, distrito 6, Carretera a Viacha Ladislao Cabrera, con el fin de suplir las necesidades esenciales en sanitarios.

La metodología utilizada para el diseño del sistema fue planteada para usos necesarios. Así mismo, se contó con la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, para realizar los cálculos de obtención de los niveles de precipitaciones. Se adquirió los tamaños del tanque de almacenamiento y demás elementos requeridos para el sistema.

Como resultado de esta investigación se diseñó una propuesta de un sistema para el aprovechamiento y recolección de agua de lluvia en un Unidad Educativa de Viacha, cuyas condiciones sociales, económicas y culturales se prestan para promover el uso de herramientas alternativas que generen un beneficio en la comunidad.

ABSTRACT

This investigation aims at designing an alternative collecting system and use of water rain, of easy implementation and maintenance for an Educational Unit of concern social at Viacha's city, district 6, road to Viacha Ladislao Cabrera, with the aim of supplying the essential needs in rest rooms.

The methodology used for the systems design was presented for necessary uses. That's right, SENAMHI, in order to accomplish the calculations of obtaining of the levels of precipitations counted on the information of the National Service of meteorology and hydrology itself. The sizes of the storage tank and the rest of the elements required for the system were acquired.

He designed a proposal of a system for use and water anthology of rain as a result of this investigation in one Educational Unit of Viacha, whose social standings, economic and cultural they lend itself to promote the use of alternative tools that they generate a benefit in the community.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1

1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	6
1.5 JUSTIFICACION	6

CAPITULO 2

2. MARCO TEORICO	9
2.1. CICLO HIDROLOGICO	9
<i>2.1.1. Evaporación del Agua</i>	10
<i>2.1.2. Infiltración Y Almacenamiento</i>	11
<i>2.1.3. Escorrentía</i>	12
<i>2.1.4. Absorción (Transpiración) Y Evaporación</i>	13
<i>2.1.5. Precipitación</i>	14
2.2. FORMACION DE LA PRECIPITACION	14
2.3. LLUVIA ARTIFICIAL	15
2.4. TIPOS DE LLUVIA	15

2.4.1 <i>Lluvia Normal</i>	15
2.4.2. <i>Lluvia Radiactiva</i>	16
2.4.3. <i>Lluvia Acida</i>	16
2.5. FORMAS DE PRECIPITACION	17
2.6. CLASIFICACION DE PRECIPITACION	18
2.7. MEDICION DE LA PRECIPITACION	19
2.8. CALCULO DE LA PRECIPITACION	21
2.9. CONSUMO DE AGUA PARA USO	24
2.10. DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO	25
CAPITULO 3	
3. SALUD PUBLICA DE RIESGOS	27
3.1. RIESGO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA DE LLUVIA	27
3.1.1 El agua en nuestro cuerpo	27
3.1.2 El agua de lluvia contaminada por aves “Palomas”	28
3.2. IMPACTO EN LA SALUD	29
3.3. METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO	30
3.4. METODOS SENCILLOS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA EN CASA	34
CAPITULO 4	
4. CAMBIO CLIMATICO	36

4.1. EL CAMBIO CLIMATICO	37
---------------------------------	-----------

4.2. ESTRATEGIAS DE USO RACIONAL DE AGUA	37
-------------------------------------------------	-----------

CAPITULO 5

5. SISTEMA DE IMPLEMENTACION DE AGUA DE LLUVIA	39
-------------------------------------------------------	-----------

5.1. CAPTACION	40
-----------------------	-----------

5.2. RECOLECCION Y CONDUCCION	40
--------------------------------------	-----------

5.3. INTERCEPTOR	41
-------------------------	-----------

5.4. ALMACENAMIENTO	42
----------------------------	-----------

5.5. SISTEMA DE BOMBEO	43
-------------------------------	-----------

5.6. TRATAMIENTO	44
-------------------------	-----------

CAPITULO 6

6. MARCO LEGAL	45
-----------------------	-----------

6.1. CONSTITUCION POLITICA DEL ESTADO PLIRINACIONAL DE BOLIVIA	45
-----------------------------------------------------------------------	-----------

6.2. MARCO LEGAL AMBIENTAL	47
-----------------------------------	-----------

6.3. DECRETO SUPREMO - 1641 Ampliación categoría 4 (Agua potable)	48
--------------------------------------------------------------------------	-----------

6.4. POLITICA DE USO EFICIENTE DEL AGUA, Resolución Ministerial del	49
----------------------------------------------------------------------------	-----------

Ministerio de Medio Ambiente y Agua No. 265, 2012.

CAPITULO 7

7. MARCO GEOGRAFICO	51
CAPITULO 8	
8. DISEÑO METODOLOGICO	54
8.1. SELECCIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA	54
8.2. COMPONENTES DEL SISTEMA	55
8.3. LOCALIZACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	58
CAPITULO 9	
9. RESULTADOS	59
9.1. PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUAL	59
9.2. NUMERO DE DIAS MENSUALES DE PRECIPITACIONES	62
9.3. ESTIMACION DE DEMANDA AL MES	63
9.4. EVALUACION ECONOMICA	71
CAPITULO 10	
10.1 CONCLUSIONES	74
10.2 RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFIA	77
ANEXOS	79

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Lluvia Promedio Anual de Viacha	7
FIGURA 2. Ciclo Hidrológico	9
FIGURA 3. Escala del PH	17
FIGURA 4. Pluviómetro estándar del U.S. National weather service (NWS)	19
FIGURA 5. Pluviograma	20
FIGURA 6. Polígonos Thiessen	22
FIGURA 7. Isoyetas	23
FIGURA 8. Precipitación su medida	23
FIGURA 9. Cuerpo formado por un 65% de agua	27
FIGURA 10. Palomas	28
FIGURA 11. Agua contaminada afecta a la salud	30
FIGURA 12. Desinfección del agua	33
FIGURA 13. Volumen suministrado por EPSAS	38
FIGURA 14. Sistema de captación de agua de lluvia	39
FIGURA 15. Interceptor de las primeras gotas de agua de lluvia	42
FIGURA 16. MAPA DE LA PAZ Ubicación de la Ciudad de Viacha	51
FIGURA 17. MAPA DE VIACHA Ubicación del Pluviómetro de Viacha	52
FIGURA 18. Sistema de Potabilización y Cobertura de Agua	53
FIGURA 19. Unidad Educativa Hugo Banzer Suarez	54
FIGURA 20. Localización de la Unidad Educativa Hugo	55
FIGURA 21. Sistema de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia	56
FIGURA 22. Pendiente de inclinación de la cubierta	65

FIGURA 23. Sistema de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Coeficientes de escorrentía	40
TABLA 2. Precipitación promedio mensual del mes de enero 2020	60
TABLA 3. Precipitación promedio mensual en los últimos 10 años (2007 – 2016)	61
TABLA 4. Número de días mensuales de precipitación en los últimos 10 años (2007 - 2016)	62
TABLA 5. Estimación de demanda al mes	64
TABLA 6. Precipitación máxima anual	66
TABLA 7. Datos de los meses con mayor precipitación	66
TABLA 8. Símbolos y nombres de Hazen- Williams	67
TABLA 9: Símbolos y nombres de Hazen- Williams	68
TABLA 10: Resumen de los datos obtenidos	71

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. Grafica de precipitación promedio mensual durante 10 años	62
GRAFICA 2. Datos monitoreados enero 2020	70
GRAFICA 3. Datos obtenidos del SENAMHI (2007- 2016)	70
GRAFICA 4. Ahorro por la captación de precipitaciones	73

ABREVIACIONES

AAPS Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico

CPE Constitución Política del Estado

EMAGUA Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua

EMAPAV Empresa Municipal de Agua Potable Viacha

EPSA Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

ETA Entidades Territoriales Autónomas

FAO Organización de Alimentación y Agricultura

GAMV Gobierno Autónomo Municipal de Viacha

GEI Gases de Efecto Invernadero

IBNORCA Instituto Boliviano de Normalización y Calidad

MMAyA Ministerio de Medio Ambiente y Agua

NB Norma Boliviana

NWS Servicio Nacional del Clima

OMS Organización Mundial de la Salud

ONU Organización de las Naciones Unidas

PEAD Polietileno de Alta Densidad

PH Potencial de Hidrogeniones

PUEA Política Nacional de Uso Eficiente del Agua

PVC Polyvinyl Chloride - Policloruro de vinilo

RPCA Reglamento para la Prevención y Control Ambiental

SENASBA Servicio Nacional de Apoyo a la Sostenibilidad en Saneamiento Básico

TIC Tecnologías de la Información y la Comunicación

UNESCO Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura

VAPSB Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico

VRHR Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego

CAPITULO 1

MARCO REFERENCIAL

1.1 INTRODUCCION

El agua es un recurso importante y vital para la vida de todo ser. Dentro de sus usos se destaca el consumo doméstico que incluye alimentación, limpieza, lavado y aseo; el consumo público para la limpieza de calles, fuentes públicas, riego de parques y jardines; el uso en la agricultura, la ganadería y en la industria; también se utiliza el agua como fuente de energía eléctrica y como un canal de comunicación.

Esta importancia no solamente tiene que ver con las funciones metabólicas del agua para las plantas y animales, sino también con sus características dinámicas en estos procesos metabólicos. La velocidad con que se puede pasar de una situación de disponibilidad plena hacia una situación de escasez de agua es mayor que en el caso de los nutrientes esenciales. A excepción de algunas especies, no hay almacenamiento de reserva de agua de largo plazo en el organismo: su consumo ocurre casi en tiempo real, en la medida que se necesita. Una planta puede estar en plena actividad hídrica a las diez de la mañana y cuatro horas después presentar déficit, si no se mantiene el flujo de agua del suelo. Esta característica dinámica de la disponibilidad hídrica es todavía más importante en la medida que las condiciones climáticas, principalmente la precipitación, son inciertas.

El agua disponible, si no es aprovechada inmediatamente o almacenada para uso posterior, fluye hacia fuera de la zona de interés (su vivienda, establo, cultivo, pasto u otros) y pasa a otras fases y componentes del ciclo hidrológico (napa freática, escorrentía, cauces de arroyos y ríos, atmósfera).

Además, hay que considerar que muchos de los demás factores de producción son “agua dependientes”, como la solubilidad y movilidad de nutrientes en el suelo; la absorción de éstos por las plantas; la regulación de la temperatura del suelo, del aire y de las plantas y animales; la consistencia del suelo y la resistencia que opone al crecimiento, entre otros.

Bajo la perspectiva del calentamiento global, el problema de la escasez de agua tiende a empeorar, sea por la tendencia de reducción de los niveles de precipitación o por el aumento de los niveles de evaporación y transpiración. De esta manera, el problema podría extenderse y agudizarse, principalmente en aquellas situaciones donde las lluvias no son suficientes para cubrir las necesidades de forma continua.

1.2 ANTECEDENTES

Los antecedentes relacionados con el tema central de este estudio. Mediante una investigación a Nivel Nacional sobre los modelos existentes, se encontraron los trabajos realizados sobre el tema se destaca los siguientes:

1. Dentro de los trabajos realizados sobre el tema se destaca el de Reyes y Rubio Colombia, 2014. El estudio consistió en “Describir el estado del arte de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias”. Dentro de los resultados obtenidos se muestra la importancia de incentivar la construcción y uso de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para labores de riego, uso doméstico e incluso para consumo humano. Es indispensable realizar estudios previos que permitan conocer las características hidrológicas de la zona y de esta forma, diseñar un sistema factible y efectivo¹.

¹ REYES, M. C., & RUBIO, J. J. Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. 2014.

2. “SISTEMA DE RECOLECCION DOMICILIARIO PARA APROVECHAR AL MAXIMO LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES” este proyecto Boliviano fue galardonado en el foro de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en La República Dominicana realizada el 10 y 11 de junio de 2016, ya que el prototipo estuvo entre los finalistas por la idea de recolectar agua de precipitaciones pluviales de los domicilios y utilizar para uso de sanitarios, riego de jardines, limpieza de autos u otros. Es indispensable realizar estudios previos que permitan conocer las características hidrológicas de la zona y de esta forma, diseñar un sistema factible y efectivo².
3. Existe un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO), sobre la captación y almacenamiento de agua de lluvia. En este se describen los conceptos, estrategias y métodos acerca de cómo mejorar la captación y el aprovechamiento del agua en un medio rural. Así mismo, se aborda el tema de la captación de agua lluvia de techo, lo cual puede servir como insumo para la presente investigación. Dentro de las recomendaciones se menciona que es muy importante apoyarse en investigaciones previas sobre el tema y monitorear las condiciones climáticas de la zona. La organización comunitaria es esencial para el desarrollo de actividades orientadas a buscar mejorías en el aprovechamiento de agua de lluvia³.
4. El MMAyA da a conocer un manejo sostenible del recurso hídrico para afrontar escases en la ciudad dan a conocer al país “La Política para el uso eficiente del agua”. Esta política propone las siguientes estrategias: 1. “Promoción de uso y fabricación de

² LOS TIEMPOS. Acopio domiciliario de agua de lluvia, un proyecto boliviano que sorprende, Cochabamba.BOLIVIA.2016. <http://www.lostiempos.com/medio-ambiente20160704/acopiodomiciliario-agua-lluvia-proyecto-boliviano>.

³ FAO. Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>. 2014.

Artefactos de bajo consumo y Utilización de Tecnologías Alternativas”. 2. “Reducción de Pérdidas”. 3. “Régimen tarifario relacionado al uso eficiente del agua”⁴.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua uno de los recursos más importantes para la vida, indispensable, valioso y cada vez más escaso debido a la contaminación, es un bien considerado como indispensable para el ser humano, su acceso es un derecho humano. De tal modo que hay que aplicar la ciencia para producir tecnologías que solucionen y mitiguen problemas a través de investigación aplicada.

Tradicionalmente el agua potable se ha usado para la ingesta, el aseo personal y del hogar, la evacuación de excretas, el riego de parques y jardines. El efluente con o sin tratamiento es vertido en fuentes receptoras como ríos, lagos y océanos. Las precipitaciones que caen en el área urbana se recogen para posterior descarga en las fuentes receptoras. Estas prácticas generan un gran impacto al ambiente amenazando la sostenibilidad de los sistemas.

Los grandes cambios demográficos y el creciente aumento en el tamaño de la población mundial también son un factor que afecta seriamente a la calidad y cantidad de agua potable disponible en el planeta. Según la UNESCO informando a la OMS y ONU da a conocer que no todo el recurso hídrico dulce es apto para el consumo humano, sólo el 2.5% del agua total del planeta es dulce, pero únicamente el 0.4% está en condiciones para ser utilizadas por los seres vivos⁵.

⁴ MMAyA. “Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático, Para Vivir Bien” septiembre 2015.

⁵ UNESCO. El agua, una responsabilidad compartida. Obtenido de Unesco: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001495/149519s.pdf>. 2007. p. 1

La influencia humana en el medio ambiente también es un factor que ha generado gran impacto en los regímenes de los ríos y sus caudales fluviales. Un ejemplo de ello es la construcción de presas y trasvases. Los cambios en el paisaje, o la eliminación, destrucción o inutilización de los ecosistemas naturales, son los factores de mayor impacto sobre la sostenibilidad de los recursos hídricos naturales. La deforestación, la urbanización y el aumento de las superficies destinadas a la agricultura, afectan significativa en la calidad y cantidad de los caudales de agua.

Dentro de la problemática del presente trabajo también se destaca el ambiente económico, social y cultural de la ciudad de Viacha, capital de la provincia de Ingavi, ubicado a 22 Km del departamento de La Paz. Viacha se encuentra en el Altiplano boliviano y posee un clima frío y seco la mayor parte del año con una estación lluviosa entre octubre a marzo.

Con base en la problemática descrita anteriormente, se puede pensar que a través del diseño de un sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, de fácil implementación y mantenimiento para una unidad educativa puede suplir las necesidades esenciales en sanitarios y aseo doméstico y contribuir así a la solución de la problemática en estudio.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y
APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO EN EL
MUNICIPIO DE VIACHA – ESTUDIO DE CASO: UNIDAD EDUCATIVA HUGO
BANZER SUAREZ.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ❖ Realizar un seguimiento sobre la demanda de volumen mensual, anual y costos de uso de agua en la Unidad Educativa.
- ❖ Evaluar el grado de comportamiento de los estudiantes, docentes y administrativos con relación a la gestión hídrica en los ambientes de la Unidad Educativa.
- ❖ Establecer los costos de ahorro asociados a la implementación del sistema hídrico de captación de agua de lluvia.

1.5 JUSTIFICACION

Bolivia es un país que cuenta con inmensos recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que han sido aprovechados en una escala muy pequeña. A nivel Latinoamérica se ubica en el sexto lugar. Sin embargo, la distribución de este bien imprescindible para la humanidad no es equitativa, y hay muchas personas que deben hacer un gran sacrificio para obtenerlo y sufren su escasez. Así mismo, según el Banco Mundial, en Latinoamérica, la mayor parte de los recursos hídricos no reciben un tratamiento adecuado, ya que tres cuartas partes de las aguas fecales o residuales vuelven a los ríos y a otras fuentes. Esto genera un problema serio para el medio ambiente y la salud pública⁶.

El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener. Relativamente limpio que se puede utilizar en actividades que no requieran de su consumo.

La necesidad de tener sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia es de vital importancia a la hora de contrarrestar los impactos ambientales generados por la ineficiencia en los sistemas de recolección de aguas y el no aprovechamiento del recurso hídrico. La implementación del

⁶ VICTOR CHOQUE COLQUE. Recursos Hídricos de Bolivia 2013:
<http://es.slideshare.net/mobile/mecanizacionagricola/tema-12-recursos-hidricos-de-bolivia-2013>.

diseño propuesto será una alternativa promisoría que fomente una cultura de conservación y uso óptimo del agua y que el proyecto diseñado permita reducir el impacto de desastres generados, la reducción en las tarifas de agua potable entubada por la disminución en su uso, ya sea en sanitarios u otros y así podría bajar el presupuesto de agua en un pequeño porcentaje mensual, anual.

El SENAMHI da a conocer que las lluvias promedio en esta zona de la ciudad están entre los 600 mm aproximadamente en promedio por año, lo cual es una cifra bastante regular. Sin embargo, este dato se convierte en un sustento para incentivar la generación de proyectos en torno a la recolección y al aprovechamiento de aguas lluvia en esta zona de la ciudad. En la (figura 1) se puede observar este dato⁷.

Figura 1. Lluvia Promedio Anual de Viacha

Parámetros climáticos promedio de Viacha													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. media (°C)	18	18	17	16	16	16	17	16	17	16	18	18	16
Temp. media (°C)	9	8	8	8	7	7	7	7	9	9	9	9	8.1
Temp. mín. media (°C)	5	5	6	4	2	-3	-2	0	2	3	5	6	2
Precipitación total (mm)	116	99	75	44	16	3	12	9	22	44	59	89	588
Días de lluvias (≥ 0.1 mm)	16	16	12	9	5	3	3	3	5	9	10	14	105
Días de nevadas (≥ 0.1 cm)	0	0	0	0	2	3	3	2	1	0	0	0	11
Horas de sol	225	216	200	181	175	150	159	166	175	186	212	227	2272
Humedad relativa (%)	80	80	80	81	81	82	83	83	83	82	81	80	81.3

Fuente: [https:// Viacha-Wikipedia, la enciclopedia libre.html](https://Viacha-Wikipedia, la enciclopedia libre.html)

⁷ SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Datos meteorológicos de la estación de la Ciudad de Viacha, La Paz, Ingavi, Bolivia: s.n, 2020.

Siendo el agua un elemento esencial para mantener la vida, satisfacer las necesidades básicas humanas de abastecimiento seguro de alimentos e inmunidad frente a las enfermedades depende de ella. Así mismo, el desarrollo económico requiere recursos energéticos y actividades industriales, y ambos dependen del agua. La provisión de instalaciones sanitarias en las escuelas tiene efectos positivos sobre la higiene y la salud y ayuda al medio ambiente natural. Por estas razones y muchas más, el acceso al agua potable segura y al saneamiento es fundamental para el desarrollo y crecimiento de una sociedad.

De la misma manera, la falta de interés de los gobiernos en generar estrategias para utilizar medios alternativos que permitan hacer un uso eficiente del recurso hídrico, a toda esta necesidad lleva a incentivar a estudiantes para que aporten proyectos que impulsen el hecho de adoptar medidas alternativas que permitan la sostenibilidad del recurso. Conocer las técnicas de aprovechamiento de aguas lluvias es un valor fundamental para lograr éste propósito.

CAPITULO 2

MARCOTEORICO

2.1 CICLO HIDROLOGICO

Toda el agua disponible en el planeta es parte de un ciclo hidrológico. 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.

Figura 2. Ciclo Hidrológico



Fuente:

http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el_ciclo_hidrologico.asp

El ciclo presenta diferencias cuantitativas y cualitativas en sus diversos componentes y fases, conforme la región o zona y hay que aprender a convivir con sus características naturales. Por

esta razón es importante revisarlo e indicar los posibles cambios provocados por el manejo y uso de las tierras.

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.

2.1.1. Evaporación del Agua

Las superficies de agua libre (océanos, ríos, lagos, lagunas, embalses, etc.) ocupan más de dos tercios de la superficie total del planeta, reciben la energía solar y pierden agua por evaporación. La evaporación del agua mantiene la atmósfera húmeda. En la altitud, con la reducción de temperatura, el vapor de agua se condensa y precipita en forma de lluvia. A veces, dependiendo de las condiciones atmosféricas u orográficas de la superficie, se precipita en forma de hielo (granizo) y niebla.

Esta fase atmosférica del ciclo, incluyendo los componentes de evaporación de superficies de agua libre, condensación y precipitación, depende de variables climáticas no manejables por el hombre, tales como: disponibilidad de energía (radiación solar) y capacidad de la atmósfera de recibir humedad.

Para el aprovechamiento del agua en situaciones de escasez, es importante que las obras de almacenamiento tengan el mínimo posible de superficie de agua libre. Ello implica, por ejemplo, que los embalses sean más profundos que anchos y las cisternas estén siempre cerradas y en lugares sombreados, como forma de reducir la evaporación. Cabe resaltar que

superficies libres en las regiones tropicales, bajo condiciones de elevada temperatura y baja humedad atmosférica, pueden perder volúmenes significativos de agua, hasta más de 10 mm por día.

2.1.2. Infiltración y Almacenamiento

Se entiende por infiltración el flujo de agua que penetra a través de la superficie del suelo y se redistribuye desde las zonas saturadas hacia las no saturadas. El índice de infiltración del suelo es el flujo de agua que penetra por unidad de tiempo.

Los factores que afectan la infiltración son:

- ❖ Tipo de cubierta vegetal,
- ❖ Características hidráulicas del suelo y del terreno,
- ❖ Estado de humedad del suelo,
- ❖ Intensidad de la lluvia o cantidad de agua de riego,
- ❖ Calidad del agua,
- ❖ Formación de costras superficiales,
- ❖ Trabajos agrícolas.

Por lo tanto, hay que desarrollar estrategias y aplicar prácticas que permitan:

- Mantener la superficie cubierta por vegetación, viva o muerta, de tal manera que proteja la estructura superficial del suelo del impacto de las gotas de lluvia.
- Mantener la estructura del suelo “abierta”, con elevada estabilidad de agregados de tamaños mayores (no pulverizado) y la macro porosidad elevada.
- Aumentar los contenidos de materia orgánica para garantizar una estructura más estable y favorecer el almacenamiento de agua.

2.1.3. Escorrentía

La escorrentía puede ser superficial o subsuperficial. Una parte importante del agua de un evento lluvioso, sobre todo en áreas forestales, es de flujo subsuperficial, es decir, agua que no circula en régimen de lámina libre, sino que inicialmente se infiltra, escapa de la evapotranspiración y, en vez de constituir infiltración eficaz, circula horizontalmente por la parte superior de la zona no saturada hasta volver a la superficie.

La distribución entre la escorrentía superficial y la subsuperficial está determinada por la tasa de infiltración y capacidad de almacenamiento del suelo, las cuales dependen, básicamente, de factores climatológicos, geológicos, hidrológicos y edáficos. Probablemente el factor más decisivo sea la intensidad y la duración de la lluvia, pero también son determinantes la textura y estructura del suelo, su conductividad hidráulica y condiciones de drenaje interno. Externamente, la topografía del terreno, la conformación de la red de drenaje y la vegetación son factores importantes. El flujo subsuperficial predomina en la mayor parte de las situaciones, excepto en caso de aguaceros de fuerte intensidad.

La escorrentía superficial es la parte de la precipitación que no llega a penetrar el perfil de suelo y, por consiguiente, circula sobre la superficie del terreno. Las lluvias muy intensas que superan la capacidad de infiltración de agua en el suelo o que caen sobre superficies poco permeables (suelos delgados, terrenos rocosos, caminos, patios, techos, etc.) producen escorrentía que puede ser aprovechada para diferentes usos (doméstico, animal, riego, etc.). Para ello se debe manejar y captar después de que se inicia. De no ser así, puede derivar en un problema de difícil control y causar daños.

En cuencas hidrográficas donde la escorrentía no es controlada, la erosión hídrica destruye los suelos y los cauces presentan crecidas abruptas y peligrosas durante el periodo de lluvias. En cambio, en el período sin ellas los caudales se reducen a niveles críticos, los manantiales pequeños tienden a secarse y hay menos agua para uso de la gente.

2.1.4. Absorción (Transpiración) y Evaporación

El volumen de agua infiltrado y almacenado en el suelo y que la planta puede absorber es el realmente aprovechable, es decir, el que contribuye a la producción vegetal. Por medio de diferentes mecanismos internos, el agua es absorbida por la planta, participa de los sistemas funcionales de la misma y vuelve a la atmósfera por medio de la transpiración.

Otra parte del agua infiltrada y almacenada se pierde por evaporación. La radiación solar, al impactar la superficie del suelo, crea condiciones propicias para que ocurra la evaporación del agua. Esta es una pérdida que puede ser controlada. Para reducirla, se requiere aplicar tecnologías que eviten el sobrecalentamiento del suelo, como la propia vegetación y los residuos vegetales o evitar directamente la salida de agua.

Por la dificultad operacional de cuantificar por separado el volumen que evapora del suelo y el volumen transpirado por la planta, la suma de ambos se expresa como evapotranspiración.

Para una captación y aprovechamiento de agua mejorado, considerando todo el ciclo hidrológico, se recomienda lo siguiente:

- Incrementar el volumen de agua captado por el suelo, lo que implica realizar prácticas que permitan aumentar la capacidad de infiltración y almacenamiento y reducir las pérdidas, tanto en el ámbito del área cultivada como de la cuenca hidrográfica, para tener manantiales más permanentes.
- Uso de plantas y animales que utilizan menos agua y con mayor eficiencia.
- Adecuar los sistemas de producción a un calendario que tome en cuenta la disponibilidad de agua, ajustando la necesidad de consumo a la disponibilidad.
- Aprovechamiento de la escorrentía que no puede ser controlada, por medio de su captación, almacenamiento y redistribución para los diferentes tipos de uso.
- Utilizar racional y responsablemente el agua.

La comprensión y el manejo adecuado de los componentes del ciclo hidrológico pueden contribuir a que la población de una región deficitaria de agua logre mayor involucramiento en las acciones que requieren ser desarrolladas y, con ello, una perspectiva de mejoramiento de la calidad de vida.

2.1.5. Precipitación

La precipitación 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 y nevadas.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, sus mediciones y análisis⁸.

2.2. FORMACION DE LA PRECIPITACION

Debido a su calentamiento cerca de la superficie, motivado por diferencias de radiación, las masas de aire ascienden hasta alturas de enfriamiento suficientes para llegar a la saturación. Pero esto no conlleva precipitación. Suponiendo que el aire saturado. O casi saturado, para que se forma neblina o gotas de agua o cristales de hielo, se requiere la presencia de núcleos de condensación (en los dos primeros casos) o de congelamiento (en el tercero). Los núcleos de condensación consisten de productos de combustión, óxidos de nitrógeno y minúsculas partículas de sal; los núcleos de congelamiento consisten de minerales arcillosos, siendo el caolín el más frecuente.

Después de la nucleación se forman finísimas gotitas de diámetro medio de aproximadamente 0.02mm., y como las gotas tienen un diámetro medio de aproximadamente 2mm., significa que se produce un aumento del orden de un millón de veces en el volumen de gotitas. Este

⁸ ING. OMAR SALINAS. Hidrología, Tema 1. 2012

enorme aumento de tamaño se produce por la unión entre sí de numerosas gotitas y esta unión se explica por:

- La atracción electrostática entre las gotitas que conforman las nubes;
- Las micro turbulencias dentro de la masa de la nube;
- El barrido de las gotitas más finas por las gotas mayores;
- La diferencia de temperaturas: las gotas más frías se engrosan a expensas de las más calientes.

2.3. LLUVIA ARTIFICIAL

De tiempo en tiempo se habla de la lluvia artificial en el Perú, como una solución al riego de las zonas áridas de la costa, sin que hasta ahora se haya logrado concretar algo. Esto se explica por lo compleja que resulta en realidad la producción de la lluvia artificial. En los experimentos que se vienen realizando en otros países se usa para el bombardeo de las nubes tanto el dióxido de carbono sólido (hielo seco) como el yoduro de plata, ambos agentes actúan como núcleos de congelamiento. El envío se hace por medio de avionetas, globos, cohetes y generadores. Aun cuando el panorama actual no es del todo claro, hay el optimismo de lograr a corto plazo la producción a costo razonable de lluvia artificial⁹.

2.4. TIPOS DE LLUVIA

De manera general y según referencia bibliográfica se pueden discriminar tres tipos de lluvias que son detalladas a continuación:

2.4.1 Lluvia Normal

La lluvia se forma cuando las moléculas de vapor de agua se condensan sobre cristales de hielo o de sal en la atmósfera, o sobre minúsculas partículas de polvo en las nubes, para formar gotitas de agua que responden a la gravedad terrestre y caen formando lluvia. A

⁹ WENDOR CHEREQUE MORAN. Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil. Lima - Perú ,1989.

medida de que la lluvia cae atravesando la atmósfera, puede "ir levantando" o "lavar" elementos y productos químicos y otros contaminantes.

El agua de atmósfera naturalmente registra PH de 5.0 a 5.5 por lo que es considerada ácida, ya que contiene ácido carbónico que viene de la disolución del dióxido de carbono.

2.4.2. Lluvia Radiactiva

La lluvia radiactiva son deposiciones de partículas radiactivas, liberadas en la atmósfera por explosiones nucleares o escapes de instalaciones y centrales nucleares, sobre la superficie de la Tierra. Este fenómeno se observó desde el periodo de las pruebas nucleares atmosféricas a gran escala realizadas en la década de 1950 y comienzos de la de 1960. Desde la firma del tratado de limitación de pruebas nucleares en 1963, los niveles de lluvia radiactiva han disminuido en todo el mundo.

2.4.3. Lluvia Acida

La lluvia se vuelve ácida debido al descenso del PH, encontrándose de 4.0 a 4.2 (Figura 3) esto debido a la combinación con dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

Estos gases pueden alcanzar niveles muy altos en la atmósfera, donde se mezclan y reaccionan con agua, oxígeno y otras sustancias químicas, para dar paso a la formación de la lluvia ácida.

Figura 3. Escala del PH



Fuente: http://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students_spanish/phscale.html

2.5. FORMAS DE PRECIPITACION

- **Llovizna**, pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm , las cuales tiene velocidades de caída muy bajas.
- **Lluvia**, gotas de agua con diámetro mayor 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 banco traslucido, 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 y 125 mm¹⁰.

2.6. CLASIFICACION DE PRECIPITACION

Las precipitaciones se clasifican en tres grupos, según el factor responsable del levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para que se produzcan cantidades significativas de precipitación.

- a) Precipitaciones convectivas. Son causadas por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores, las diferencias de temperaturas pueden ser sobre todo el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie o en la capa superior de la capa de aire. La precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras y aguaceros.
- b) Precipitaciones orográficas. Resultan del ascenso del aire cálido hacia una cadena de montañas, las regiones que quedan del otro lado de las montañas pueden sufrir la ausencia de lluvias, puesto que todas las nubes son interceptadas y precipitadas en el lado de donde ellas provienen
Es el caso de la selva alta de nuestro país, la región más lluviosa, donde las nubes provienen de la selva baja.
- c) Precipitaciones ciclónicas. Se producen cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas: las más calientes son impulsadas a las partes más altas donde precipitan.

En la naturaleza, los efectos de estos tres tipos de enfriamiento están inter relacionados y la precipitación resultante no puede identificarse como de un solo tipo¹¹.

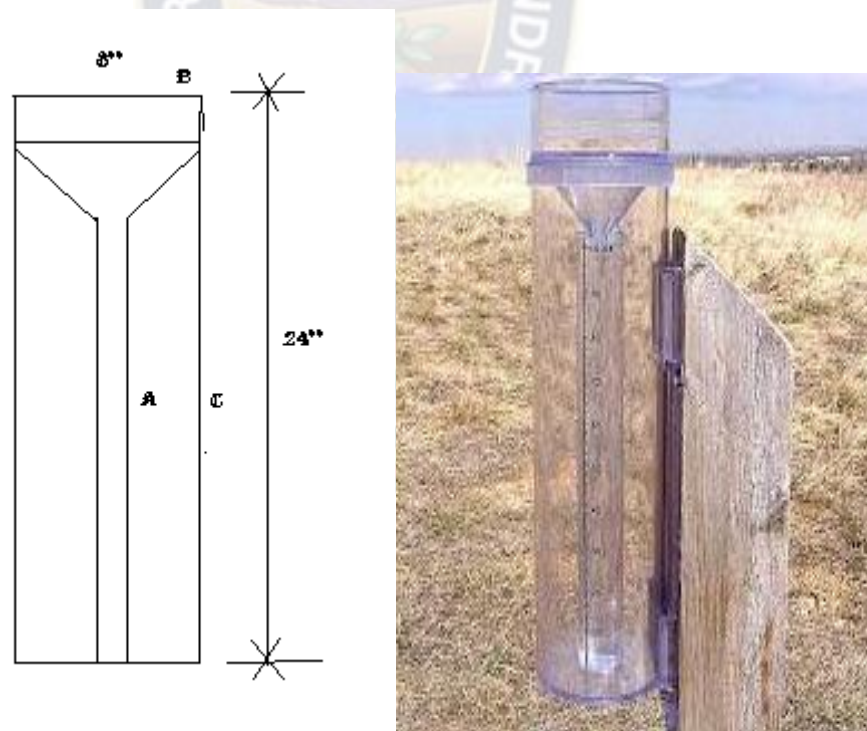
¹⁰ ING. OMAR SALINAS. Hidrología, Tema 2, Precipitaciones. 2012

2.7. MEDICION DE LA PRECIPITACION

1. **Pluviómetros simples.-** En principio cualquier recipiente abierto de paredes verticales pueden servir de pluviómetro, porque lo que interesa es retener el agua llovida para luego medirla. En el sistema métrico se mide en milímetros y decimos de milímetro. Sin embargo, es importante que las dimensiones de estos instrumentos sean normalizadas para poder comparar las medidas tomadas en diferentes localidades.

El pluviómetro estándar del U.S. National weather service (NWS), consta de un recipiente cilindro A), un embudo colector B) de diámetro 8" y un tubo medidor C) de área igual a un décimo del área del embudo colector; de esta manera, 1 mm, de lluvia llenara el tubo medidor 10mm con el cual se mejora la precisión de la lectura. Con una regla graduada en mm es posible estimar hasta los décimos de mm.

Figura 4. Pluviómetro estándar del U.S. National weather service (NWS)



Fuente: Capítulo 2 “La Precipitación”, pag.17

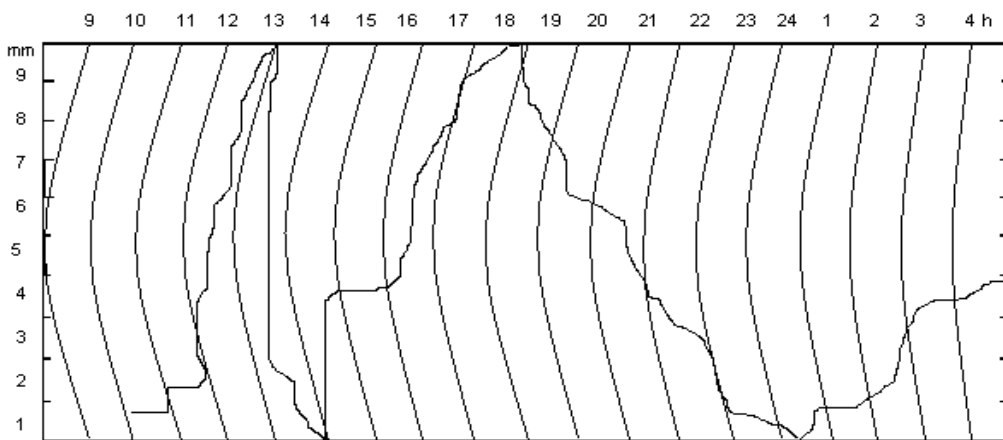
¹¹ MAXIMO VILLON BEJAR. Hidrología. Capítulo 2, Precipitación. 2002.

2. **Pluviómetros registradores (pluviógrafo).**- Los pluviómetros simples solo registran la cantidad de lluvia caída, no nos dicen nada acerca de la intensidad que ella adquiere en el transcurso de la precipitación, lo cual se consigue con los pluviógrafos. La intensidad de la lluvia es un parámetro importante para el diseño de obras hidráulicas como veremos en su oportunidad.

La descripción de estos pluviómetros puede verse en (figura 5) básicamente, el agua es recibida por un embudo y conducida a un depósito con doble compartimiento, oscilante alrededor de un pivote.

El movimiento oscilante del depósito es transmitido a una aguja que va marcando su trazo en un papel enrollado sobre un tambor que gira gracias a un mecanismo de relojería. El grafico resultante recibe el nombre de pluviograma.

Figura 5. Pluvio grama



Fuente: Capitulo 2 “La Precipitación”, pag.17

3. **Pluviómetros totalizadores.**- Se utilizan cuando hay necesidad de conocer la pluviometría mensual o estacional de una zona de difícil acceso, donde solo se va unas pocas veces al año. Estos pluviómetros acumulan el agua llovida durante un periodo

de tiempo más o menos largo. Para proteger el agua de la congelación se usa cloruro de calcio u otro anticongelante, y para protegerla de la evaporación una capa de aceite.

Instalación.- Deben evitarse las instalaciones en los tejados y laderas con mucho viento. El mejor lugar para instalar un pluviómetros será aquel donde haya una superficie plana rodeada con arbustos o árboles que sirvan de protectores contra el viento, pero estos no deben estar tan cerca al pluviómetro que lo obstruyan

2.8. CALCULO DE LA PRECIPITACION

A partir de las lluvias medidas en los pluviómetros es posible calcular la precipitación media. Singularmente útil resulta la precipitación media anual, o módulo pluviométrico anual.

Los pluviómetros deben ubicarse estratégicamente y en número suficiente para que la información resulte de buena calidad.

El problema entonces se refiere al cálculo de la lámina o altura de agua que cae en promedio durante 1 año. Existen para ello varios métodos disponibles, de los cuales los más usados son los tres que se describen a continuación¹².

- 1) **Promedio Aritmético.-** Si p_1, p_2, \dots, p_n son las precipitaciones anuales observadas en diferentes puntos, entonces la precipitación anual media en la cuenca es:

$$p = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n} \quad (1)$$

Es el método más sencillo pero que solo da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande.

¹² WENDOR CHEREQUE MORAN. Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil. Lima - Perú ,1989.

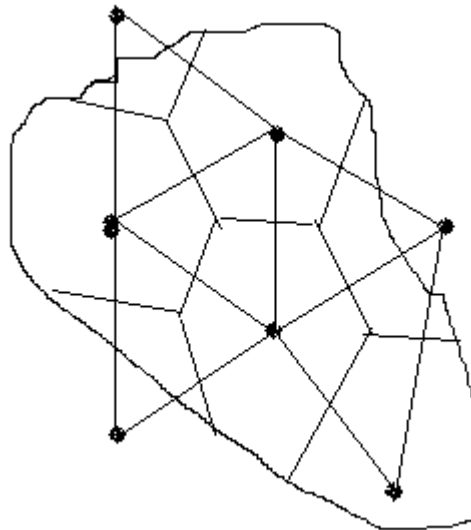
2) **Polígonos Thiessen.**- el método consiste en (figura 6)

- 1) Unir las estaciones formando triángulos;
- 2) Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos. Cada polígono es el área de influencia de una estación;
- 3) Hallar las áreas a_1, a_2, \dots, a_n de los polígonos.
- 4) Si p_0, p_1, \dots, p_n son las correspondientes precipitaciones anuales, entonces:

$$p = \frac{p_1a_1 + p_2a_2 + \dots + p_n a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad (2)$$

Es la precipitación anual media en la cuenca.

Figura 6. Polígonos Thiessen



Fuente: Capítulo 2 “La Precipitación”, pag.30

3) **Curvas Isoyetas.**- Se define isoyeta la línea de igual precipitación.

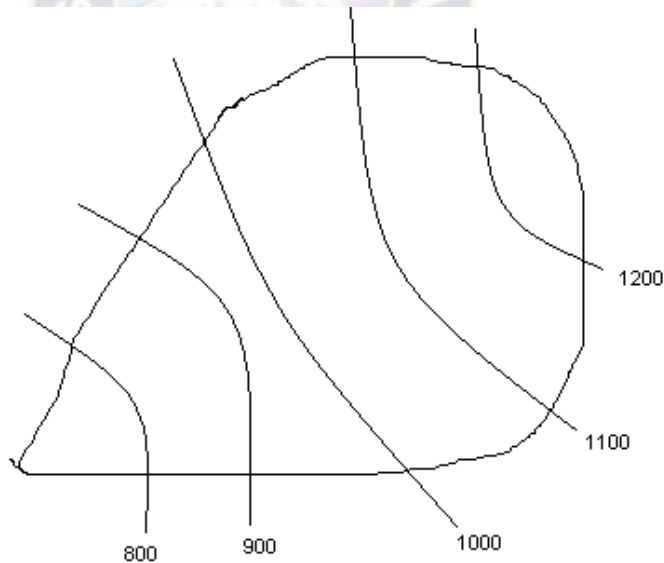
El método consiste en (figura 7)

- 1) Trazar las isoyetas, interpolando entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel;
- 2) Hallar las áreas a_1, a_2, \dots, a_n entre cada 2 isoyetas seguidas;
- 3) Si p_1, p_2, \dots, p_n son las precipitaciones anuales representadas por las isoyetas respectivas, entonces:

$$p = \frac{\frac{p_0+p_1}{2}a_1 + \dots + \frac{p_{n-1}+p_n}{2}a_n}{a_1 + \dots + a_n} \quad (3)$$

Es la precipitación anual media en la cuenca.

Figura 7. Isoyetas



Fuente: Capitulo 2 “La Precipitación”, pag.31

2.9. CALCULO DE CONSUMO DE AGUA PARA USO

La demanda o dotación por persona es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. Esta necesidad de agua puede variar de 25 litros por día por persona, como mínimo, hasta 80 l por día.

Para efectos de cálculo, la cantidad asignada por persona dependerá de la cantidad de agua disponible (agua de lluvia caída y capacidad de captación y almacenamiento) y de la cuota a la cual pueda adaptarse.

En regiones más áridas y con menos recursos, probablemente se asignará una cantidad mínima por persona. En zonas con más lluvia y recursos económicos, podrá asignarse un volumen mayor. En el Nordeste de Brasil, en zonas donde el promedio anual está en alrededor de 550 mm de precipitación, se está manejando una necesidad de 14 l día⁻¹ por persona¹³

La determinación de la demanda de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias por mes. Se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} \quad (4)$$

Dónde:

Nu: número de usuarios

Nd: número de días del mes

Dot: dotación (l/persona x día)

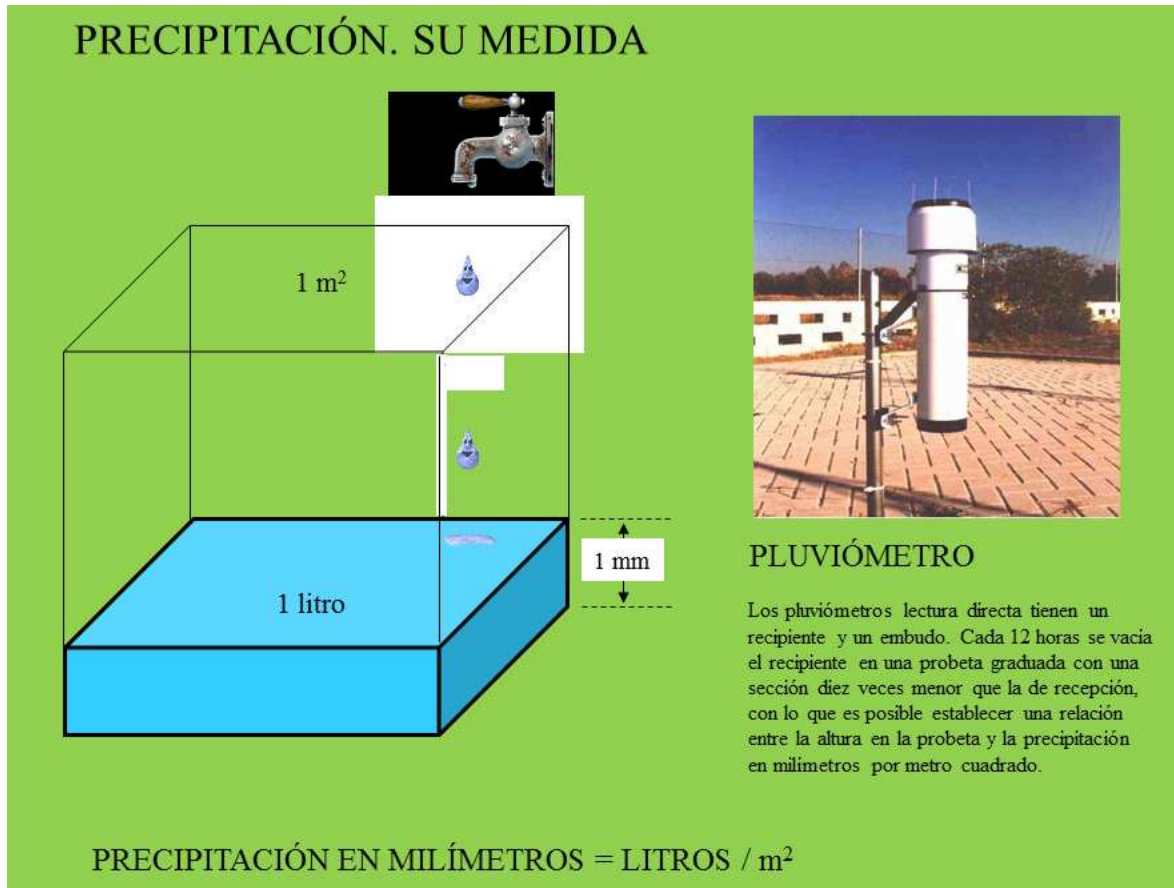
El valor de D_i del mes “i” puede expresarse m³.

¹³ Brito et al, 2007a; Gnadlinger, 2011. Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia. Santiago, Chile, abril de 2013

2.10. DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO

Primeramente para determinar el volumen del tanque necesitamos saber que 1mmH2O=1 l/m2 observemos la siguiente figura:

Figura 8. Precipitación. Su medida



Fuente: Precipitación slideshare.net

La cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo teniendo en cuenta los promedios mensuales de las precipitaciones, la materia del techo y el coeficiente de escorrentía.

$$A_i = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000} \quad (5)$$

Dónde:

Ce: coeficiente de escorrentía

Ppi: precipitación mensual

Ac: área de captación (m²)

Ai: oferta de agua en el mes "i" (m³)

Con los valores obtenidos de las Ecuaciones 1, 4 y 5, se calcula el acumulado mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. Las áreas de techo con diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año indican que no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados, por lo tanto, se descartan.



CAPITULO 3

SALUD PÚBLICA DE RIESGOS

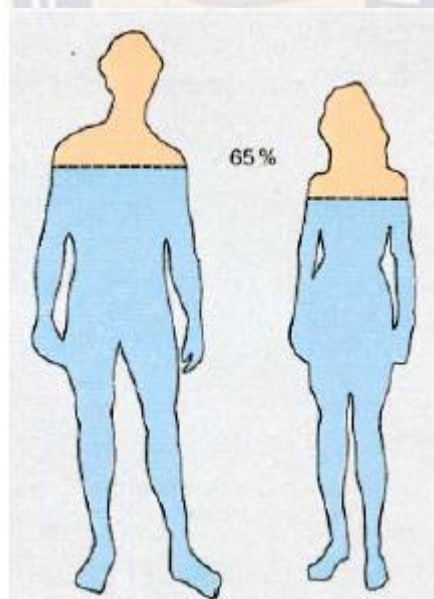
3.1 RIESGO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA DE LLUVIA

3.1.1 El agua en nuestro cuerpo

Nuestro organismo requiere de agua para funcionar con normalidad. Este fluido participa activamente de todos los procesos internos generando movimiento y energía vital. En nuestra vida eliminamos 25.000 litros, 8000 litros bebemos en un año, el cuerpo está formado por ella en un 65%, 18 días es el tiempo límite que se puede resistir sin beber agua.

Nuestro cuerpo contiene 45 litros de agua, esta cantidad va decreciendo progresivamente con el paso del tiempo hasta que sobreviene la muerte.

Figura 9. Cuerpo formado por un 65% de agua



Fuente: Matemáticas sumergidas en agua, pag.10

El agua representa el dos tercios del peso de un ser humano presentándose en todas partes: 20% en los huesos, 85% en el encéfalo, 70% en la piel, 80% en el corazón y 0.2% en los dientes.

Esta agua contenida en el organismo no se encuentra estancada sino que fluye por todo el organismo para mantener al cuerpo perfectamente humectado¹⁴.

3.1.2 El agua de lluvia contaminada por aves “Palomas”

Las palomas han sido catalogadas como un problema de importancia en la salud pública en diferentes lugares del mundo.

Esto debido a su carácter transmisora de diferentes microorganismos al humano, sino también a otras especies de animales, con las cuales comparten diferentes espacios.

Situación asociada a la acumulación de materia fecal o la contaminación de fuentes de agua comunes.

Este es el caso de la paloma común (*Columba livia*), la cual, es considerada una plaga urbana.

Taxonomía de “Paloma”

Orden: Columbiformes

Familia: Columbidae

Nombre científico: *Columba livia* (Gmelin, 1789)

Nombre común: Paloma doméstica

Figura 10. Palomas



Fuente: <https://avesexotica.org/palomas/paloma-bravia/>

¹⁴ LOS PIQ2. Las Matemáticas Sumergidas en el Agua, marzo 2010

Una paloma puede producir alrededor de 10-12 kg de excrementos cada año. Los excrementos de estas aves son muy ácidos, sobre todo por su gran contenido en ácido fosfórico y ácido úrico. Éste último, un alto poder corrosivo que desintegra el cemento, el hormigón y la piedra caliza; además deteriora gravemente el resto de los materiales de construcción y mobiliario urbano. Asimismo, las heces de las palomas pueden proporcionar condiciones ideales para el crecimiento de mohos que contribuyen a la erosión de los edificios en canaletas.

3.2.IMPACTO EN LA SALUD

Las palomas actúan como portadores sanos de diversas enfermedades (no padecen la enfermedad), liberando los microorganismos patógenos en sus heces, sumado a que las plumas son caldo de cultivo para parásitos, insectos y arácnidos. Son reservorio de al menos 30 virus, bacterias, hongos y parásitos que pueden afectar al ser humano y a los animales domésticos.

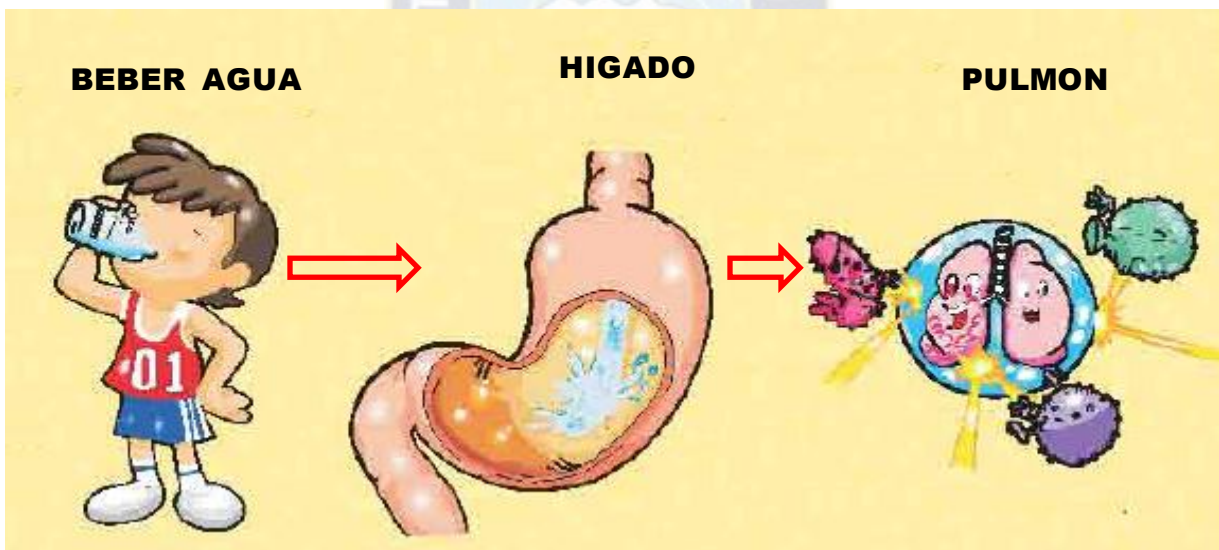
Estas son las patologías más comunes que acompañan a las palomas:

- **Criptococosis.-** El *Cryptococcus neoformans* es un hongo que se localiza en el excremento de las palomas, la transmisión por inhalación de levaduras parecidas a los hongos, al respirar el hongo entra por la vía respiratoria y llega a los pulmones donde se puede generar la infección.
- **Salmonelosis.-** los excrementos de la paloma pueden ser una infección bacteriana (*salmonella*) que puede llegar por vía de agua contaminada con bacterias de las heces de paloma, alimentos contaminados, el cuadro que provoca en las personas es de fiebre, diarrea, náuseas, vómitos y dolor abdominal.
- **Clamidiosis.-** La bacteria *Chlamydia psittaci* provoca al ser humano la neumonía esta bacteria penetra en el organismo a través de las vías respiratorias y se propaga por el torrente sanguíneo para invadir el pulmón e hígado.

- **Neumonitis.-** Es una reacción alérgica, una hipersensibilidad a las plumas y al polvo fecal de las palomas, provoca la inflamación de los pulmones y los síntomas son tos, dificultad para respirar, fiebre y escalofríos. Se puede confundir con un resfriado.
- **Histoplasmosis.-** Es una enfermedad causada por un hongo llamado histoplasma y se produce por la inhalación de las esporas del hongo que se encuentra en excrementos de palomas. Se manifiesta con un severo daño pulmonar, fiebre, tos y dolor en el pecho.

Quienes se encuentran más expuestos a contraer este tipo de enfermedades son los niños y ancianos, ya que tienen su sistema inmune más susceptible. Sin embargo, una forma simple de prevención es la higiene, sumado a evitar el contacto con las palomas y sus deposiciones¹⁵.

Figura 11. Agua Contaminada Afecta a la Salud



Fuente: MMAyA. Consecuencias de la contaminación del agua.

3.3.METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

¹⁵ LIZZETH CARLA MIRANDA SIVILA. Aislamiento e Identificación de Patógenos Entéricos de heces de palomas en la ciudad de La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. LA PAZ, BOLIVIA, 2006

La población del mundo tiene un acelerado crecimiento, lo cual hace necesario que, cada vez exista más agua tratada para el consumo y que cada día, existan mucho más países y empresas preocupadas en este asunto.

En muchos lugares del mundo, el agua antes de llegar a los hogares y empresas donde se usa, reciben un tratamiento con diferentes métodos depurativos o de eliminación de algunos o todos los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, para que posteriormente puedan ser reutilizada.

Las aguas que reciben tratamiento pueden ser de origen industrial, urbano e incluso de la misma naturaleza, ya que, esta puede contener compuestos químicos no aptos para la salud.

Diferentes métodos de tratamiento de agua.

El tratamiento de agua posee diferentes métodos que son empleados dependiendo de la utilización que se le quiera dar al agua. A continuación los diferentes métodos o tipos de tratamiento de agua.

- Método de desbaste primario

La polución es uno de los problemas de aguas residuales de origen urbano más común y el método de desbaste primario logra dejar en un contenedor los plásticos, botellas, papeles entre otros. Se hace por medio de rejillas de tamaño mediano, por donde pasa el agua eliminando los elementos grandes.

- Filtrados por membranas

La filtración por membranas es un método de tratamiento de agua que hace que el agua pase por filtros de diferentes tamaños, eliminando componentes indeseables. Las membranas de filtración suelen catalogarse según su tamaño.

Osmosis inversa.- También llamada hiperfiltración, siendo un tipo de membrana con poros abiertos con tamaño de 1 a 10 angstroms, la presión que se le ejerce al agua hace que la misma pase por la membrana, reteniendo las sales disueltas, dejándola libre de ellas.

Nano filtración.- Mayormente este tipo de filtración es usado en procesos industriales, el tamaño de los poros es de 1 a 1000 angstroms, el tratamiento de agua hace que la nano filtración separe del agua las sustancias orgánicas como los colorantes.

Ultrafiltración.- El tamaño de los poros es más pequeño va desde 0.01 a 0.1 micras, en este tipo de filtración es posible eliminar bacterias y virus eficazmente.

Micro filtración.- Los poros van de 0.1 a 1 micra y elimina los virus y bacterias que la ultrafiltración no logra retener.

- **Acción del carbón activado**

En el tratamiento de agua la acción de filtros de carbón activado es muy eficiente para eliminar sólidos de gran peso y además, hace posible la eliminación de olores desagradables, el color turbio y el exceso de cloro por procesos de cloración.

- **Método de descalcificación**

Hay lugares en el mundo en donde el agua posee grandes cantidades de cal, debido a diferentes factores como por ejemplo, que en los cursos de agua existan grandes cantidades de roca caliza. La cal hace que el agua tenga una alta dureza, lo cual puede traer problemas no solo en la salud humana, sino que también, la cal se va almacenando en los electrodomésticos que usan agua y con el tiempo puede dañarlos. El tratamiento de agua con el método descalcificado, elimina dicho componente y por ende, elimina la dureza del agua

- **Tratamiento con cloro**

Agregar cloro al agua hace posible que se eliminen ciertas bacterias y virus que pueden ser dañinos a la salud humana. La cloración es un medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua y hacerla potable. Consiste en introducir productos clorados en el agua para matar los microorganismos en ella contenidos. Tras un tiempo de actuación de 30 minutos, el agua pasa a ser potable. Gracias al efecto remanente del cloro, continua siéndolo algunos días (en función de las condiciones de almacenamiento).

Figura 12. Desinfección del agua



Fuente: FCEUSB

- **Tratamiento con ozono**

Muchos científicos afirman que el tratamiento de agua con ozono es más eficiente que la cloración, debido a que elimina un 99.9% las bacterias y virus que el cloro no puede erradicar.

- **Tratamiento de agua por medio de la luz ultra violeta**

Existen microorganismos y bacterias en el mundo que son fotosensibles lo que hace posibles que al ser sometidos a la luz ultravioleta sean erradicados, haciendo que este tipo de tratamiento de agua sea muy eficaz

- **Método de desalinización**

El agua de los mares y océanos no es apto para el consumo humano debido a los altos contenidos de sales que posee, es por ello que, existen plantas completamente especializadas en el tratamiento de extracción de sal para que esta pueda usarse posteriormente.

3.4. METODOS SENCILLOS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA EN CASA

Los métodos presentados se pueden aplicar en casa, a escala familiar. El tratamiento de agua antes de su consumo permite luchar contra muchas enfermedades como la fiebre y hasta cólera.

- **Filtración por telas**

El agua se puede facilitar con facilidad con ayuda de una tela. Hacerlo permite eliminar las principales impurezas solidas del agua, así como las larvas de insectos que puede contener, la tela utilizada, preferiblemente de algodón, debe ser lo suficientemente gruesa como para retener las impurezas. Si es demasiado gruesa, la filtración durara más tiempo. Debe lavarse antes de cada uso.

- **El tratamiento por ebullición**

La aplicación del tratamiento por ebullición es también relativamente sencilla. Permite matar todos los microorganismos presentes en el agua. Para ello, esta debe filtrarse o decantarse previamente y después hervirse en grandes cantidades (no basta con que rompa a hervir) durante un minuto en altitudes bajas y durante 3 minutos a más de 2000 metros. El agua tratada por ebullición puede tener un sabor soso. Este problema

puede solucionarse agitándola energicamente para re oxigenarla o añadiéndole un poco de sal.

- **El tratamiento por filtración en arena**

El filtro de arena es un método de tratamiento del agua ecológico, relativamente sencillo y poco costoso. Su principio consiste en hacer percollar el agua a través de una capa de arena. Existen 2 tipos: a) el filtro de arena de pretratamiento y b) el filtro de arena biológico.

- **El tratamiento mediante filtro cerámico**

Los filtros cerámicos para el tratamiento de agua se utilizan desde hace varios siglos. Según el tipo, pueden ser pequeñas instalaciones fijas o individuales, aparatos portátiles que permiten filtrar el agua en cualquier lugar. Estos equipos pueden ser suministrados por los fabricantes de sistemas y productos de purificación del agua. En los países en desarrollo, los filtros se fabrican localmente, a menudo por microempresas autofinanciadas. Suelen tener forma de tiesto de jarra, y están impregnados con finas partículas coloidales de plata que actúan como desinfectante e impiden la proliferación de las bacterias. El filtro se instala en un recipiente de entre 20 y 30 litros de capacidad, de plástico o cerámica. Si su diseño y fabricación son adecuados estos dispositivos pueden eliminar o desactivar casi todas las bacterias y parásitos protozoarios. Por el contrario no son eficaces contra los virus. La limpieza y el mantenimiento del filtro son muy importantes: se recomienda poner en marcha un programa educativo sobre las técnicas de almacenamiento salubre, la limpieza del filtro y otras acciones recomendadas. El inconveniente es bajo caudal de producción (1 a 2 litros por hora).

CAPITULO 4

CAMBIO CLIMATICO

Es la alteración general del clima, producida por un aumento de concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos gases son generados, mayormente, por la actividad humana.

(GEI).- Es la retención del calor del sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases. Este efecto es un fenómeno natural, sin cuya acción la vida no sería posible en la atmósfera terrestre.

El ciclo hidrológico local se encuentra determinado en gran medida por condiciones globales o de carácter regional: posición (latitud, altitud), insolación, vientos, orografía, geología, tipos de suelo y de terreno, cobertura vegetal, entre otros factores. Con aumento de las temperaturas medias terrestres, se agudizan los problemas de escasez de agua en muchas regiones del mundo

Posibles cambios en el ciclo hidrológico causados por el cambio climático

- Disminución de la precipitación total anual.
- Disminución del número de eventos de lluvia.
- Aumento de la energía de las precipitaciones, con posible agravamiento de los problemas (crecidas, inundaciones y erosión de las tierras).
- Aceleración de la escorrentía por disminución de la precipitación sólida (nieve).
- Aumento de la evapotranspiración, lo que incrementaría la aridez de la zona.
- Reducción en la recarga de las napas con la consiguiente caída de sus niveles.
- Mayor arrastre de sedimentos.
- Aumento de la contaminación por menor capacidad de dilución de efluentes (residuos industriales líquidos).

En este escenario, las acciones de captación y aprovechamiento de agua de lluvia adquieren una creciente importancia.

4.1. ACCIONES ADICIONALES DE FOMENTO PARA EL USO RACIONAL DEL AGUA

Conforme el cambio climático modifica las condiciones hidrológicas, se establecen medidas adicionales de adaptación desde la perspectiva del subsector de agua potable y saneamiento, que complementarán aquellas que se efectúen en los demás subsectores y sectores.

Las ETA y las EPSA promoverán a nivel familiar la cosecha de agua de lluvia para diferentes usos domésticos, así como el re-uso de aguas grises provenientes de duchas, lavamanos, lavanderías y bajantes pluviales, para diversos usos domésticos exceptuando para el consumo humano. Por su parte, el VAPSB establecerá la normativa para la recarga artificial de acuíferos que posibilite el equilibrio y control de los mismos, así como coordinará acciones con el subsector de Medio Ambiente para la forestación y reforestación en cuencas altas que posibilite la recarga.

Por otra parte, conforme a la normativa que establece que las tarifas no podrán trasladar a los usuarios los costos de una gestión ineficiente y que la estructura tarifaria refleje la escasez del recurso agua e incentivos para su uso eficiente, los estudios tarifarios presentados por las EPSA a la AAPS considerarán la reducción paulatina del agua no contabilizada hasta alcanzar niveles acordes con buenas prácticas, así como estructuras tarifarias por intervalos de consumo que incentiven el ahorro del agua potable y desestimulen el uso excesivo del mismo¹⁶.

4.2. USO Y CONSUMO RACIONAL DEL AGUA

La migración, principal indicador para el crecimiento demográfico de las ciudades de La Paz y el Alto, produce la necesidad de ampliar los servicios básicos. Por tal motivo se advierte de

¹⁶ MMAyA. Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático para Vivir Bien, septiembre 2015.

manera progresiva demandaran mayor volumen de agua para el suministro y existirá menor oferta desde las fuentes de abastecimiento, que se encontraran a un más alejadas, teniendo como resultado el acceso y el suministro del agua, sean más costosos. A esto se suman, los excesos y cambios en los patrones del uso del agua potable en las ciudades, así como: el aseo personal, lavado de prendas, artefactos sanitarios tradicionales, limpieza de la vivienda y vehículos, el uso del agua potable para el riego en espacios públicos y abiertos, la explotación excesiva de aguas subterráneas por industrias y otras. Existiendo la probabilidad de que en el futuro exista escasez de agua en la región metropolitana por factores climáticos y antrópicos, es necesario considerar lo siguiente¹⁷:

Figura 13. Volumen Suministrado por EPSAS

Volumen suministrado por EPSAS:

SISTEMAS	VOLUMEN SUMNISTRADO	DEMANDA ANUAL
EL ALTO	81,905 m ³ /día	30,0 Mm ³
TILATA	8,819 m ³ /día	4,2 Mm ³
ACHACHICALA	44,539 m ³ /día	16,3 Mm ³
PAMPAHASI	51,867 m ³ /día	19,3 Mm ³

Mm3: Millones de metros cúbicos

Promedio del consumo y uso de agua potable:

MUNICIPIO	CONSUMO
EL ALTO	65 litros / día persona
LA PAZ	87 litros / día persona

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua

En barrios periurbanos y comunidades aledañas que no acceden al suministro de agua potable, recurren a los carros repartidores, que no cuentan con registros que certifiquen la calidad de donde extraen el agua para la venta, de acuerdo al siguiente relevamiento realizado por Red Hábitat tenemos lo siguiente:

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO-M3
EPSAS (tarifa solidaria)	1.000 Litros	1,78 Bs.
Repartidor - El Alto	1.000 Litros	25.-Bs.
Repartidor - El Alto (Amachuma)	1.000 Litros	40.-Bs.
Repartidor Achocalla	1.000 Litros	35.-Bs.
Rep. Mecapaca (Pte. Lipari)	1.000 Litros	15.-Bs.
Rep. Mecapaca (Huayhuasi)	1.000 Litros	70.-Bs.
AGUA Embotellada - 2Lt.	1.000 Litros	2.250.-Bs.

Uso de agua potable por artefactos sanitarios



INODORO	
CONSUMO CONVENCIONAL	BAJO CONSUMO
20 Litros/descarga	6 Litros/descarga
DUCHA	
CONSUMO CONVENCIONAL	BAJO CONSUMO
Hasta 15 Litros/minuto	Hasta 10 Litros / Minuto
LAVAMANOS	
CONSUMO CONVENCIONAL	BAJO CONSUMO
8 Litros/minuto	4 Litros/minuto
LAVAPLATOS	
CONSUMO CONVENCIONAL	BAJO CONSUMO
10 Litros/minuto	4 Litros/minuto

Fuente: MMAyA y EPSAS 2016

¹⁷ RED HABITAT. Gestión Integral del Agua. Proyecto y Cambio Climático. 2017. [https:// www.red-habitat.org](https://www.red-habitat.org)

CAPITULO 5

SISTEMA DE IMPLEMENTACION DE AGUA DE LLUVIA

A continuación se muestra el sistema típico de captación de agua lluvia en techos realizado en lugares rurales alejados, se describen sus componentes.

Figura 14. Sistema de captación de agua de lluvia



Fuente: <http://laboratoriodeideasverdes.wordpress.com/2013/05/13/como-cosechar-agua-de-lluvia/>

5.1. CAPTACION

Es la superficie donde se recolecta el agua lluvia. Corresponde al techo de la edificación, el cual, deberá tener una pendiente inclinada (no menor al 5%) y una superficie adecuada que permita la caída del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

Los materiales empleados en la construcción de estos techos son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros, destacándose los techos de cemento y de teja debido a la durabilidad, el bajo costo y la calidad de agua. Los coeficientes de escorrentía según el material se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de escorrentía

Material	Coficiente
Plancha metálica	0.90
Tejas de arcilla	0.8 – 0.9
Madera	0.8 – 0.9
Paja	0.6 – 0.7
cemento	0.7 – 0.8

Fuente:

<http://www.pgrweb.go.cr/DOCS/NORMAS/1/VIGENTE/RM14DD2/11CDAF.HTML>

5.2. RECOLECCION Y CONDUCCION

Corresponde a las canaletas ubicadas en los bordes inferiores del techo. Su función es recolectar el agua lluvia y conducirla hasta el interceptor. Deben ser instaladas con una pendiente pequeña para facilitar el flujo del agua.

El material debe liviano, resistente al agua y de fácil unión para reducir las fugas, es recomendable metal o PVC para su construcción.

Para su diseño, se sugiere que el ancho de la canaleta este entre 75 mm y 150 mm. Así mismo, el techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta como mínimo en un 20% del ancho de esta. La distancia entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua. El máximo tirante de agua en las proximidades del interceptor no deberá ser mayor al 60% de la profundidad efectiva de la canaleta. La velocidad del agua en estas no debe exceder 1m/s.

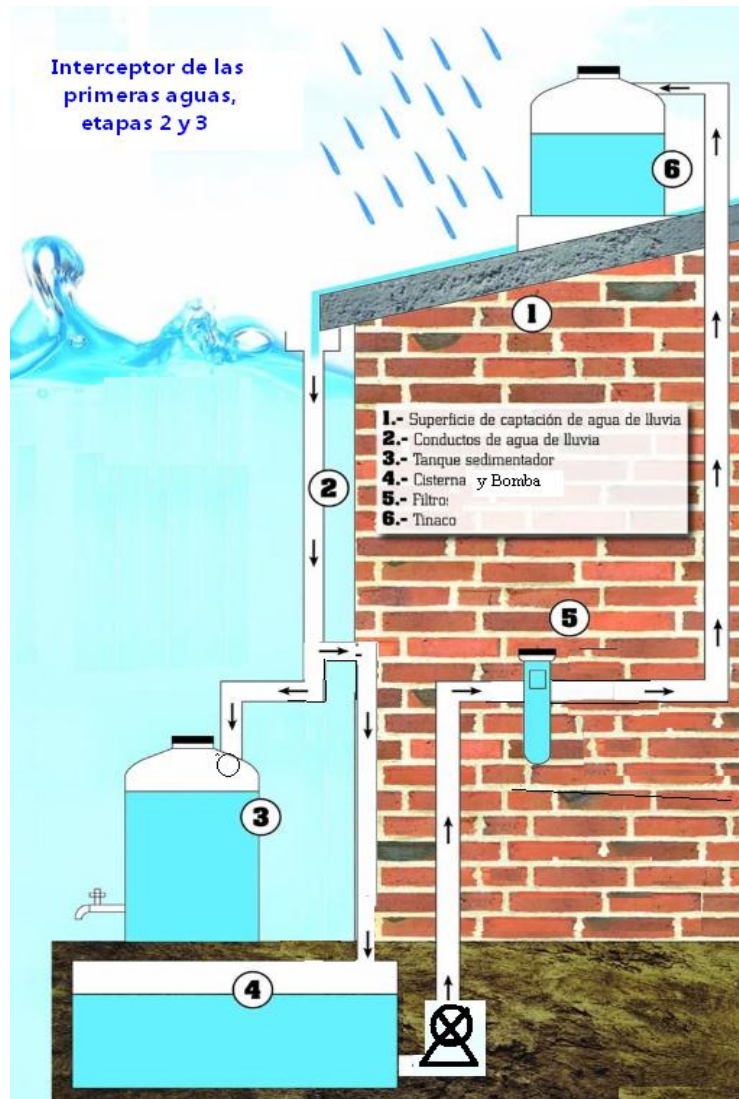
Las canaletas deben pegarse muy bien a los bordes más bajos del techo. Las uniones entre ellas deben ser herméticas y lo más lisas posibles para evitar que el agua se represe.

5.3. INTERCEPTOR

Es el dispositivo que capta las primeras aguas provenientes del techo. Cumple la función de filtro porque evita el almacenamiento de aguas con impurezas. En el diseño de este, es importante tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo. Se estima 1 litro por m² de techo.

El interceptor puede ser un tanque y debe ir conectado a las canaletas por medio de bajantes, observar la (figura 15). Debe tener una válvula de flotador que controle el 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. El volumen del interceptor se calcula teniendo en cuenta un litro de agua lluvia por metro cuadrado del área del techo.

Figura 15. Interceptor de las primeras gotas de agua de lluvia



Fuente: [http:// www.unamiradaalaciencia.unam.mx](http://www.unamiradaalaciencia.unam.mx)

5.4. ALMACENAMIENTO

Corresponde al lugar donde se almacenará y conservará el agua de lluvia necesaria para su uso. Las unidades de almacenamiento deben ser duraderas, tanques de 1000 L, o de mayor capacidad, pueden ser también contruidos con concreto para cualquier volumen.

Las especificaciones que deben cumplir son las siguientes:

- Debe ser impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.

- No debe ser de más de 2 m de altura para minimizar las sobre presiones. La parte superior no deberá estar a menos de 0.30 m con respecto al punto más bajo del área de captación.
- Debe tener tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Debe 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.
- En la entrada y el rebose debe tener mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.

El volumen del tanque de almacenamiento será determinado a partir de la demanda de agua, de la intensidad de las precipitaciones y del área de captación.

5.5. SISTEMA DE BOMBEO

Es el encargado de distribuir el agua desde la unidad de almacenamiento hacia las unidades sanitarias. Se recomienda que la tubería de succión de la bomba esté al menos 50 cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre del material sedimentado.

Adicional a esto, deben tener en cuenta:

- a.** El flujo de fluido variable y deben ser capaces de reducir las tasas de flujo de bombeo al 50% o menos de la tasa de flujo de diseño.
- b.** Se requiere tener variadores de velocidad para una potencia total de bombeo.
- c.** El flujo mínimo a través de una bomba debe ser suficiente para remover el calor de la compresión (potencia entrante del motor) con no más de 5.5°C de incremento de temperatura.

- d. Se debe prestar especial atención a las condiciones de entrada de la bomba; un tubo recto de mínimo 4 a 6 de diámetros de largo aguas arriba o un difusor de succión es recomendable para bombas instaladas en terreno.
- e. Bombas de flujo variable nunca deben tener válvulas de balance instaladas en la descarga ya que el flujo de balance se puede alcanzar fácilmente al variar la velocidad de la bomba.
- f. Cuando se usa una válvula combinada de trabajo y chequeo, instale una válvula adicional de apagado a la salida para que válvula de chequeo se pueda mantener.

5.6. TRATAMIENTO

Es muy importante que el agua tanto del interceptor como del tanque de almacenamiento sea tratada. En el primero se debe remover las partículas provenientes de las canaletas. En el segundo, el tratamiento puede realizarse con filtro y desinfección con cloro¹⁸.

¹⁸ PALACIO, Natalia. 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. Medellín: Universidad de Antioquia, 2010.

CAPITULO 6

MARCO LEGAL

6.1. CONSTITUCION POLITICA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

La Constitución Política del Estado Plurinacional (CPE) establece en sus Artículos:

Artículo 20. Que toda persona tiene derecho al acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, electricidad, gas domiciliario, postal y telecomunicaciones, asimismo, que es una responsabilidad del Estado, en todos sus niveles de gobierno, la provisión de los servicios básicos a través de entidades públicas, mixtas, cooperativas o comunitarias

CAPITULO QUINTO: RECURSOS HIDRICOS

ARTICULO 373. I. El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad.

II. Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a ley.

ARTICULO 374. I. El estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de

los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes. La ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos.

II. El estado reconocerá, respetará y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originaria campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua.

ARTICULO 375. I. Es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas.

II. El Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades.

III. Es deber del Estado realizar los estudios para la identificación de aguas fósiles y su consiguiente protección, manejo y aprovechamiento sustentable.

ARTICULO 376. Los recursos hídricos de los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas hidrográficas, por su potencialidad por la variedad de recursos naturales que contienen y por ser parte fundamental de los ecosistemas, se consideran recursos estratégicos para el desarrollo y soberanía boliviana. El Estado evitará acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionan daños a los ecosistemas o disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población.

ARTICULO 377.I. Todo tratado que suscriba el Estado sobre los recursos hídricos garantizará la soberanía del país y priorizará el interés del Estado.

6.2. MARCO LEGAL AMBIENTAL

Ley Marco de la Madre Tierra N° 300

La Ley Marco de la Madre Tierra N° 300, de 15 de octubre de 2012, en el Art. 27, establece las bases y orientaciones del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en agua. En este sentido plantea garantizar el derecho al agua para la vida priorizando su uso, acceso y aprovechamiento; regular, proteger y planificar el uso, acceso y aprovechamiento adecuado, racional y sustentable de los componentes hídricos, con participación social, estableciendo prioridades para el uso del agua potable para el consumo humano. Entre otros lineamientos plantea regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de calidad de agua, así como adoptar, innovar y desarrollar prácticas y tecnologías para el uso eficiente, la captación y almacenamiento, reciclaje y tratamiento de agua.

Ley del Medio Ambiente N° 1333

La Ley del Medio Ambiente N° 1333, en actual vigencia, fue promulgada el 27 de abril de 1992 y publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15 de junio 1992, es de carácter general y no enfatiza en ninguna actividad específica.

Su objetivo fundamental es proteger y conservar el Medio Ambiente sin afectar el desarrollo que requiere el país, regulando las acciones del hombre frente a la naturaleza en procura de mejorar la calidad de vida de la población.

Esta ley da el marco general de protección ambiental que rige en el país, da la orientación para fijar los objetivos de la política ambiental y define el marco institucional que identifica a las autoridades ambientales y en este contexto incorpora la planificación ambiental en la planificación del desarrollo nacional.

Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

ARTICULO 2. El presente reglamento se aplicara a toda persona natural o colectiva, pública o privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domesticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

6.3. DECRETO SUPREMO - 1641 Ampliación categoría 4 (Agua potable)

El Decreto supremo N° 1641 incorpora en el Artículo 17 del Reglamento de Prevención y Calidad Ambiental un listado de proyectos del sector social para que sean evaluados como Categoría 4, en aplicación del Artículo 18 del mismo Reglamento, los proyectos de cosecha de agua contemplados en el Programa “Cosechando Agua – Sembrando Luz” se encuentran alineados al Decreto Supremo en su Artículo 2 (Ampliación) en su acápite 3 inciso c) donde se cita:

“d. Captación de agua de lluvia en techos y pisos para proyectos de agua potable”

Y presenta las siguientes limitaciones según el mismo artículo:

“a. No deben estar ubicados a más de cincuenta (50) kilómetros de aguas internacionales;

b. No debe contemplar la construcción de obras de captación como presas o micropresas.”

Brindando al Proyecto la capacidad de implementar la cosecha de agua potable a nivel nacional, tramitando la Licencia Ambiental partir de la presentación del Formulario de Solicitud de Certificado de Dispensación en 3 copias a la Autoridad Ambiental Competente correspondiente según el Artículo 5 del RPCA:

Artículo 5°. - Serán considerados proyectos, obras o actividades de competencia del Prefecto, a través de la instancia ambiental de su dependencia, aquellos que cumplan por lo menos con una de las siguientes características:

- a) Estén ubicados geográficamente en más de un municipio del departamento.
- b) si la zona de posibles impactos puede afectar a más de un municipio del departamento.
- c) estén ubicados en áreas de reserva forestal.
- d) aquéllos que no sean de competencia de la Autoridad Nacional o Municipal.

Asimismo, se consideran en esta clasificación la formulación de políticas, planes y programas ambientales a nivel departamental.

6.4. Resolución Ministerial del Ministerio de Medio Ambiente y Agua No. 265, 2012. POLITICA DE USO EFICIENTE DEL AGUA,

La presente Política establece los principios, objetivos y las metas al año 2025 para el uso eficiente y racional del agua potable y adaptación al cambio climático, que comprende medidas desde la captación del agua de una fuente superficial o subterránea, su uso, consumo y descarga de las aguas residuales a cuerpos receptores o a su reúso.

La presente política es de cumplimiento obligatorio por todas las personas naturales o jurídicas, cualquiera sea su forma de constitución, que presten servicios de agua potable y saneamiento, sean proveedores de insumos o materiales, usuarios, o participen en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión, vigilancia o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano en el territorio nacional, desde la fuente de agua hasta su punto de uso o consumo.

Corresponde a las instituciones del sector de agua potable y saneamiento básico del país garantizar el debido cumplimiento de la presente política, representadas por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) a través del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) y las dependencias a nivel nacional, departamental y local de

las mismas, la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), el Servicio Nacional de Sostenibilidad en Saneamiento Básico (SENASBA), la Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua (EMAGUA), así como las Entidades Territoriales Autónomas (ETA).

En tanto se dicte el nuevo ordenamiento legal de agua relativo al régimen de licencias registros o autorizaciones, el MMAyA es el encargado de la asignación de volúmenes de agua para todos los usos, conforme a la normativa vigente.

No están comprendidas en el ámbito de aplicación de la presente Política las aguas destinadas a usos distintos al servicio de agua potable¹⁹.



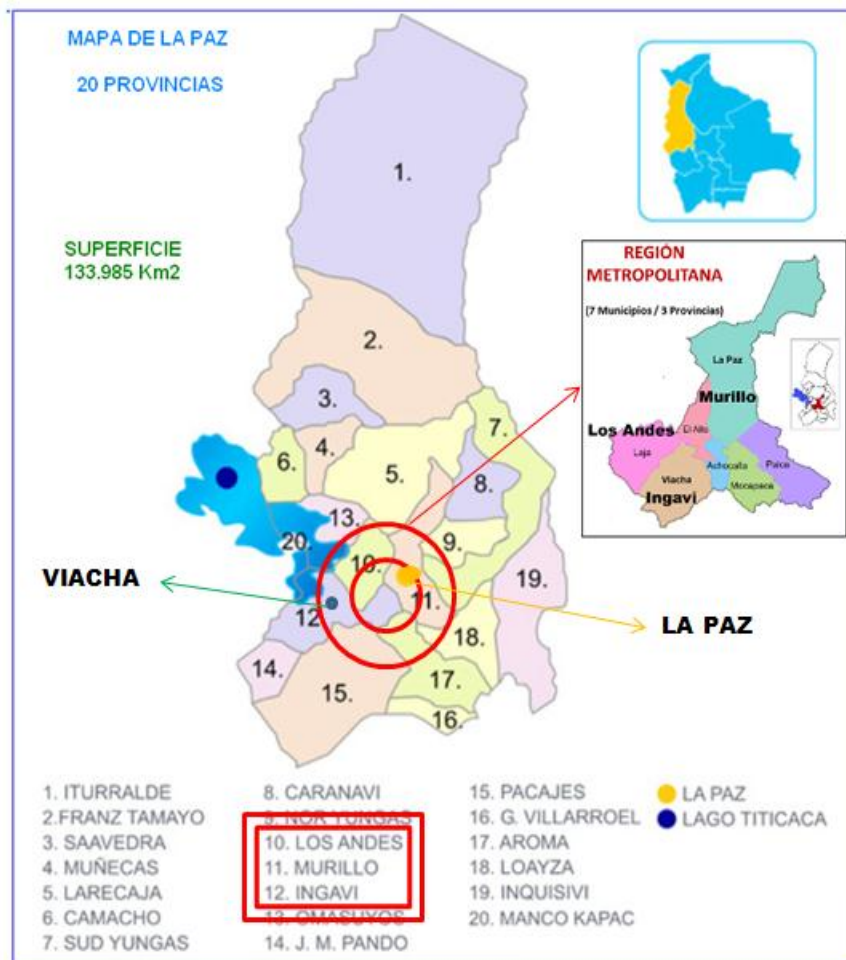
¹⁹ MMAyA. “Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático, Para Vivir Bien” septiembre 2015.

CAPITULO 7

MARCO GEOGRAFICO

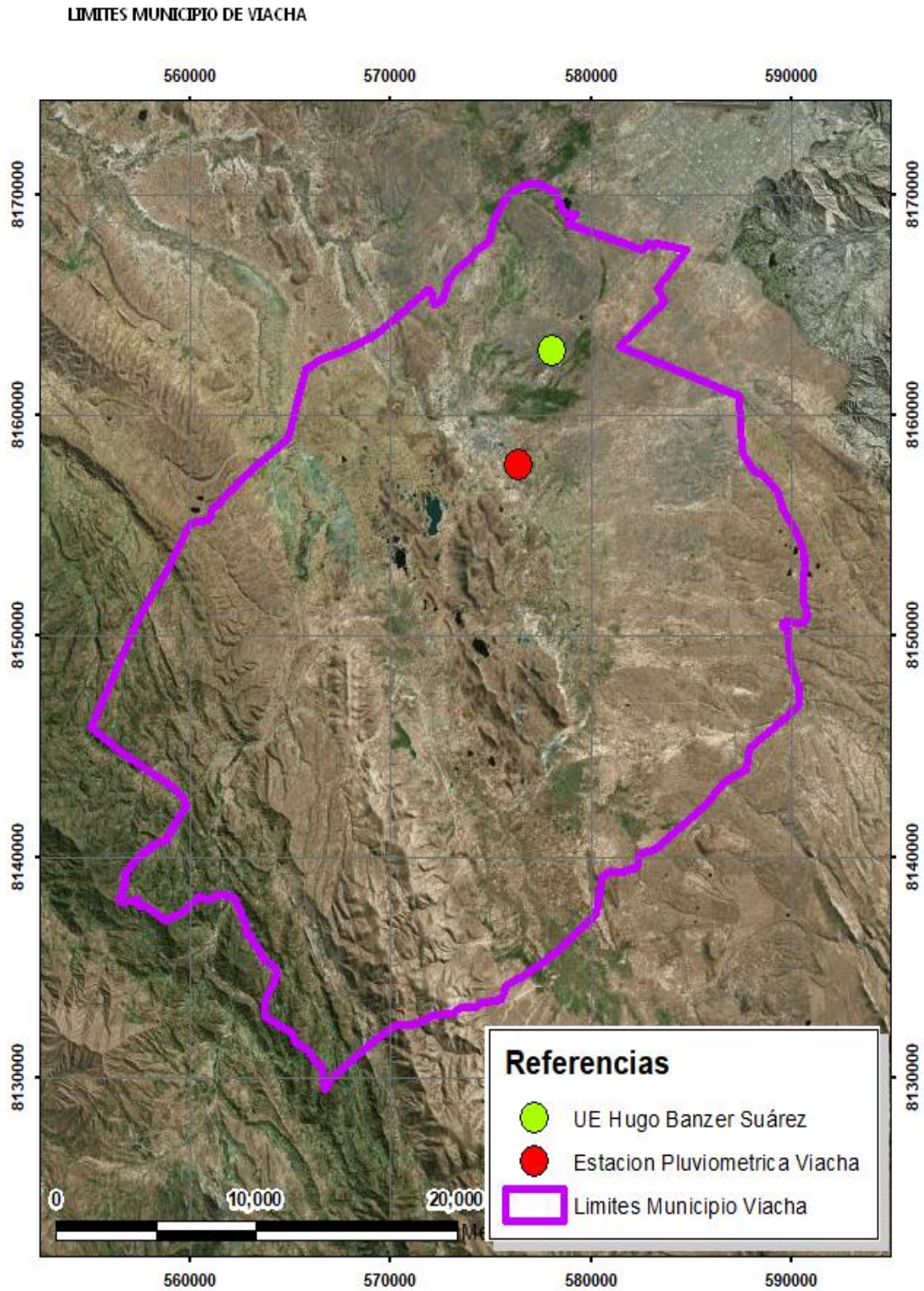
El presente estudio se desarrolla en la ciudad de Viacha, distrito 6, Carretera a Viacha Ladislao Cabrera a 22 Km de la ciudad de La Paz. El ambiente socio económico del lugar está conformado por familias de bajos recursos que envían a sus hijos a la unidad educativa Hugo Banzer Suarez, lo cual muestra la necesidad de crear estrategias que permitan disminuir el costo del servicio y aumentar el beneficio de uso del recurso hídrico, y así, contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes y a fortalecer el medio ambiente.

Figura 16. MAPA DE LA PAZ Ubicación la Ciudad de VIACHA



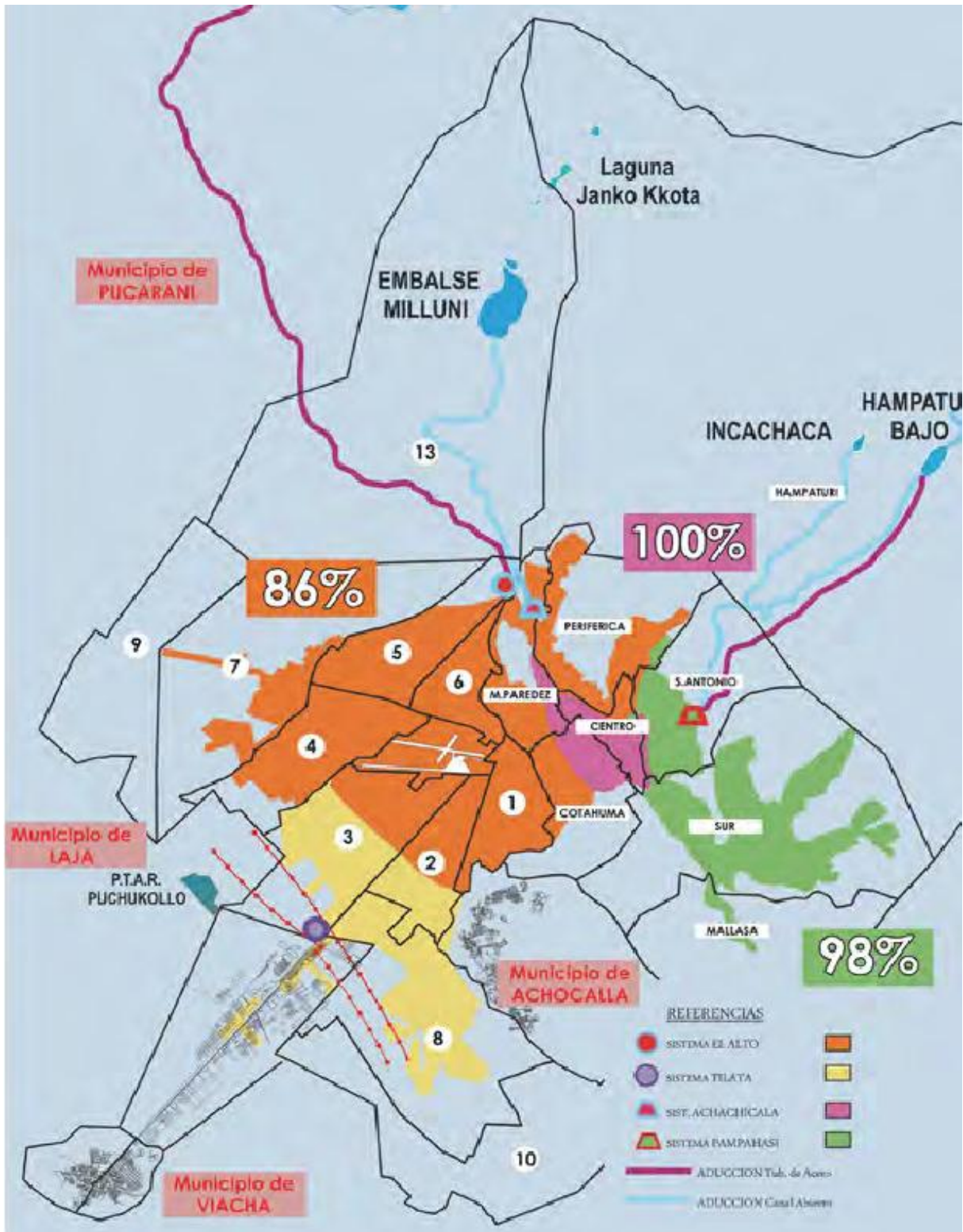
Fuente: Plan de Desarrollo Departamental, 2012, GADLP. Mapa referencial.

Figura 17. MAPA DE VIACHA Ubicación del Pluviómetro de Viacha



Fuente: SENAMHI

Figura 18. Sistema de Potabilización y Cobertura de Agua



Fuente: Elaborado por el proyecto agua y cambio climático – red hábitat en base a datos de EPSAS, 2010.

CAPITULO 8

DISEÑO METODOLOGICO

8.1. SELECCIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA

Para la elaboración del proyecto se escogió la unidad educativa Hugo Banzer Suarez, ubicada en el Municipio de Viacha, y perteneciente al distrito 6, Ballivian A. En la actualidad, cuenta con 222 personas entre estudiantes, profesores y empleados, y tiene servicios de agua potable y electricidad, prestados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Viacha (EMAPAV) y pagados por el Municipio de Viacha.

La infraestructura de la unidad educativa está compuesta por dos pisos, y en total, existen 10 baños (4 baños de niñas, 4 baños de niños y 2 baños de profesores). El área es de 3072m² total, con un área útil aproximada de techos de 1000 m², pero no existen jardines, por lo que se omitirá el uso de riego de jardines del diseño.

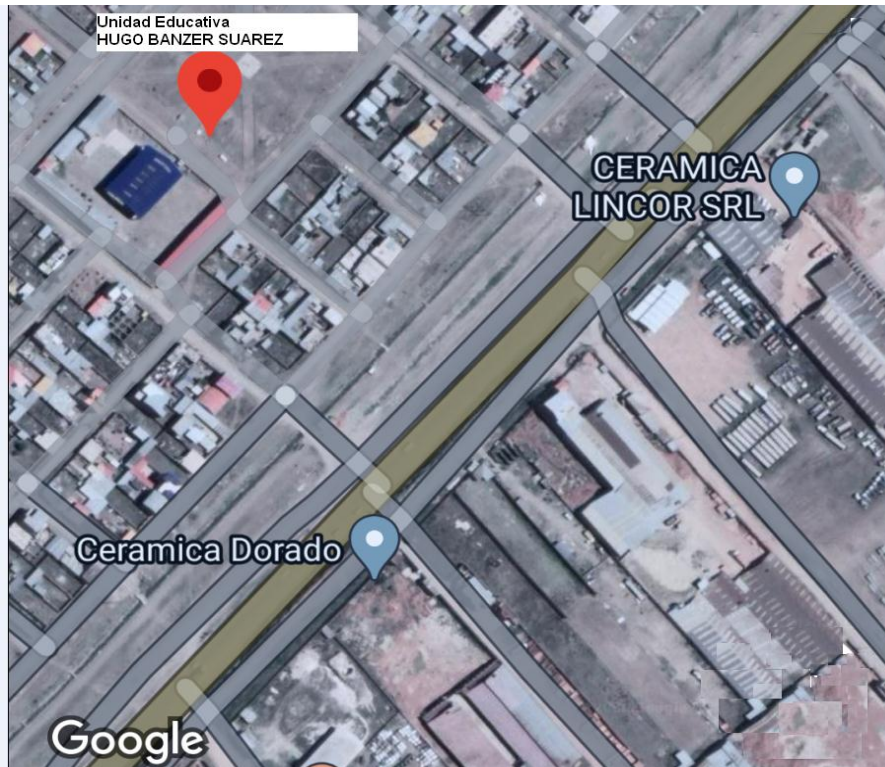
El municipio de Viacha está ubicado a 22 Km del departamento de La Paz, a los 16° 38' 52" Sur de latitud y a los 68° 17' 32" Oeste de longitud. La elevación sobre el nivel del mar es de 3857m. (Figura 19), tiene una alta precipitación anual, con valores medios anuales de 2938,4mm (según datos pluviométricos del SENAMHI para los años 2007 a 2016) y una temperatura media de 15°C, por lo que es un buen aprovechamiento de las aguas de lluvia.

Figura 19. Unidad Educativa Hugo Banzer Suarez



Fuente: Propio

Figura 20. Localización de la Unidad Educativa



Fuente: Google Earth.

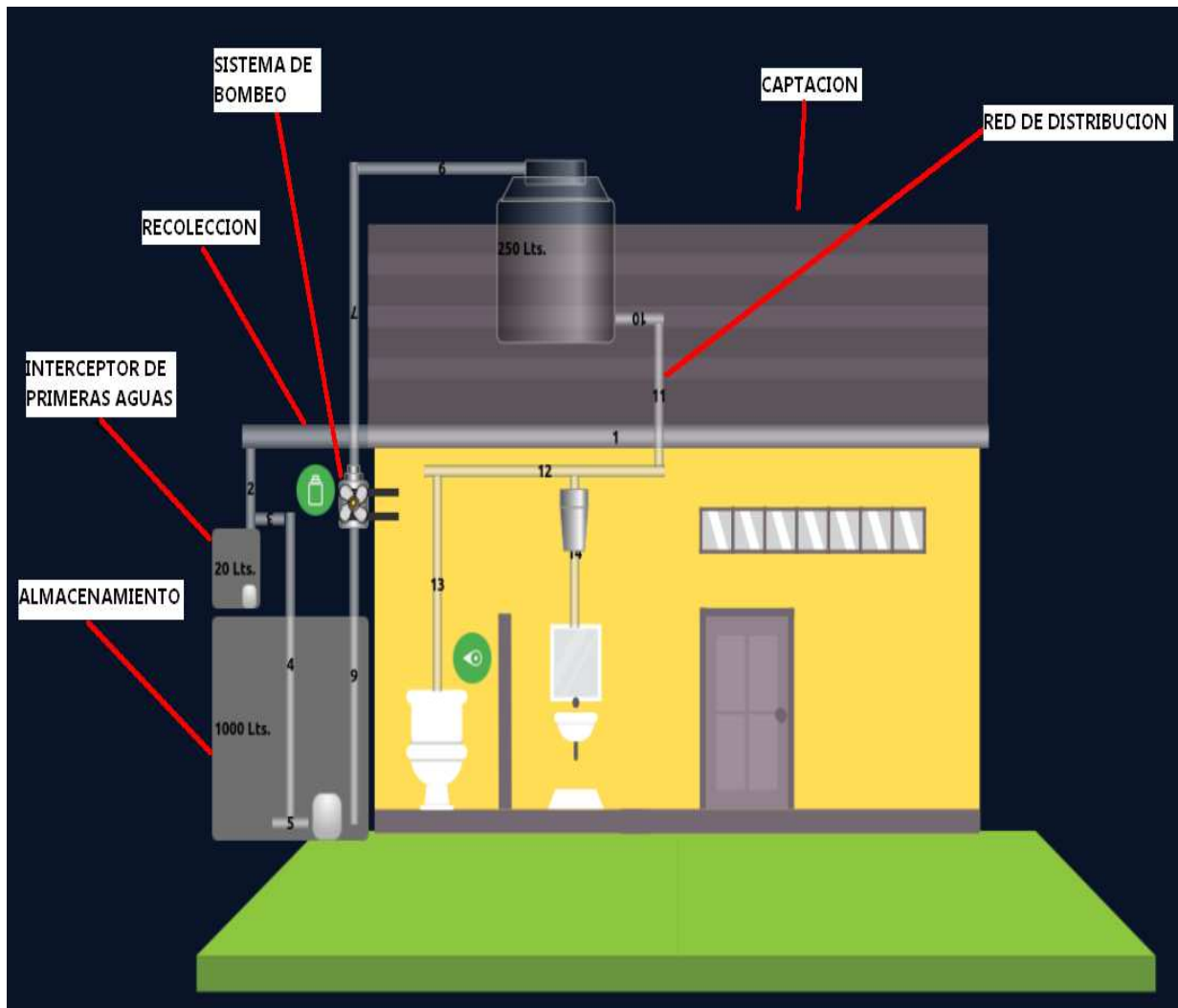
8.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

Los componentes utilizados para el desarrollo del diseño son: captación, recolección y conducción, interceptor de primeras aguas, almacenamiento, red de distribución y bombeo. Observar (figura 21)

Debido a que el diseño no contempla el consumo humano como uso principal del agua lluvia captada y como la precipitación de la zona es alta y constante, la contaminación de los techos se estará removiendo continuamente. Por lo tanto no es necesario instalar un filtro para este trabajo, pues al garantizar que el agua de las primeras lluvias se intercepte y no sea almacenada, el agua podrá ser utilizada para los usos no potables mencionados sin afectar las condiciones hidráulicas ni los materiales de los aparatos sanitarios o del sistema de bombeo. En caso de que en un futuro se quiera aprovechar las aguas lluvias para consumo humano, se

deberá instalar un sistema de filtración, seguido de un sistema de desinfección. Los componentes seleccionados y su descripción se detallan a continuación:

Figura 21: Sistema de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia



Fuente: Propio

Captación

En este caso la captación se realizará en los techos de la unidad educativa, los cuales tienen una pendiente adecuada (20%) que facilita el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección. Estos techos están cubiertos por calaminas, las cuales tienen la ventaja de tener una buena superficie y ser de bajo costo.

Recolección y conducción

La institución ya cuenta con canaletas de aluminio y bajantes en aluminio, que recolectan y conducen el agua lluvia por todos los bajantes hacia el patio, por lo tanto para este diseño, no se tendrá en cuenta la instalación de nuevas canaletas, pero sí de 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 diseño del interceptor propuesto consta de un tanque, en el cual se almacenará un litro de agua por cada metro cuadrado de techo, es decir, dependiendo del área a captar, se obtiene el volumen de dicho tanque. 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 será de polietileno de alta densidad (PEAD). Las dimensiones se especifican en anexos, de acuerdo con el volumen captado de agua lluvia.

Red de distribución y sistema de bombeo

De acuerdo con la ubicación del tanque de almacenamiento y el 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, lavamanos, 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 20cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado.

Información pluviométrica

La información recolectada de precipitación para el Municipio de Viacha fue obtenida de la Estación de Viacha pluviométrica del SENAMHI. Los datos analizados corresponden a los años 2007 hasta 2016, periodo mínimo recomendado, según el SENAMHI se realizó un Balance Hídrico Nacional 2017.

8.3. LOCALIZACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta el diseño del sistema y la construcción de la unidad educativa, se seleccionó como lugar de instalación, parte de atrás de los usos sanitarios. De esta manera, no se afecta el área construida ni la arquitectura inicial de la unidad educativa.

CAPITULO 9

RESULTADOS

Con la metodología anterior, se propone el siguiente sistema de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia para uso constante, para una unidad educativa de la ciudad de Viacha.

Para la elaboración del proyecto se tuvo en cuenta las variables que se analizaron en esta investigación:

- Número de administrativos: Una Director, Una Secretaria
- Número de profesores: 20 Profesores
- Número de porteros: 2 Porteros
- Número de Estudiantes: 200 estudiantes
- Cantidad de usos sanitarios Profesores: 1 unidad
- Cantidad de usos sanitarios Niñas: 4 unidades
- Cantidad de usos sanitarios Niños: 4 unidades
- Cantidad de litros en general por estudiantes, administrativos en usos sanitarios: 5,5
 $\frac{\text{litros}}{\text{estudiante}}$
- Inodoros normales sin tanques solo tazas, grifería de lavamanos sin función ni de profesores, ni de niños, solo una pila en general funciona para todos.

9.1. PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUAL

Primeramente se monitoreo en la unidad educativa 1mes de precipitaciones de enero 2020 donde se obtuvo la siguiente tabla de datos:

Tabla 2. Precipitación promedio mensual del mes de enero 2020

Área (m2)	volumen (l)	tiempo (hrs)	1mmH2O = 1l/m2
28	1200	4,26	42,86
28	1750	4	62,5
48	200	0,47	4,2
48	400	1,25	8,3
48	0	0	0
48	400	2,35	8,3
48	400	1,39	8,3
48	0	0	0
48	300	1,33	6,25
48	0	0	0
48	0	0	0
48	0	0	0
48	100	2,15	2,08
48	0	0	0
48	0	0	0
48	250	2,09	5,21
48	100	1,47	2,08
48	400	2,41	8,3
48	200	1,05	4,2
48	0	0	0
48	200	1,52	4,2
48	100	2,01	2,08
48	50	0,58	1,042
48	0	0	0
48	600	1,59	12,5
48	300	2,55	6,25
48	0	0	0
48	400	2,26	8,3
48	200	1,39	4,2
48	0	0	0
48	0	0	0
		36,12	201,152

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{201,152 * 24 * 31}{36,12 * 1000} = 4,14 \frac{m^3}{mes}$$

De donde obtuvimos una precipitación mensual de 4,14 m3/mes lo cual cubriría el 50% de agua potable menos a usarse para el mes siguiente de febrero.

DATOS DEL SENAMHI

Utilizando la ecuación 4 y con los datos ya obtenidos por el SENAMHI para calcular la precipitación promedio mensual en los últimos 10 años, encontramos los siguientes resultados:

Tabla 3. Precipitación promedio mensual en los últimos 10 años (2007 - 2016)

SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ΣPpi/años
17,09	36,29	38,16	101,71	112,98	91,7	53,99	28,7	7,6	3,47	9,93	7,17	508.79

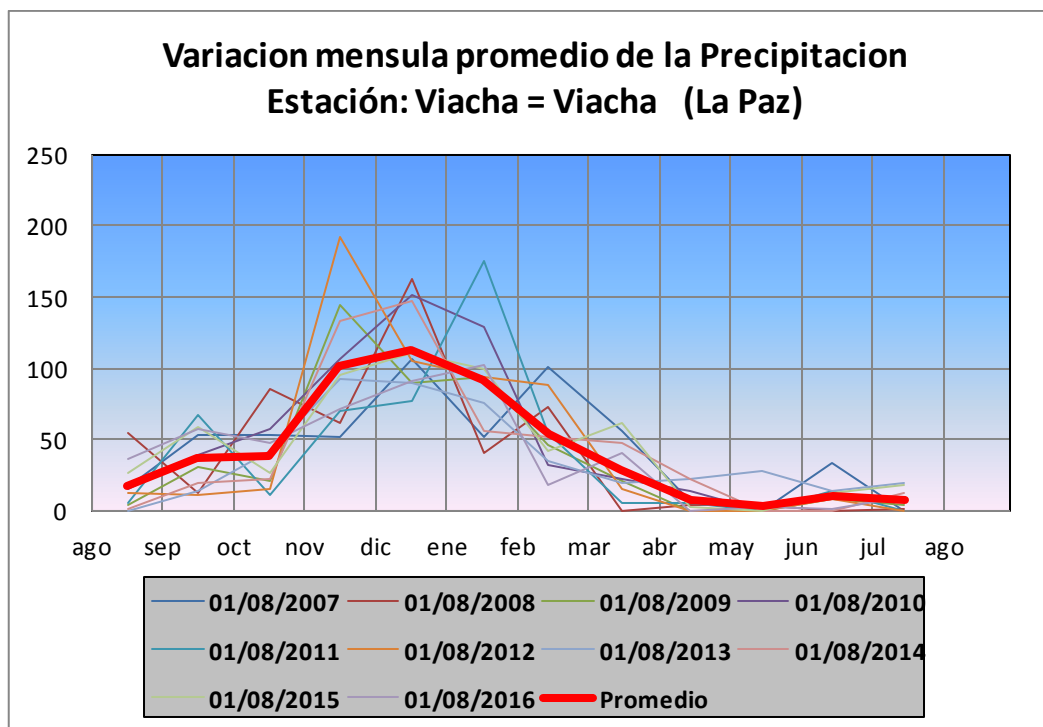
Fuente: Propia

Observamos los mayores meses de lluvia en la zona son Enero, Febrero, Marzo, Abril, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre lo cual demuestra que en este sector de la ciudad llueve con mucha frecuencia, pues prácticamente la mitad de año está lloviendo. Esto justifica promover en otras unidades educativas y si fuera posible en los domicilios, los sistemas para el aprovechamiento de agua de lluvia. En el Anexo 1 se muestran los datos en detalle año por año.

Grafica de precipitación promedio mensual (Ppi)

De acuerdo con la metodología, la precipitación promedio mensual, expresada en milímetros, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de un (1) milímetro de agua para mojar un (1) metro cuadrado de área. Los valores obtenidos se presentan en la Figura 19.

Grafica 1: Grafica de precipitación promedio mensual durante 10 años



Fuente: Propio

Los datos analizados muestran que el promedio anual de la zona es de 508,79mmH₂O, y que el mes más lluvioso del año es enero, con valores de 112,98mm y el mes más seco es junio.(anexo2)

9.2. NUMERO DE DIAS MENSUALES DE PRECIPITACIONES

De la misma manera, en la Tabla 3 se muestra el número de días mensuales de precipitación para los últimos 10 años. Se puede observar que, en los meses de lluvia, más del 50% de los días del mes llueve. En el Anexo 2 se muestran los datos en detalle año por año.

Tabla 4. Número de días mensuales de precipitación en los últimos 10 años (2007 - 2016)

SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
4,5	6,6	7	15,1	16,8	14,8	10,1	6,3	1,6	0,7	1,7	1,5

Fuente: Propio

9.3. ESTIMACION DE DEMANDA AL MES

La demanda de agua se puede estimar a partir de la ecuación 4 .Para un número de usuarios (Nu) promedio de 18 profesores y 2 administrativos de la unidad educativa y tomando como dotación por persona (Dot) 11 litros diarios ya que solo trabajan medio día y que de 20 profesores solo entran 10 al día al uso sanitario, el número de días (Nd) que trabajan es de 20 aproximadamente ya que otros días no pasan clases por sus respectivos horarios de materias, se encontró que:

PROFESORES:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} = \frac{20 \times 20 \times 11}{1000} = 4,4m^3$$

Posible resultado de 4,4 m³ ya que todos los profesores entrarían al uso sanitario.

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} = \frac{10 \times 20 \times 11}{1000} = 2,2 m^3$$

Resultado con criterio real 2,2 m³ ya que todos los profesores no usan siempre el uso sanitario.

ESTUDIANTES:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} = \frac{200 \times 20 \times 5,5}{1000} = 22 m^3$$

Posible resultado de 33 m³ ya que todos los profesores entrarían al uso sanitario.

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} = \frac{50 \times 20 \times 5,5}{1000} = 5,5 m^3$$

Resultado con criterio real 11 m³ ya que todos los profesores no usan siempre el uso sanitario.

PORTEROS:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} = \frac{2 * 30 * 15}{1000} = 0,9 \text{ m}^3$$

Posible resultado de 0,9 m³ ya que todos los días utilizan uso sanitario.

Tabla 5. Estimación de demanda al mes

DATOS ALCALDIA V= (M3)	DATOS TOMADOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA V= (M3)	DATOS REALES OBSERVADOS V= (M3)
	4,4	2,2
	22	5.5
	0,9	0,9
8	27,3	8,6

Fuente: Propio

9.4. DESARROLLO DEL SISTEMA

CAPTACION:

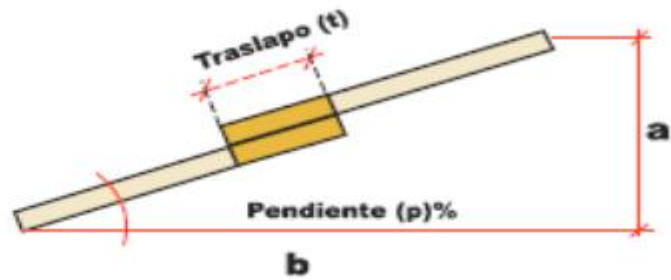
El proceso de captación se realiza a través de la cubierta de calaminas la cual tiene un área es de 28 m² y una pendiente de 23.75%, lo cual se calculó con las medidas del área de estudio.

El coeficiente de escorrentía es 0.9, lo cual es muy bueno ya que facilita el desplazamiento del agua hacia las canaletas. En la Figura 22 muestra la pendiente de inclinación de la cubierta.

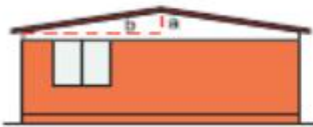
Figura 22. Pendiente de inclinación de la cubierta

Para calcular la pendiente use la fórmula:

$$p = \frac{a}{b} \times 100$$

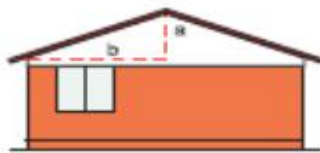


$p = 10\%$ o 15%



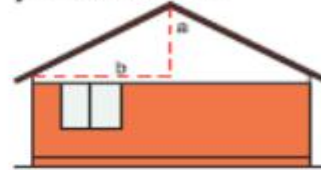
Zona sin lluvias

$p = 20\%$ o 30%



Zona con lluvias moderadas

$p = 30\%$ o 40%



Zona con lluvias fuertes

Fuente: Pinterest.com.mx

$$Pendiente = \frac{a}{b} = \frac{0.95}{4} * 100\% = 23,75\%$$

CONDUCCION:

Después de la captación, el agua lluvia es recogida a través de la canaleta metálica para luego ser evacuada por medio de las bajantes en PVC al tanque.

ALMACENAMIENTO:

El agua de las canaletas se dirigirá por medio de un tubo pvc de diámetro de 3” al tanque de almacenamiento de 1000 L sobre el nivel del baño de profesores posterior llenado a un tanque de 300 L, por la parte de atrás de los cursos de la unidad educativa. Debe contar con un filtro, y sus respectivas conexiones. El tamaño se definió a partir de los siguientes criterios:

- Según los datos entregados por el SENAMHI (Ver Anexo 1), la precipitación máxima anual (m3) de la zona es aproximadamente 584.4 mmH2O.

$$- 1mmH_2O = 1 \frac{L}{m^2}$$

- Este valor se obtiene de la relación entre la precipitación anual y el área de la cubierta de captación:

$$\begin{aligned} recoleccion\ max\% &= \frac{0,5844}{28} * 1000 \\ &= 20.87 \frac{m^3}{cubierta\ de\ captacion} \text{ anual} \end{aligned}$$

- La recolección anual máxima es de 20.87 m³ anual.

CALCULANDO ERRORES

Tomando en cuenta los siguientes datos: vacación de verano 1mes, vacación invernal 3semanas, precipitación acumulada.

En la tabla 6 podemos ver los meses con mínimas casi escasas precipitaciones que no se tomó en cuenta, junio, julio, agosto.

Tabla 6. Precipitación máxima anual

Año	01-Sep	01-Oct	01-Nov	01-Dic	01-Ene	01-Feb	01-Mar	01-Abr	01-May	01-Jun	01-Jul	01-Ago	Módulo
01/08/2010	15,5	39,5	57,8	106,3	151,5	128,9	31,9	22,2	14	0	9	7,8	584,4

Fuente: SENAMHI

Dando un aproximado de 9 meses tomados en cuenta las precipitaciones y 2 meses sin clases y que serán precipitaciones acumuladas. Tendríamos los siguientes datos en la tabla 7.

Tabla 7. Datos de los meses con mayor precipitación

Año	01-Sep	01-Oct	01-Nov	01-Dic	01-Ene	01-Feb	01-Mar	01-Abr	01-May	Módulo
01/08/2010	15,5	39,5	57,8	106,3	151,5	128,9	31,9	22,2	14	567.6

Fuente: Propio

- Entonces la recolección máxima:

$$\begin{aligned} \text{recoleccion max\%} &= \frac{0,567,6}{28} * 1000 \\ &= 20.27 \frac{m^3}{\text{cubierta de capatacion}} \text{anual} \end{aligned}$$

- La recolección anual máxima de la gestión de clases de la unidad educativa daría 20.27 m3.
- Cada mes almacenaríamos 4,05 m3
- Observando la tabla 5 podemos ver la columna derecha tenemos un valor mensual de volumen utilizado en la Unidad Educativa de 8,6 m3

$$\text{Porcentaje de ahorro \%} = \frac{4,05}{8,6} * 100\% = 47.09\%$$

RED DE DISTRIBUCION EN EL SISTEMA:

Del tanque de almacenamiento donde se capta la precipitación el tubo es de 3” lo cual el agua se dirigirá al sanitario de los profesores a través de una tubería pvc de ½ “. En la Figura 23 se puede observar a detalle. Teniendo en cuenta las medidas del área, se determinó que se requiere 5 m de tubería pvc desde el tanque hasta el sanitario.

Para determinar la perdida por accesorios y por tubería se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, expresada en función del caudal, la cual es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido.

Cañería de 3”

$$h_f = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) * \left(\frac{L}{d^{4.87}} \right) * Q^{1.852}$$

Tabla 8. Símbolos y nombres de Hazen- Williams

Símbolo	Nombre	Unidad	valores
h_f	Perdida de carga debida al rozamiento	m	¿???
C	Factor de fricción de Hazen- Williams (Anexo 13)		140

L	Longitud de la tubería (pvc)	m	5
d	Diámetro interno de la tubería	m	7.45
Q	Caudal del agua en la tubería	m ³ /s	0.00019

Fuente: Propio

Trabajando con los datos de la alcaldía 8 (m³/mes) = 0.00019 (m³/s)

$$h_f = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}} \right) * \left(\frac{5}{7.45^{4.87}} \right) * 0.00019^{1.852}$$

$$h_f = 4.109 * 10^{-14}$$

Cañería de ½”

$$h_f = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) * \left(\frac{L}{d^{4.87}} \right) * Q^{1.852}$$

Tabla 9: Símbolos y nombres de Hazen- Williams

Símbolo	Nombre	Unidad	valores
h_f	Perdida de carga debida al rozamiento	m	¿???
C	Factor de fricción de Hazen- Williams (Anexo 13)		140
L	Longitud de la tubería (pvc)	m	5
d	Diámetro interno de la tubería	m	0.016
Q	Caudal del agua en la tubería	m ³ /s	0.00019

Fuente: Propio

Trabajando con los datos de la alcaldía 8 (m³/mes) = 0.00019 (m³/s)

$$h_f = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}} \right) * \left(\frac{5}{0.016^{4.87}} \right) * 0.00019^{1.852}$$

$$h_f = 0.40$$

En cuanto al sanitario, este debe ser un ahorrador que no maneje más de 6 litros por descarga.

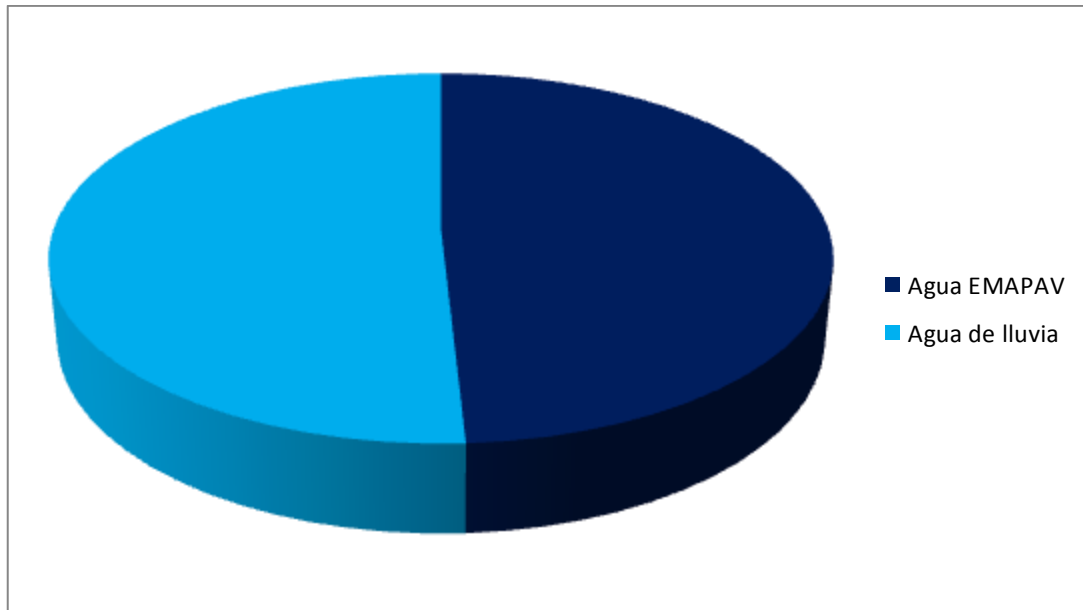
En el Anexo 3 se muestra la ficha técnica.

Figura 23. Desarrollo del Sistema de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia.



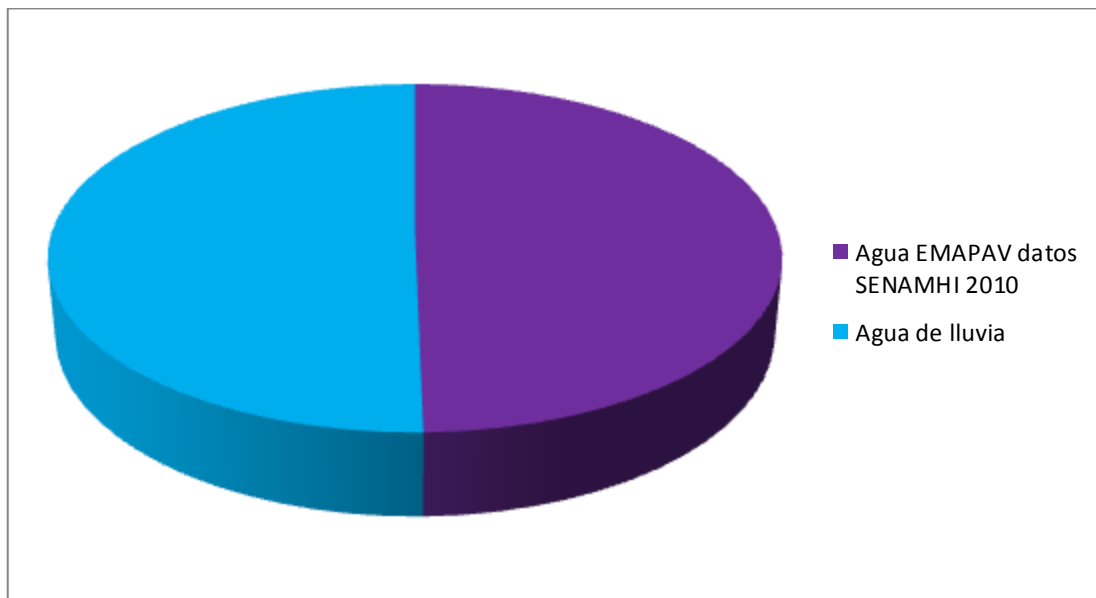
Fuente: Propio

Grafico 2: Datos monitoreados enero 2020



Fuente: Propio

Grafico 3: Datos obtenidos del SENAMHI (2007- 2016)



Fuente: Propio

9.4. EVALUACION ECONOMICA

En el anexo 12 se muestra una copia de la factura del agua de 1 mes de la unidad educativa, la cual sirvió de referencia para el análisis de costos. De los datos obtenidos se puede observar que el consumo básico promedio de una persona de la unidad educativa es de 8m³ lo cual produce un costo de 60.0 bs. Esto permite encontrar que el costo por metro cubico actualmente es de:

$$\text{costo } m^3 \approx \frac{60.0}{8} = 7,5 \text{ bs}/m^3$$

Según los datos obtenidos en promedio un estudiante o un administrativo consume 60 litros en el uso sanitario y de lavamanos por persona en la unidad educativa cada vez que entra al uso sanitario y lavado de manos ya que la demanda subió por la enfermedad reciente lo cual el refregarse las manos es constante, esto muestra que mensualmente se gastaría 1860 litros de agua, por lo tanto en 2 meses será 3720 litros= 3.720 m³, entonces obtenemos el siguiente costo:

$$\text{costo en uso sanitario y lavamanos} = (3,720 * 7,5) = 27.9 \text{ bs}$$

Los precios unitarios arrojaron que el costo del sistema es de 2645 bs. Observar la tabla 9

Tabla 10: Resumen de los datos obtenidos

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO
COSTO DE LA FACTURA BIMENSUAL	bolivianos	120 bs
CONSUMO BASICO	M3	8
TOTAL DE LA FACTURA	bolivianos	60 bs
COSTO DEL SISTEMA	bolivianos	2645 bs

RECOLECCION DE AGUA DE LLUVIA ANUAL	M3*año/m2	20.27
PROMEDIO DE CONSUMO EN USO SANITARIO Y LAVAMANOS	M3	0.9
AHORRO	bolivianos	27.9 bs

Fuente: Propio

Con los datos anteriores y revisando la TIR (tasa interna de retorno) se puede determinar el valor a pagar de acuerdo a la manera como la alcaldía pueda incorporar el sistema. Así mismo, se evidencia que el sistema puede funcionar todo el año dada la precipitación anual de la zona. El ahorro que se obtiene es de un aproximado de 47% lo cual es una cifra significativa:

$$ahorro = \frac{27,9}{60} * 100 = 46.5\% \text{ } 47\%$$

Lo anterior muestra que con la utilización de un sistema como el que se propone en la presente, se logra disminuir los costos y el gasto del agua en una unidad educativa Hugo Banzer Suarez. Según los datos obtenidos anteriormente, la inversión se recupera en aproximadamente 6,9 años:

Como ahorramos un 47% entonces tenemos:

$$\text{Descuento} = 60 * 0.47 = 28.2 \text{ bs}$$

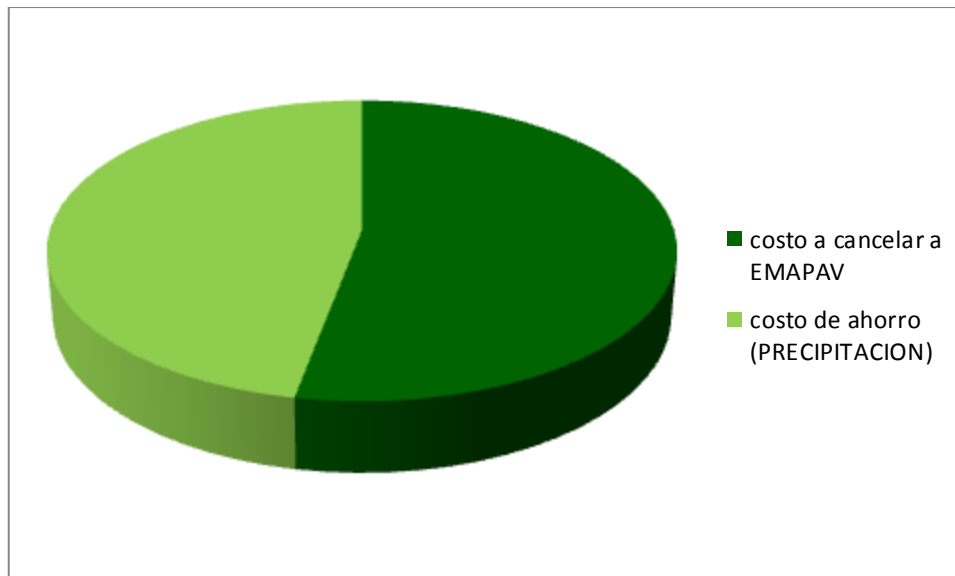
$$\text{Del total de cada mes pagaríamos } 60 - 28.2 = 31.8 \text{ bs/mes } * 12 \text{ meses} = 381,6 \text{ bs}$$

$$x (\text{años}) = \frac{2645.2 \text{ bs}}{381,6 \text{ bs}} = 6.9 \text{ años}$$

Observando el anexo 11, la Ciudad de Viacha cuenta con 101 unidades educativas si cada una pagaría 60 bs mínimo anualmente gastaría 6060 bs, con el sistema se ahorraría un 47 %

económicamente la alcaldía ahorraría 2848.2 bs por mes, por 12 meses, un valor aproximado de 34178,4bs.

Grafico 4: Ahorro por la captación de precipitaciones



Fuente: Propio

CAPITULO 10

10.1 CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación se puede concluir que el concepto de sistemas de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia está empezando a tomar fuerza dentro de las ciudades como un medio alternativo de uso del recurso hídrico.

Así mismo, se encontró que a pesar de que hay sectores en Viacha de situaciones socioeconómicas complejas, utilizar sistemas alternativos para el ahorro tanto en gasto como en el pago del agua puede convertirse en una alternativa para mitigar estos costos y mejorar así la calidad de vida de los seres vivos que se involucren.

Es indispensable contar con las herramientas adecuadas para que estos sistemas sean eficientes y efectivos, y logren cumplir su objetivo, satisfaciendo de la mejor manera posible a la comunidad. El diseño y los cálculos del sistema son un recurso fundamental para garantizar el buen funcionamiento de este. Todos los componentes del ciclo hidrológico - precipitaciones, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración- deben tenerse en cuenta a la hora de elaborar los programas de gestión del agua.

Las zonas geográficas con valores altos de precipitaciones mensuales son un foco importante para la creación de sistemas alternativos de recolección de agua lluvia, así como las zonas donde el recurso hídrico es escaso. El clima, especialmente las precipitaciones y la temperatura, es el factor que más influye en los recursos hídricos.

La propuesta de diseño generaría un ahorro casi de un 47,09 % del agua potable en la unidad educativa, lo que equivale a 20.27 m³ anuales. En costos esto equivale a un ahorro del 46,5 % reflejado en una disminución de 27,9 bs en la factura.

La construcción del sistema propuesto requiere una inversión de 2645 bs lo cual es económicamente viable para la unidad educativa.

Es indispensable que los gobiernos promuevan y fomenten el uso de nuevas alternativas para cuidar y conservar los recursos hídricos, así como incentiven programas para aumentar el nivel de conciencia y compromiso con el desarrollo y mantenimiento de enfoques integrados y de soluciones a largo plazo.

En las unidades educativas se debería dar concientización a los estudiantes sobre el agua de lluvia que derrochamos. Dando inicio en la unidad educativa Hugo Banzer Suarez, se impartió una charla tanto nivel primario y secundario donde se trató de concientizar el agua de lluvia y de aprovechar de todas las maneras posibles, tanto en el uso sanitario u otros usos, y con posible tratamiento de aguas también pueda ser potable, factible y económico en nuestro uso diario. Los estudiantes tanto nivel primario y secundario respondieron con creatividad y dándose alternativas para poder tratar de incorporar en sus domicilios.

Es más aprovechable el implementar el sistema en uso privado ya que economizaríamos más que en un sector público, ya que los municipios tienen contrato con las empresas de agua para cancelar un precio fijo, se gaste o no el volumen mencionado en la factura

10.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda desde lo académico fomentar el desarrollo e implementación de los sistemas de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia, con el ánimo de impulsar al sector constructor a que incluya estos mecanismos alternativos dentro de sus diseños, así mismo se puede considerar que mientras más área construida se tenga concluida más será la captación de agua para el beneficio común, es decir que el área sería directamente proporcional a la captación de agua de lluvia.

Así mismo, se recomienda que las entidades estatales puedan fomentar las comunidades, localidades, municipios y provincias en la generación de otras fuentes de ingreso del recurso

hídrico para construir una consciencia global sobre la buena utilización del agua y su necesidad de conservación a futuro.

Coordinar, normar y mejorar las futuras obras y construcciones en la instalación y el uso de aguas de lluvia captadas, ajustando para una mayor captación y análisis de la calidad de agua del sistema actual, incluyendo el proceso de filtrado.



BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

1. Gobierno autónomo municipal de Viacha. Dirección de Saneamiento Básico (2020)
a.i. <https://miviacha.wordpress.com/autoridades/>
2. EMAPAV. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Viacha.
3. EPSAS. Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento
4. SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Datos meteorológicos de la estación de la Ciudad de Viacha, La Paz, Ingavi, Bolivia: s.n, 2020.
5. IBNORCA. Norma oficial para la calidad del agua potable para consumo humano. Bolivia: IBNORCA.
6. MMAyA. “Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático, Para Vivir Bien” septiembre 2015.
7. INE. Instituto Nacional de Estadística. Estadísticas Consumo de Agua Potable 2020
8. OMS. Guías para la calidad de agua potable. S.I.: Organización Mundial de la Salud, 2006.
9. Red Hábitat. Taller de Proyectos e Investigación Del Hábitat Urbano- Rural. Gestión Integral del Agua. Proyecto Agua y Cambio Climático. www.red-habitat.org. Agosto de 2011.
10. MMAyA. Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.
11. MMAyA. Marco de gestión ambiental y social. Proyecto “Cosecha de Agua” (P161731 Rural Water Access Project).
12. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN “Guía de Capacitación en Gestión de Calidad Ambiental”. La Paz - Bolivia. Julio 2001
13. “Ley del Medio Ambiente” Ley N° 1333 de 27 de abril de 1992

14. FAO. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. Obtenido de FAO (2013): <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>.
15. Reyes, M. C., & Rubio, J. J. *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas de lluvia*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia (2014).
16. Palacios. *Propuesta sistema aprovechamiento de agua lluvia*. Recuperado el 11 de noviembre de 2016, de Revista Gestión y Ambiente N. (2010): [www.propuestadeaprovechamiento del agua de lluvia.com](http://www.propuestadeaprovechamiento-del-agua-de-lluvia.com).
17. Philip M. Gerhart, Richard J. Gross y John I. Hochstein. *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. por Addison- Wesley Iberoamericana, S.A. Wilmington, Delaware 1995, E.U.A
18. Felipe Hartmann - Lucio. Con el apoyo de la cooperación Alemana al Desarrollo-GTZ. Acceso al Agua potable y al Saneamiento Básico para los Pueblos Indígenas y Originarios Identificados en Bolivia. Octubre 2003.
19. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. Agua España 2016. www.aquaespana.org
20. José Alejandro Ballén Suarez, Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera. *Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana*. 2006.
21. Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia. Lima. 2004
22. Global Water Partnership. *Cosecha de agua de lluvia para zonas urbanas*. Guatemala. www.gwpcentroamerica.org

ANEXOS

Anexo 1: Valores de número de días mensuales de precipitación

ESTACION: VIACHA

Año	01-Sep	01-Oct	01-Nov	01-Dic	01-Ene	01-Feb	01-Mar	01-Abr	01-May	01-Jun	01-Jul	01-Ago
1/9/2006 - 1/8/2007	2	6	9	11	14	11	15	8	3	0	3	0
1/9/2007 - 1/8/2008	8	4	9	11	22	10	9	0	1	1	0	1
1/9/2008 - 1/8/2009	1	7	6	16	10	11	10	5	0	0	2	1
1/9/2009 - 1/8/2010	5	6	10	14	13	19	8	3	3	0	1	1
1/9/2010 - 1/8/2011	1	9	2	15	13	19	12	1	1	0	3	0
1/9/2011 - 1/8/2012	5	2	3	16	13	17	8	3	0	0	2	0
1/9/2012 - 1/8/2013	0	3	9	17	16	13	8	1	2	5	3	3
1/9/2013 - 1/8/2014	2	10	5	16	21	10	9	4	3	0	0	3
1/9/2014 - 1/8/2015	9	5	2	13	19	12	15	20	3	0	2	4
1/9/2015 - 1/8/2016	12	14	15	22	27	26	7	18	0	1	1	2
Promedio	4,5	6,6	7	15,1	16,8	14,8	10,1	6,3	1,6	0,7	1,7	1,5

Anexo 2: Valores totales mensuales de precipitación (mm)

ESTACION: VIACHA

Año	01-Sep	01-Oct	01-Nov	01-Dic	01-Ene	01-Feb	01-Mar	01-Abr	01-May	01-Jun	01-Jul	01-Ago	Módulo
01/08/2007	15,9	52,8	53,5	51,1	106,8	51,5	100,8	56,4	6,9	0	33,8	0	529,5
01/08/2008	54,3	12,3	84,7	61,1	162	40,2	73,3	0	4	4	0	1,5	497,4
01/08/2009	3,2	31	21,1	143,8	89,7	93,9	45,5	20,1	0	0	7,6	4,2	460,1
01/08/2010	15,5	39,5	57,8	106,3	151,5	128,9	31,9	22,2	14	0	9	7,8	584,4
01/08/2011	5	66,6	10,3	70,6	77,6	175,8	54,1	5,5	4,8	0	13,8	0	484,1
01/08/2012	12,9	10,7	15,7	192,2	104,4	94	88	14,5	0	0	8,7	0	541,1
01/08/2013	0	14,2	41,8	92,6	89,2	75,6	35,1	19,8	22,5	28,2	13,4	19	451,4
01/08/2014	1	20	22,6	132,9	147,7	55,3	51,5	47	22	0	0	12,5	512,5
01/08/2015	27	59,2	27	94,7	110,5	99,3	41,6	61,7	1,8	0	11,7	17,5	552
01/08/2016	36,1	56,6	47,1	71,8	90,4	102,5	18,1	39,8	0	2,5	1,3	9,2	475,4
Promedio	17,09	36,29	38,16	101,71	112,98	91,7	53,99	28,7	7,6	3,47	9,93	7,17	508,79

Anexo 3: Ficha técnica del Inodoro

Acuaplus II ECOFlush



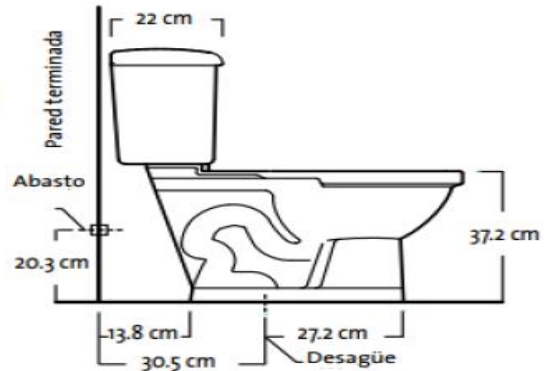
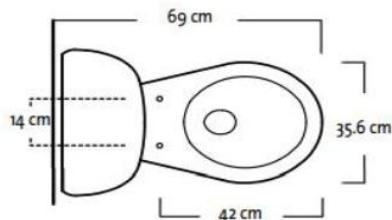
Taza redonda

incluye



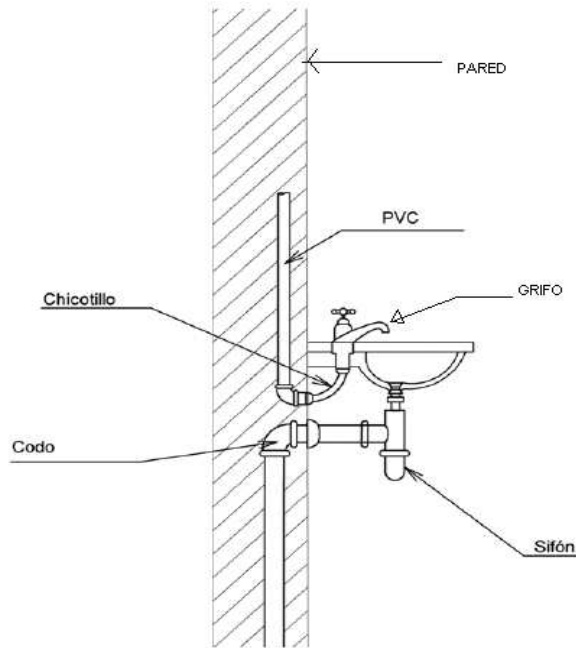
Botón cromado

- 02666 Sanitario
- 03000 Taza Acuacer-Trevi-Clasico
- 05460 Tanque-Tapa-Grif. Acuaplus II en caja
- 86900 Asiento sanitario Basic



CARACTERISTICAS DEL INODORO	
1	Diseño tradicional
2	Sanitario redondo que optimiza el espacio
3	Altura tradicional de taza para uso familiar
4	Bajo consumo de agua de 6 litros por descarga de sólidos y 4 litros para líquidos
5	Capacidad de evacuación de descarga solida entre 200 g y 300 g
6	Evacua el agua del tanque en menos de 3 segundos por medio de los orificios del anillo mejorando la limpieza
7	Válvula de salida tradicional tipo flapper
8	Moderno sistema de accionamiento con botón en la tapa

Anexo 4: Ficha técnica del lavamanos

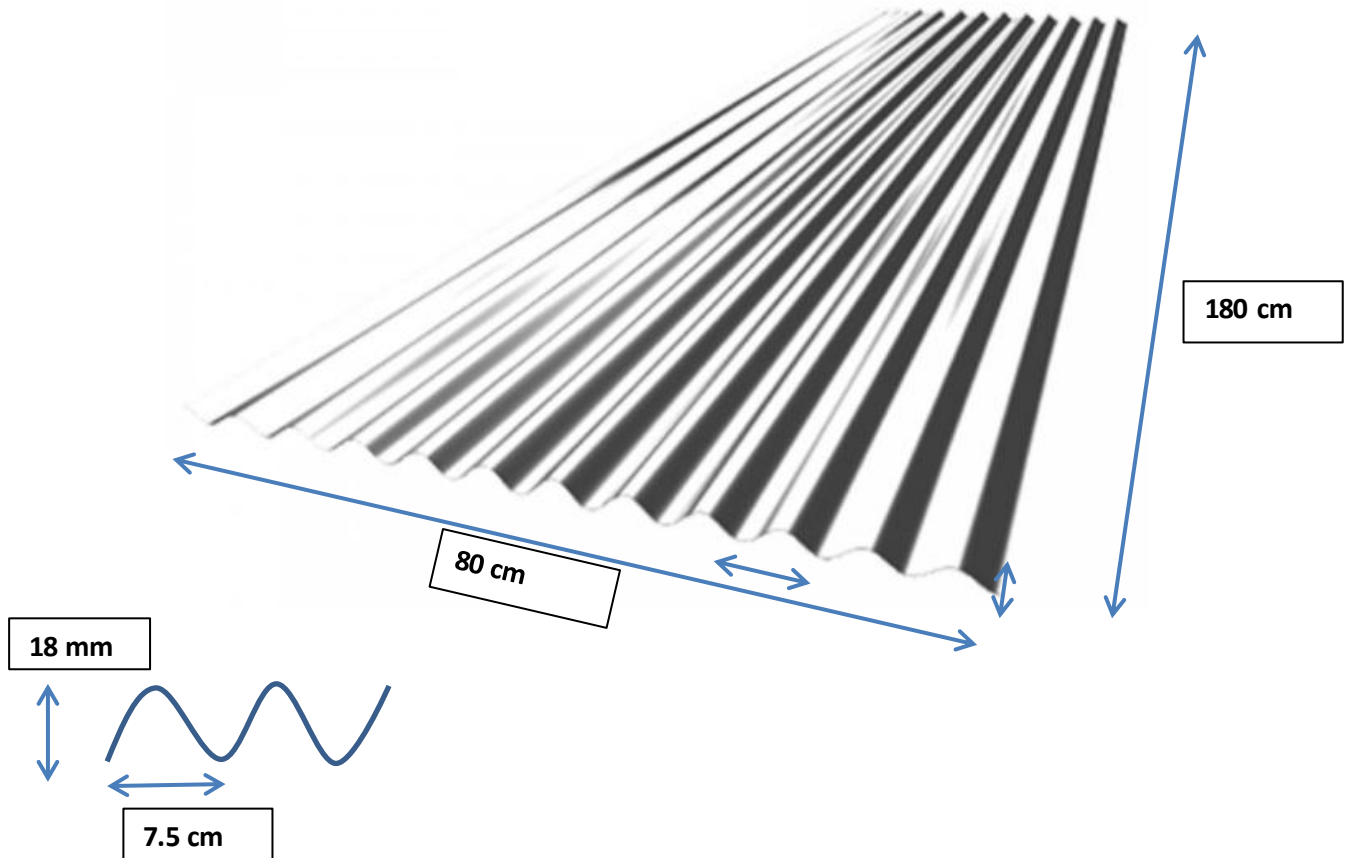


GRIFERIA TEMPORIZADA SCHELL



FUNCION	Start / stop / cierre temporizado
MATERIAL	Metal, antivandálico
REGULACION	Exacta de tiempo de descarga de 4 a 120 s
DESCARGA	Antiestancamiento activable (20 s cada 24 hrs tras el último uso)
VOLUMEN	Regulador de caudal
CAUDAL	6 L/min con presión a 3.04 atm
PRESION	0,51 a 5,1 atm
CUERPO	Latón DIN EN

Anexo 5: Ficha técnica de la calamina



INFORMACION TECNICA DE LAMINA ESTRUCTURAL				
CALIBRE	LONGITUD (cm)	PESO (Kg/m)	ANCHO UTIL (cm)	RECUBRIMIENTO
(0.30mm)	180 a 380	2.87	80	Galvalume
(0.40mm)	180 a 750	3.83	80	Prepintada o Galván

Anexo 6: Ficha técnica del tanque de 1000 litros



TANQUE DE 1000 LITROS	
FICHA TECNICA	
Detalle	Medidas
Alto	1350 mm
Largo	1220 mm
Ancho	1025 mm
Altura Útil	Mm
Peso	25 / 35 Kg
Volumen	1000 Lts
Carga Máxima	Kg
Material	PEAD
Proceso de fabricación	Soplado
Unidades por camión.	N / A Uní

Anexo 7: Ficha técnica del tanque de 300 litros



CARACTERISTICAS TANQUE DE 300 LTS				
MATERIAL	Polietileno aprobado por la F.D.A de E.E.U.U			
CAPA NEGRA	Bloquea los rayos del sol , evita crecer bacterias y algas			
CAPA BLANCA	Regula la temperatura, agua fresca			
LIVIANO	PESO= 7 Kg	ANCHO= 71 cm	ALTO= 77 cm	ESPESOR= 5mm
DURABLE	Alta resistencia a roturas e impactos			
AHORRO	Ahorra hasta 7 veces el valor del tanque gracias a que no necesita mantenimiento			
TAPA ROSCA	Tapa previene la entrada de suciedad, insectos, etc			
LARGA VIDA	La fábrica garantiza por 10 años con certificado, duración de 35 años			
ACCESORIOS	$\frac{3}{4}$ " de entrada y salida. Se puede colocar hasta 4" a pedido			
MANTENIMIENTO	No necesita mantenimiento periódico			

Anexo 8: Ficha técnica de la bomba de agua



FOREST & GARDEN	
DATOS TECNICOS: BP 612 / 3 / 25 BOMBA PERIFERICA	
VOLTAJE FRECUENCIA	220V – 50Hz
POTENCIA	0,37Kw – ½ Hp
DIAMETRO ENTRADA Y SALIDA	1” x 1”
VELOCIDAD EN VACIO	$n_{o=}$ 2850/min
ALTURA MANOMETRICA MAXIMA	18 m
SUCCION MAXIMA	8 m
CAUDAL MAXIMO	30L/min
TEMP. AMB. MAX	40 °C
TEMP. AGUA MAX	60 °C
INDICE DE PROTECCION	IP44
AISLACION	CLASE I
PESO	3,6 Kg

Anexo 9: Ficha técnica del filtro



FILTROS VULCANO	
Tecnología nanosilver, mejor filtro del mercado	
Permite eliminar sedimentos, filtración 5µm ,arcillas, óxidos, partículas de suspensión, metales pesados	
Otros elementos perjudiciales para la salud	
Filtro vulcano cumple con las normas internacionales de la calidad y avalado por organismos oficiales	

Caudal máximo	2,84 LPM
Presión máxima	8.75 Bar
Temperatura máxima	38 C

Anexo 10: Válvula de retención arco de bronce de 1”



Características de la válvula

- Las válvulas cuentan con un embolo fabricado en una sola pieza utilizando un polímero de alta resistencia al impacto y al desgaste.
- Adecuadas para su uso en instalaciones de agua que requieran de un dispositivo que evite el retroceso de agua, como redes de distribución de agua.
- Este tipo de válvulas de retención no deben emplearse con aguas residuales, pueden obstruir el mecanismo de retención.
- Válvula de 1” de bronce, fabricados en dos piezas y posteriormente unidas o pegadas.
- La función principal de la válvula de bronce es mantener la bomba de instalación llena, así como toda la cañería contigua.

Anexo 11: Flotador eléctrico



CARACTERISTICAS	
TIPO	Interruptor de nivel, cámara doble
MATERIAL	Plástico con contrapeso
LONGITUD	145mm
VOLTAGE	250V/ 120 V AC
CORRIENTE	10 A
CABLE DE EXTENSION	1mm ² x 2m

- Este interruptor de flotador cuenta con 2 metros de cable y con contrapeso para ajustar la altura de la boya, su principal función es la de poner en marcha y detener la bomba automáticamente en función del nivel de agua.
- Se usa tanto para la función de llenado como para la función de vaciado.

Anexo 12: Tubos y accesorios de conexión

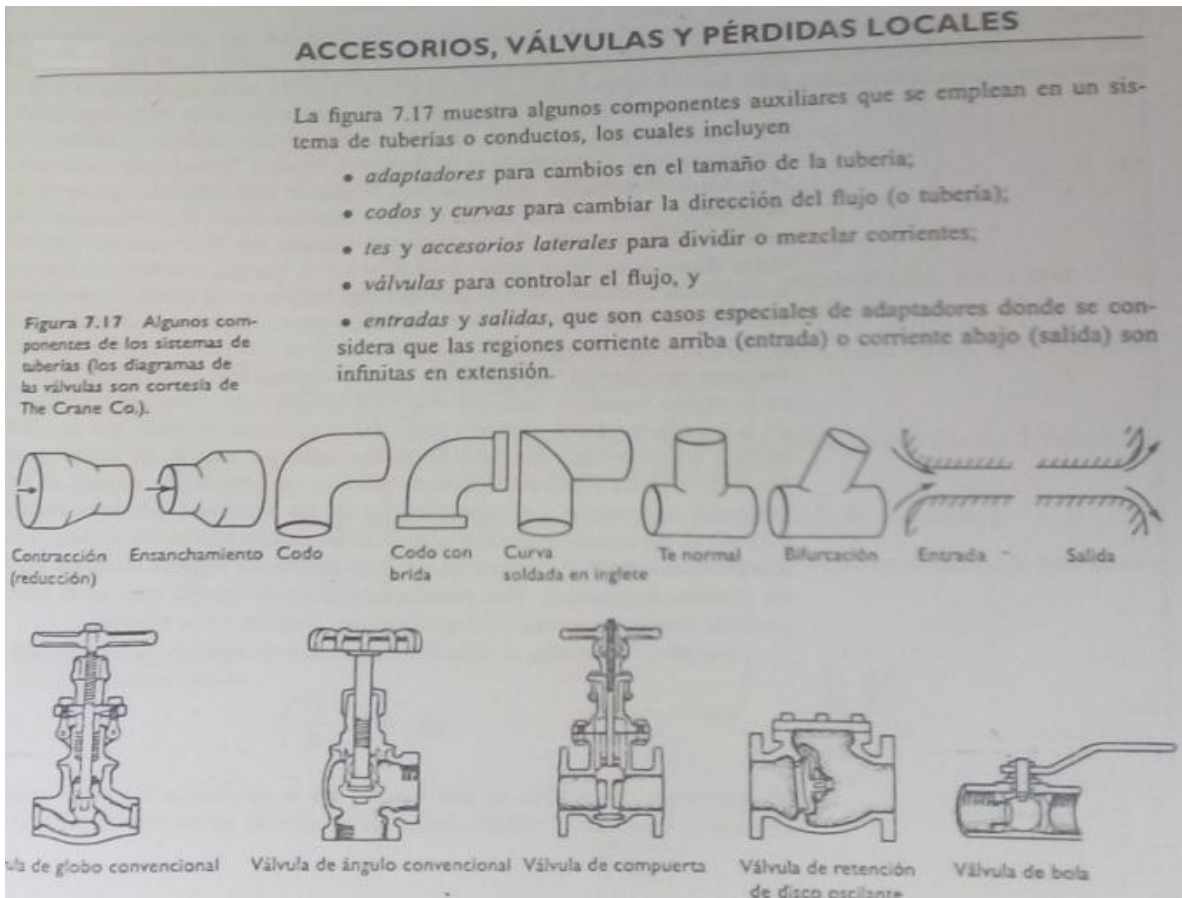


Tabla 7.8 Coeficientes de pérdida típicos para accesorios de tuberías comerciales. Datos de la referencia [10].

Diámetro Nominal (pulg)	Roscada o soldado				Con brida				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas (totalmente abiertas)									
Globo	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5
Compuerta	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
Retención de disco oscilante	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Ángulo	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0
Codos									
45° estándar	0.39	0.32	0.30	0.29					
45° radio largo					0.21	0.20	0.19	0.16	0.14
90° estándar	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21
90° radio largo	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10
180° estándar	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20
180° radio largo					0.40	0.30	0.21	0.15	0.10
Tes									
Flujo directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07
Flujo lateral	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64	0.58	0.41

Tabla 7.9 Multiplicadores de los coeficientes de pérdida para válvulas parcialmente cerradas.

Condición	Relación $K/K_{abierta}$	
	Compuerta	Válvula de globo
Abierta	1.0	1.0
Cerrada		
25%	3.0-5.0	1.5-2.0
50%	12-22	2.0-3.0
75%	70-120	6.8-8.0

Anexo 13: Costos del sistema

EQUIPO Y MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio - unitario	Cantidad	Valor total (BS)
Tanque de agua 1000 (l) pvc	Unidad	600	1	600
Tanque de agua 300 (l) de agua	Unidad	290	1	290
Bomba de agua	Unidad	300	1	300
Purificador de agua	Unidad	270	1	270
chupador de bomba de agua	Unidad	35	1	35
Térmico	Unidad	30	1	30
Flotador de agua	Unidad	45	2	90
Cinta aislante	Unidad	5	1	5
Llave de paso	Unidad	15	1	15
Tubo pvc de 3"	Unidad	55	1	55
Tubería pvc 1"	Unidad	70	1	70
brida pvc 1", ½"	Unidad	20	3	60
Tubería pvc ½"	Unidad	30	2	60
Teflón	Unidad	3	8	24
Codo pvc 3"	Unidad	7	4	28
T pvc 3"	Unidad	7	2	14
Codo pvc 1"	Unidad	5	3	15
Tapón pvc 1/2"	Unidad	1	2	2
Codo pvc ½"	Unidad	2	12	24
Reductor pvc 1" a ¾"	Unidad	7	1	7
Reductor pvc de ¾" a ½"	Unidad	5	1	5
T pvc de ½"	Unidad	4	2	8
Cemento	bolsas	47	4	188
Arena	M3	100	1 cubo	100
Bidón	unidad	50	1	50
				2345

MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Días	Valor total (BS)
albañil	0 (padres de familia)	3	0
Plomero	100	2	200
Eléctrico	100	1	100
			300

Anexo 14: Datos generales de las unidades educativas de Viacha

Nro.	CODIGO S.I.E. U.E.	NOMBRE UNIDAD EDUCATIVA	NIVELES DE FUNCIONAMIENTO SEGÚN	TURNO	DISTRITO MUNICIPAL	IDIOMA MATERNO	AREA DE FUNCIONA
NOMBRE: NUCLEO HUGO ORDONEZ 7 COD. RED/NUCLEO : 10057							
1	80660001	EVARISTO VALLE A	PRIMARIA	M	2	CAS	U
2	80660003	EVARISTO VALLE B	INC. PRIM	T	2	CAS	U
3	80660004	18 DE NOVIEMBRE	PRIMARIA	M	2	CAS	U
4	80660005	20 DE OCTUBRE	PRIM-SEC	T	2	CAS	U
5	80660008	"SAN SALVADOR"	PRIMARIA	NOCT	2	CAS	U
6	80660006	JOSÉ BALLIVIÁN A	SECUNDARIA	M	1	CAS	U
7	80660007	JOSE BALLIVIAN - B	SECUNDARIA	T	1	CAS	U
8	80660168	JOSÉ BALLIVIÁN C	SECUNDARIA	NOCT	1	CAS	U
9	80660009	LOMA LINDA	INC-PRIM	M	3	CAS	R
10	80660010	CONTORNO CENTRO	INC- PRIM	M	3	CAS	R
11	80660033	EL CARMEN	INC-PRIM	MT	3	CAS	R
12	80660034	PALLINA CENTRO	INI-PR	M-T	3	AYM	R
13	80660172	SIMON BOLIVAR	INI PRIM	M	3	AYM	U
14	80660175	BUENA VISTA	INC-PRIM	M	3	CAS	R
15	80660181	CONTORNO ARRIBA	INC-PRIM	M	3	CAS	R
16	80660214	SAN FELIPE DE SEQUICHURO	INC-PRIM	M	3	CAS	U
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMB.NUCLEO: FRANZ TAMAYO 4 COD. RED/NUCLEO : 38356							
17	80660002	HUMBERTO ARANDIA	INC-PRIM	M	1	CAS	U
18	80660031	HILATA SANTA TRINIDAD	INI-PRIM-SEC	M-T	3	AYM	R
19	80660032	SAN JORGE	INC- PRIM	MT	3	CAS	R
20	80660035	MAX TOLEDO	INC-PRIM	M	3	CAS	U
21	80660036	HILATA ARRIBA	INC-PRIM	M	3	CAS	R
22	80660169	INGAVI	SECUNDARIA	T	1	CAS	U
23	80660171	ANTONIO JOSÉ DE SUCRE	INC-PRIM	M	3	CAS	R
24	80660173	CHOQUENAIRA	INC-PRIM	M	3	CAS	R
25	80660174	SAN NICOLAS	INC-PRIM	M	3	CAS	R
26	80660180	NORAH G. DE ZEBALLOS	INICIAL	MT	1	CAS	U
27	80660229	HUGO ORDÓÑEZ SARAVIA	SECUNDARA	M	1	CAS	U
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMBRE.NUCLEO: ACHICA 5 COD. RED/NUCLEO : 10059							
28	80660016	ACHICA ARRIBA	INI-PR-SEC	M	3	CAS	R
29	80660013	ANDRÉS DE SANTA CRUZ	INI-PR-SEC	M	3	CAS	U
30	80660014	LIMANI	INI-PRIM	M	3	CAS	U
31	80660015	COITO PEÑA	INI-PRIM	M	3	CAS	R
32	80660017	SAN MIGUEL MAZO CRUZ	INI-PRIM	M-T	3	CAS	U
33	80660018	CHACASAYA	INI-PRIM	M	3	CAS	R
34	80660019	LLAJMA PAMPA	INI-PRIM	M	3	CAS	R
35	80660020	PONGONI	INC-PRIM	M T	3	CAS	R
36	80660231	ISRAEL II	INC-PRIM	M	3	CAS	R

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO

SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMBRE.NUCLEO: ACHICA COD. RED/NUCLEO : 10059							
28	80660016	ACHICA ARRIBA	IN-PRG-SEC	M	3	CAS	R
29	80660013	ANDRÉS DE SANTA CRUZ	IN-PRG-SEC	M	3	CAS	U
30	80660014	LIMANI	IN-PRM	M	3	CAS	U
31	80660015	COITO PEÑA	IN-PRM	M	3	CAS	R
32	80660017	SAN MIGUEL MAZO CRUZ	IN-PRM	M-T	3	CAS	U
33	80660018	CHACASAYA	IN-PRM	M	3	CAS	R
34	80660019	LLAJMA PAMPA	IN-PRM	M	3	CAS	R
35	80660020	PONGONI	IN-PRM	M T	3	CAS	R
36	80660231	ISRAEL II	IN-PRM	M	3	CAS	R
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMB. NUCLEO: IRPA CHICO /JALSURI COD. RED/NUCLEO : 10060							
37	80660021	JALSURI	IN-PRM	MT	3	CAS	R
38	80660022	HACIA EL MAR	SEC	M	3	CAS	U
39	80660023	23 DE MARZO	IN-PRM	MT	3	CAS	R
40	80660024	VILLA ARRIENDO	IN-PRM	MT	3	CAS	R
41	80660025	PAN DE AZUCAR	IN-PRM	MT	3	CAS	R
42	80660026	CALLISAYA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
43	80660027	MURUAMAYA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
44	80660028	COLINA BLANCA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
45	80660029	COPANCARA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
46	80660208	SANGRAMAYA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMB. NUCLEO: JHON F. KENNEDY COD. RED/NUCLEO : 10061							
47	80660161	VILLA REMEDIOS	IN-PRM	M	3	CAS	U
48	80660162	JOHN FITZGERALD KENNEDY	SECUNDARIA	M	3	CAS	U
49	80660163	JOSÉ BALLIVIÁN DE HICHURAYA	IN-PRM	M	3	CAS	U
50	80660165	HICHURAYA BAJA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
51	80660166	POCOHOTA A	IN-PRM	MT	3	CAS	R
52	80660167	ANCARA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
53	80660206	VILLA ANCARA	IN-PRM	MT	3	CAS	R
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMB. NUCLEO: IRPA GRANDE COD. RED/NUCLEO : 10063							
54	80660042	GUALBERTO VILLARROEL CHACOMA	IN-PRM	M	3	AYM	U
55	80660043	CALAMA	SECUNDARIA	M-T	3	CAS	R
56	80660177	CHUQUIÑUMA	PRM	M-T	3	CAS	R
57	80660178	3 DE MAYO	SEC	M-T	3	CAS	R
58	80660044	TONCOPUJHIO	IN-PRM	M	3	AYM	U
59	80660047	CHOJÑA PUJO	PRM	M-T	3	CAS	R
60	80660133	MOLLOJAHUA	PRM	M-T	3	CAS	R
61	80660134	COPALACAYA	IN-PRM	M	3	CAS	R
62	80660045	LITORAL	IN-PRM-SEC	MT	3	CAS	U
63	80660048	BARTOLINA SISA	IN-PRM-SEC	M	3	CAS	U
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO

64	80660037	CONIRI	INC-PRIM	MT	3	CAS	R
65	80660038	GUALBERTO VILLARROEL DE CONIRI	SECUN	MT	3	CAS	R
66	80660030	TUPAC KATARI DE COLLAGUA	INC-PRIM-SEC	MT	3	CAS	R
67	80660126	ELIZARDO PEREZ	Prim-Sec	M_T	3	AYM	R
68	80660040	QUINAMAYA	INC-PRIM	MT	3	CAS	R
69	80660041	CHAÑOJAHUA	INC-PRIM	MT	3	AYM	R
70	80660127	CHUSÑUPA	Primaria	M-T	3	Aymara	R
71	80660130	CHACOMA ALTA	Primaria	M-T	3	Aymara	R
72	80660179	PONGUINI	INC-PRIM	M=T	3	CAS	R
73	80660128	JEKERI	INC-PRIM-SEC	M-T	3	CAS	R
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMB. NUCLEO: TILATA		COD. RED/NUCLEO : 38357					
74	80660140	CENTRO TILATA	INC-PRIM	M	7	CAS	R
75	80660207	NESTOR PAZ ZAMORA	SECUNDARIO	TARDE	7	CAS	R
76	40730080	6 DE JUNIO TILATA MAGISTERIO	IN - PRIM	M	7	CAS	R
77	40730081	8 DE JUNIO	SEC.	T	7	CAS	U
78	80660205	URKUPIÑA II	PRIMARIO	MT	7	CAS	R
79	80660211	MARISCAL SANTA CRUZ	INC-PRIM-SEC	M	7	CAS	U
80	80660213	NUEVA TILATA	INC-PRIMARIA	M	7	CAS	R
81	80660212	REPUBLICA DEL JAPON	INC-PRIM-SEC	MT	7	CAS	R
82	80660215	FRED NUÑEZ GONZÁLES	SEC	M	7	CAS	R
83	80660217	WALTER MARAÑON ALTAMIRANO	INC-PRIM	M	7	CAS	R
84	80660220	TILATA DON BOSCO	INC-PRIM	M	7	CAS	R
85	80660221	14 DE NOVIEMBRE PAZ Y UNIDAD	INC-PRIM	M	7	CAS	R
86	80660222	REPUBLICA DE COREA DEL SUR	INC-PRIM	M	7	CAS	R
87	80660223	REPUBLICA DE IRAN	INC-PRIM	M	7	CAS	R
88	80660228	EL ROSARIO	INC-PRIM	M	7	CAS	R
89	80660230	JUANCITO PINTO	INC-PRIM	M	7	CAS	R
90	80660232	INMACULADA CONCEPCION DE MARIA	INC-PRIM	M	7	CAS	R

SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
NOMB. NUCLEO: VILIROCO		COD. RED/NUCLEO : 38358					
91	80660135	VILIROCO A	INC-PRIM	M	6	CAS	U
92	80660136	VILIROCO B	SECUNDARIA	T	6	CAS	U
93	80660137	ROSA AGRAMONT	INC-PRIM-SEC	M	3	CAS	U
94	80660138	BATALLA DE INGAVI	INC-PRIM	M	3	CAS	U
95	80660139	SAN FRANCISCO	INC-PRIM	M	3	CAS	U
96	80660141	NUEVA ESPERANZA	INC-PRIM	M	6	CAS	R
97	80660142	LA FLORIDA	INC-PRIM-SEC	MT	6	CAS	R
98	80660143	PACHARAYA	PRIM	M	3	CAS	U
99	80660209	GRAL. HUGO BANZER SUAREZ	INC-PRIM-SEC	M	6	CAS	U
100	80660226	BATALLA ALTO DE LA ALIANZA	INC-PRIM	M	6	CAS	R
101	80660227	PEDRO DOMINGO MURILLO	INC-PRIM	M	6	CAS	U
SUB-TOTAL RED/NUCLEO							
TOTAL MATRICULA UNIDADES EDUCATIVAS FISCALES							

Nº		NOMBRE DEL CEA					
102	80660191	CEA 21 DE SEPTIEMBRE					
103	80660195	CEA VIACHA					
104	80660197	CEA POCOTA B					
105	80660210	CEA LUIS CAMPS					
106	80660218	CEA ANA MARIA ROMERO DE CAMPERO					
107	80660219	CEA NAIRA WARA					
108	80660224	CEA MARISCAL ANDRES DE SANTA CRUZ					
TOTAL MATRICULA CENTROS DE EDUCACIÓN ALTERNATIVA							

Nº		NOMBRE DEL CENTRO DE EDUCACIÓN ESPECIAL					
109	80660225	CEA VIACHA II					
TOTAL MATRICULA CENTROS DE EDUCACIÓN ESPECIAL							
TOTAL MATRICULA							

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO

GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA
DIRECCION ADMINISTRATIVA

PAGO DE SERVICIO DE AGUA POTABLE
CUADRO RESUMEN DEUDA PENDIENTE MES DE MARZO DEL 2021
(EXPRESADO EN BOLIVIANOS)

Nro	USUARIO	DIRECCION	DISTRITO	CODIGO USUARIO	MARZO		TOTAL	
					M3	IMPORTE	M3	IMPORTE Bs.
1	G.A.M.V.(EX KINDER)	ILLIMANI 15	D - 1	C0173	1	60,05	1	60,05
2	G.A.M.V. POSTA MUNICIPAL	CALAMA	D - 2	C1731	0	60,05	0	60,05
3	G.A.M.V. CEMENTERIO	LIBERTAD	D - 2	C1736	28	290,21	28	290,21
4	G.A.M.V. CEMENTERIO	LA PAZ	D-2	C1910	38	340,30	38	340,30
5	G.A.M.V. DISTRITAL	HUGO ORTIZ	D - 1	A1439	30	260,23	30	260,23
6	G.A.M.V. HOSPITAL	20 DE OCTUBRE	D - 1	A0249	416	4123,68	416	4123,68
7	G.A.M.V. CASA DE LA CULTURA	WILLY ARAMAYO	D - 1	A1634	18	140,13	18	140,13
8	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA ABRAHAM ANGLILO	D - 2	C2714	0	60,05	0	60,05
9	G.A.M.V. POLIDEPORTIVO	VV. MUTUAL PRIMERA	D - 2	C0375	0	60,05	0	60,05
10	G.A.M.V. COLISEO CERRADO	AV DEL EJERCITO	D - 1	C2709	17	130,12	17	130,12
11	G.A.M.V. ESC. N DE NOVIEMBRE	MONTES	D - 2	C0362	469	4654,16	469	4654,16
12	G.A.M.V. VIVERO	FINAL PISAGUA	D - 2	C2712	77	730,65	77	730,65
13	G.A.M.V. ESC. EVARISTO VALLE	PANDO	D - 2	C0334	80	760,68	80	760,68
14	G.A.M.V. ALCALDIA	PLAZA MCAL JOSE BALLIVIAN	D - 2	C1103	118	1141,02	118	1141,02
15	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA JOSE BALLIVIAN	D - 2	C1137	17	130,12	17,00	130,12
16	G.A.M.V. PASAJE MURILLO	MURILLO	D - 2	C2717	0	60,05	0	60,05
17	G.A.M.V. CENTRO POLICIAL	PANDO	D - 2	C1016	49	129,42	49	129,42
18	G.A.M.V. KINDER	PLAZA EVARISTO VALLE	D - 1	B0848	47	430,38	47	430,38
19	G.A.M.V. MATADERO	TIHUANACU	D - 2	C1322	256	2522,25	256	2522,25
20	G.A.M.V. MATADERO	TIHUANACU	D - 2	C1316	113	1090,97	113	1090,97
21	G.A.M.V. CEMA	INGAVI	D - 1	C0986	28	240,21	28	240,21
22	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA 21 DE ENERO	D - 1	A1990	0	60,05	0	60,05
23	G.A.M.V. COLEGIO BALLIVIAN	PANDO	D - 1	D0148	9	60,05	9	60,05
24	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA EVARISTO VALLE	D - 1	B1356	0	60,05	0	60,05
25	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA EVARISTO VALLE	D - 1	B1355	0	60,05	0	60,05
26	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA EVARISTO VALLE	D - 1	B1354	0	60,05	0	60,05
27	G.A.M.V. COL INGAVI	S/N	D - 1	B1364	166	1621,45	166	1621,45
28	G.A.M.V. CENTRO SAN VICENTE	MONTES	D - 2	C2455	41	370,33	41	370,33

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO

29	G.A.M.V. ESC TEC SUPERIOR	HEROES DEL CHACO	D - 2	C2290	29	250,22	29	250,22
30	G.A.M.V. JAYUPUCHO	AYACUCHO	D - 2	C1561	1	60,05	1	60,05
31	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA AVAROA	D - 2	C2715	0	60,05	0	60,05
32	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZA TORREZ	D - 1	C2713	0	60,05	0	60,05
33	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZUELA KENNEDY	D - 2	C2571	0	60,05	0	60,05
34	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZUELA 6 DE AGOSTO	D - 1	A0492	0	60,05	0	60,05
35	G.A.M.V. AREA VERDE	PLAZUELA AREA BARRIO LINDO	D - 1	A1259	0	60,05	0	60,05
36	G.A.M.V. GRUTA	PISAGUA	D - 2	C2766	0	60,05	0	60,05
37	G.A.M.V. CANCHA CESPED SINTETICO	INDEPENDENCIA	D - 1	C2783	12	80,07	12	80,07
38	G.A.M.V. CANCHA AV. 16 DE JULIO	AV. 16 DE JULIO	D - 1	A0495	10	60,05	10	60,05
39	G.A.M.V. CANCHA MULTIFUNCIONAL BELLA	AV. G. BUSCH	D - 2	D0126	0	60,05	0	60,05
40	G.A.M.V. U.E.P.D. MURILLO	AV. NACIONES UNIDAS	D - 1	E0621	4	60,05	4	60,05
41	G.A.M.V. CANCHA SINTETICO URB. PORVENIR	CALLE LITORAL	D - 1	A0367	0	60,05	0	60,05
42	G.A.M.V. CANCHA SINTETICO URB. BARRIO LINDO	CALLE FRANZ TAMAYO	D - 1	A0671	0	60,05	0	60,05
43	G.A.M.V. SUB ALCALDIA D-6	CALLE FILEMON CHOQUE	D - 6	E0704	84	800,72	84	800,72
44	G.A.M.V. ESCUELA ROSA AGRAMONT	CHONCHOCORO	D - 6	E1061	12	80,07	12	80,07
45	G.A.M.V. COLISEO CERRADO	AV. DEL EJERCITO	D - 1	C2964	9	60,05	9	60,05
46	G.A.M.V. (CENTRO CULTURAL SIMON BOLIVAR)	CALLE LAS AMERICAS	D - 1	B1381	0	60,05	0	60,05
47	G.A.M.V. (ESC.-HUGO BANZER)	CALLE JOSE BALLIVIAN	D - 6	E1315	8	60,05	8	60,05
48	G.A.M.V. U.E. (AREA VERDE)	PLZA. BALLIVIAN B D - 6	D - 6	E1867	1	60,05	1	60,05
49	G.A.M.V. SUB ALCALDIA D-6	C/HACIA EL MAR	D-6	E2052	73	690,62	73	690,62
50	GAMV AREA VERDE	CALLE UDE 7 ANEXO BARRIO LINDO	D - 1	A1238	0	60,05	0	60,05
51	G.A.M.V. AREA VERDE	CALLE UDE 7 ANEXO BARRIO LINDO	D - 1	A1223	0	60,05	0	60,05
52	G.A.M.V. AREA VERDE	CALLE TRES 7 ANEXO BARRIO LINDO	D - 1	A1199	0	60,05	0	60,05
53	G.A.M.V. PARQUE RECREATIVO (AREA VERDE)	CALLE LISIMACO GUTIERREZ	D - 1	C3020	0	60,05	0	60,05
54	G.A.M.V. U.E. VILIROCO	AV. HACIA EL MAR	D - 6	E1666	0	60,05	0	60,05
55	G.A.M.V. U.E. VILIROCO	AV. HACIA EL MAR	D - 6	E1557	80	760,68	80	760,68

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y
APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO**

56	G.A.M.V. CANCHA SINTETICO	C/COROICO Z/FABRIL	D - 2	C1276	1	60,05	1	60,05
57	G.A.M.V. U.E.VILIROCO B.	AV. HACIA EL MAR	D - 6	E1643	1	60,05	1	60,05
58	G.A.M.V. CANCHA SINTETICO D-6	C/13 DISTRITO 6	D-6	E1647	0	60,05	0	60,05
59	U.E. HUGO ORDOÑES	20 DE OCTUBRE	D-1	A2281	6	60,05	6	60,05
60	GAMV AREA VERDE	AV. HACIA EL MAR	D-2	A2293	0	60,05	0	60,05
61	GAMV MODULO POLICIAL HILARION DAZA D-6	HILARION DAZA	D-6	E2543	4	60,00	4	60,00
62	GAMV AREA VERDE PISAGUA	PISAGUA	D-1	C0283	0	60,05	0	60,05
63	GAMV AREA VERDE	PLAZUELA SIMON BOLIVAR	D-6	B1612	0	60,05	0	60,05
64	GAMV AREA VERDE	Zona Santa Maria	D-6	E2729	2	60,05	2	60,05
65	GAMV MATADERO INDEPENDENCIA	CALLE INDEPENDENCIA	D-1	C3414	0	60,05	0	60,05
66	GAMV (AUQUI UTA)	AV. CONCORDIA	D-6	E2864	1	60,05	1	60,05
67	GAMV (FUENTE DE AGUA)	AV. SEBASTIAN PAGADOR	D-6	E3026	0	60,05	0	60,05
					2355	0,00	2355	24.350,79

TOTAL A PAGAR: 24.350,79
VENTICUATRO MIL TRECIENTOS CINCUENTA 79/100 BOLIVIANOS

Anexo 15: Factura del agua



EPSA VIACHA EMAPAV
Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Viacha

CASA MATRIZ
Av. Hacia el Mar S/N Zona Humachua 1
Teléfonos: 2800514 - 2800592
Viacha, La Paz - Bolivia

NIT: 138455023
FACTURA: 9588
N° AUTORIZACIÓN: 299401100029318



AAPS
ESTA ENTIDAD SE ENCUENTRA REGULADA Y FISCALIZADA POR LA AUTORIDAD DE REGULACIÓN Y CONTROL SOCIAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

FACTURA ORIGINAL
Captación, depuración y distribución de Agua

CUENTA: E1315
CATEGORÍA: 7
Facturas Pendientes: 2

MES/AÑO: ABRIL-2021
CATASTRO: E.01.043.5915
Deuda Anterior: 60.05

NIT: 1018467020
Caja:
Fecha de Pago:

Nombre: **GOB. AUTONOMO MUNICIPAL DE VIACHA (ESC HUGO BANZE)**
Dirección: **JOSE BALLIVIAN**

Fecha	Lectura	Fecha	Consumo
Emisión: 30/04/21	Ant: 3680	Act: 24/03/21	1
Vencimiento: 31/05/21	Act: 3681	Act: 21/04/21	

Historial				Detalle		Importe
Mes	Consumo	Monto	Obs	Consumo de Agua Potable		60.07
0321	8	60.05				
0221	8	60.00	PAGADO			
0121	6	59.96	PAGADO	Deuda Anterior		60.05
1220	6	60.00	PAGADO			
Son: CIENTO VEINTE 12/100 Bs.				Total Factura		120.12
				Importe para Crédito Fiscal		60.07

DEUDA MAYOR A DOS MESES DARA LUGAR A CORTE SERVICIO AGUA PUNTOS COBRANZA: OF. CENTRAL EMAPAV - SUCURSALES BANCO SOL DE VIACHA - EL ALTO - LA PAZ Y AGENCIAS SOL AMIGO (PAGO HASTA DOS MESES).
Los servicios deben suministrarse en condiciones de inocuidad, calidad y seguridad.

Código de Control: 07-A1-90-83

Fecha Límite de Emisión: 17/10/21



"ESTA FACTURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DEL PAIS EL USO ILÍCITO DE ESTA SERA SANCIONADO DE ACUERDO A LEY"
"AAPS ES LA SEGUNDA INSTANCIA EN RECLAMACIÓN ADMINISTRATIVA, LÍNEA GRATUITA 800-10-3600"

NIT: 138455023
9588

Factura:
Autorización:

ABRIL-2021

Mes / Año: E1315
Cuenta: 7
Categoría: 1
Consumo: 1
Fecha Pago:
Hora:

Detalle

Detalle	Importe
Agua P.	60.07
Deuda Ant	60.05
Total	120.12

Código Control:
07-A1-90-83

Autorización:
299401100029318

Talón no Válido para Crédito Fiscal

Anexo 16: Tabla de coeficientes de Hazen- Williams

Material	Coeficiente
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130 -140
Aluminio	130

Anexo 16: Fotografías antes y después de la implementación del sistema

Usos sanitarios niñas y niños



Usos sanitarios de profesores



Usos sanitarios sin conexión de agua



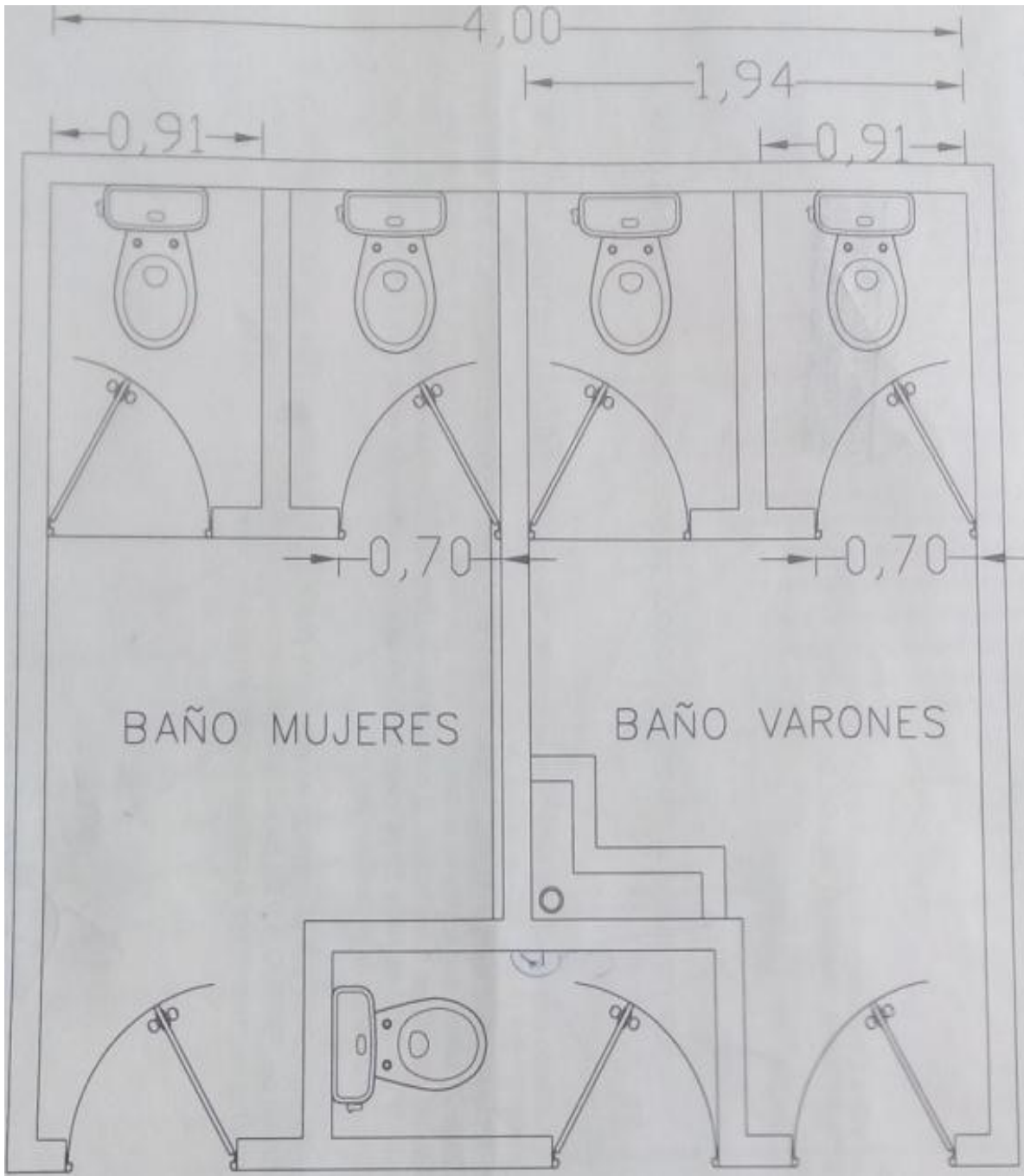
Canaletas sin limpiar



Usos de sanitarios de estudiantes niñas y niños



Plano de usos sanitarios



DESPUES

1er Filtro para captar hojas, basura Tubo de 3" para captar el agua de lluvia



2do Filtro de captar sedimentos

Interceptor de 1ras aguas de lluvia



Entrada al tanque de 1000 litros y succionada por la bomba



Dentro del tanque de 1000 litros el flotador eléctrico y la válvula de retención de sedimentos



Conexión de bomba de



Llenado al tanque de 300 litros



Dentro del tanque de 300 litros se encuentra el flotador eléctrico para que no haya pérdida de agua y se corte directo con la bomba



Tubería direccionada a los usos sanitarios, tratamiento de filtro de carbón activado para potabilizar el agua



Exceso de agua del tanque saliente a un turril de 200 litros



Proyecto terminado de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia para uso sanitario



Entrega de Proyecto a la Unidad Educativa en Presencia de la Alcaldía de Viacha



**Entrega de certificación por la entrega de proyecto de recolección de agua de lluvia y sus
aprovechamiento**



**Agradecimientos a la alcaldía, a la unidad educativa y al canal de Viacha por asistir a la
entrega del proyecto**



Anexo 17: Control de Calidad del Proyecto

Para realizar el Control de Calidad del proyecto el proceso por el que se monitorea y se registra los resultados de la ejecución de actividades de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar cambios necesarios. El control de calidad se lleva a cabo durante todo el proyecto. Los estándares de calidad incluyen los objetivos de los procesos y del proyecto. Los resultados del proyecto incluyen la entrega y los resultados del proyecto, tales como el desempeño de costos. A menudo, el control de calidad es realizado por un departamento de control de calidad. Lo cual el control fue determinado por la alcaldía de la ciudad de Viacha. (Anexo 20 Entrega de Certificación) Donde se demuestra los resultados del proyecto, identificando las causas de una calidad eficiente del proyecto, y recomiendan y/o implementan acciones para incentivar a otras unidades educativas. Entre otros aspectos, puede resultar útil para el equipo conocer la diferencia entre los siguientes pares de términos:

- Prevención (evitar que haya errores en el proceso del proyecto) e inspección (evitar que los errores lleguen a la parte administrativa, profesores y estudiantes).
- Muestreo por atributos (el resultado cumple o no con los requisitos) y muestreo por variables (el resultado se clasifica según una escala continua que mide el grado de conformidad).
- Tolerancias (rango especificado de resultados aceptables) y límites de control (umbrales que pueden indicar si el proceso está fuera de control).
- Seguridad industrial (señalización).
 - Atraer la atención de lo que se quiere dar a conocer o quiere informar.
 - Dar a conocer el mensaje.
 - Ser clara y de interpretación única.
 - Informar sobre la conducta a seguir.
 - Posibilidad real de cumplir con lo que se indica.

Cuidado con el término



Primeras aguas de lluvia no potable



No tocar la bomba de agua



No tocar el filtro de carbón activado



Anexo 18: Mantenimiento y limpieza

El mantenimiento debe llevarse cada 6 meses, a cargo del portero de la Unidad Educativa Hugo Banzer Suarez

0	Cerrar la llave de ingreso de agua al tanque
1	Apagar el térmico de la bomba
2	Limpieza de canaletas
3	Limpieza del tacho de la primera lluvia de agua
4	Limpieza del tanque de 1000 litros
5	Limpiar la válvula de retención
6	Limpiar el tanque de agua de 300 litros
7	Limpiar el turril de 200 litros
8	Ajustar cañerías y tubos del sistema y/o cambiar si estuviera roto o rajado para no sufrir pérdidas en el sistema
9	Observar el filtro si esta de color marrón y si no fuese así sigue activo, si cambio el color necesita cambio de filtro y reciclar el otro filtro
10	Revisar lava manos, sanitario si tiene fugas de agua

Puede efectuarse con la siguiente recomendación:

- Cerrar la llave de ingreso de agua al tanque. Luego, cerrar la válvula de la cañería de distribución interna y abrir la válvula de limpieza, hasta quedar con un fondo de 15 cm de agua, aproximadamente. No agitar ese resto ni la suciedad que contiene.
- Vaciar el tanque completamente y enjuagar varias veces. Eliminar los residuos por la válvula de desagüe.
- Limpiar al fondo, las paredes y la tapa del tanque con la ayuda de un cepillo de plástico, solo usar agua. No usar detergente.
- Llenar el tanque hasta la mitad con agua. Agregar, por cada 1000 litros de agua, 1 litro de lavandina concentrada o $\frac{1}{4}$ por cada 300 litros.

- Una vez lleno el tanque, dejar actuar como mínimo durante 1 hora. Eliminar por la cañería de distribución, abriendo todas las salidas a los usos. Nuevamente llenar y vaciar el tanque hasta eliminar el exceso de cloro.
- Llenar el tanque y poner en servicio el tanque de 1000 litros y de 300 litros.

Anexo 19: Mantenimiento de filtros

Filtro de rejillas canaletas



- Primeramente nos subimos al techo con la debida protección de arnés para no sufrir alguna caída, empezamos a retirar el filtro de red cernidor de sedimentos de partículas medianas y pequeñas, lo cual caen cuando arrastra el agua de lluvia hacia la canaleta, agarramos un cepillo y empezamos a remover partículas obstruidas en la red con un poco de detergente ya que este es el primer filtro que da contacto con basuras o eses de palomas y factor a ello este más sucio o contaminado.
- Debe limpiarse el filtro cada 6 meses ya que tenemos un aproximado de precipitaciones en los meses mencionados y aprovechamos las vacaciones de la unidad educativa Hugo Banzer Suarez.

Filtro de rejillas en el interceptor



- Para el segundo filtro sedimentador , empezamos a retirar el filtro, ya desunido el tubo de 3" y obtenemos el filtro sedimentador el cual capta sedimentos (polvo), lo cual caen cuando pasa ya el primer filtro, lo bueno es que este segundo filtro llega aun interceptor de primeras aguas de lluvia, quiere decir que toda sedimentación se quedaran en el interceptor hasta que se cierre la válvula y el agua pasara al tanque de 1000 litros casi sin sedimentos que obstruya al agua utilizada en los usos sanitarios o para beberla con la necesaria filtración mencionada más adelante
- Debe limpiarse el filtro cada 6 meses aprovechamos las vacaciones de verano e invierno de la unidad educativa Hugo Banzer Suarez.

Filtro de carbón activado



En primer lugar el agua de salida del filtro contará con un bypass controlado por una llave de paso que la retenga y no deje pasar el agua mientras el filtro se limpie, a continuación los pasos para el mantenimiento del filtro:

- retiramos el vaso de plástico transparente y sacamos el filtro de carbón activado, empezamos a lavar con una esponja con agua filtrada y proceder a limpiar la parte interior de la misma manera. No usar jabón ni cloro, solamente agua filtrada y una esponja nueva. Cuando esté completamente limpio, colocar el vaso sobre paños y cubrirlo con otro paño para que se seque, evitando que polvo o insectos caigan sobre él.
- Retiramos el cartucho de carbón activo, el filtro de carbón activo se utiliza principalmente para eliminación de sedimentos, cloro y compuestos orgánicos en el agua. El sistema de funcionamiento es el mismo que el de los filtros de arena, realizándose la retención de contaminantes al pasar el agua por un lecho filtrante compuesto de carbón activo.
- Su frecuencia de cambio es cada 6 meses dependiendo el uso constante que lo utilicen.

La Paz, 14 de mayo de 2021

Señor:

Lic. Emilio Carvajal Quispe

Director de la Unidad Educativa Gral. Hugo Banzer Suarez

Presente.-

Ref.: CERTIFICACION DE ORIENTACION AMBIENTAL A ESTUDIANTES

De mi mayor consideración.

Mediante la presente me dirijo a usted con el propósito de informarle que la **Srta. María Magda Elena Torrez Mejía con C.I. 6806149 L.P.**, ha desarrollado módulos en el área de ingeniería ambiental para enseñar y orientar a los estudiantes de la Unidad Educativa Gral. Hugo Banzer Suarez, Municipio de Viacha empezando con el proyecto Titulado:

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA- ESTUDIO DE CASO: UNIDAD EDUCATIVA GRAL. HUGO BANZER SUAREZ”.

Durante el transcurso de desarrollo de enseñanza, ha demostrado responsabilidad y compromiso con los estudiantes.

El referido trabajo de enseñanza cumple con los requerimientos establecidos por la Unidad Educativa, por ello me permito certificar y dar conformidad al desempeño en el área ambiental.

Atentamente,



Emilio Carvajal Quispe

Emilio Carvajal Quispe
DIRECTOR

Lic. Emilio Carvajal Quispe

Abog. Sonia Zenteno López

Abog. Sonia Zenteno López
COMISION TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN
Y DESARROLLO TERRITORIAL
CONCEJO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
MUNICIPAL DE VIACHA

Director de la U.E. Gral. Hugo Banzer Suarez

Vhiktar Santos Pozna Chavez

Vhiktar Santos Pozna Chavez
COMISION DE EDUCACION,
DEPORTE, CULTURA Y TURISMO
CONCEJO DEL G.A.M.V.

Rene Genaro Rojas Velasco

Rene Genaro Rojas Velasco
VICEPRESIDENTE
Concejo del Gobierno Autónomo
Municipal de Viacha

Fredy Romero

Fredy Romero Mendocá
COMISION GESTION INST Y TRANSPARENCIA
CONCEJO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
MUNICIPAL DE VIACHA

La Paz, 14 de mayo de 2021

Señor:

Lic. Emilio Carvajal Quispe

Director de la Unidad Educativa Gral. Hugo Banzer Suarez

Presente.-

Ref.: CERTIFICACION DE CONCLUSION DE PROYECTO DE GRADO

De mi mayor consideración.

Mediante la presente me dirijo a usted con el propósito de informarle que la Srta. **María Magda Elena Torrez Mejía con C.I. 6806149 L.P.**, ha desarrollado para la Unidad Educativa Gral. Hugo Banzer Suarez, Municipio de Viacha el proyecto de Grado Titulado:

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RECOLECCION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA USO SANITARIO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA- ESTUDIO DE CASO: UNIDAD EDUCATIVA GRAL. HUGO BANZER SUAREZ”.

El referido trabajo cumple con los requerimientos establecidos por la Unidad Educativa, por ello me permito certificar y dar conformidad al proyecto concluido.

Atentamente,



Emilio Carvajal Q
Emilio Carvajal Quispe
DIRECTOR
Lic. Emilio Carvajal Quispe

Director de la U.E. Gral. Hugo Banzer Suarez

Sonia Zenteno López
Abog. Sonia Zenteno López
COMISIÓN TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO TERRITORIAL
CONCEJO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE VIACHA

Vilmar Santos Poma Chavez
Vilmar Santos Poma Chavez
COMISIÓN DE EDUCACIÓN, DEPORTE, CULTURA Y TURISMO
CONCEJO DEL G.A.M.V.

Rene Genaro Rojas Velasco
Rene Genaro Rojas Velasco
VICEPRESIDENTE
Concejo del Gobierno Autónomo Municipal de Viacha

Fredy Romero
Fredy Romero
Concejal

Fredy Edgar Romero Mendez
Fredy Edgar Romero Mendez
COMISIÓN GESTIÓN INST. Y TRANSPARENCIA
CONCEJO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE VIACHA