

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE POSGRADO



“APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA, PARA OPTIMIZAR EL
USO DE AGUA POTABLE RESIDENCIAL”

TESIS

PARA OPTAREL GRADODE MAESTRO EN:
TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN

ELABORADO POR:

PEGGY GRANDEZ RODRIGUEZ

ASESOR
ALBERTO E. BISBAL SANZ

LIMA-PERÚ
2015

“APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA, PARA OPTIMIZAR EL USO DE
AGUA POTABLE RESIDENCIAL”

ING.CIVIL PEGGY GRANDEZ RODRIGUEZ

Presentado a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en cumplimiento
parcial de los requerimientos para optar el grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2015

Autor : Ing. Peggy Grández Rodríguez

Recomendado : Mag. Alberto E. Bisbal Sanz
Asesor de la Tesis

Aceptado por : Dr. Javier Arrieta Freyre
Jefe de la Unidad de Posgrado

@ 2015; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A mis Padres y Hermanos, por su amor y comprensión
A Ramiro y a mis hijas Sara L, Claudia y Jessica,
mi mas grande tesoro

AGRADECIMIENTO

A mi Asesor: Mag. Alberto E. Bisbal Sanz
mi mas sincero reconocimiento; y a todas
las personas quienes de una u otra forma
colaboraron en la culminación del presente
trabajo.

INDICE

Resumen	ix
Summary	x
Lista de Cuadros	xi
Lista de Tablas	xii
Lista de Gráficos	xii
Lista de Figuras	xiii
Lista de Anexos	xiii
INTRODUCCION	xiv
Capítulo I: GENERALIDADES	1
1.1 Aspectos Generales	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.1.2 Justificación	3
1.1.3 Hipótesis	2
1.1.4 Objetivos	3
1.1.4.1 Objetivo General	3
1.1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.1.5 Alcance	3
1.2 Marco de Referencia	3
1.2.1 El Agua en el Planeta.....	3
1.2.2 Situación Actual de Crisis	6
1.2.2.1 Incidencia del Crecimiento Poblacional	7
1.2.2.2 Incidencia de la Agricultura	10
1.2.2.3 Incidencia de la Industria y la Energía	11
1.2.2.4 Inadecuada Gestión del Recurso	12
1.2.3 El agua en el Perú	13
1.2.4 Gestión del Recurso Agua	17
1.2.5 Antecedentes del uso del agua de lluvia con fines domésticos.....	17
1.2.5.1 África	18
1.2.5.2 Asia.....	18
1.2.5.3 América	19
Capítulo II: MARCO TEORICO	21
2.1 El recurso agua, ciclo, disponibilidad y usos	21
2.1.1 El recurso agua	21
2.1.2 El ciclo hidrológico	21
2.1.3 Distribución, volumen existente y utilizable	22

2.2	El Agua Potable, usos	24
	2.2.1 El agua potable	25
	2.2.2 Usos del agua potable	25
2.3	El Agua de Lluvia	26
	2.3.1 Oferta	27
	2.3.2 Usos del agua de lluvia	28
	2.3.3 Ventajas y Desventajas del uso del agua pluvial	28
	2.3.4 El agua de lluvia, alternativa para optimizar el uso de aguapotable	29
2.4	Sistemas para aprovechamiento de agua de lluvia –SCALL	30
	2.4.1 Área de Captación	30
	2.4.2 Sistema de Recolección y Conducción	32
	2.4.2.1 Red de recolección y conducción	32
	2.4.2.2 Dispositivo para primeras aguas	33
	2.4.3 Infraestructura de almacenamiento	34
	2.4.4 Sistema de Distribución	37
	2.4.4.1 Tanque elevado	37
	2.4.4.2 Sistema de bombeo	37
	2.4.4.3 Red de distribución	38
2.5	Información básica en el diseño de un sistema de cosecha de agua de lluvia	38
	2.5.1 Bases del diseño	38
	2.5.2 Criterios para establecer la precipitación y demanda De diseño	38
	2.5.2.1 Precipitación promedio mensual	38
	2.5.2.2 Demanda de diseño	39
2.6	Normatividad existente	39
Capítulo III: EL CASO DE ESTUDIO: CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - FICA		
		42
3.1	Localización	42
3.2	Características de la zona en estudio	44
	3.2.1 Datos Generales	44
	3.2.2 Transporte	44
	3.2.3 Características del área de influencia	45
	3.2.4 Ciudad Universitaria de la UNSM-FICA	51
3.3	Ingeniería Básica	54
	3.3.1 Precipitación	54
	3.3.2 Precipitación Media Anual	54

3.3.3 Precipitación Media Mensual	55
3.3.4 Intensidad de la Precipitación	56
Capítulo IV: PARAMETROS DE DISEÑO	58
4.1 Demanda de Agua	58
4.1.1 Beneficiarios del sistema.....	58
4.1.2 Dotación diaria.....	58
4.1.3 Demanda diaria	59
4.1.4 Demanda mensual de agua	59
4.2 Oferta de Agua de Lluvia.....	60
4.2.1 Información pluviométrica mensual.....	60
4.2.2 Cálculo de la precipitación pluvial neta	61
4.2.3 Información pluviométrica diaria	61
4.2.4 Área de captación	63
4.2.5 Cálculo de oferta de agua de lluvia	64
4.3 Balance.....	64
Capítulo V: INGENIERIA DEL PROYECTO	65
5.1 Planteamiento General	65
5.2 Captación	68
5.3 Determinación del volumen de almacenamiento	69
5.3.1 Volumen de almacenamiento	69
5.3.1.1 Almacenamiento, con un área de captación de 1,870 m ²	69
5.3.1.2 Almacenamiento, con un área de captación de 2,590 m ²	70
5.3.2 Simulación del sistema	71
5.3.2.1 Simulación del sistema, con un área de captación de 1,870m ²	73
5.3.2.2 Simulación del sistema, con un área de captación de 2,150 m ²	74
5.3.2.3 Simulación del sistema, con un área de captación de 2,590 m ²	74
5.4 Sistema de Recolección y Conducción	76
5.4.1 Red de recolección y conducción	76
5.4.2 Interceptor de primeras aguas	77
5.5 Almacenamiento	79
5.5.1 Cisterna	79
5.6 Sistema de distribución	79

5.6.1 Tanque elevado	79
5.6.2 Sistema de Bombeo	80
5.6.3 Red de distribución	81
5.6.3.1 Máxima Demanda Simultánea	81
5.6.3.2 Cálculo Hidráulico de redes	82
5.7 Costos y Presupuesto	82
5.7.1 Área de captación	82
5.7.2 Sistema de conducción y primeras aguas	82
5.7.3 Sistema de almacenamiento	83
5.7.4 Sistema de distribución	84
5.7.5 Presupuesto	85
5.8 Valor Actual Neto (VAN)	85
5.9 Selección de la Alternativa	94
5.10 Escalamiento	95
5.11 Replicabilidad del modelo	97
Capítulo VI: RESULTADOS.....	100
6.1 Precipitación Promedio.....	100
6.2 Volumen de almacenamiento de Agua de Lluvia.....	101
6.3 Evaluación Económica	101
6.4 Alternativa mas favorable	102
6.5 Potencial de Ahorro de Agua Potable	102
6.4 Presupuesto.....	104
6.5SCALL en viviendas urbanas	104
6.6 Propuesta de Borrador Norma Técnica para Imple - mentación y Regulación del uso del agua de lluvia	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA	107
ANEXOS	110

RESUMEN

La importancia del recurso agua en la vida del hombre es fundamental, pues este elemento es la base de su existencia, sin este recurso en cantidad y calidad adecuada, la vida de todo ser viviente sufre primero un grave deterioro y si dicha carencia continua en el tiempo, rápidamente se extingue la vida del ser viviente; por lo que se hace importante hacer uso racional y eficiente de este recurso.

Para optimizar el uso de agua potable en las edificaciones se vienen tomando medidas que cumplen con la meta de uso eficiente de agua, entre ellas se destaca las alternativas tecnológicas: uso de dispositivos ahorradores como aireadores y reductores volumétricos o de caudal, válvulas para sanitarios de bajo consumo; así como el uso de fuentes alternativas de abastecimiento en el que se encuentra el uso de aguade lluvia.

El siguiente estudio es un aporte a los procesos de gestión del agua, que presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua pluvial para fines domésticos, como alternativa para el ahorro de agua potable, suministrando agua a los aparatos que no requieran que ésta sea potable, tal es el caso de limpieza de sanitarios (inodoros y urinarios). Para ello se desarrolla el caso de estudio en la Ciudad Universitaria de la UNSM - Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Se enfoca en éste documento cuatro aspectos principales: (1) cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona estudiada, (2) evaluación del volumen de agua potable ahorrado con el aprovechamiento del agua lluvia, (3) estimación del presupuesto para la construcción del sistema y la proyección del ahorro generado al utilizar la solución propuesta y (4) Propuesta de adecuación de la normatividad vigente para la implementación y regulación de uso de aguas de lluvia como fuente de suministro de agua para edificaciones.

Los resultados sugieren que el aprovechamiento de agua lluvia es una opción técnicamente viable, pero requiere de una inversión inicial que en el tiempo es recuperada, por lo que puede representar una solución interesante para contribuir a la gestión y el desarrollo sostenible; es preferible que el sistema se implemente durante el proceso constructivo de edificaciones nuevas, pues de esa forma es mas fácil y económico; esto podría lograrse progresivamente con la incorporación en la normatividad vigente de una disposición en tal sentido, de tal forma que en un futuro próximo sea posible la utilización de agua no potable en determinados servicios domésticos en forma organizada.

SUMMARY

The importance of water resource in the life of man is fundamental because this element is essential for his existence, without this resource in quantity and quality, every way of life would first suffer serious deterioration and if that lack of water continues in the time, life would quickly become extinct; so it is important to make rational and efficient use of this resource.

To optimize the use of water in buildings some steps are being taken to reach the goal of efficient water use, including technological alternatives: use of water-saving devices such as aerators and volumetric flow reducers or low-power-consumption toilet valves; and the use of alternative sources of supply such as the use of rainwater.

The following research is a contribution to the processes of water management, which presents the conceptual engineering towards a proposal to design a system of rainwater use for domestic purposes, as an alternative to save drinking water, supplying water to systems that do not require clean water, that is the case of cleaning toilets (toilets and urinals). For this reason this study was developed in the National University of San Martín - Faculty of Civil Engineering and Architecture.

Four major aspects are presented in this document: (1) calculation of the available rainwater volumes in the study area, (2) assessment of the volume of water saved through the use of rain water, (3) estimation of the budget for the construction of the system and projection of the savings generated by using the proposed solution and (4) Proposal of adequacy of current regulations for the implementation and regulation of use of rainwater as a source of water supply for buildings.

The results suggest that the use of rainwater is technically a viable alternative, but requires an initial investment that is recoverable in time, so it can be a good solution to contribute to the management and sustainable development; it is preferable that the system is implemented during the construction process of new buildings, because that way is easier and cheaper; this could be achieved progressively by incorporating new rules in the current regulations to that effect, so that in the near future the use of non-potable water in certain domestic services will be possible in an organized way.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro N° 1.1: Relación entre el volumen de agua y el número de habitantes expresados en % a Nivel de Continentes, 2003
- Cuadro N° 1.2: Evolución de la Población Mundial
- Cuadro N° 1.3: Disponibilidad de Agua por Habitante, según Regiones
- Cuadro N° 1.4: Disponibilidad de Agua, según Región Hidrográfica
- Cuadro N° 1.5: Distribución Hídrica y Distribución Poblacional, por Región Hidrográfica
- Cuadro N° 1.6: Evolución de la Población Urbana y Rural
- Cuadro N° 1.7: Uso del Agua en el Perú
- Cuadro N° 2.1: Viviendas con Servicio de Agua Potable, por número de horas, en San Martín
- Cuadro N° 2.2: Uso del Agua, en Viviendas
- Cuadro N° 3.1: Pabellones de la FICA
- Cuadro N° 3.2: Valores de Consumo y Costo del Agua Potable, en la Ciudad Universitaria
- Cuadro N° 3.3: Precipitación Pluvial Mensual y Anual, en la Ciudad de Tarapoto, Período 1998 - 2013
- Cuadro N° 3.4: Precipitación Media Mensual, en la Ciudad de Tarapoto, período 1998 - 2013
- Cuadro N° 4.1: Dotación Diaria, por persona
- Cuadro N° 4.2: Demanda Diaria de Agua
- Cuadro N° 4.3: Demanda Mensual de Agua
- Cuadro N° 4.4: Valores de Precipitación Mensual en mm
- Cuadro N° 4.5: Valores de Precipitación Promedio Mensual en mm., período 1998-2013
- Cuadro N° 4.6: Valores de Precipitación Promedio Neta Mensual en mm
- Cuadro N° 4.7: Promedio de la Precipitación Diaria de los Años 2010, 2011, 2012 y 2013
- Cuadro N° 4.8: Áreas de Techo de Pabellones de la FICA
- Cuadro N° 4.9: Valores de Agua Pluvial Disponible
- Cuadro N° 5.1: Volumen Mensual de Agua Pluvial Disponible y Requerida Área Captación 1,870 m²
- Cuadro N° 5.2: Volúmenes Acumulados, Oferta y Consumo, Área Captación 1,870 m²
- Cuadro N° 5.3: Volúmenes Acumulados, Oferta y Consumo, Área Captación 2,590 m²
- Cuadro N° 5.4: Agua de Lluvia Utilizada, según Volumen de Almacenamiento, Área Captación 1,870 m²
- Cuadro N° 5.5: Agua de Lluvia Utilizada, según Volumen de Almacenamiento, Área Captación 2,150 m²
- Cuadro N° 5.6: Agua de Lluvia Utilizada, según Volumen de Almacenamiento, Área Captación 2,590 m²
- Cuadro N° 5.7: Alternativas según Área de Captación y Volumen de Almacenamiento
- Cuadro N° 5.8: Metrados Red de Recolección y Conducción
- Cuadro N° 5.9: Red de Conducción
- Cuadro N° 5.10: Volumen Tanques de Primeras aguas

Cuadro N° 5.11: Dimensionamiento del Sistema de Bombeo
 Cuadro N° 5.12: Caudales en aparatos sanitarios
 Cuadro N° 5.13: Presupuestos de los Sistemas de Conducción
 Cuadro N° 5.14: Presupuestos de Cisternas de Almacenamiento
 Cuadro N° 5.15: Presupuesto del Sistema de Distribución
 Cuadro N° 5.16: Presupuestos de las diferentes alternativas
 Cuadro N° 5.17: Valor de Rescate de Cisterna
 Cuadro N° 5.18: Evaluación del Valor Actual Neto, Área de captación 1870 m², Volumen de 10 m³
 Cuadro N° 5.19: Evaluación del Valor Actual Neto, Área de captación 1870 m², Volumen de 20 m³
 Cuadro N° 5.20: Evaluación del Valor Actual Neto, Área de captación 2150 m², Volumen de 10 m³
 Cuadro N° 5.21: Evaluación del Valor Actual Neto, Área de captación 2150 m², Volumen de 20 m³
 Cuadro N° 5.22: Evaluación del Valor Actual Neto, Área de captación 2590 m², Volumen de 10 m³
 Cuadro N° 5.23: Evaluación del Valor Actual Neto, Área de captación 2590 m², Volumen de 20 m³
 Cuadro N° 5.24: Resumen de Evaluación
 Cuadro N° 5.25: Variables de Riesgo y Factor de Escalamiento
 Cuadro N° 5.26: Variación del VAN, ante el Escalamiento de Variables
 Cuadro N° 5.27: Variación del Uso del Agua Pluvial, ante escalamiento de variables
 Cuadro N° 5.28: Resumen Costos y Características de Alternativas Analizadas
 Cuadro N° 5.29: Precios Unitarios promedio, por Componente de SCALL
 Cuadro N° 6.1: Precipitación Promedio Mensual en mm.
 Cuadro N° 6.2: Resumen Resultados
 Cuadro N° 6.3: Potencial de Ahorro de Agua Potable
 Cuadro N° 6.4: Volúmenes Acumulados Oferta – Consumo en una vivienda
 Cuadro N° 6.5: Simulación Diaria del Sistema, con diferentes cisternas
 Cuadro N° 6.6: Potencial de Ahorro de Agua Potable, en una vivienda

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Coeficientes de Esguerrimiento
 Tabla N° 2.2: Material Recomendado en Depósitos Para Almacenar Agua, según su Capacidad
 Tabla N° 3.1: Clasificación de la Intensidad de la Precipitación

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico N° 1.1: Usos del agua en el mundo
 Gráfico N° 1.2: Crecimiento de la Población Mundial
 Gráfico N° 1.3: Evolución del Consumo de Agua Mundial entre 1900 y 2025
 Gráfico N° 1.4: Evolución de la Población, Urbana y Rural
 Gráfico N° 1.5: Usos del Agua en el Perú

Gráfico N° 2.1: Distribución del Agua del Planeta. PNUMA
Gráfico N° 5.1: Uso del Agua Pluvial, Según Capacidad de Almacenamiento
Gráfico N° 6.1: Precipitación Promedio Mensual
Gráfico N° 6.2: Potencial de Ahorro de Agua Potable
Gráfico N° 6.3: Potencial de Ahorro de Agua Potable

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.1: El Ciclo Hidrológico
Figura N° 2.2: Canaletas de Recolección y Bajantes
Figura N° 2.3: Canaleta Provista de Malla
Figura N° 2.4: Interceptor de Primeras Aguas
Figura N° 3.1: Ubicación del Departamento de San Martín
Figura N° 3.2: Ubicación de la Provincia de San Martín
Figura N° 3.3: Imagen Satelital
Figura N° 3.4: Esquema de la FICA
Figura N° 4.1: Disposición de los techos de la FICA
Figura N° 5.1: Planta General del Sistema
Figura N° 5.2: Interceptor de primeras aguas

ANEXOS

Anexo N° 01: Información Pluviométrica
Anexo N° 02: Simulación del Sistema
Anexo N° 03: Cálculo Hidráulico de la red de agua
Anexo N° 04: SNIP: Parámetros de Evaluación
Anexo N° 05: Factor de Escalamiento
Anexo N° 06: Evaluación del planteamiento, aplicado a una vivienda
Anexo N° 07: Propuesta de Borrador Norma Técnica para Implementación y Regulación del uso del agua de lluvia.

INTRODUCCIÓN

La evolución seguida por la relación oferta/demanda del recurso agua está alcanzando un nivel crítico, que se refleja en el abastecimiento de agua potable en nuestro planeta, pues la demanda viene creciendo sostenidamente en progresión geométrica, debido al fuerte crecimiento demográfico, así como la ampliación de la cobertura a sectores aún carentes de este servicio; y el volumen hídrico aprovechable es cada vez menor por el deterioro del medio ambiente, traducido en la reducción de áreas de bosques, contaminación de las fuentes de agua, por eliminación de aguas servidas sin ningún tratamiento, basura y desperdicios, etc.; si la demanda de agua potable continúa con el actual ritmo de crecimiento, aspecto previsible y lógico debido al natural incremento demográfico, en un breve período este básico elemento en la vida del hombre, será insuficiente, lo cual conllevará cada vez a mayores racionamientos con el consiguiente descenso del nivel de vida.

El escenario descrito proyecta un futuro dramático, ante el cual, en nuestro país, aún no se adoptan acciones orgánicas que contrarresten la tendencia actual, por el contrario existen conductas del hombre que insensiblemente la aceleran; siendo una de ellas el uso indiscriminado que se dá al agua potable, que en gran porcentaje es utilizada para limpieza de aparatos sanitarios, pisos, vehículos, riego de jardines entre otros.

En ciertas regiones se dispone de una importante precipitación pluvial, que puede ser aprovechada como parte de una solución sustentable e integral a la compleja crisis de la gestión de agua, tal es el caso de la Región San Martín.

En este aspecto, el presente trabajo está orientado a demostrar que es posible utilizar el agua pluvial en ciertas actividades domésticas; que actualmente se vienen realizando con agua potable, lo cual nos permitiría un ahorro de esta agua, y con ello contribuir a una gestión mas sostenible del recurso agua.

Para ello se propone un SCALL para la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín; donde se realiza una simulación del comportamiento diario del sistema, esto implica una metodología diferente para el diseño de un SCALL, pues creemos que la evaluación por períodos mensuales, en éstos casos, no asegura resultados confiables ya que la precipitación no se presenta en forma regular.

Siendo que la utilización de agua no potable, en actividades domésticas requiere que las redes de distribución de agua en las edificaciones, estén adecuadamente preparadas para tal fin, es preferible que ello se realice durante el proceso constructivo de las viviendas, pues de esa forma es mas fácil y económico; esto podría lograrse progresivamente con la incorporación en la normatividad vigente de una disposición en tal sentido, de tal forma que en un futuro próximo sea posible la utilización de agua no potable en determinados servicios domésticos en forma organizada.



CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Aspectos Generales

1.1.1 Planteamiento del Problema

La disponibilidad de recursos hídricos, en el planeta, en la cantidad y calidad requerida por el hombre, es cada vez mas aguda, esto se evidencia al observar que la disponibilidad per cápita, del recurso agua, es cada vez menor, tornandose crítica, en el abastecimiento del agua potable, pues la demanda viene aumentando sostenidamente, debido al fuerte crecimiento demográfico, así como por la ampliación de la cobertura a sectores aún carentes de este servicio; y el volumen hídrico aprovechable, para dicho efecto, es cada vez menor por el deterioro del medio ambiente, traducido en la reducción de áreas de bosques, contaminación de las fuentes de agua, por eliminación de aguas servidas sin ningún tratamiento, basura y desperdicios, etc.; si la demanda de agua potable continúa con el actual ritmo de crecimiento, aspecto previsible y lógico debido al natural incremento demográfico, la disponibilidad per cápita de este básico elemento en la vida del hombre, será cada vez mas crítica, lo cual conllevara a mayores racionamientos con el consiguiente descenso del nivel de vida.

El escenario descrito proyecta un futuro dramático, ante el cual, en nuestro país, aún no se adoptan acciones orgánicas que contrarresten la tendencia actual, por el contrario existen conductas del hombre que insensiblemente la aceleran, asi tenemos que por una parte contribuye a una mayor afectación del medio ambiente, lo que se traduce en deterioro de nuestras fuentes hídricas, y por consiguiente una menor disponibilidad de agua, y por otra parte no se gestiona la demanda del agua; lo que finalmente hace que el recurso sea más escaso y además se desperdicie, como resultado de lo cual, cada vez, deben buscarse fuentes hídricas mas lejanas y/o efectuarse mayores tratamientos, lo que además encarece el servicio.

Adicionalmente a ello, con relación a las aguas pluviales, solamente existen criterios conducentes a su eliminación, cuando en zonas de apreciable precipitación, éstas aguas pueden y deben contribuir a satisfacer los requerimientos domésticos, en actividades que no requieran agua potable; lo que optimizaría el uso de esta última.

Dentro de este contexto, es necesario plantear un modelo de gestión y condiciones que hagan viable la implementación de una red de agua para usos domésticos, alimentada por la captación de agua de lluvia, en regiones de gran precipitación pluvial, con la finalidad de optimizar el uso del agua potable.

1.1.2 Justificación

La importancia del recurso agua en la vida del hombre es fundamental, pues este elemento es la base de su existencia, sin este recurso en cantidad y calidad



adecuada, la vida de todo ser viviente sufre primero un grave deterioro y si dicha carencia continua en el tiempo, la vida se extingue; por lo tanto su importancia no admite discusión, y su preservación debe ser la mayor prioridad para el hombre.

Actualmente en diversas ciudades se presentan racionamientos en el abastecimientos de agua potable y por otra parte existen importantes sectores de la población que no han sido incorporados a la red de abastecimiento, circunstancias estas motivadas por la falta del recurso hídrico debido a la carencia de fuentes cercanas adecuadas, lo que determina el tener que efectuar importantes inversiones en obras de infraestructura para conducir el agua a los centros de tratamiento, problemática que cada vez se torna mas aguda.

Por ello, no solamente se justifica la utilización del agua de lluvia, en los quehaceres domésticos que no requieren la calidad de agua potable, en las regiones donde la precipitación pluvial se presenta en forma importante, sino que debe ser hasta cierto punto una obligación su utilización en forma organizada, pues resulta irracional que, por ejemplo, en nuestras viviendas continuemos utilizando agua potable cara y cada vez mas escasa en servicios que no requieren agua de esta calidad, como son limpieza de servicios higiénicos, lavado de ropa, limpieza de pisos, riego de jardines, etc.; siendo este volumen del orden del 60% del agua potable utilizada; cuando es factible la utilización de agua de lluvia para esta actividad. Esta alternativa permitirá optimizar el uso de agua potable, permitiendo que se dé una mayor cobertura del servicio con el mismo volumen de agua potable.

En este aspecto, el presente trabajo busca demostrar que es posible utilizar el agua pluvial en ciertas actividades domésticas que actualmente se vienen realizando con agua potable, lo cual nos permitiría un ahorro de ésta agua, y con ello contribuir a una gestión mas sostenible del recurso agua, dandole valor al agua pluvial. Todo esto creemos se puede lograr y además con beneficios económicos para el usuario.

Para ello se propone el diseño de un SCALL para la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín; donde realizaremos una simulación del comportamiento diario del sistema, ésto implica una metodología diferente para el diseño de un SCALL; pues creemos que la evaluación por períodos mensuales, en éstos casos, no asegura resultados confiables, ya que la precipitación no se presenta en forma regular y ésto distorsiona los cálculos.

En base a los resultados obtenidos se formulará una propuesta normativa para la incorporación de Sistemas de Cosecha y Aprovechamiento de Agua de Lluvia, para edificaciones en zonas de importante precipitación pluvial, logrando con ello optimizar el uso del agua potable.



1.1.3 Hipótesis

Un modelo de gestión y condiciones adecuadas harían viable la implementación de una red de agua para usos domésticos, alimentada por la captación de lluvias en regiones de importante precipitación pluvial, con la finalidad de optimizar el uso del agua potable.

1.1.4 Objetivos

1.1.4.1 Objetivo General

Proponer un modelo de gestión y condiciones adecuadas que hagan viable la implementación de una red de agua para usos domésticos, alimentada por la captación de lluvias en regiones de importante precipitación pluvial, con la finalidad de optimizar el uso del agua potable.

1.1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar la oferta hídrica mediante los registros pluviométricos, en el distrito de Tarapoto.
- Desarrollar un sistema de aprovechamiento de aguas de lluvias para su uso en: limpieza de sanitarios (inodoros y urinarios); en la Ciudad Universitaria de UNSM- FICA; evaluando el potencial de ahorro de agua potable.
- Analizar la viabilidad económica para la instalación de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en la en la Ciudad Universitaria de UNSM- FICA, distrito de Morales.
- Propuesta de adecuación de la normatividad vigente para la implementación y regulación del uso de aguas de lluvia como fuente de abastecimiento de agua para edificaciones.

1.1.5 Alcance del Trabajo

Comprobar la factibilidad técnica – económica de implementar un sistema que permita utilizar el agua de lluvia, en sustitución de agua potable en edificaciones, sin afectar la calidad de vida de los usuarios; a fin de proponer una metodología de cálculo y formular un borrador de normativa que promueva y regule el uso de dicho sistema en áreas urbanas.

1.2 Marco de Referencia

1.2.1 El Agua en el Planeta

De acuerdo a investigaciones realizadas por científicos, la vida en el planeta, surge en el agua y utiliza a ésta para su desarrollo y evolución; se estima que los primeros humanos aparecen como especie hace menos de 100,000 años; siendo el agua, además del aire, los elementos esenciales para su subsistencia; con el trascurso del tiempo, el hombre desarrolla herramientas y



aprende a cultivar sus alimentos, en lugar de limitarse a recogerlos, posteriormente, doméstica y cria animales para su consumo; surgen las civilizaciones y el hombre comienza a migrar a grandes distancias; siendo por mucho tiempo su actividad económica básicamente la agraria. Es entonces que se dan los primeros esfuerzos para desarrollar la agricultura de regadío en los valles de los ríos; llegando a utilizar las fuentes naturales de agua para mejorar la producción agrícola, asegurando su alimentación; así nacen las primeras aldeas agrícolas estables.

Es a partir de la invención de la máquina de vapor, donde comienza un proceso de industrialización, surgiendo con ello una nueva forma de organización del trabajo, lo que genera un gran cambio en la sociedad, la que migra con mayor intensidad de rural a urbana, dando como resultado un crecimiento acelerado de la población urbana; este cambio en la forma de vida de un importante volumen poblacional trae consigo un inusitado incremento en la demanda del recurso agua en las ciudades, pues debe atenderse a una población que crece aceleradamente, pero además ahora se suma el requerimiento hídrico para el proceso industrial.

En el siglo XX ocurre un notable crecimiento poblacional mundial, lo que a su vez incrementa en progresión geométrica la demanda de agua, pues la mayor cantidad de alimentos, presiona por un mayor volumen de agua para la agricultura, a lo que debe sumarse los mayores requerimientos para la industria y uso doméstico; lo que determinó que entre los años 1900 a 2000 la población del mundo crezca 3.7 veces, y la demanda de agua se ha sextuplicado. En el siglo XX se ha dado un gran crecimiento económico, donde la industria se ha desarrollado notablemente y por lo tanto ha utilizado mayor volumen de agua, pero se sabe también que los procesos industriales en sí constituyen una amenaza para la calidad del agua, por la contaminación que originan, generalmente, en torno a los grandes centros urbanos.

De acuerdo a lo señalado por el Consejo Mundial del Agua, debido al crecimiento de la población, se proyecta que la disponibilidad anual promedio per cápita de recursos renovables de agua disminuirá de 6,600 metros cúbicos en el año 2000, a 4,800 metros cúbicos en el año 2025 y que por la distribución desigual de estos recursos, unos 3 mil millones de personas vivirán en países, total o parcialmente áridos o semi-áridos, que disponen de menos de 1,700 metros cúbicos per cápita, cantidad por debajo de la cual las personas comienzan a sufrir tensión por falta de agua.

Cuantitativamente se estima que aproximadamente 47,000 km³ de agua, en el mundo, están potencialmente disponibles para su aprovechamiento por parte del hombre; y que el consumo de agua dulce en el año 2000 se estimó en 4,000 km³, o sea, alrededor del 10 por ciento del suministro renovable anual; estas cifras parecerían indicar una abundante disponibilidad de agua para el consumo humano, entonces, ¿por qué se percibe una escasez?; básicamente por tres motivos:

- El agua está muy inequitativamente distribuída en el mundo;
- El agua se distribuye de forma desigual en el tiempo;



- El agua es necesaria para todas las formas de vida, y es un insumo indispensable para la provisión de servicios ambientales de los que dependemos.

Cuadro N° 1.1: Relación entre el volumen de agua y el número de habitantes expresados en % a Nivel de Regiones, 2003

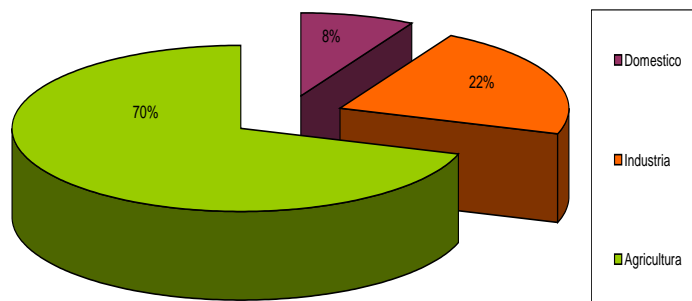
REGIONES	AGUA (%)	HABITANTES (%)
Asia	36	60
África	11	12
América del Norte y Central	15	8
América del Sur	26	6
Australia	4	1
Europa	8	13

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

Además las cifras de extracción y consumo no muestran la proporción mucho mayor de recursos hídricos “que se utilizan” debido a la degradación en su calidad, es decir, contaminados y de menor valor aguas abajo; además las precipitaciones y las escorrentías fluviales se producen en cantidades grandes durante períodos muy breves, y no están disponibles para uso humano o se requiere una infraestructura enorme para almacenarla para uso futuro, con impactos sociales y ambientales considerables.

El agua que está disponible tiene tres usos principales: la industria, la agricultura y el doméstico, según la UNESCO a escala mundial, el 70% de la extracción anual de agua dulce se destina a la agricultura; para la industria el 22% y para el consumo doméstico un 8%.

Gráfico N° 1.1: Usos del agua en el mundo



Fuente: UNESCO



Como se aprecia el gran consumidor de agua en el mundo es el sector Agricultura, seguido del sector industrial y luego el doméstico.

1.2.2 Situación Actual de Crisis

Estudios realizados por organismos, como PNUD y la FAO, señalan que aunque no se puede hablar de escasez hídrica a nivel global, va en aumento el número de regiones con niveles crónicos de carencia de agua; registrándose que actualmente cerca de 1,200 millones de personas, viven en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación, y otros 1,600 millones, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, por que los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde los ríos y acuíferos.

De acuerdo a dicha información, la escasez de agua, en el lugar requerido, constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo; pues a pesar de que hay suficiente agua en el planeta para abastecer a los 7,000 millones de personas que lo habitamos; la misma, ésta distribuida de forma irregular, se desperdicia, es contaminada y se gestiona de forma insostenible. Por ello este líquido elemento, actualmente, no esta al alcance, en la cantidad y calidad necesarias, para toda la población; al respecto la OMS señala que, hoy en día, una de cada tres personas del mundo no dispone de agua suficiente para satisfacer sus necesidades diarias, y que el problema está empeorando con el crecimiento de las ciudades, de la población y con el consiguiente aumento de los requerimientos de agua en la agricultura, la industria y los hogares.

Al respecto es pertinente señalar que de acuerdo a la ONU, actualmente la mitad de la humanidad vive en ciudades y que dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial habitará en núcleos urbanos; siendo este crecimiento urbano mayor en los países en desarrollo, donde las ciudades aumentan su población, en 5 millones de habitantes al mes, lo que trae consigo grandes desafíos, entre los cuales el suministro de agua es el más urgente, pues se sobrecarga la infraestructura de abastecimiento de agua, aspecto que se agrava por la situación geográfica de muchas ciudades, lo que ha llevado, y continúa haciéndolo, a sobreexplotar fuentes hídricas frágiles.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) aproximadamente 1,800 millones de habitantes del mundo entero en el año 2050 se encontrarán en crisis debido a la creciente demanda del recurso hídrico; ya que la demanda del recurso hídrico crecerá a medida que la población aumente, pero los recursos hídricos permanecerán estables en términos de la cantidad disponible.

En resumen se aprecia que el consumo de agua en el mundo se ha incrementado notablemente y la disponibilidad de los recursos renovables de agua, por persona, ha decrecido y continúa haciéndolo aceleradamente, vislumbrándose a corto plazo carencias de agua en diferentes zonas del planeta, entre las cuales se encuentra la zona costera de nuestro país.



En el futuro, se estima que entre los años 2000 y 2050 la población mundial aumentará en 50% determinando un incremento de, por lo menos, igual proporción de agua destinada al consumo humano. Este incremento poblacional, asociado a la mayor producción de aguas residuales, a las variaciones en la disponibilidad de agua, agravadas por el cambio climático, determinaran que, si no se adoptan medidas apropiadas, el agua necesaria para la producción de alimentos, procesos industriales y otros usos será cada vez más escasa y de menor calidad.

En las actuales condiciones, la cantidad de agua dulce disponible por habitante al año 2025 será de 4,800 m³, cuando en el año 2000 fue de 6,800 m³.; sin considerar las consecuencias de la distribución extremadamente desigual de este recurso en el planeta.

Al respecto la Organización Mundial de la Salud, estima que en el 2025, cerca de 2,000 millones de personas vivirán en países o en regiones donde la escasez de agua será absoluta y los recursos hídricos por persona estarán por debajo de los 500 metros cúbicos anuales recomendados, cantidad de agua que necesita una persona para llevar una vida sana e higiénica.

El segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo señala que, para satisfacer la demanda actual y futura de agua, se debe dar más atención a enfoques tales como la reutilización de las aguas, y la captación de agua de lluvia, para incrementar la disponibilidad de fuentes de agua naturales.

1.2.2.1 Incidencia del Crecimiento poblacional

Siendo el agua vital para toda forma de vida en el planeta y que condiciona cualquier tipo de actividad humana, el crecimiento poblacional origina en forma permanente una mayor demanda de agua; al respecto veamos la evolución cuantitativa de la población.

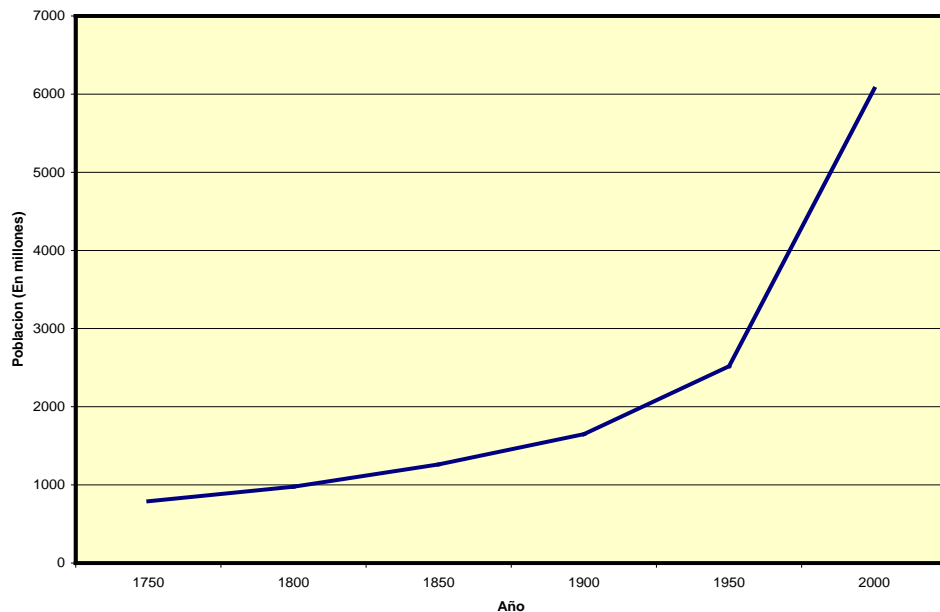
Cuadro N° 1.2: Evolución de la Población Mundial

Año	1750	1800	1850	1900	1950	2000
Población (en millones)	791	978	1,262	1,650	2,518	6,070

Fuente: Wikipedia



Gráfico N° 1.2: Crecimiento de la Población Mundial



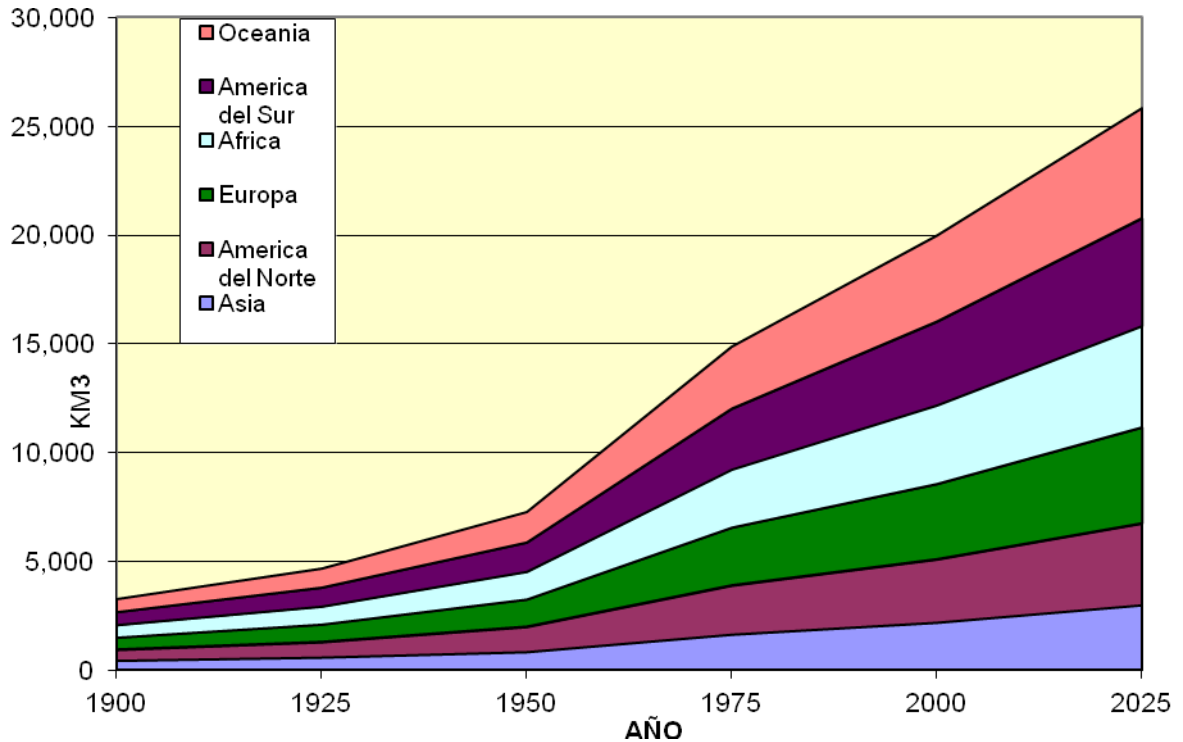
Fuente: Wikipedia

El acelerado crecimiento de la población ha sido uno de los hechos mas notorios ocurridos durante el siglo XX, fundamentalmente en el período 1950 – 2000; tal como se aprecia en el Gráfico N° 1.2, lo cual ha originado enormes repercusiones en el uso de los recursos, sobre todo del agua, pues ésta es indispensable para la subsistencia del hombre, a medida que la población crece, ocurre lo mismo con la demanda de agua, y en los últimos tiempos el crecimiento de la demanda de agua, proporcionalmente, supera ampliamente el crecimiento poblacional, pues los hábitos y la forma de vida demandan mayor consumo per cápita, pero a medida que la población crece, inevitablemente la cantidad disponible del recurso renovable agua, por persona, disminuye.

De acuerdo a las cifras mostradas la población del planeta creció 3.7 veces en el siglo XX, pero en el mismo período el consumo de agua se multiplicó por seis, tal como se aprecia en el Gráfico N° 1.3, al pasar de aproximadamente 650 km³ a 4,000 km³, esto se explica por que a la demanda urbana de agua hay que añadir la creciente demanda para la producción de: alimentos, energía, bienes industriales, y mantenimiento de los ecosistemas naturales; sin embargo, los recursos hídricos globales, son limitados y están mal distribuidos, y tener que suministrar seis veces más agua ahora que hace 100 años tiene impactos significativos en el medio ambiente.



Gráfico N° 1.3: Evolución del Consumo de Agua Mundial entre 1900 y 2025



El crecimiento de la población contribuye a la escasez de agua simplemente porque el agua disponible debe repartirse entre un número cada vez mayor de personas. Pues cada región o país tiene una cantidad casi estable de recursos hídricos, la cual está generada por la precipitación; con el transcurso del tiempo, ésta reserva renovable va dividiéndose entre un número cada vez mayor de personas, hasta que sobreviene la escasez de agua.

Cuadro N° 1.3: Disponibilidad de Agua por Habitante, según Regiones

REGION	1950	1960	1970	1980	2000
	(miles de m3)				
África	20.60	16.50	12.70	9.40	5.10
Asia	9.60	7.90	6.10	5.10	3.30
América Latina	105.00	80.20	61.70	48.80	28.30
Europa	5.90	5.40	4.90	4.40	4.10
América del Norte	37.20	30.20	25.20	21.30	17.50

"APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA OPTIMIZAR EL USO DE AGUA POTABLE RESIDENCIAL"



Fuente: N.B. Ayibotele. 1992. The world's water: assessing the resource. Documento de fondo de la ICWE, Dublín, Irlanda.

Como se aprecia entre los años 1950 - 2000, que fue el período de mayor crecimiento poblacional en el mundo, en todas las regiones ocurre una reducción notable en la disponibilidad de agua por persona, y si bien las cifras dan resultados promedio, dentro de un rango aceptable, cuando se hace un análisis más detallado, se presentan zonas donde la disponibilidad de agua están ya en rangos de estrés hídrico. Al respecto el índice de estrés hídrico de Falkenmark, considera que un país o región experimenta "estrés hídrico" cuando la disponibilidad anual de agua es inferior a los 1,700 metros cúbicos por persona por año; si el nivel se encuentra entre 1,700 y 1,000 metros cúbicos por persona por año, se prevé una escasez de agua limitada o periódica; se considera que un país o región enfrenta a una situación de escasez de agua, cuando el nivel cae debajo de 1,000 metros cúbicos por persona por año.

En el 2006, existían 700 millones de personas que en 43 países estaban viviendo por debajo del umbral de 1,700 metros cúbicos por persona; el estrés hídrico se está intensificando en regiones como China, India y África subsahariana; el continente africano tiene el mayor número de países afectados por la escasez de agua; la región con mayor estrés hídrico del mundo es el Oriente Medio, con un promedio de 1,200 metros cúbicos de agua por persona.

Por otra parte la ONU considera, que aunque la cobertura de suministro de agua ha aumentado en el período 1990 y 2008, el crecimiento de la población urbana mundial hace insuficiente este avance, pues mientras que en el indicado período, 1,052 millones de ciudadanos obtuvieron acceso a fuentes de agua potable mejoradas, la población urbana creció durante ese período en cerca de 1,089 millones de personas, con lo cual a pesar de la mejora habida ésta es insuficiente para abastecer a la nueva población.

El crecimiento de la población no solo conduce a una mayor demanda de agua para usos domésticos, sino que también afecta a otros usos del agua; la demanda de alimentos crece con la población, y como correlato el agua necesaria para la producción agrícola; pero también se produce una mayor demanda de productos industriales, con la consiguiente mayor demanda de agua.

1.2.2.2 Incidencia de la Agricultura

La agricultura es el mayor consumidor de agua, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha crecido en más del 100% en los últimos 50 años, ante una mayor población que demanda alimentos, sino porque el sistema de riego, en gran parte por inundación es el menos eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas sean cuantiosas; de acuerdo a la ONU, para cubrir las necesidades nutricionales de una persona al día se requieren unos 3,000 litros de agua.



La FAO, en el 2009, estableció que a nivel mundial se cultivaron 1,527 millones de hectáreas de las cuales 1,226 correspondían al sistema de secano, y 301 millones de hectáreas son bajo riego, sin embargo, en ésta modalidad se presenta un alto porcentaje de agua que no llega a la planta sino que se pierde por infiltración, evaporación; así tenemos que la tasa de eficiencia del uso del agua de riego, medida como la cantidad de agua que una planta realmente aprovecha en relación con la cantidad total de agua extraída y suministrada por el riego, es inferior al 40%. Mejorar la eficiencia generaría importantes ahorros de agua, si se toma en cuenta que, dependiendo del cultivo se utilizan entre 9,000 y 14,000 m³/ha/año.

La agricultura bajo riego determina:

- Altas tasas de extracción, que están generando la sobreexplotación de muchos mantos acuíferos.
- La necesidad de una infraestructura adecuada.
- La degradación ambiental, que afecta la disponibilidad del agua y la recarga de los acuíferos, manifestada principalmente en la salinización de los suelos y en algunos casos la sobresaturación de los mismos; por falta de un adecuado drenaje.

1.2.2.3 Incidencia de la Industria y Energía

Después de la agricultura, los dos mayores consumidores de agua son la industria y la generación de energía, los que están incidiendo en el crecimiento del consumo de agua en las economías emergentes; pues el agua ejerce un papel fundamental en el desarrollo económico y éste siempre va acompañado de un desarrollo del agua; ya que el crecimiento económico implica, entre otros, una mayor producción industrial, para lo cual son dos los factores esenciales que deben estar presentes: el agua y la energía, siendo esta última, dependiente de la primera, ya sea como agente generador, cuando se trata de hidroenergía, o como elemento de refrigeración en otras formas de generación energética.

Por tal motivo podemos afirmar que la disponibilidad del agua es vital para el crecimiento económico y este a su vez tiene un gran impacto en los recursos hídricos y en su uso.

Se estima que el uso anual global de agua por parte de la industria alcance unos 1,170 km³ en el 2025; entonces representará un 24% del consumo total de agua; gran parte de este aumento se producirá en aquellos países que se encuentran actualmente en fase de crecimiento industrial.

Del agua que la industria requiere, la mayor parte de ella retorna al sistema de distribución, sin embargo gran parte de ella vuelve contaminada con residuos, productos químicos y metales pesados.

La demanda de agua para fines domésticos es moderada en comparación con la de la agricultura y la industria, pero sus requisitos de calidad son altos. Los usos domésticos y municipales incluyen el agua potable, el lavado, la preparación de alimentos y el saneamiento.



Paralelamente, al incremento acelerado del consumo de agua, la oferta de la misma para uso del hombre, por efectos de deterioro del medio ambiente, es decreciente; ésta situación es cada vez más aguda en el planeta; por lo que recientemente, para ciertos usos, se están dando casos de reutilización.

1.2.2.4 Inadecuada Gestión del Recurso

La gestión de los recursos hídricos se ha dado básicamente por el lado de la oferta, centrándose en la redistribución del agua cuando y donde las personas lo requerían; pero últimamente, a medida que crecen las poblaciones y paralelamente se incrementa el consumo de agua por persona, se están presentando muchos indicios de que el agua se está volviendo escasa en muchos lugares a consecuencia de que se están deteriorando los ecosistemas de los cuales se extrae el agua; al sobreexplotar y/o contaminar los recursos existentes.

Sobreexplotación

La explotación sostenible de una fuente hídrica permite que el recurso de ésta permanezca intacto, de manera que las futuras generaciones puedan seguir utilizando la parte renovable; pero si su consumo es superior a la recarga, la fuente se agota y por consiguiente el recurso se consume.

La utilización excesiva de las aguas freáticas ya es un problema importante en China, la India, Indonesia, México, África del Norte, Tailandia. El bombeo en exceso de los acuíferos no sólo reduce las fuentes de agua hasta el punto que ya no es posible abastecerse de ellas, sino que también puede causar el asentamiento del terreno situado sobre el acuífero, Bangkok y México, D.F., son ejemplos de este fenómeno. Las consecuencias ecológicas de éstos consumos desmesurados es un tema de preocupación ya que también favorecen la salinización de los pozos, un ejemplo de ello es Barcelona. En muchos lugares se están secando fuentes, arroyos y praderas.

Contaminación

Este fenómeno se presenta en las diferentes actividades humanas en mayor o menor intensidad, así tenemos que la minería causa contaminación con metales pesados, como el plomo, el mercurio; la actividad agrícola contamina las aguas subterráneas con fertilizantes y otros productos químicos; por otra parte los proyectos de riego originan, con frecuencia, un rápido aumento de los niveles freáticos, lo que da lugar a la salinización del suelo. La salinidad es una forma importante y generalizada de contaminación del agua dulce, sobre todo en zonas áridas y semiáridas y en algunas regiones costeras. La causa principal de la salinización es el efecto combinado de un drenaje insuficiente y altas tasas de evaporación, que elevan la concentración de sales en las tierras regadas.

Mucha agua se contamina en los usos industriales, agrícolas o domésticos; se ha observado que la naturaleza y el grado de la contaminación del agua dulce dependen en gran medida del desarrollo socioeconómico; los contaminantes más comunes del agua son las materias orgánicas de las aguas servidas



domésticas, los desechos municipales y los efluentes agroindustriales; la contaminación a su vez está dando lugar al denominado cambio climático.

Cambio Climático

La contaminación y los residuos industriales están poniendo en peligro los recursos hídricos, dañando y destruyendo los ecosistemas del mundo entero. En los últimos años se han observado numerosos desastres relacionados con el agua: inundaciones y grandes sequías; estos fenómenos extremos son un reflejo de los cambios que están afectando a los recursos hídricos en el mundo entero.

En la mayoría de los casos, dichos eventos están relacionados con una modificación lenta y persistente del clima global, fenómeno que se confirma cada vez de forma más evidente; la combinación de bajas precipitaciones y de una elevada evaporación en diversas regiones, causa una disminución en la cantidad de agua de los ríos, lagos y acuíferos, mientras que la creciente contaminación daña los ecosistemas.

Al respecto el Tercer Informe de la Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo, señala estar demostrado que el clima global está cambiando y que la actividad humana es en parte responsable de éste cambio, cuyos principales efectos se dejan notar en el agua; siendo el cambio climático el principal motor de los cambios sufridos por los recursos hídricos.

Asimismo refiere que los patrones y la intensidad de la actividad humana han afectado, el papel que desempeña el agua como principal agente medioambiental a tal extremo que en algunas zonas el agotamiento y la contaminación de cuencas fluviales y acuíferos de gran importancia económica han llegado a un punto de no retorno y que lidiar con un futuro sin sistemas hídricos fiables es un panorama real en algunas partes del mundo.

Añade que nuestra capacidad para mantener los servicios medioambientales de los que dependemos ha mejorado, pero sigue estando limitada por una insuficiente comprensión de la magnitud e impacto de la contaminación, y de las instituciones sociales que utilizan y gestionan los sistemas de agua. La falta de seguimiento de los efectos negativos que el uso del agua provoca en el medio ambiente y la debilidad institucional en muchos países en vías de desarrollo impide el cumplimiento efectivo de las disposiciones reguladoras; siendo precisamente en los países en vías de desarrollo, con una alta densidad de población donde se hace un uso más intensivo del agua, donde falta información relevante sobre la carga de contaminación y los cambios en la calidad del agua.

1.2.3 El Agua en el Perú



El Perú dispone de tres principales vertientes, Amazonas, Pacífico, y Titicaca, las que en conjunto permiten tener una disponibilidad de 2'046,287 Hm³, distribuidos según lo muestra el Cuadro N° 1.4.

Como se aprecia la distribución de los recursos hídricos, al igual que en el mundo, también en nuestro país, es bastante irregular. Así tenemos que mientras el 97.68% del recurso hídrico fluye por la región amazónica, por la vertiente del Pacífico, fluye el 1.8% del recurso hídrico, y finalmente, el 0.52% del agua desemboca en la vertiente del Titicaca; y si a ello adicionamos la distribución de la población, el panorama se torna aún más crítico, tal como se muestra en el Cuadro N° 1.5.

Cuadro N° 1.4: Disponibilidad de Agua, según Región Hidrográfica

Región Hidrográfica	Área (Km2)	Disponibilidad de agua (Hm3)			
		Superficial	Subterránea	Total	%
Amazonas	957,823.00	1,998,752.00		1,998,752.00	97.68
Pacífico	278,482.00	34,624.00	2,739.00	37,363.00	1.80
Titicaca	48,911.00	10,172.00		10,172.00	0.52
TOTAL	1,285,216.00	2,043,548.00	2,739.00	2,046,287.00	100.00

Fuente: Autoridad Nacional del Agua-ANA

Cuadro N° 1.5: Distribución Hídrica y Poblacional, por Región Hidrográfica

Región Hidrográfica	Disponibilidad Hídrica		Población		Disponibilidad m3/hab/año
	Hm3	%	Cantidad	%	
Amazonas	1,998,752.00	97.68	8,579,112.00	30.40	232,978.89
Pacífico	37,363.00	1.83	18,315,276.00	64.90	2,039.99
Titicaca	10,172.00	0.50	1,326,376.00	4.70	7,669.02
TOTAL	2,046,287	100.00	28,220,764	100.00	72,510

Fuente: Datos de población - Comisión Técnica Multisectorial 2009 - Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú.

En el Cuadro N° 1.5 podemos apreciar que en nuestro país, es la región hidrográfica del Pacífico la más vulnerable, pues al 2009 solo disponía de 2,040 m³/hab./año, valor que debido al fuerte crecimiento poblacional decrecerá rápidamente, pudiendo en el año 2025 estar en zona de estrés hídrico.



Es de señalar que en el año 2002, de acuerdo a la FAO, el Perú se ubicó en el puesto 17, a nivel mundial, con una disponibilidad hídrica de 74,546 m³/hab./año; la disminución que se tiene al 2009, se explica por el crecimiento de la población. El crecimiento poblacional y económico que experimenta el Perú en los últimos años demanda cada vez un mayor consumo de agua; sin embargo, este recurso tiende a ser cada vez más escaso, fundamentalmente en las zonas geográficas donde el crecimiento de la población es mas acentuado y se expanden con mayor énfasis, las actividades productivas, agrícolas o industriales.

Además de lo señalado debe indicarse que el fenómeno de migración de la población rural, hacia el sector urbano se presenta bastante marcado, de acuerdo a los datos de población que los últimos censos registran para las poblaciones urbano y rurales que a continuación se muestran:

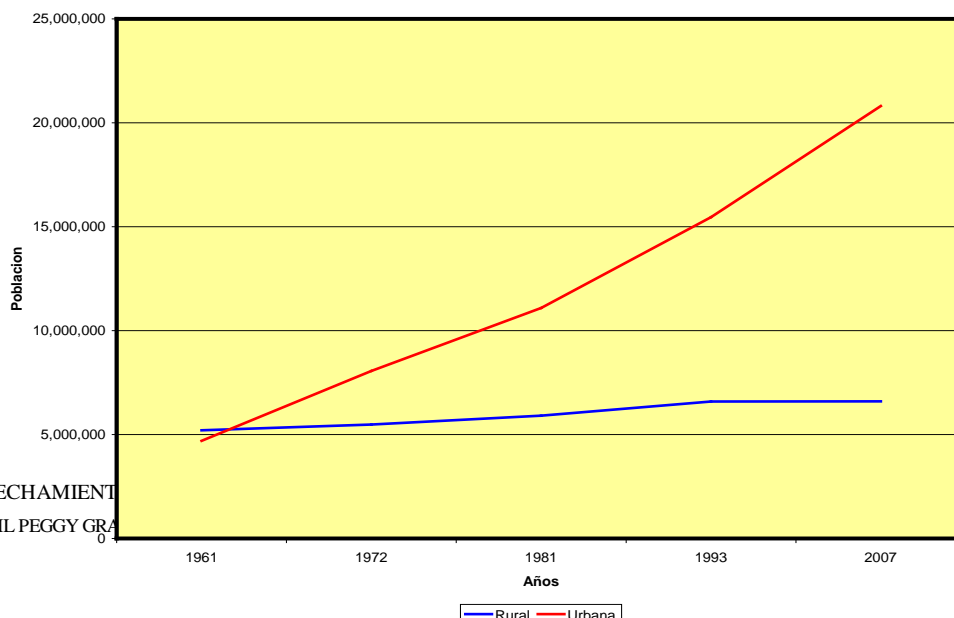
Cuadro N° 1.6: Evolución de la Población Urbana y Rural

Año	Rural		Urbana		Total	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
1,961	5,208,568.00	53	4,698,178.00	47	9,906,746	100
1,972	5,479,713.00	40	8,058,495.00	60	13,538,208	100
1,981	5,913,287.00	35	11,091,923.00	65	17,005,210	100
1,993	6,589,757.00	30	15,458,599.00	70	22,048,356	100
2,007	6,601,869.00	24	20,810,288.00	76	27,412,157	100

Fuente: INEI.

Como se aprecia la población urbana que en el año 1961 representaba el 47% de la población total, en el 2007 es el 76% de la población nacional; mientras que la población rural ha pasado del 53% en el 1961 al 24% en el 2007, y la tendencia continúa; en la figura siguiente se aprecia el crecimiento acelerado de la población urbana, mientras la población rural en el período 1993-2007 prácticamente se ha estancado.

Gráfico N° 1.4: Evolución de la Población, Urbana y Rural





El crecimiento de la población urbana se torna más sensible si consideramos que éste se da con mayor énfasis en la costa, región donde el suministro anual de agua por habitante es menor que en el resto del país, estando próximo a alcanzar el nivel de estrés hídrico.

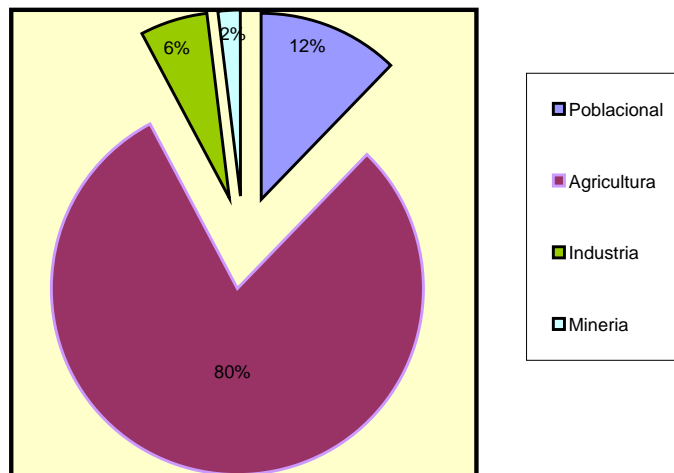
El uso del agua en el Perú comprende cuatro sectores, siendo la agricultura, el de mayor consumo y éste se da mas intenso en la vertiente del Pacífico. Es también en este ámbito hidrográfico, donde se asientan ciudades de alto crecimiento poblacional; los distintos usos del agua, en Hm3, se pueden apreciar a continuación.

Cuadro N° 1.7: Uso del Agua en el Peru

Región Hidrográfica	Uso Poblacional		Uso Agrícola		Uso Industrial		Uso Minero		Total	
	Hm3	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Amazonas	2,086.00	12	14,051.00	80	1,103.00	6	302.00	2	17,542.00	87.40
Pacífico	345.00	14	1,946.00	80	49.00	2	97.00	4	2,437.00	12.14
Titicaca	27.00	29	61.00	66	3.00	3	2.00	2	93.00	0.46
TOTAL	2,458	12	16,058	80	1,155	6	401	2	20,072	100.00

Fuente: Intendencia de Recursos Hídricos, INRENA 2006

Gráfico N° 1.5: Usos del Agua en el Peru





La desigualdad en la distribución territorial del agua, ha sido afrontada por el Estado, mediante políticas de inversión pública en grandes proyectos hidráulicos que han privilegiado a la costa, dejando sin mayor atención a la sierra y selva.

Los sistemas de riego más importantes que han sido beneficiados por grandes proyectos de irrigación son: Chancay-Lambayeque, Chira-Piura, Jequetepeque, Chavimochic, Chinecas, Olmos, en la costa norte. En la costa sur son: Choclococha en Ica; Pampa de Majes, Majes-Sihuas II, en Arequipa.

Una constatación importante es que la mayoría de los grandes proyectos hidráulicos han estado destinados a la ampliación de la frontera agrícola bajo riego. En menor proporción se han orientado a llevar agua potable a las ciudades, salvo en los casos de Lima, Ayacucho y Trujillo. También, junto al objetivo agrícola, se ha buscado generar energía hidroeléctrica.

1.2.4 Gestión del Recurso Agua

Los recursos hídricos en nuestro país están regidos por la Ley N° 29338 y su reglamento que están vigentes desde 2008; éstos contemplan que el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. El agua es un bien de uso público y su administración sólo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación.

En la gestión del recurso se ha puesto mayor énfasis en la satisfacción de la demanda y no en la regulación, ello ha limitado seriamente la eficacia de la gestión de los recursos hídricos.

La insuficiencia de agua se debe, principalmente, a una gestión ineficaz; la ausencia de un manejo del recurso, determinan que las aguas discurran sin una regulación o control, lo que hace que un gran porcentaje del recurso no se aproveche. Se permite que continúe la contaminación de fuentes de agua.

En la búsqueda de soluciones que ofrezcan resultados, es necesario enfocar la atención en la demanda; una vez que tenemos el agua en el sitio, de la lluvia o de la red, hay que usarla de manera racional: desarrollando técnicas y hábitos orientados al ahorro; Reducir, Reutilizar, y Reciclar, deberían ser pautas a observarse.

1.2.5 Antecedentes del Uso del Agua de Lluvia con Fines Domésticos

Cuando la civilización comienza a expandirse y algunos pueblos ocupan zonas alejadas de las fuentes superficiales de agua, el hombre comenzó a coleccionar las aguas de lluvia, para el consumo doméstico; desde entonces, ha desarrollado diferentes formas de captación de agua de lluvia.

Así podemos citar los ejemplos más relevantes:



En el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de hace 4,000 años.

Durante la República Romana (siglos III y IV A.C.) la ciudad de Roma en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “la Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto (“atrio”) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua lluvia llamado “impluvium”, el agua de lluvia entraba por un orificio en el techo llamado “compluvium”.

En el siglo XIX, las ciudades experimentan un gran crecimiento demográfico y territorial, entonces el abastecimiento de agua a la población se realiza desde reservorios superficiales, siendo el agua distribuida, a la población, por una red de tuberías; y por lo tanto se obvia la utilización de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia u otros sistemas alternativos.

Sin embargo a fines del siglo XX, en muchas regiones del mundo el agua comienza a escasear, pues la demanda crece en forma geométrica y en períodos secos el agua no es suficiente para el abastecimiento de estas poblaciones, dándose conflictos sociales por el agua y/o sus altos costos.

Actualmente, podemos señalar las experiencias siguientes:

1.2.5.1 África

Siendo la problemática del abastecimiento de agua potable de carácter global, es muy aguda en el continente Africano, a la escasez de fuentes hídricas con cantidad y calidad de agua necesarias, se suma las condiciones de pobreza que les impide la asignación de recursos necesarios para la construcción y operación de un sistema integrado por canales y/o tuberías.

Aunque últimamente en algunas zonas de África se ha producido una rápida expansión de los sistemas de aprovechamiento del agua pluvial, realizándose importantes proyectos en Botswana, Togo, Mali, Malawi, Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania; en el Sur de África este proceso no avanza con igual rapidez, debido a factores como: baja precipitación, reducido número y área de las cubiertas impermeabilizadas, sin descartarse el alto costo en la construcción de los sistemas, teniendo en consideración los niveles de ingresos económicos de la población.

Uno de los proyectos adelantados es el de “Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia de Muy Bajo Costo” el cual se desarrolló con el concurso de varias organizaciones Africanas y el apoyo de Development Technology Unit (Inglaterra).

1.2.5.2 Asia

Actualmente en las ciudades de Chennai y New Dheli, los Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia, son obligatorios.

En Bangladesh, ante la contaminación de las aguas subterráneas, con arsénico, la recolección de agua de lluvia surge como alternativa para el



suministro de agua en dichas áreas. Desde 1977, alrededor de mil sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia fueron instalados en el país por la ONG Forum for Drinking Water Supply & Sanitation. El agua de lluvia almacenada se usa para beber y cocinar, esta es aceptada como segura y cada vez es más utilizada por los usuarios locales.

China también sufre escasez de agua, siendo mas aguda en la meseta de Loess de Gansu, ésta es una de las áreas más pobres de China dónde el escurrimiento y el agua superficial son muy escasos, siendo la lluvia, la única fuente hídrica potencial; por ello desde 1988, se vienen probando eficientes técnicas de captación de agua de lluvia y de 1995 a 1996, el gobierno local ha implementado el proyecto llamado "121" para captación de agua de lluvia, apoyando económicamente a cada familia para construir un campo de recolección de agua, dos almacenamiento y un terreno adecuado para cultivar. Suministrando agua a 1.2 millones de personas (260,000 familias).

En Singapur los techos de los edificios, de apartamentos, son utilizados para la captación de agua de lluvia, la cual es almacenada en cisternas separadas del agua potable, para darle usos diferentes al de consumo humano.

En Tokio se están implementado instalaciones que permiten la utilización del agua de lluvia del techo de la casa, la cual es almacenada en un pozo subterráneo, desde donde mediante una bomba se extrae el agua, para el riego de jardines, aseo de fachadas y pisos, combatir incendios y como agua de consumo en situaciones de emergencia.

1.2.5.3 América

América del Sur

En Brasil diversas ONG y organizaciones ambientales trabajan en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia. En la región noroeste, de clima semiárido, donde el promedio anual de lluvia varía desde 200 hasta 1,000 mm.; las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua de lluvia en pozos excavados en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas.

Por otro lado, en ciudades como Sao Paulo, el gobierno está empezando a exigir la implementación de equipos para captar el agua de lluvia en techos que tengan una superficie mayor a 500m². Debido al aumento en el consumo y la escasez en el suministro, los sistemas para aprovechar el agua de lluvia se están haciendo cada vez más populares. Otro ejemplo del creciente interés por la captación del escurrimiento pluvial en Brasil fue la creación de la Asociación Brasileña de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, fundada en 1999.

América Central

En México, Estado de Guanajuato, localidad de San Felipe, el municipio con el apoyo de la División de Agricultura y Tecnología de Alimentos, del Tecnológico de Monterrey, desarrolló el proyecto "Agua y Vida" el cuál comenzó en 1996, el



primer desarrollo tecnológico fue un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que cuenta con una cisterna con capacidad para 500,000 litros y un área de captación cubierta de piedra laja.

La siguiente obra fue construida a las afueras del municipio y se llamó “Techo – Cuenca” y consta de dos cubiertas con pendiente que se unen en una canal la cuál está conectada a una tubería que conduce el agua a un depósito con capacidad para almacenar 285,000 litros de agua ubicado dentro del municipio, que se ha denominado “Casa del Agua y Vida” donde se distribuye agua potable a las familias que la necesiten.

Instituciones como el Jardín de Niños y la Escuela Municipal están equipadas con sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia que es utilizada para la descarga de inodoros, el aseo de pisos y baños y para regar los jardines. La población en seis años ha sido transformada y la mayoría de sus necesidades de agua han sido suplidas por los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia.

América del Norte

Se estima que más de medio millón de personas en los Estados Unidos utilizan sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, abasteciéndose de agua para usos doméstico o propósitos agrícolas, comerciales o industriales.

En Texas, a inicios del siglo XX muchos habitantes construyeron cisternas y sistemas de captación, sin embargo, con la llegada de los sistemas de distribución de agua superficial, éstos se volvieron obsoletos; sin embargo en los últimos 15 años se aprecia un renovado interés por este tipo de sistemas, actualmente se encuentran en operación alrededor de 15 mil en todo Texas.

El gobierno mediante la difusión de manuales para la instalación de métodos para captar el agua de lluvia, así como la creación de un Comité específico para la evaluación de los sistemas y la exoneración de impuestos de propiedad para este tipo de tecnologías, apoya esta actividad. En este estado opera una de las principales organizaciones para la captación y utilización del agua pluvial, la Asociación Americana de Sistemas de Captura de agua de Lluvia (ARCSA por sus siglas en inglés).

En, Vancouver, Canadá se otorga un subsidio para la compra de barriles para el aprovechamiento del agua de lluvia, como parte de un programa piloto para la conservación del agua; estos barriles se utilizan para recolectar agua de lluvia proveniente de los techos, siendo utilizada para regar los jardines y el césped, estas actividades demandan más del 40% del agua total que llega a las viviendas durante el verano.



CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 El Recurso Agua, Ciclo, Disponibilidad y Usos

El agua es el recurso más importante que existe en el planeta, ya que todos los seres vivos, lo requieren para subsistir; los seres humanos tenemos en promedio, un 70% de agua como parte del peso de nuestro cuerpo y además este recurso es indispensable para todas las funciones vitales del organismo; su falta, inicialmente, origina molestias y malestares, y si ésta persiste puede ser causa de muerte.

Siendo, el agua, vital para la sola existencia del hombre, es también fundamental para su sobrevivencia y bienestar, pues se lo requiere para beber, preparar sus alimentos, para su limpieza e higiene, para cultivar, etc.; además el agua permite el desarrollo de la industria y de todo tipo de actividades para el bienestar del hombre; y su existencia, regula el equilibrio de los ecosistemas.

2.1.1 El Recurso Agua

El agua es una sustancia natural que se encuentra en el medio ambiente, formada por hidrógeno y oxígeno (H₂O), existiendo en la naturaleza en tres estados: líquido, sólido y gaseoso.

Actualmente existe cierto consenso en afirmar que el agua posee cinco características básicas: es un recurso natural **escaso**, limitado por sus sistemas de regeneración, **irreemplazable** para la vida y el desarrollo, **irregular** en su distribución espacial y temporal, **vulnerable** y **susceptible** de usos alternativos y sucesivos.

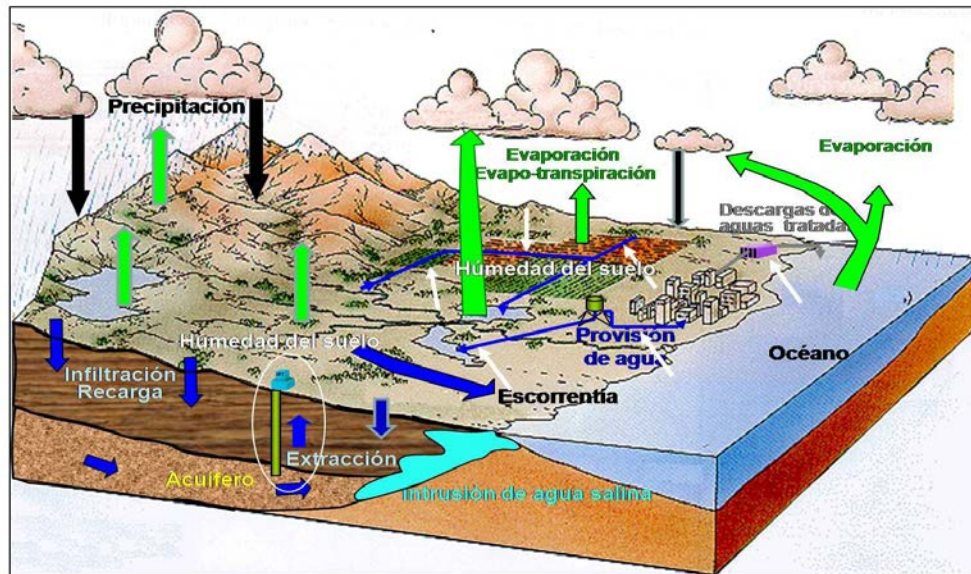
El agua, valioso recurso para la vida, es dinámica y pasa por etapas diferentes que resultan de la acción energética del sol y de la fuerza de la gravedad, factores que determinan que el agua esté en permanente movimiento, lo que genera el denominado ciclo hidrológico.

2.1.2 El Ciclo Hidrológico

Las aguas de nuestro planeta, constituyen un volumen que no se incrementa, es un volumen único, tienen un ciclo permanente, que empieza con la evaporación de las aguas de los océanos y lagos, la circulación del vapor de agua en la atmósfera, hasta formar nubes, continúa con la condensación del vapor de éstas en forma de precipitaciones, la lluvia que al caer en las partes altas del planeta, se convierten en hielo y también en aguas superficiales de los ríos, lagos y grandes embalses, las que finalmente cierran el ciclo hidrológico, regresando nuevamente a los océanos. Una parte del agua superficial, se infiltra en el terreno, formando las aguas subterráneas.



Figura N° 2.1: El Ciclo Hidrológico



El movimiento continuo de agua entre la Tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico, el cual no tiene ni principio ni fin y es un proceso continuo. El ciclo hidrológico es el mecanismo global que transfiere agua desde los océanos a la superficie y desde la superficie, o desde las plantas a la atmósfera que envuelve nuestro planeta. Los principales componentes naturales de los procesos del ciclo hidrológico son: precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración.

Las actividades humanas (asentamientos poblacionales, industria y agricultura) pueden alterar los componentes del ciclo natural a través de la utilización, reutilización y vertido de residuos en los recorridos naturales de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

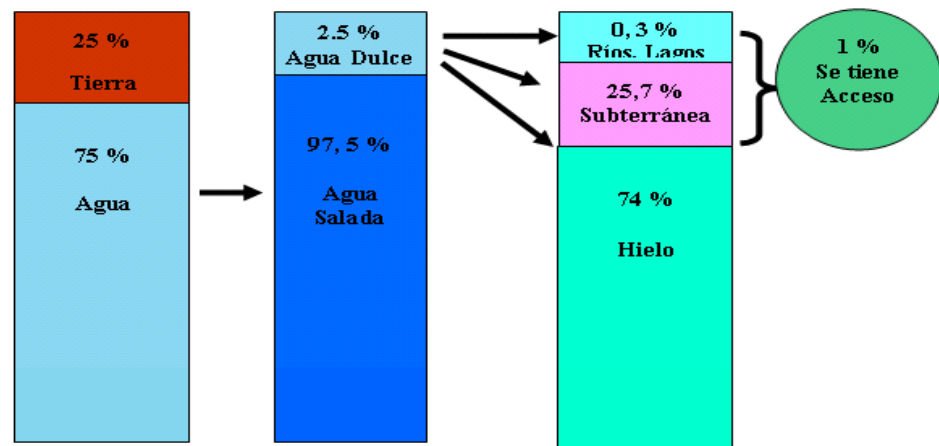
2.1.3 Distribución, Volumen Existente y Utilizable

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el 2003, señaló que el recurso agua cubre el 75% de la superficie terrestre; y que el 97,5% del agua existente era salada, sólo el 2,5% es dulce; y dentro de éste porcentaje, el 74% se encuentra en los casquetes de hielo y los glaciares; del resto la mayor parte se encuentra en las profundidades del planeta; sólo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos. Para uso humano se puede acceder, a menos del 1% del agua dulce superficial y subterránea del planeta.

El volumen total de agua en la Tierra se estima en alrededor de 1,400 millones de km³, por lo tanto solamente 35 millones de km³ es agua dulce.



Gráfico N° 2.1: Distribución del Agua del Planeta. PNUMA



Las principales fuentes de agua para uso humano son los ríos, lagos y cuencas subterráneas poco profundas, las que se renuevan en función a la evaporación y la precipitación; según (PNUMA, 2002) se estima que cada año se evaporan alrededor de 505,000 y 72,000 km³ de océanos y tierras, respectivamente; de los cuales, 458,000 km³/año se precipitan en los océanos y 119,000 km³ en las tierras, lo que determina que solo 47,000 km³ (precipitación menos evaporación), constituyan agua corriente y recarga de acuíferos; lo que constituye escasamente el 0.5% de toda el agua existente en la tierra, el resto es agua salada, o forma parte de los hielos polares. El agua dulce únicamente se renueva por la lluvia, que cae en un rango de 40,000 a 50,000 kilómetros cúbicos al año. Pero esta ínfima parte de agua dulce está siendo afectada en forma ininterrumpida, pues el hombre, se dedica a desviar, contaminar, deforestar, y agotar esa fuente limitada de agua potable a una velocidad vertiginosa.

Allerd Stikker de la Ecological Management Foundation, con sede en Amsterdam, (2001) ha señalado que: "Sencillamente hablando, la cuestión hoy en día es que mientras la única fuente renovable de agua dulce reside en la lluvia (que genera un caudal mundial más o menos constante de 40 a 45,000 km cúbicos al año), la población mundial sigue incrementándose al ritmo de unos 85 millones de habitantes al año. Por lo tanto, el agua disponible per cápita disminuye a pasos agigantados."

En el último siglo la población se ha triplicado, mientras que el consumo de agua se ha multiplicado por seis y el consumo para usos industriales se ha multiplicado por cuarenta, con las correspondientes exigencias sobre nuestros ecosistemas acuáticos; se prevé que el consumo de agua para usos industriales en el 2025 será el doble del consumo en el 2000; según las Naciones Unidas, hoy día 31 países padecen escasez y más de mil millones de personas carecen de agua potable.

La disminución de las reservas de agua se verá agravada con el aumento de la población mundial, según las Naciones Unidas, de los 6,000 millones de habitantes en el año 2000, se pasará a 8,300 en el año 2025. El problema es aún más grave si se considera la contaminación de los ríos y lagos mundiales, pues aunque la escasez se deba a ciclos climatológicos extremos, la actividad



humana está jugando un papel importante en el aumento de la escasez y en lo que se ha dado en llamar el “stress del agua” o indicación de que no hay suficiente agua en calidad y cantidad para satisfacer las necesidades humanas y medioambientales.

2.2 El Agua Potable, Usos

2.2.1 El agua Potable

En términos generales denominamos **agua potable** o agua para el consumo humano, aquella que puede ser consumida sin restricción debido a que, mediante procesos de purificación, se han eliminado las sustancias y microorganismos que pueden provocar enfermedades o perjudicar la salud del ser humano.

En nuestro país los requisitos que debe cumplir el agua para ser catalogada como potable o agua para el consumo humano, están establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA, del 24 de Setiembre del 2010, en el citado Reglamento se establecen los diferentes parámetros que debe cumplir el agua para poder ser catalogada como apta para el consumo humano.

En tal sentido para poder cumplir con las exigencias establecidas en el citado Reglamento, las aguas captadas que van a ser destinadas al uso poblacional, pasan por diversos procesos físicos y químicos, mediante los cuales se eliminan el material en suspensión, y partículas de impurezas, usando decantadores y filtros, para finalmente ser desinfectadas mediante cloración, con lo cual se destruyen los últimos microorganismos que aún pudiesen encontrarse en las aguas.

En relación a la cobertura en nuestro país podemos señalar que de acuerdo a información del INEI, a nivel nacional, hasta el año 2012, solamente el 82.3% de la población tenía acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua; y a nivel departamental, en el caso de la Región San Martín este porcentaje se reduce al 69.7%; lo cual nos indica que existe una brecha importante por atender.

Pero el hecho de tener acceso a fuentes mejoradas no significa estar debidamente atendidas las necesidades hídricas, si tenemos en cuenta que, según información del INEI al 2010, que se muestra en el Cuadro N° 2.1; de las 78,220 viviendas con acceso a redes de abastecimiento de agua potable, el 43% de ellas disponían de agua menos de doce horas diarias, y 19,849 viviendas tan solo disponían de agua menos de seis horas diarias, lo cual es una muestra de que el hecho de estar situado en zona donde la disponibilidad de agua es numéricamente abundante no garantiza, se disponga de agua para consumo humano en el volumen adecuado.



Cuadro N° 2.1: Viviendas con Servicio de Agua Potable, por número de horas, en San Martín

Viviendas particulares con ocupantes presentes que disponen del servicio de agua potable todos los días de la semana, por número de horas al día		
San Martín	Cuatro a seis	9,832
San Martín	Diecinueve a veintiuno	3,575
San Martín	Dieciséis a dieciocho	4,128
San Martín	Diez a doce	9,437
San Martín	Siete a nueve	4,557
San Martín	Trece a quince	5,738
San Martín	Uno a tres	10,017
San Martín	Veintidós a veinticuatro	30,936
TOTAL		78,220

Fuente: INEI

Es que paralelamente a una mayor demanda de agua potable, existen factores que afectan la oferta de la misma, en este aspecto tenemos la cada vez mayor dificultad para acceder a fuentes de agua adecuadas en volumen y calidad, pues éstas cada año disminuyen su oferta, por efectos del cambio climático; esta problemática determina que en diversas ciudades tenga que implementarse turnos para el abastecimiento de agua; tal como se ha evidenciado, para el caso de San Martín, con los registros señalados en el cuadro precedente. Para superar esta situación deben buscarse fuentes cada vez mas lejanas de los centros de consumo, lo que demanda presupuestos importantes.

2.2.2 Usos del Agua Potable

Existe el consumo (endosomático) que es necesario para sobrevivir, es decir, a aquella cantidad de agua que nos hace falta para realizar nuestras funciones vitales; el otro tipo de consumo (exosomático) en cambio, corresponde a los usos secundarios o prescindibles desde el punto de vista biológico, y que tiene que ver con factores culturales y sociales.

Así, tenemos que, mientras que para los seres humanos primitivos nómadas el agua era un elemento de consumo endosomático, a medida que el modelo de sociedad se fue transformando por otro más sedentario, aparecieron nuevos hábitos y patrones de consumo de tipo exosomático.



Mientras que el consumo de agua endosomático aumenta de forma proporcional al crecimiento demográfico, el consumo exosomático varía en función del cambio de hábitos sociales; siendo este tipo de consumo el que está creciendo.

El consumo de agua está, de este modo, estrechamente relacionado con el nivel de desarrollo socioeconómico de cada país. Así, mientras en países como el Congo, con un consumo medio de agua por habitante de 30 litros por persona y día, en otros países este valor es bastante mayor por tener unos hábitos de consumo exosomáticos mucho más acentuados.

Considerando ambos tipos de consumo, el hombre, diariamente utiliza un volumen de agua, el mismo que varía, por el clima y costumbres de cada lugar, sin embargo se puede señalar que en lo que respecta al agua distribuida, en zonas urbanas, mediante tuberías, se tiene un promedio de 151 litros por persona y por día, así lo considera SUNASS (Emapa San Martín. 2013), y también lo señala la empresa prestadora SEDAPAL, la misma que establece una distribución de los mismos en la forma siguiente:

Cuadro N° 2.2: Uso del Agua, en Viviendas

Concepto	Cantidad (lt/día/persona)
Baño, ducha	35
Inodoro	35
Lavado ropa	45
Limpieza de pisos	10
Lavado de manos	15
Cocinar	4
Lavaplatos	7
TOTAL	151

Fuente: SEDAPAL

Como se puede apreciar en el anterior cuadro, existen actividades domésticas, tales como limpieza de inodoros, lavado de ropa y limpieza vivienda, que no requieren de agua potable para realizarlas, sino que igualmente podrían realizarse con agua de lluvia, lo cual permitiría un ahorro de agua potable del orden del 60%; siendo ésta una posibilidad real de optimizar el uso del agua potable en zonas de adecuada precipitación pluvial.

2.3 El Agua de Lluvia

Agua de lluvia es aquella que cae sobre el planeta; generalmente en forma líquida, pero también lo hace en forma sólida, como la nieve o el granizo; sin embargo no la totalidad del agua que se precipita llega a la superficie, sino que parte de ella se queda en la atmósfera, como humedad del aire.



Como se ha visto en el ciclo hidrológico, para que se produzca la precipitación se requiere una masa de agua, en forma de nube en la atmósfera, donde se produce su enfriamiento, entonces parte de ella se condensa y se precipita a la superficie del planeta; en términos globales, científicos han estimado que la precipitación total sobre el planeta es de 577,000 km³; de los cuales, 458,000 km³/año se precipitan en los océanos y 119,000 km³ en la tierra (PNUMA, 2002).

Medición de la precipitación

La medición del agua precipitada es fundamental para todo tipo de estudio hidrológico y consiste en determinar la cantidad de agua que llega a la superficie terrestre, esto se realiza actualmente mediante los pluviómetros o pluviógrafos. El pluviómetro es un recipiente cilíndrico de metal o material plástico, que sirve para almacenar el agua caída por precipitación, que luego es medida en su altura. El pluviógrafo es un aparato que además de medir la precipitación caída, la registra gráficamente en el tiempo.

Características de las lluvias

Sus características son:

- Cantidad: La precipitación se expresa como altura de agua recogida en mm/m².
- Intensidad: Es la cantidad de lluvia caída por intervalo de tiempo, se expresa en mm/día o mm/h.
- Duración: Es el tiempo transcurrido entre el inicio y el término de una lluvia.
- Frecuencia: Es el número de veces que se repite una lluvia de determinada intensidad.
- Variabilidad: Son las diferencias de precipitaciones a través del tiempo.

2.3.1 Oferta

De la información existente se conoce que de los 119,000 km³ de agua de lluvia que se precipita sobre las tierras (superficie sólida), se produce una evaporación anual de 72,000 km³, lo cual da como resultado que el agua de lluvia disponible para escorrentía superficial es de 47,000 km³.

En forma particular la oferta de agua de lluvia para una determinada zona, depende de la precipitación pluvial y del área de precipitación; en tal sentido en nuestro país existen tres regiones claramente diferenciadas:

- Costa: En esta región la oferta de agua de lluvia es mínima, pues las precipitaciones promedios anuales son escasas, en la mayor parte, éstas son menores a los 30 mm, salvo la zona norte, donde puede alcanzar valores de 300 mm., pero en situaciones excepcionales, tales como la presencia del Fenómeno del Niño, donde sí se presentan lluvias de mayor intensidad.
- Sierra: En esta región existe adecuada oferta de aguas de lluvias, su precipitación promedio anual fluctúa alrededor de los 1,000 mm.



- Selva: Es la región donde se presenta la mayor oferta de aguas de lluvias pues la precipitación promedio anual, es superior a los 1,000 mm., alcanzando valores superiores a los 3,500 mm.

2.3.2 Usos del Agua de Lluvia

Por razones del objetivo del trabajo, centraremos el enfoque en el uso del agua de lluvia en las actividades domésticas que realiza el hombre, en este marco podemos señalar que el aprovechamiento del agua de lluvia por parte del hombre viene desde tiempos inmemoriales y ha sido una práctica muy utilizada por el hombre para lavarse, beber y cocinar directamente con ella; sin embargo con el transcurso del tiempo se produjo el crecimiento de las ciudades y el desarrollo de la tecnología, entonces el agua para los núcleos urbanos fue abastecida mediante tuberías, lo cual contribuyó a que se vaya dejando de lado el empleo directo del agua de lluvia para éstos usos; sin embargo, existen diversas actividades domésticas que no requieren una calidad de agua potable y para las cuales el agua de lluvia es una alternativa eficaz y adecuada: limpieza de inodoros, lavado de ropa, riego, limpieza de pisos, etc. Aplicando estas medidas se puede reducir en un porcentaje importante el consumo de agua potable.

Actualmente cuando el incremento de la demanda de agua para abastecimiento de los núcleos urbanos está creciendo de forma geométrica, y en muchas regiones se confronta problemas para el abastecimiento del agua, es momento de recuperar la costumbre de aprovechar las aguas pluviales.

El mal uso del agua de lluvia que llevamos hasta la actualidad, está contribuyendo al problema de escasez y contaminación, ya que no solo no aprovechamos el agua pluvial, sino que además la contaminamos y la desperdiciamos. Al canalizarse a los colectores, el agua pluvial se mezcla con aguas negras, jabonosas y residuos industriales, convirtiéndose en agua contaminada.

2.3.3 Ventajas y Desventajas del Uso del Agua Pluvial

Las ventajas que presenta el uso de agua pluvial son las siguientes:

- Es limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles.
- Es gratis, la única inversión extra que hay que realizar es para su almacenamiento, por que la captación y recolección, generalmente forman parte de la edificación misma.
- Es preferible para el riego de las plantas de los hogares.
- Los sistemas presentan un fácil mantenimiento.
- Se recolecta y almacena cerca del edificio o casa que la consume.
- No impacta al subsuelo, ni a los ríos y sus ecosistemas, ya que su fuente principal viene de la lluvia. Por tanto se mantienen los mantos



acuíferos en mejores condiciones al tener una menor necesidad de extracción.

Las desventajas del uso de agua de lluvia son:

- Existe una mayor inversión inicial en la construcción; y si se trata de la adecuación del sistema a una construcción existente, el costo se incrementa sustancialmente.
- La disponibilidad del agua es limitada, por la precipitación pluvial en cada lugar, por la extensión de la superficie de captación y por el volumen de la cisterna.

2.3.4 El Agua de Lluvia, Alternativa para Optimizar el Uso del Agua Potable

La cosecha de agua de lluvia es una técnica que se ha utilizado desde hace miles de años, práctica que luego fue dejada de lado, pero que por la escasez crítica de agua que padecen muchas de las grandes ciudades alrededor del mundo, actualmente está resurgiendo en diversas áreas urbanas.

Beneficios de la cosecha de agua de lluvia:

- Reduce el requerimiento de agua potable por persona, y reduce la dependencia por el uso de agua entubada.
- Reduce los escurrimientos de agua pluvial hacia el sistema de drenaje.
- La instalación de un SCALL, se realiza con materiales disponibles en el mercado y a costos accesibles.
- Genera una cultura sobre la importancia del aprovechamiento de agua lluvia.

La cosecha de agua de lluvia constituye una alternativa cuando:

- La dotación de agua potable es insuficiente.
- El abastecimiento a través de agua entubada resulta muy costoso.
- La precipitación anual proporciona un volumen que justifique su uso.
- Se otorgan incentivos para cosechar agua de lluvia.

El agua de lluvia puede ser aprovechada en las siguientes actividades domésticas:

- En limpieza de inodoros.
- En la limpieza de pisos, baños y cocinas.
- Lavado de enseres domésticos y ropa.
- Riego de jardines y huertos.

También, el agua de lluvia puede ser utilizada en la industria, los comercios y equipamientos urbanos, públicos y privados; pudiendo ampliarse el espectro de actividades propicias para el uso del agua de lluvia, mediante procesos específicos de filtración para garantizar la calidad del agua.



Como se puede apreciar, la cosecha y el aprovechamiento de agua de lluvia constituyen una alternativa; para ello, se requiere implementar instrumentos normativos y de gestión dirigidos a promover e incentivar la práctica de la cosecha y aprovechamiento de agua de lluvia.

2.4 Sistemas de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia - SCALL

Un SCALL, tiene por finalidad captar, conducir y almacenar el agua de lluvia, para su posterior uso, para lo cual dispone como elementos básicos de: Área de Captación; Sistema de Recolección y Conducción; Infraestructura de Almacenamiento y Sistema de Distribución.

2.4.1 Área de Captación

Es la superficie dispuesta para recoger la precipitación pluvial, esta superficie debe ser lo menos permeable y tener una adecuada pendiente que facilite el escurrimiento de las aguas. Las áreas que generalmente se utilizan para éste fin son los techos de las edificaciones; debe cuidarse que éstas superficies no impregnen de colores, olores o sustancias nocivas a las aguas que por allí escurran.

Los materiales de éstas superficies son diversos, y por lo tanto, éstos tendrán un mayor grado de captación, mientras sean mas lisos y menos porosos.

Materiales mas comunes:

- Barro y Concreto

Son superficies porosas, en diverso grado, en el caso del concreto tienen hasta un 10% de pérdida, pudiendo mejorar su comportamiento mediante un sellador que lo impermeabilice.

- Planchas de Metal o Material Sintético

Estas planchas, son livianas, fáciles de instalar y requieren poco mantenimiento, las corrugadas son más adecuadas, el inconveniente es que el transcurso del tiempo las afecta, debiendo ser sustituidas. Se puede considerar que no tienen pérdida por filtración.

- Tejas Compuestas o de Asfalto

Las superficies compuestas no son apropiadas para sistemas de captación de agua destinados al consumo humano directo, pero pueden ser utilizadas para sistemas de recolección destinados al riego de jardines y limpieza de las casas o de inodoros. Estas superficies tienen aproximadamente un 10% de pérdida.

Pero además de las pérdidas por filtración, existen otras pérdidas de agua de lluvia como producto de la evaporación, el viento y las denominadas “primeras aguas”, en tal sentido al volumen de agua precipitado, se le aplica un factor conocido como coeficiente de escurrimiento.



Dimensionamiento

El área de captación debe ser la suficiente para recolectar el volumen de agua requerido, según la precipitación pluvial; para el cálculo, solo debe considerarse la proyección horizontal del área de captación.

El área de captación viene dado por: (CENTLI, 2011)

$$A = V / (P * C_e) \quad (2.1)$$

Donde

A : Área horizontal de la superficie de captación (m²)

P : Precipitación pluvial (mm)

V : Volumen de agua requerido (litros)

C_e: Coeficiente de escurrimiento o escorrentía

El coeficiente de escurrimiento, representa la eficiencia en la captación y conducción de las aguas hasta llegar a la cisterna, eliminando pérdidas por evaporación, infiltración, viento y las denominadas “primeras aguas”; al respecto el “Manual de Captación de Aguas de Lluvia Para Centros Urbanos”, publicado por Programa de Naciones Unidas Para el Medio Ambiente, (PNUMA, 2008), señala: “El valor 0.80 es un coeficiente de escurrimiento aproximado, y representa la cantidad de agua que se pierde (aprox. 20%) antes de llegar a la cisterna (por evaporación, infiltración, etc.). Evidentemente, este valor dependerá de factores como la temperatura promedio, vientos, tipo de superficie y de impermeabilizante. Sin embargo, 20% es un buen criterio de diseño que funciona para la mayoría de los casos”

A continuación se presenta la Tabla N° 2.1, referida a valores del coeficiente de escurrimiento o escorrentía, donde se consigna valores del citado coeficiente para diferentes tipos de cobertura: (Vieira Marcos J, 2013)

Tabla N° 2.1: Coeficientes de Escurrimiento

Tipo de cobertura del área de captación	Coeficiente de escurrimiento
Lámina plástica de polietileno	0.90
Mortero (mezcla de cemento y arena)	0.88
Asfalto	0.88
Teja de arcilla recocida	0.75
Hormigón	0.70 - 0.95

Fuente: Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia; Vieira Marcos J, 2013



2.4.2 Sistema de Recolección y Conducción

Está conformado por la red de canaletas, tubos y accesorios que sirven para coleccionar las aguas recogidas en el área de captación y conducir las al lugar de almacenamiento; para lo cual se utilizan canales (media caña), casi horizontales, que son colocados en los bordes más bajos del techo, hacia donde las aguas captadas escurrirán por gravedad, para luego mediante tubos verticales (bajantes) dirigirlos hacia los lugares de almacenamiento de las aguas; es del caso indicar que adicionalmente a la red de conducción, se incluye el dispositivo, para las denominadas primeras aguas.

2.4.2.1 Red de Recolección y Conducción

Los techos de las edificaciones, generalmente disponen ya un diseño específico de salidas y canales para dar salida a las aguas de lluvia, este debe ser aprovechado para los fines del sistema de captación, para lo cual se debe centralizar en algún punto, el volumen del agua que recibe el área de captación.

Figura N° 2.2: Canaletas de Recolección y Bajantes



El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de evitar las fugas de agua, los materiales más usados son el acero galvanizado y el PVC; el ancho de las mismas está en función al caudal de agua que deberán evacuar, generalmente oscilan entre 7.5 y 15 centímetros (CEPIS, 2008).

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son más costosas; las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y son más económicas.

Para sistemas de agua potable, no deben usarse canaletas con soldaduras de plomo, pues este puede ser disuelto y contaminar el agua.

Dimensionamiento (CEPIS, 2004)

El cálculo de la sección de las canaletas y tubos debe ser proporcional a la cantidad de lluvia en el lugar y el área de la superficie de captación, pues el agua que conduzcan esta en función a dichas variables.



Este cálculo de las canaletas se realiza por medio de la formula de Manning:

$$Q = A \cdot R^{2/3} S^{1/2} / n \quad (2.2)$$

Donde:

Q: Caudal de la canaleta en m/seg

A: Área de la sección Transversal en m²

n: Coeficiente de rugosidad de la canaleta

R: Radio hidráulico en m: A/p

p: Perímetro mojado en m.

S: Pendiente

Las canaletas horizontales deben colocarse con una pendiente mínima del 2 %; en el caso de que la canaleta esté expuesta a captar materiales indeseables, tales como hojas, etc.; el sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen las tuberías.

Figura N° 2.3: Canaleta Provista de Malla



2.4.2.2 Dispositivo para Primeras Aguas

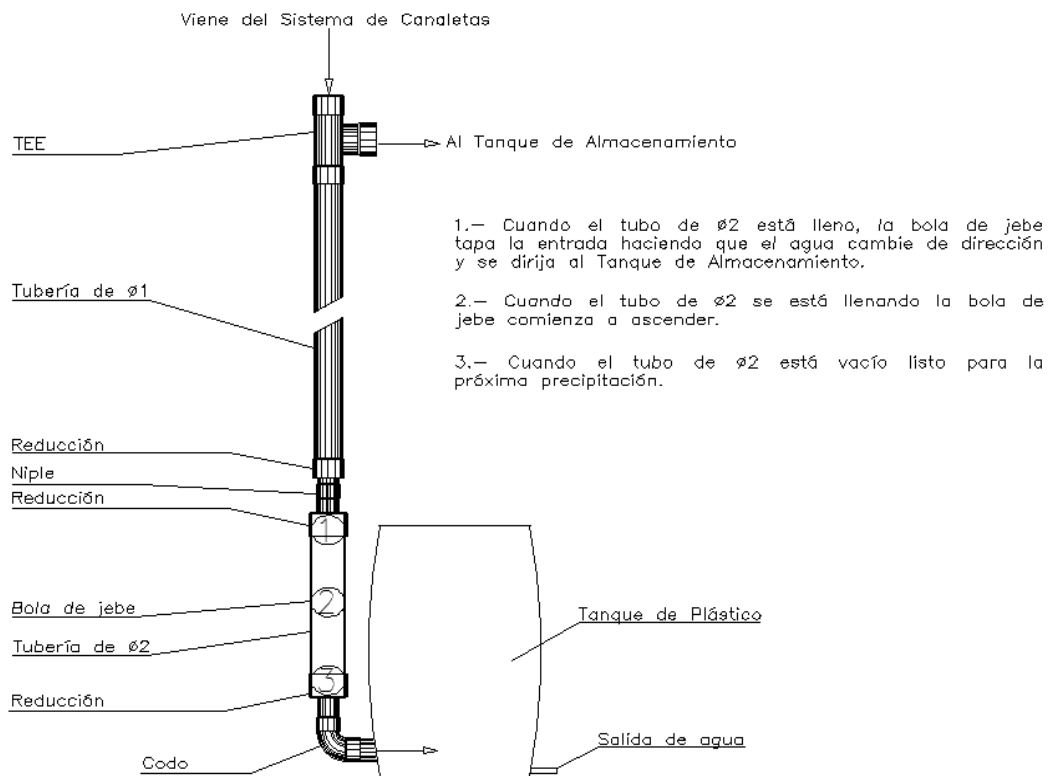
Usualmente los sistemas de cosecha de aguas pluviales, tienen un dispositivo de descarga de las primeras aguas, provenientes del lavado del techo, que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada.

En el diseño de este dispositivo, se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo, y que se estima en 1 litro por m² de techo (CEPIS, 2004).

El volumen de agua resultante del lavado del techo es recolectado en un tanque, el cual debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de distintas capacidades.

En la Figura N° 2.4, se presenta un esquema del interceptor de primeras aguas.

Figura N° 2.4: Interceptor de Primeras Aguas



2.4.3 Infraestructura de Almacenamiento

Es la obra destinada a almacenar el agua de lluvia captada, para su posterior uso; debe ser duradera y cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración;
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar;
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias;
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales;
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de su mantenimiento.

El almacenamiento, usualmente, es el componente más costoso de un SCALL.

Dimensionamiento

El dimensionamiento del reservorio es uno de los puntos más sensibles para implantar el sistema, porque:



- Es el principal factor para la confiabilidad del sistema, pues desempeña un papel fundamental para atender la demanda.
- Su volumen está en relación directa con el costo, y como éste constituye la mayor inversión en un SCALL, es fundamental que el volumen del mismo, garantice el aprovechamiento óptimo del agua pluvial y su costo permita el retorno de la inversión en el menor tiempo.

Por lo tanto, el correcto dimensionamiento del reservorio es importante para evitar gastos innecesarios, cuando el reservorio es sobredimensionado; o una baja eficiencia cuando el reservorio es subdimensionado. La eficiencia y la fiabilidad de la utilización de los SCALL, dependen fundamentalmente del dimensionamiento del depósito de almacenamiento de agua.

Para la determinación del dimensionamiento del depósito de almacenamiento, el criterio principal será el tiempo que se requiera mantener el servicio con el agua almacenada, todo esto obviamente partiendo del supuesto de que existe la oferta suficiente de agua para atender los requerimientos. Además es importante también, establecer si el tipo de servicio que se efectuará con el agua de lluvia, dispone de otra fuente alternativa, en caso de que el volumen pluvial sea insuficiente, o si resultase sumamente costoso pretender depender exclusivamente de la lluvia.

Existen diferentes métodos para dimensionar el reservorio de almacenamiento, siendo el más utilizado el denominado Método de Rippl, también conocido como Análisis de la Curva de Volúmenes Acumulados, que se resume a continuación (CEPIS 2004):

- Método de Rippl:

Según este método, en el período analizado, y según cada intervalo de tiempo asumido, al volumen de agua acumulada captada, se le resta la demanda acumulada de agua, en el mismo intervalo de tiempo. La máxima diferencia positiva determina el volumen del depósito de almacenamiento; y si hubiese parte negativa, su mayor valor absoluto deberá sumarse, a la máxima diferencia positiva, para encontrar el volumen de almacenamiento requerido, para asegurar el servicio, en un período similar al analizado.

$$V_{\text{rippl}} = \sum_{i=1}^{i=d} S \quad (2.3)$$

Donde:

V_{rippl} = Volumen de depósito, obtenido por el Método Rippl (litros);

d = Cantidad de intervalos del período analizado.

S = Diferencia entre la demanda y el volumen de agua que se captura (litros).

El resultado de la aplicación del indicado método o cualesquier otro método, que se utilice, deberá ser analizado considerando que por criterios prácticos, de espacio y/o económicos, tal vez no siempre será conveniente satisfacer con agua de lluvia toda la demanda; y que no siempre será económicamente favorable almacenar toda la lluvia precipitada; otro factor a considerarse es si, el agua proveniente de la lluvia será la única fuente, en cuyo caso tendría que



adoptarse los criterios mas conservadores a fin de no desperdiciar agua de lluvia.

Características

Conociéndose el volumen que se requiere para el depósito de almacenamiento, luego la decisión a tomar es si su ubicación, será superficial o enterrada.

Superficial: en este caso se construye una estructura sobre el suelo o alguna otra superficie, con la ventaja de menos gasto al evitar la excavación, y más facilidad de mantenimiento o reparación. La desventaja es que ocupa más espacio.

Enterrada: en este caso será necesario excavar un hoyo de las dimensiones adecuadas y conocer el tipo de suelo si es arcilloso, rocoso, etc. y la posible incidencia de inundaciones que pudieran afectar la estructura de la misma.

Lo siguiente es elegir entre un depósito *prefabricado* o uno *construido* en el sitio; en el primero de los casos existen en el mercado depósitos de material sintético o de metal; estos últimos tienen la ventaja de una larga duración, y menor costo de instalación; si se opta por construirse en el sitio lo mas usual es utilizar concreto. Sin embargo la adopción del tipo y material del depósito, también depende del volumen de almacenamiento requerido y costos, al respecto se consigna la tabla publicada por El Manual de Texas sobre la Cosecha del Agua de Lluvia, donde se recomienda el tipo de material más adecuado, según el volumen de almacenamiento requerido.

Tabla N° 2.2: Material Recomendado en Depósitos Para Almacenar Agua, Según su Capacidad

MATERIAL	COSTOS		TAMAÑO		COMENTARIOS
	US \$/Litro		Litros		
Fibra de vidrio	0.13	0.5	2,000	8,000	Puede durar por varias decadas, las reparaciones son fáciles y se puede pintar
Concreto	0.07	0.31	40,000		Tienen riesgos por grietas; el olor y el sabor del agua cambian
Metal	0.13	0.38	600	10,000	Es de peso ligero y de fácil transportacion; la oxidacion se puede resolver con una pintura sanitaria
Polipropileno	0.09	0.25	1,200	40,000	Es de peso ligero; el agua se calienta si el tanque esta expuesto a la luz del sol; los tanques blancos fomentan el crecimiento de algas
Madera	0.5		3,000	200,000	Se instalan en zonas residenciales
Geomembrana*	0.01			4,000,000	Recomendable para zonas sísmicas
Polietileno	0.19	0.42	1,200	20,000	
Acero soldado con autogena	0.2	1	120,000	4,000,000	
Barril para almacenamiento de agua de lluvia	100		200	400	Se deben evitar barriles que no desprendan material toxico e instalar una rejilla para evitar los mosquitos.

Fuente: The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005.



2.4.4 Sistema de Distribución

Este sistema tiene por finalidad conducir las aguas pluviales, desde el lugar de almacenamiento hasta el punto de uso de dichas aguas; en tal sentido y considerando que los puntos de uso, generalmente, están por sobre el tanque de almacenamiento, se requerirá un sistema de bombeo, para impulsar las aguas hasta un tanque elevado, desde el cual mediante una red, se distribuirá el agua hacia las unidades sanitarias; otra opción podría ser un equipo hidroneumático.

2.4.4.1 Tanque Elevado

El tanque elevado, tiene por finalidad mantener un volumen de agua, a una cierta altura, que permita a ésta llegar a todos los puntos de uso, por gravedad; estos tanques disponen de un sistema que permite el llenado del mismo en forma automática, cuando el nivel de sus aguas alcancen una determinada altura, establecida previamente.

Además deben estar provistos de un sistema de rebose de las aguas, y una válvula de purga para eliminar las aguas del mismo.

El material de éstos tanques, puede ser de concreto, contruidos in situ, o prefabricados, encontrándose en el mercado de diferentes materiales y capacidades.

Dimensionamiento: (RNE,2010)

El volumen del tanque elevado se determina en función de la Dotación Diaria, De acuerdo a lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS-010, ítem 2.4

Cuando solo existe tanque elevado, su capacidad será como mínimo igual a la dotación diaria, con un volumen no menor de 1000 lt.

Cuando sea necesario emplear una combinación de cisterna, bombas de elevación y tanque elevado, la capacidad de la primera no será menor de las $\frac{3}{4}$ partes de la dotación diaria y la del segundo no menor de $\frac{1}{3}$ de dicho volumen. .

2.4.4.2 Sistema de Bombeo (Pita Luis, 2000)

Está compuesto por una bomba hidráulica, electrobomba, sus accesorios, equipos de control y regulación.

Dimensionamiento

Los elementos para calcular la potencia de una bomba son la altura a la que subirá una cantidad determinada de litros de agua por minuto, el número de filtros por los que deba pasar, y la distancia horizontal hasta el contenedor final.

$$PB = \frac{Q_b * HDT}{75 * e} \quad (2.4)$$



Donde:

- PB = Potencia de bomba en Hp
Qb = Caudal de Bombeo en lt/seg
HDT = Altura Dinámica Total en m.
e = Eficiencia, 0.60

2.4.4.3 Red de Distribución (Jimeno Blasco Enrique, 1995)

Esta constituida por los tubos y accesorios, que partiendo del tanque elevado, se dirigen a los diferentes puntos de consumo.

Dimensionamiento

Los diámetros de las tuberías de distribución se calcularán con el Método Hunter (Método de Gastos Probables), se asigna caudales a cada aparato sanitario, a cada ramal, se asumen diámetros y se verifica velocidad ($v_{\min} < v < v_{\max}$); se calcula pérdida de carga utilizando la fórmula de Hazen y Williams, y se determina la presiones en cada ramal. La presión mínima de salida de los aparatos sanitarios será de 2 m. de columna de agua para aparatos de tanque y para aquellos equipados con válvulas semiautomáticas, automáticas la presión estará dada por las recomendaciones de los fabricantes. Usar tablas del Reglamento Nacional de Construcciones, Norma IS-010, ítem 2.3

2.5 Información Básica en el Diseño de un Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia

2.5.1 Bases del Diseño: (CIDECALLI, 2007)

Antes de emprender el diseño de un Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Precipitación en la zona; se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años;
- Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación;
- Número de personas beneficiadas; y,
- Demanda de agua.

2.5.2 Criterios para establecer la Precipitación y Demanda de Diseño: (CIDECALLI, 2007)

2.5.2.1 Precipitación Promedio Mensual

A partir de la información sobre las precipitaciones mensuales del período en estudio, se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes, o litros por metro cuadrado y por mes, que es capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo; viene dado por la relación siguiente:



$$Pp_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i}{n} \quad (2.5)$$

Donde:

n: Número de años evaluados.

pi: Valor de precipitación mensual del mes "i", (mm).

Ppi: Precipitación promedio mensual del mes "i" de los años evaluados, (mm).

2.5.2.2 Demanda de Diseño

Para establecer la demanda de un SCALL, debemos precisar previamente la población beneficiaria y la dotación diaria de agua necesaria por cada usuario beneficiado.

A partir de la dotación diaria establecida por usuario beneficiado, podemos determinar la cantidad de agua que se requiere mensualmente para atender las necesidades de la población beneficiada; este valor viene dado por la relación siguiente:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} \quad (2.6)$$

Donde:

Nu: Número de usuarios que se benefician del sistema

Nd: Número de días del mes analizado

Dot: Dotación (lt/persona.día)

Di: Demanda mensual (m³)

2.6 Normatividad Existente

Siendo que la escasez de agua constituye un problema que se agrava cada día, la comunidad mundial está volcando su atención a ésta situación, en este contexto el 4to Foro Mundial del Agua, efectuado en el 2006, en su declaración reconoció el interés y la importancia de prácticas innovadoras como el manejo del agua de lluvia, considerando el hecho de que cada día nos enfrentamos a un progresivo deterioro de las principales fuentes de agua dulce que son utilizadas para abastecer a las ciudades.

Ante el creciente problema de la falta de agua, en diversas zonas del planeta, algunos estados, con la finalidad de promover el uso del agua de lluvia en forma orgánica, están dictando dispositivos legales, así tenemos que:

En el Distrito Federal de México, la Ley de aguas aprobada en el 2003, señala que en todas las nuevas edificaciones, instalaciones, equipamientos, viviendas



y obras públicas que se construyan, será obligatorio, construir las obras e instalar los equipos e instrumentos necesarios para cosechar agua de lluvia. Pero a la vez, la indicada ley, señala que, la cosecha de agua de lluvia debe ser considerada política prioritaria y, por tanto, promovida, organizada e incentivada; en armonía a lo cual, actualmente, las personas que acrediten ser propietarias de edificios respecto de los cuales demuestren la aplicación de sistemas sustentables, entre otros disponer de sistemas de recolección de agua de lluvia, gozarán de beneficios tributarios.

En Argentina, el año 2012, se aprobó un proyecto de ley que exige a los edificios nuevos implementar un Sistema de Recolección de Aguas de Lluvia; las que serán destinadas para limpieza de veredas, patios y riego de jardines con el objetivo de preservar el agua potable y contribuir a crear conciencia para su uso racional. Esta ley no incluye a los edificios ya construidos aunque prevé beneficios para aquellos que voluntariamente adecuen sus instalaciones para cumplir por lo menos en parte los objetivos buscados.

En España, la normativa vigente, el Código Técnico de la Edificación, del 2008, prevé la instalación de depósitos de almacenamiento de pluviales en edificios públicos.

Asimismo desde el 2008, la nueva Normativa del Hábitat de Galicia obliga a todos los edificios de nueva construcción a disponer de un depósito para aguas pluviales.

En Catalunya, este tipo de medidas se contemplan en las ordenanzas de municipios y pueblos.

En el País Vasco, el EVE, Ente Vasco de la Energía, cuenta con un plan de ayudas económicas a Proyectos de Aprovechamiento de Energías y Recursos Renovables.

En la ciudad de Barcelona, a mediados de abril de 2008 el pleno del Ayuntamiento de la ciudad aprobó una proposición para la instalación progresiva de depósitos de aguas pluviales en los edificios de titularidad municipal, tanto en los de nueva construcción como en los ya existentes.

En Alemania, se subvenciona este tipo de iniciativas, y centenares de miles de viviendas alemanas disfrutan actualmente de estos equipos.

En otros lugares de Europa, como Francia o los países escandinavos, hace décadas que los gobiernos conceden subvenciones a quienes instalan un depósito para agua de lluvia en su vivienda.

En nuestro país carecemos de una normatividad que promueva el aprovechamiento del agua pluvial, nuestras normas con respecto al agua de lluvia, se circunscriben a reglamentar su evacuación de los centros urbanos, así tenemos la Norma OS.060 de Drenaje Pluvial Urbano, el cual tiene como objetivo establecer los criterios de diseño que permitan la elaboración de proyectos de drenaje pluvial urbano que comprende la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de aguas pluviales.



Existiendo zonas en nuestro país donde se presentan volúmenes de precipitación importantes, con los cuales se pueden aliviar los volúmenes de agua potable, actualmente utilizada, debería dictarse normas que promuevan e incentiven el aprovechamiento de agua pluvial.



CAPITULO III: EL CASO DE ESTUDIO: CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – FICA

3.1 Localización

Tarapoto capital de la provincia de San Martín, está ubicada en la selva nororiental peruana, a $06^{\circ}31'30''$ de latitud sur y $76^{\circ}21'50''$ de longitud oeste; a 618 Km. al noreste de Lima y a 350 msnm. Se asienta en la ladera occidental del cerro Escalera, en la cordillera Azul, último contrafuerte de la cordillera de los Andes en el Perú, antes de que éste dé paso a la presencia del impresionante llano Amazónico. Morales, uno de los 14 distritos de la provincia de San Martín, se encuentra ubicado a 3 km. al norte de Tarapoto, a $6^{\circ}36'15''$ de latitud sur y $76^{\circ}10'30''$ de longitud oeste. La Banda de Shilcayo, distrito Amazónico, se encuentra a 1 km de Tarapoto.

Las localidades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, forman la conurbación de ciudad de Santa Cruz de los Motilones de Tarapoto, capital de la provincia de San Martín.

Figura N° 3.1: Ubicación del Departamento de San Martín





3.2 Características de la Zona de Estudio

3.2.1 Datos Generales

La ciudad de Tarapoto es una de las principales urbes turísticas y comerciales de la Amazonía Peruana, ubicada en el distrito de Tarapoto, forma conurbación con poblaciones de los distritos de La Banda de Shilcayo y Morales.

La extensión territorial o superficie de Tarapoto, abarca un aproximado de 67.81 Km² que representa el 0.14% del territorio del departamento de San Martín y el 1.21% del territorio en el ámbito de la provincia respectivamente.

El relieve de la ciudad de Tarapoto es accidentado; entre los ríos Cumbaza y Shilcayo existe una pendiente que varía entre 2.5% y el 5%, en el sentido noroeste-sureste; en el distrito de la Banda de Shilcayo, en el sentido sureste-noreste, la pendiente varía alrededor del 7%.

El suelo es de composición limo arcilloso, con lente de conglomerados, con capacidad portante de 1 Kg. /cm², la ciudad dentro de la zonificación sísmica, se encuentra en la zona 2.

3.2.2 Transporte

Tarapoto se comunica con todos sus distritos y centros poblados mediante varias rutas, dependientes en su mayoría de la carretera "Fernando Belaúnde Terry"; esta carretera une a la mayoría de provincias, y a las principales ciudades: Tocache, Juanjuí, Bellavista, Picota, La Banda de Shilcayo, Tarapoto, Morales, Moyobamba, Rioja.

Actualmente, la carretera Fernando Belaúnde Terry, concesionada por la empresa IIRSA Norte, une desde la ciudad de Olmos, en Lambayeque, hasta la ciudad de Yurimaguas, en Loreto, quedando Tarapoto entre los kilómetros 595 y 621 de dicha vía.

También existen vuelos diarios a las Ciudades de Lima e Iquitos, que se realizan desde el aeropuerto Guillermo Del Castillo Paredes.

Vías de Acceso: Las rutas principales vía terrestre y vía aérea que conducen a la localidad de Tarapoto son:

- Ruta 1: Desde Lima conduce a Tarapoto, que después de recorrer 886 Km. de la carretera Panamericana Norte hasta Olmos, continúa en una longitud de 604 Km. rumbo al nororiente peruano, este último tramo se hace por la carretera Mesones Muro, la cual luego de atravesar el cuello o "abra" de Porculla, llega a Chamaya, en esta localidad se ingresa a la carretera Fernando Belaúnde Terry, que conduce hasta Tarapoto.



- Ruta 2: Se inicia en la ciudad de Lima, a través de 530 Km., llegando a la ciudad de Tingo María, de aquí sigue un recorrido de 478 Km. por la carretera Fernando Belaúnde Terry, para llegar a Tarapoto.
- Ruta 3: La constituye la carretera de 133 Km. que une esta ciudad con Yurimaguas, capital de la provincia del Alto Amazonas.
- Ruta 4: El aeropuerto de Tarapoto “Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes”, con una pista de 2500 metros de longitud.

3.2.3 Características del Área de Influencia

▪ **Clima**

El clima de la ciudad es semi-seco-cálido, con una temperatura promedio anual de 26° C, siendo la temperatura máxima 38.6° C y la mínima 13.5° C; tiene una humedad relativa de 78.5%, siendo la máxima 80% y la mínima 77%.

La precipitación promedio anual es de aproximadamente 1,300 mm, siendo los meses de mayores lluvias en Febrero, Marzo y Abril. La dirección predominante de los vientos es norte, con una velocidad promedio anual de 4.9 Km./h.

▪ **Geología**

La estratigrafía de las zonas de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo está comprendida en la era cenozoica y en el sistema cuaternario, la cual está formada por depósitos aluviales, fluviales, talud de escombros y suelos residuales, compuestas por limos, arcillas, y gravas in consolidados. Los depósitos aluviales están constituidos principalmente por bloques de arenisca, cuyas aristas desgastadas son muestra de su resistencia a la meteorización y disgregación; generalmente englobadas o rellenadas de una matriz areno-limosa, limo-arcillosa no plástica a baja plasticidad, que en conjunto se pueden constituir en buenos acuíferos o reservorios de aguas subterráneas. Los depósitos residuales son de naturaleza arcillosa, arcillo-arenosa, areno-limosa, de colores marrón rojizo a amarillento, cuya potencia (espesor) es variable alcanzando los 20 m. Sobre todo en las rocas.

▪ **Geomorfología**

El aspecto determinante de la geomorfología del valle del Bajo Mayo, lo constituye principalmente las estructuras que tienen un alineamiento estructural NW-SE las que revelan el tectonismo andino y los eventos más recientes, que son los que han dado la geomorfología actual.

La geomorfología de la zona del estudio, se caracteriza por presentar áreas con pendientes suaves a casi planas (0-5%), constituyendo la zona no inundable de terrazas bajas que corresponde al área de influencia del río



Cumbaza, altitud promedio de 185 m.s.n.m. Esta zona se encuentra muy próxima a un área de pendiente moderada (5-20%) situada al Este, en donde se desarrollan las ciudades de Tarapoto, la Banda de Shilcayo y Morales. La característica antes mencionada y la topografía existente condicionan que la zona especificada sea un área de drenaje regular, encontrándose el nivel freático existente en la ciudad de Tarapoto.

El principal agente geomorfológico modelador del relieve lo constituye el río Cumbaza y las condiciones meteorológicas existentes, al actuar sobre terrenos relativamente susceptibles a la erosión han dado las características fisiográficas actuales.

Unidad Geomorfológica: La Cordillera Escalera. Es un levantamiento tectónico conformado por la cadena de cerros que separan el valle del Bajo Mayo con el Llano Amazónico. Ubicadas en el sector Nor-Este de la ciudad, siendo denominada Área de Conservación Regional Cordillera Escalera, fuente de agua por excelencia y abundante biodiversidad.

▪ Suelos

La dinámica de ocupación del suelo, sustentada en el valor, los usos y la estructura del suelo urbano, se relaciona con características propias del área de estudio, presentando en las zonas altas de la ciudad de Tarapoto (Tarapoto, La Banda de Shilcayo y Morales), una topografía accidentada con ondulaciones medianamente pronunciadas (20% de pendiente en promedio), predominando los suelos arcillosos de baja plasticidad con presencia de limo y materia orgánica en la superficie, estas deducciones se ha podido obtener de los estudios de suelos realizados por la Municipalidad Provincial de San Martín con fines de pavimentación, así se cuenta con los estudios de la avenida Circunvalación y del jirón Lima hasta el Puente Cumbaza-Morales, dichos informes de suelos presentan gran cantidad de datos de clasificación de suelos, así como los ensayos del CBR, valores que permiten el diseño de pavimentos, hasta llegar a la parte baja en donde el suelo es arenoso. En general los suelos encontrados son poco densos, de baja resistencia y contenido de finos variables. Distinguiéndose cuatro zonas de acuerdo a las características geotécnicas:

Zona I: Conformado por los suelos arcillosos de plasticidad baja, de color amarillento, en una profundidad de 3m. El nivel freático se presenta entre los 2.30 m. a 2.60 m. de profundidad. En esta zona los suelos son de características expansivas, esperándose asentamientos considerables; en la zona I, su capacidad portante es de 0.78 Kg./cm².

Considerada como una zona de peligro alto: Presenta intensos problemas de erosión, derrumbes, agrietamientos y deslizamientos de suelos activados en épocas de lluvias y desprendimientos de rocas y derrumbes de suelos por la



acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 0.35 Kg./cm², a 1.00 Kg./cm², presentado amplificación local de ondas sísmicas muy alta.

Esta zona comprende Sector Tarapotillo parte baja, Barrio Suchiche, el Achual, Bernabé Guribe, Mirador Turístico, y la Alameda en el distrito de Tarapoto. Santa Lucia, zona entre los Jrs. Santa Lucía San Pedro Libertad y Jorge Chávez.

Zona II: Conformado por los suelos areno arcillosos de color amarillento, con contenido de fino (arcilla) de 49% - 21.5%, encontrándose piedras de diámetros mayores a 4", el fenómeno de licuefacción se podría presentar en forma aislada, por lo tanto se presentarían asentamientos diferenciales; en la zona II, la capacidad portante es de 1.86 Kg./cm², presentando amplificación de ondas sísmicas medias.

Dentro de esta zona de peligro medio, se presenta un gran porcentaje de áreas en las ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, incluida las áreas de expansión hacia el lado suroeste, dentro de las mas representativas encontramos áreas comprendidas en los sectores Coperholta, Tarapotillo, Partido Alto parte oeste, Campamento militar, terrenos del grupo Romero Trading, Escuela de Técnica de la PNP, campos experimentales del Instituto Nor Oriental de la Selva y el Sector del colegio Virgen Dolorosa en el distrito de La Banda de Shilcayo es decir gran parte de la zona alta de las ciudades.

Zona III: Conformado por los suelos areno limoso de color blanquecino con contenido de finos (limo) de 38% - 50 el nivel freático de 2.30 m. a 1.5 m. de profundidad, así mismo se encontró piedras de diámetro mayor a 4" en las calicatas a una profundidad de 2.66 m. Los suelos en esta zona son de características expansivas, el fenómeno de licuefacción se podría presentar en forma aislada, por lo tanto se presentarían asentamientos diferenciales; en la zona III, la capacidad portante es de 1.77 Kg./cm². Presenta zona de inundaciones superficiales medias repentinas y de corta duración con moderado transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre y erosión leve con posibilidades de erosión, la capacidad portante del terreno se encuentra entre 1.50 Kg./cm² a 2.00 Kg./cm² y la amplificación de las ondas sísmicas es media.

Zona de Peligro Medio, un gran porcentaje de zonas de las ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, 9 de Abril, Barrio Huayco, sector aeropuerto en el distrito de Tarapoto. Sector de la Carretera Oasis, Fonavi, y zona centro del distrito de Morales.



Zona IV: Conformado superficialmente por suelos arcillosos hasta una profundidad de 1.72 m., luego se presenta el buzamiento de una capa de suelo orgánico (OL), por lo que se considera esta zona de alto riesgo, por los asentamientos que se producirían; en la zona IV, la capacidad portante es de 0.35 Kg./cm².

Zona de peligro Alto: Zona de inundaciones medias, repentinas y de corta duración, con moderado a intenso transporte de sedimentos, colmatación de material de arrastre, intensos problemas de erosión, problemas de derrumbes, agrietamientos, deslizamientos de suelos y desprendimientos de rocas por la acción hídrica y sísmica, la capacidad portante del terreno es de 1.00 Kg./cm² a 1.50 Kg./cm², existe variación de volumen del suelo por cambios en su contenido de humedad y la amplificación local de las ondas sísmicas es alta, comprende las zonas de los asentamientos humanos 10 de Agosto, Porvenir, Villa Universitaria, La Hoyada, Atumpampa, ribera de la quebrada Amorarca y toda la ribera del río Cumbaza, en el distrito de Morales. Toda la ribera del río Shilcayo, quebrada Choclino.

Vale mencionar también el fenómeno de licuación de suelos que se observa en el sector de Atumpampa, área que muestra una importante expansión urbana y presencia de viviendas de material noble de uno a dos pisos y viviendas construidas con adobe, no se descarta que se presente este fenómeno acompañado de un sismo de magnitud mayor a los experimentados, y/o como un efecto de amplificación de ondas por las características propias del suelo.

- **Sismicidad**

En la Región San Martín la actividad sísmica está vinculada a fallas geológicas superficiales y/o de reciente formación, presentándose también hipocentros a profundidades mayores a 33 Km.; son un reflejo de la interacción de las placas Sudamericanas y de Nazca. El número de terremotos registrados en la zona en estudio, es 1 a una profundidad entre 0 y 33 Km., 1 entre 33 y 100 Km., y 1 entre 100 Km. y 300 Km.

La presencia de los terremotos ocurridos en los últimos 20 años (Juanjuí 1972, Rioja- 1990, Moyobamba – 1991), han puesto de manifiesto en forma catastrófica la extraordinaria vulnerabilidad sísmica de las ciudades afectadas y de la región en general.

- **Sistemas de escorrentía pluvial y acequias que discurren por las ciudades:**

La Conurbación Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo se encuentran una altitud promedio de 333 m.s.n.m., la falta de un sistema de drenaje que permita el encauzamiento de las aguas provenientes de las lluvias a través de obras que garanticen su evacuación inmediata, constituye un problema al área urbana de las mencionadas localidades, trayendo como consecuencia



el deterioro de la infraestructura de sus viviendas asentadas en las partes bajas, y la integridad física de los moradores.

Tarapoto de acuerdo a su topografía, tiene drenajes naturales, los cuales son condicionantes para la construcción de viviendas y vías. En temporadas de alta precipitación se forman grandes caudales que coadyuvados por la pendiente topográfica, causan elevada erosión e inundación de las zonas bajas de la ciudad.

El área conurbada (Morales, Tarapoto y la Banda de Shilcayo), no cuenta con un sistema integral de recolección de aguas pluviales, situación por demás grave en una ciudad con intensas precipitaciones pluviales en temporada de lluvias y en la cual se originan inundaciones en la parte baja de la ciudad, con desborde de aguas servidas por los buzones debido a la sobrecarga del sistema de desagüe. Solo el 12% del área urbana tiene un sistema instalado de canaletas o alcantarilla (áreas centrales de Morales, Tarapoto y La Banda por ser zonas pavimentadas).

Estos drenajes naturales en la ciudad son los Jrs: Bolognesi, Martínez de Compañón, Alfonso Ugarte, Ramón Castilla, Sinchi Roca, Amorarca, Lima, 1° de Mayo, FONAVI y Morales Parte Alta) de acuerdo a la topografía del área.

Existen 04 drenes principales que recogen las aguas superficiales del sistema de drenaje urbano de la ciudad, como son: las de los jirones Alfonso Ugarte, 1° de Mayo, Bolognesi, y la de Amorarca; los cuales reciben la mayor cantidad de agua en épocas de lluvia.

Drenaje Jirón Bolognesi: Tiene su origen en la intersección del Jr. Pumacahua y Jr. Bolognesi, en la cota 382 m.s.n.m., teniendo un recorrido de 2,530 m., para hacer su entrega al Río Shilcayo en la cota 318 m.s.n.m.

Drenaje Jirón Martínez de Compañón: Nace en la intercepción con el Colector Bolognesi en la cota 347 m.s.n.m., teniendo un recorrido de 1,975 m. hasta entregar a un dren natural en la intercepción con la Vía de Evitamiento en la cota 275 m.s.n.m.

Drenaje Jirón Alfonso Ugarte: Tiene su origen en la intercepción del Jr. Manuel Arias de Morey y el Jr. Bolognesi, en la cota 361 m.s.n.m.; recorriendo una longitud de 2,030 m. hasta su entrega al dren natural en su intersección con la Vía de Evitamiento en la cota 278 m.s.n.m., este dren natural evacua al río Cumbaza.

Drenaje Jirón Sinchi Roca: Tiene su origen en la intersección del Jr. Alonso de Alvarado con el Jr. Martín de la Riva, en la cota 342 m.s.n.m; teniendo un recorrido de 1,410 m., hasta su entrega al dren Alfonso Ugarte, en la cota 257 m.s.n.m.



Drenaje Jirón Ramón Castilla: Tiene su origen en la intersección del Jr. Los Próceres con el Jr. Los Pinos en el punto de cota 294 m.s.n.m., teniendo un recorrido de 880 m hasta su entrega al dren natural en la intersección con el Jr. Sáenz Peña en el punto de cota 255 m.s.n.m.

Drenaje Quebrada Amorarca: Tiene su origen en la intersección de los Jirones Salaverry y Jr. Brasil; recogiendo las aguas pluviales del Centro Poblado Menor 9 de Abril, teniendo un recorrido de 2,250 m hasta su entrega al Río Cumbaza en la cota 230 m.s.n.m.

Drenaje Jirón Lima: Este tiene su origen en la intersección con el Jr. Comandante Chirinos en la cota 360 m.s.n.m., evacuando parte del agua pluvial de la zona del Ministerio de Agricultura y discurriendo en dirección Nor-oeste de la ciudad, para entregar a la quebrada Amorarca en el punto de cota 321 m.s.n.m., teniendo un recorrido de 225 m.

Drenaje Sector Fonavi: Nace en la intersección de la calle N° 5 y el Jr. Belén Torres de Tello en la cota 360 m.s.n.m., en este punto se bifurcan dos ramales las cuales circulan a la Urbanización Martínez de Compañón (FONAVI); estos ramales se vuelven a unir en el punto de inicio de la cuenca Amorarca, con un recorrido total de 1,750 m.

Drenaje Morales Parte Alta: Tiene su origen en el punto de intersección de los Jirones Comandante Chirinos y Belén Torres de Tello, en la cota 335 m.s.n.m., su recorrido es Jr. Comandante Chirinos - Jr. Antonio Raymondi - Jorge Chávez y José Olaya, hasta evacuar las aguas al Río Cumbaza en el punto de cota 272 m.s.n.m., con un recorrido total de 1,950 m.

Drenaje Jirón 1° de Mayo: Tiene su origen en la intersección de los jirones Jorge Chávez y Geiden Vela en la cota 292 m.s.n.m., evacuando una parte de las aguas pluviales de la Universidad Nacional de San Martín, tiene un recorrido de 1,720 m. hasta su entrega al Río Cumbaza.

Erosión y Sedimentación

La acción de arrastre de partículas de suelo que se produce durante las lluvias, desde las zonas altas de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo, debido a la topografía y a la exposición del terreno natural a las precipitaciones pluviales, origina la sedimentación de estas partículas del suelo en la zona baja, específicamente en el barrio Huaico, Atumpampa, parte baja del distrito de Morales así como en el distrito de la Banda de Shilcayo; parte de estos sedimentos transportados llegan hasta el Río Cumbaza.



Manejo de Aguas Servidas

El grado de impacto ambiental negativo de origen antrópico es elevado, de acuerdo al Informe: N° 127-2009-GRSM/PEHCBM/DMA, el cual demuestra los severos daños que vienen ocurriendo, señalándose que:

Las poblaciones asentadas en el ámbito de la sub. cuenca del río Cumbaza gestionan deficitariamente los residuos sólidos y no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales; las aguas residuales se evacúan sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores, en estos casos, los ríos Shilcayo y Cumbaza, tal es el caso de los distritos de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo; en el caso de Lamas, las aguas residuales son evacuadas a la quebrada Shupishiña, lo cual constituye un peligro para la salud pública. El río Cumbaza y sus principales tributarios se encuentran contaminados con Coliformes Totales y Termo resistentes que sobrepasan los estándares de calidad del agua para diversos usos.

La contaminación que generan las aguas residuales y su impacto ambiental en los cuerpos receptores Shilcayo y Cumbaza, alteran la calidad del agua producida, el grado de contaminación dependerá del caudal del afluente, si el caudal es menor, mayor será la concentración de contaminantes, esto se observa en la quebrada Shilcayo en casi todo el año y en la quebrada Cumbaza en épocas de sequía o estiaje

3.2.4 Ciudad Universitaria de la UNSM - FICA

La Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura se encuentra ubicada dentro de la Ciudad Universitaria de la UNSM, la que se encuentra localizada en el Jr. Amorarca S/N, distrito de Morales, provincia de San Martín, Región San Martín, el terreno es de forma irregular y tiene un área total de 182,164.45 m², de los cuales 12,008.22 m² corresponden a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

La Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, actualmente cuenta con un área construida de 5,701.58 m², con una población de 715 alumnos, 45 docentes y 10 como personal administrativo y de servicio.

La distribución de los pabellones existentes se describe en el Cuadro N° 3.1, y se muestra en la Figura N° 3.4.

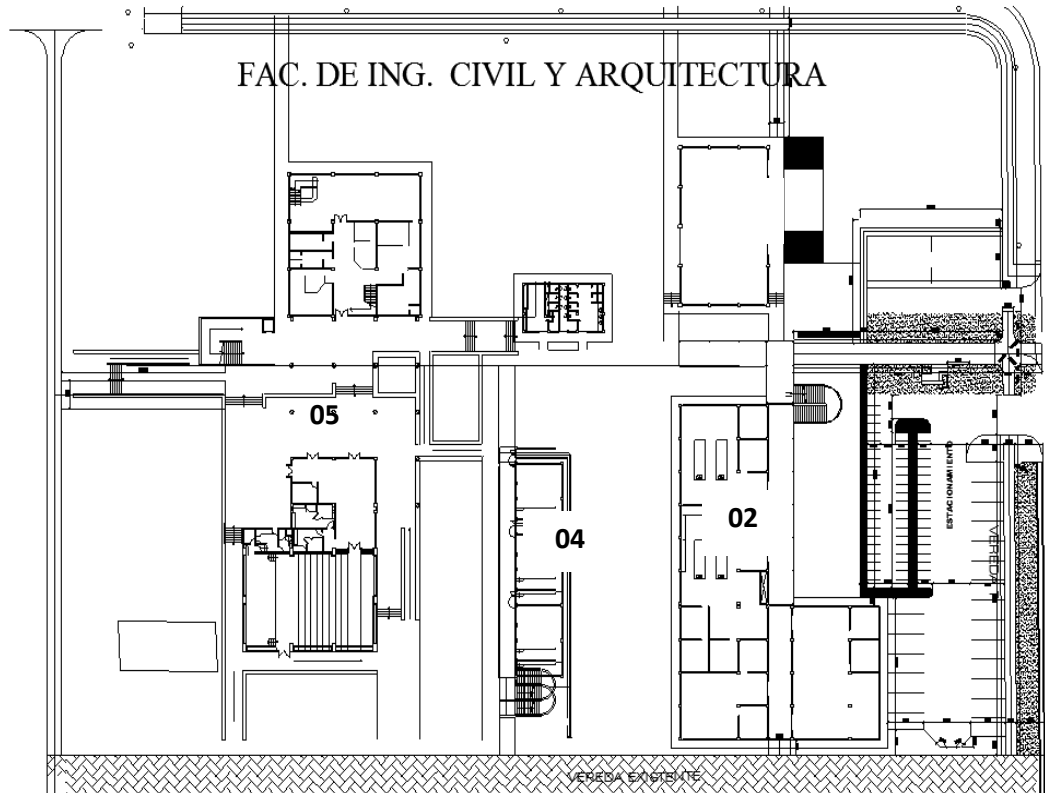


Cuadro N° 3.1: Pabellones de la FICA

Pabellón N°	Uso	Descripción arquitectónica	Área Techada
1	Administración y otros	Piso 1: 01 auditorio, 02 SS.HH., 03 oficinas, pasadizo, 01 aula, 02	1,261.46 m ²
		Piso 2: Sala de Profesores, 08 oficinas, 02 SS.HH.	
2	Aulas	Piso 1: 03 aulas	280.73 m ²
		Piso 2: 03 aulas	
		Escaleras	
3	Servicios Higiénicos	Piso 1: 02 SS. HH.	70.63 m ²
4	Gabinete de Dibujo	Piso 1: 02 gabinetes de dibujo	368.75 m ²
5	Laboratorios	Piso 1: Laboratorios de: Suelos, Topografía, Hidráulica, Biblioteca Especializada, Pasadizo	1,058.10 m ²
		Piso 2: Centro de Cómputo, 02 Talleres de Diseño, 01 aula, Pasadizo	



Figura N° 3.4: Esquema de la FICA



- **Suelos:**
Pertenece a la Zona III: Conformado por suelos areno limoso, de color blanquecino con contenido de finos (limo) de 38% - 50%; así mismo se encuentra piedras de diámetro mayor a 4" en las calicatas a una profundidad de 2.66 m. el fenómeno de licuefacción se podría presentar en forma aislada, por lo tanto se presentarían asentamientos diferenciales; en la zona III, la capacidad portante es de 1.77 Kg./cm².
- **Infraestructura Básica**
En general, el lugar cuenta con una red de drenaje de aguas pluviales que descarga en la alcantarilla pública.
Cuenta con servicio de agua y desagüe sanitario que está conectado a la Red Pública de la ciudad.
El servicio eléctrico se encuentra regulado por Electro Oriente.
El servicio de teléfono está conectado a la red principal de telefonía de la ciudad.



- **Suministro de Agua Potable**

Todas las edificaciones cuentan con servicio de agua potable, algunas mediante sistema directo y otras edificaciones tienen sistema indirecto. Los de sistema directo tienen un servicio de 09 horas al día.

El consumo de agua potable de toda la Ciudad Universitaria bordea los 3,900 m³ mensuales, siendo el costo de S/. 2.76 por metro cúbico de agua, que incluye el costo por alcantarillado, pues este se factura como un porcentaje del consumo de agua, según los reporte del mes de Mayo del 2015; tal como se indica en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 3.2: Valores de Consumo y Costo del Agua Potable, en la Ciudad Universitaria

Mes	Consumo (m ³)	Costo	Precio Unitario
		(S/.)	(S./m ³)
may-15	3,868	10,676.80	2.76

Fuente: Elaboración propia según facturación EMAPA

3.3 Ingeniería Básica

La ciudad Universitaria se encuentra ubicada en la Zona urbana del distrito de Morales.

El terreno donde se emplaza la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura presenta una topografía ondulada que va desde la cota 265 hasta la cota 272.

La zona presenta un clima semi-seco-cálido, con una temperatura promedio anual de 26° C, siendo la temperatura máxima 38.6° C y la mínima 13.5°

3.3.1 Precipitación

De acuerdo a los reportes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, durante el período 1998-2013, la precipitación pluvial mensual, es tal como se muestra en el Cuadro N° 3.3



**Cuadro N° 3.3: Precipitación Pluvial Mensual y Anual, en la Ciudad de Tarapoto
 Período 1998 – 2013**

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	83.0	95.0	108.0	152.0	90.0	112.0	40.0	48.0	125.0	137.0	47.3	71.5	1,108.8
1999	213.4	163.4	194.9	69.8	220.1	70.5	49.0	49.3	43.9	52.7	168.5	119.4	1,414.9
2000	118.3	130.9	93.2	181.7	58.0	55.1	57.7	92.4	177.0	50.2	42.5	139.1	1,196.1
2001	81.6	112.9	131.6	357.0	142.7	47.3	140.6	66.0	96.8	121.8	71.3	221.2	1,590.8
2002	19.5	100.5	89.5	167.9	52.4	61.3	146.5	24.0	18.9	93.6	102.6	94.6	971.3
2003	169.0	167.1	177.7	131.2	106.2	99.7	36.7	41.0	70.2	155.4	97.7	200.6	1,452.5
2004	24.8	154.3	82.9	64.8	137.6	89.3	84.5	104.4	76.4	99.8	119.6	169.4	1,207.8
2005	56.2	153.1	145.7	185.5	44.8	118.9	35.2	15.9	77.0	150.5	228.4	21.9	1,233.1
2006	151.6	145.7	107.9	151.3	59.7	53.3	144.1	14.9	41.4	144.5	193.0	84.6	1,292.0
2007	121.5	34.4	278.9	119.3	138.7	21.8	91.5	104.2	106.0	104.9	211.8	50.1	1,383.1
2008	96.8	192.8	155.6	100.7	81.6	103.2	19.0	40.5	103.4	83.5	85.5	49.7	1,112.3
2009	154.5	158.8	168.5	244.4	117.1	128.5	53.6	95.7	132.5	99.3	108.0	101.4	1,562.3
2010	71.7	156.2	113.7	254.7	103.7	64.7	17.9	70.2	43.9	100.5	207.5	116.2	1,320.9
2011	84.4	53.3	270.7	135.2	125.1	179.2	93.3	27.1	68.0	90.4	183.2	164.8	1,474.7
2012	193.7	125.1	175.3	298.4	125.1	87.1	59.1	14.3	95.5	137.3	59.3	223.3	1,593.5
2013	140.8	141.7	169.2	77.9	108.9	99.7	49.2	128.4	105.3	65.0	209.7	93.1	1,388.9

Fuente: Senamhi.

3.3.2 Precipitación Media Anual

Es el promedio de la precipitación pluvial anual, durante el período observado. Se obtiene sumando el total de la precipitación de cada año y dividiéndolo por el número de años considerados. Para el presente caso de la información antes citada, obtenemos que la precipitación media anual, para el período 1998 – 2013, es de 1,331 mm.

3.3.3 Precipitación Media Mensual

Es el promedio de la precipitación pluvial mensual, durante el período observado. Se obtiene sumando el total de la precipitación de cada mes, y dividiéndolo por el número de años en el período considerado. Para el presente caso de la información antes citada, obtenemos que la precipitación media mensual, para el período 1998 – 2013, arroja los valores siguientes.



**Cuadro N° 3.4: Precipitación Media Mensual, en la Ciudad de Tarapoto
 período 1998 – 2013**

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIA	111	130	154	168	107	87	70	59	86	105	133	120

Elaboración propia, con información de Senamhi

Se puede apreciar que Abril es el mes de mayor precipitación, 168 mm., y Agosto el de menor precipitación, 59 mm., siendo apreciable la diferencia, entre ellos, pues en este caso Agosto representa tan solo el 35% de la precipitación del mes de Abril.

Esta relación es importante para los fines del proyecto, aunque en esta oportunidad no favorece a los fines del mismo, pues se vislumbra que para atender los servicios hídricos, con agua pluvial, en el período de estiaje, deberá almacenarse agua en volúmenes importantes. Para fines de cosecha de agua de lluvia es preferible disponer de un régimen pluvial lo mas uniforme posible y no uno donde las fluctuaciones de precipitación en el tiempo sean muy marcadas.

En el presente caso si queremos utilizar exclusivamente agua de lluvia, probablemente los cálculos determinen la necesidad de disponer un depósito para almacenamiento de la misma, con un volumen significativo, para acopiar las aguas caídas durante el período Febrero – Abril, y con ellas atender la demanda en el período Junio – Setiembre; o tener que utilizar complementariamente agua de la red pública.

3.3.4 Intensidad de la Precipitación

Se define como la cantidad de lluvia que cae por unidad de tiempo, en un lugar determinado; se acostumbra medirla en mm/hora.

Generalmente se clasifica en ligera, moderada y fuerte según se observa en la tabla.

Tabla N° 3.1: Clasificación de la Intensidad de la Precipitación

Intensidad	mm/h	Criterios
Ligera	2.5 ó menos	Las gotas son fácilmente identificables, unas de otras, las superficies expuestas secas tardan más de dos minutos en mojarse completamente.
Moderada	2.5 - 7.5	No se pueden identificar gotas individuales, los charcos se forman rápidamente. Las salpicaduras de la precipitación se observan hasta cierta altura del suelo o de otras superficies planas.
Fuerte	> 7.5	La visibilidad es bastante restringida y las salpicaduras que se producen sobre la superficie se levantan varias pulgadas.



La intensidad de las precipitaciones se mide con los Pluviógrafos, instrumentos que registran la precipitación automáticamente y de manera continua, en intervalos de tiempo de hasta una semana.

La intensidad y la duración de la lluvia, están asociadas; al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media.

En los casos, en que no se dispongan de pluviógrafos, la Intensidad se establece a partir de las lluvias máximas, en base al modelo de Dick y Peschke; el cual permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas.

A partir de la expresión siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (3.1)$$

Donde:

P_d = Precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación P_d entre la duración.

En nuestro caso, no se dispone de información directa; para proyectos en que se ha requerido utilizar el valor de Intensidad de lluvia, ésta se ha determinado en base al modelo de Dick y Peschke, antes mencionado; es así que para el dimensionamiento de cunetas de ésta ciudad, aplicando dicho modelo se ha llegado a establecer una Intensidad de Diseño de 62.33 mm/hora; en tal sentido en la aplicación realizada para la FICA-UNSM, se ha considerado una Intensidad Máxima de 75 mm/hora.



CAPITULO IV: PARAMETROS DE DISEÑO

4.1 Demanda de Agua

Para establecer la demanda de agua analizaremos los parámetros básicos que se deben tener en consideración, para el desarrollo de un SCALL, según la metodología mencionada en el marco teórico, siendo estos:

4.1.1 Beneficiarios del Sistema

En este punto debemos hacer una precisión, en cuanto al número de alumnos, y profesores de la FICA beneficiarios del sistema, pues si bien en el Semestre Académico 2014-I, se han matriculado un total de 715 alumnos y se cuenta con 45 profesores y 10 trabajadores administrativos; para efectos del presente cálculo, debe tomarse en cuenta el número de personas que regularmente permanecen en la FICA, pues el desarrollo de las actividades académicas está estructurado en dos turnos, por las mañanas asisten los alumnos de ciclos impares y por la tarde los alumnos de ciclos pares, lo cual genera una rotación en ambos grupos que hace, por ejemplo, que un determinado alumno permanezca en horas de la mañana pero no en la tarde, similar situación opera con el personal docente, por ello para el presente trabajo, determinamos el número de beneficiarios de acuerdo a la capacidad del local, en este caso 10 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, es decir tenemos 350 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto a personal docente asumimos 10 docentes en las aulas y 30 como estables, con el personal administrativo no se presenta esta rotación, en tal sentido como usuarios asumimos:

Alumnos: 350 personas
Profesores: 40 personas
Administrativos: 10 personas

4.1.2 Dotación Diaria

Para la determinación de la Dotación Diaria, y considerando que el agua de lluvia únicamente se destinará para los inodoros y urinarios, se han evaluado dos escenarios, que se presenta a continuación:

Cuadro N° 4.1: Dotación Diaria, por persona

ALTERNATIVA	NORMA	USO	DOTACION DIARIA TOTAL		DOTACIÓN DIARIA SANITARIOS		DOTACIÓN DIARIA PARCIAL SANITARIOS		
							COEF.	CANT.	UND.
1	RNE - NORMA IS-010	Locales Educacion	50	lt/pers/día	15	lt/pers/día	1	15.00	lt/pers/día
2	RNE - NORMA OS-100	Vivienda	150	lt/pers/día	35	lt/pers/día	0.5	17.50	lt/pers/día

Se opta por el valor de = **18 lt/pers/día**



4.1.3 Demanda Diaria

Con los datos de beneficiarios del sistema y la dotación diaria, obtenemos la Demanda Diaria.

Cuadro N° 4.2: Demanda Diaria de Agua

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA SANITARIOS		DEMANDA DIARIA(Lt/día)
1	Estudiantes	350 personas	18	lt/pers/día	6,300.00
2	Docentes y administrativos	50 personas	18	lt/pers/día	900.00
TOTAL					7,200.00
La demanda diaria total es de:			DEMANDA =	7.20	m3/día

La Demanda Diaria es de 7.20 m³/día, pero tratándose de una institución educativa donde las actividades se desarrollan de Lunes a Viernes, no existiendo actividad los días Sábados y Domingos, días en los cuales vamos a considerar una población eventual de 50 y 10 personas respectivamente, con lo cual en dichos días el consumo sería de 0.90 y 0.18 m³, respectivamente.

4.1.4 Demanda Mensual de Agua

Habiéndose establecido la dotación diaria, para atender los servicios higiénicos, determinamos la demanda mensual, la cual se presenta a continuación.

Cuadro N° 4.3: Demanda Mensual de Agua

MES	N° DE DIAS			CONSUMO			
	L - V	S	D	L - V	S	D	TOTAL
ENERO	23	4	4	165.60	3.60	0.72	169.92
FEBRERO	20	4	4	144.00	3.60	0.72	148.32
MARZO	21	5	5	151.20	4.50	0.9	156.60
ABRIL	22	4	4	158.40	3.60	0.72	162.72
MAYO	23	4	4	165.60	3.60	0.72	169.92
JUNIO	20	5	5	144.00	4.50	0.9	149.40
JULIO	23	4	4	165.60	3.60	0.72	169.92
AGOSTO	22	5	4	158.40	4.50	0.72	163.62
SETIEMBRE	21	4	5	151.20	3.60	0.9	155.70
OCTUBRE	23	4	4	165.60	3.60	0.72	169.92
NOVIEMBRE	21	5	4	151.20	4.50	0.72	156.42
DICIEMBRE	22	4	5	158.40	3.60	0.9	162.90
TOTAL	261	52	52	1,879.20	46.80	9.36	1,935.36

Elaboración Propia



4.2 Oferta de Agua de Lluvia

4.2.1 Información Pluviométrica Mensual

Para determinar la disponibilidad de agua de lluvia, se cuenta con la información de precipitación para la Localidad de Tarapoto, obtenida de la Estación Meteorológica Tarapoto del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Dirección Regional de San Martín. Los datos analizados corresponden a la Precipitación Total Mensual en mm. de los años 1998 hasta 2013.

Los valores obtenidos se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 4.4 Valores de Precipitación Mensual en mm.

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1998	83.0	95.0	108.0	152.0	90.0	112.0	40.0	48.0	125.0	137.0	47.3	71.5	1,108.8
1999	213.4	163.4	194.9	69.8	220.1	70.5	49.0	49.3	43.9	52.7	168.5	119.4	1,414.9
2000	118.3	130.9	93.2	181.7	58.0	55.1	57.7	92.4	177.0	50.2	42.5	139.1	1,196.1
2001	81.6	112.9	131.6	357.0	142.7	47.3	140.6	66.0	96.8	121.8	71.3	221.2	1,590.8
2002	19.5	100.5	89.5	167.9	52.4	61.3	146.5	24.0	18.9	93.6	102.6	94.6	971.3
2003	169.0	167.1	177.7	131.2	106.2	99.7	36.7	41.0	70.2	155.4	97.7	200.6	1,452.5
2004	24.8	154.3	82.9	64.8	137.6	89.3	84.5	104.4	76.4	99.8	119.6	169.4	1,207.8
2005	56.2	153.1	145.7	185.5	44.8	118.9	35.2	15.9	77.0	150.5	228.4	21.9	1,233.1
2006	151.6	145.7	107.9	151.3	59.7	53.3	144.1	14.9	41.4	144.5	193.0	84.6	1,292.0
2007	121.5	34.4	278.9	119.3	138.7	21.8	91.5	104.2	106.0	104.9	211.8	50.1	1,383.1
2008	96.8	192.8	155.6	100.7	81.6	103.2	19.0	40.5	103.4	83.5	85.5	49.7	1,112.3
2009	154.5	158.8	168.5	244.4	117.1	128.5	53.6	95.7	132.5	99.3	108.0	101.4	1,562.3
2010	71.7	156.2	113.7	254.7	103.7	64.7	17.9	70.2	43.9	100.5	207.5	116.2	1,320.9
2011	84.4	53.3	270.7	135.2	125.1	179.2	93.3	27.1	68.0	90.4	183.2	164.8	1,474.7
2012	193.7	125.1	175.3	298.4	125.1	87.1	59.1	14.3	95.5	137.3	59.3	223.3	1,593.5
2013	140.8	141.7	169.2	77.9	108.9	99.7	49.2	128.4	105.3	65.0	209.7	93.1	1,388.9

Elaboración Propia en base a Registro Senhami

En base a los datos señalados se han establecido los valores de precipitación promedio mensual y anual, que se muestran a continuación:

**Cuadro N° 4.5 Valores de Precipitación Promedio Mensual en mm.
 Periodo 1998-2013**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
111	130	154	168	107	87	70	59	86	105	133	120	1331

Los datos analizados muestran que en promedio, en el período analizado, anualmente la precipitación promedio es de 1,331 mm., el mes más lluvioso del año es Abril, con 168 mm. como media, y Agosto es el mes de menor precipitación con 59 mm. promedio.



4.2.2 Cálculo de la precipitación pluvial neta

La Precipitación Pluvial Neta, que podría almacenarse, depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, para el caso tenemos, según Tabla N° 2.1:

Material de superficie de captación: Mortero (mezcla de cemento – arena)

Coeficiente de escorrentía (Ce) : 0.88

Considerando no ser nuevo el material de la superficie de escurrimiento asumimos como coeficiente el valor de:

$$Ce = 0.80$$

Cuadro N° 4.6: Valores de Precipitación Promedio Neta Mensual en mm

Concepto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación Promedio	111	130	154	168	107	87	70	59	86	105	133	120	
Coeficiente de Escorrentia	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
Precipitación Promedio Neta	89	104	123	135	86	70	56	47	69	84	107	96	1065

Elaboración Propia

Estos valores determinan que la precipitación anual neta es de 1,065 mm.

4.2.3 Información Pluviométrica Diaria

Esta información se consigna con la finalidad de analizar el comportamiento del sistema de la forma mas detallada posible, habiéndose obtenido el registro diario de los últimos 04 años, vale decir: 2010, 2011, 2012 y 2013; los que se muestran en el Anexo N° 01, en base a los cuáles se ha determinado los valores promedio para cada uno de los días del año, que se muestran en el Cuadro N° 4.7.



Cuadro N° 4.7: Promedio de la Precipitación Diaria de los Años 2010, 2011, 2012 y 2013

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	0.0	14.5	4.0	3.3	1.0	2.3	0.0	0.0	2.4	1.6	20.4
2	0.0	1.5	5.4	0.0	4.6	0.0	10.4	8.9	0.0	0.0	5.2	0.0
3	6.0	4.4	5.7	6.3	0.8	0.0	1.4	0.9	0.0	4.9	0.0	10.2
4	4.7	16.5	4.5	6.8	1.5	13.9	0.0	2.0	9.8	0.0	3.1	6.3
5	9.6	1.1	2.1	9.4	0.0	1.5	0.0	0.0	5.2	1.3	20.7	0.0
6	0.0	19.6	2.0	11.3	6.4	14.1	1.3	0.0	0.0	4.9	27.6	0.8
7	0.0	0.0	4.8	13.7	0.0	1.6	3.9	0.0	2.8	0.0	2.0	0.0
8	1.0	2.5	4.2	7.5	2.5	3.6	3.3	0.0	0.9	3.5	0.0	7.1
9	0.0	5.5	2.8	2.2	7.1	0.0	0.0	0.0	3.1	2.0	0.0	1.9
10	0.0	0.0	3.4	2.1	1.3	2.1	0.0	9.8	6.2	0.0	4.6	1.8
11	0.0	3.7	1.8	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.4	4.9	7.4	0.0
12	11.2	1.6	4.4	2.6	6.0	4.0	0.0	0.0	3.2	2.8	2.4	1.5
13	0.0	0.0	1.9	2.3	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0
14	0.0	1.2	1.8	7.2	4.2	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	1.4	7.3
15	0.0	2.3	1.2	8.4	8.2	0.0	2.0	4.2	1.1	0.0	3.3	2.5
16	1.0	1.7	2.9	4.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	5.0	0.0
17	4.1	2.3	5.2	0.0	1.9	0.0	4.0	0.0	0.0	3.6	1.6	0.0
18	0.0	0.0	0.0	2.7	4.6	3.1	0.0	0.0	5.7	6.7	14.5	0.0
19	14.3	3.1	0.0	4.4	3.0	0.0	2.3	0.0	4.6	3.4	6.1	1.5
20	2.3	0.0	8.9	0.0	5.1	3.2	0.0	0.0	0.0	1.4	2.4	3.2
21	2.2	0.0	7.6	3.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	11.1
22	20.8	14.3	2.8	1.2	0.9	5.5	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.9
23	0.0	0.0	1.2	21.0	2.0	3.0	4.0	0.0	3.1	0.0	0.9	0.8
24	0.0	0.0	5.4	0.0	3.1	3.7	1.8	1.1	4.0	11.0	1.2	1.4
25	1.1	7.5	1.3	3.4	1.5	2.1	0.0	5.5	0.0	0.0	1.8	5.1
26	4.3	1.1	10.6	17.9	6.9	4.6	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	6.1
27	5.3	1.6	11.3	2.8	4.7	0.0	1.3	3.6	1.5	5.5	1.9	2.1
28	6.5	0.0	14.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
29	2.0	0.0	0.0	4.3	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	5.2	1.6	4.6
30	0.0	0.0	8.5	0.0	1.0	12.1	2.5	0.0	0.0	2.2	3.0	16.5
31	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0



4.2.4 Área de Captación

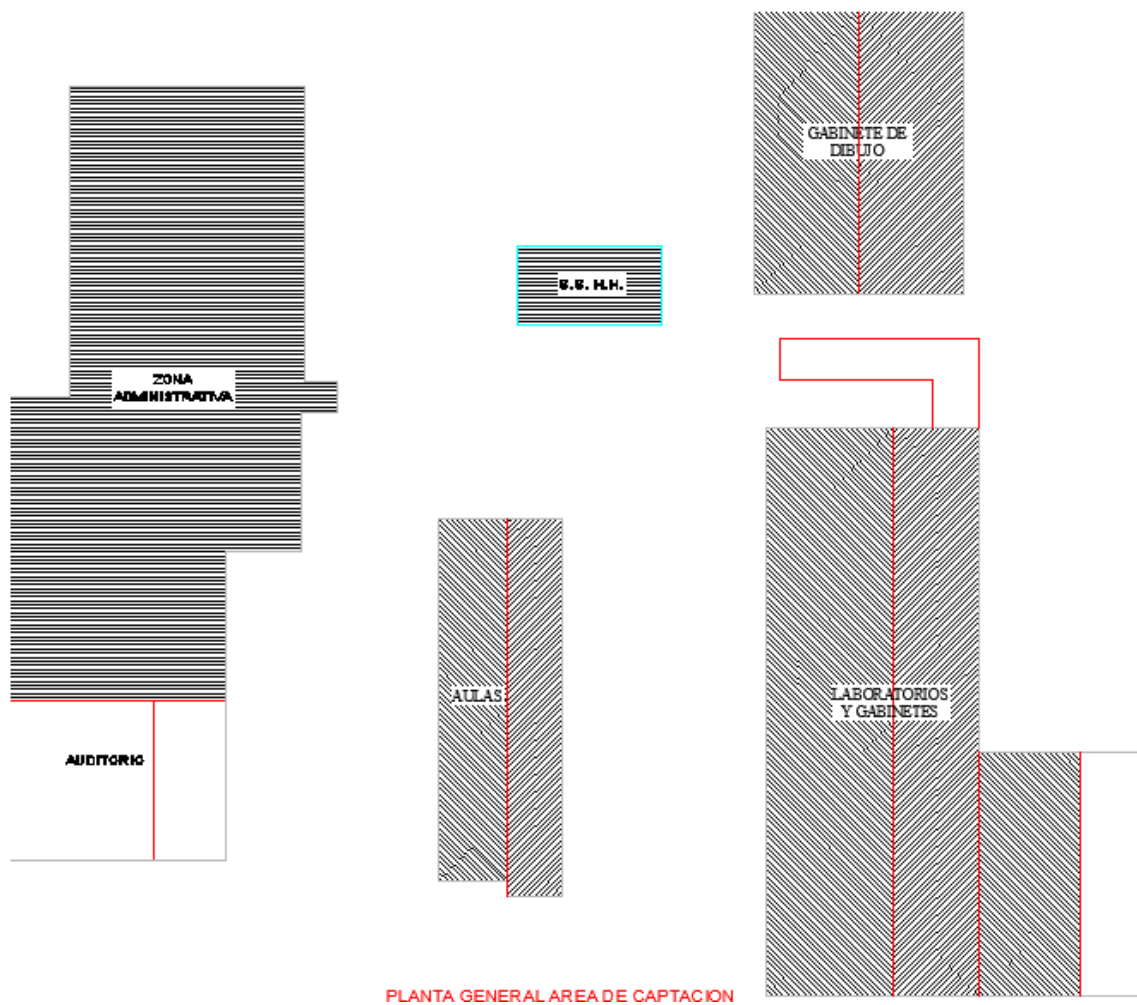
La FICA dispone de áreas techadas, según el cuadro siguiente:

Cuadro N° 4.8: Áreas de Techo de Pabellones de la FICA

DESCRIPCION	AREA	AREA
	TOTAL (m2)	UTILIZABLE (m2)
Pabellón 01: Administración	1,261.46	910.88
Pabellón 02: Aulas	280.73	280.73
Pabellón 03: Servicios Higiénicos	70.63	70.63
Pabellón 04: Gabinetes de Dibujo	368.75	368.75
Pabellón 05: Laboratorios	1,058.10	962.60
TOTAL AREA DE CAPTACION	3,039.67	2,593.59

Los techos de la FICA se muestran a continuación.

Figura N° 4.1: Disposición de los techos de la FICA





4.2.5 Cálculo de Oferta de Agua de Lluvia

Área de Captación

Estando definidos el consumo y la precipitación promedio neta, el área requerida para captar el indicado consumo, teóricamente sería:

$$\text{Área} = \text{Volumen requerido} / \text{Precipitación neta}$$

$$\text{Área} = 1,935 \text{ m}^3 / 1.065 \text{ m.} = 1,817 \text{ m}^2$$

Considerando las áreas existentes, podrían ser las correspondientes a las edificaciones 2 y 5, que en conjunto totalizan 1,873.48 m².

Determinación del Agua de Lluvia Disponible

La determinación del agua de lluvia disponible, se realiza considerando la Precipitación Promedio Neta Mensual y el Área de captación, cuyo resumen se presenta a continuación.

Cuadro N° 4.9: Valores de Agua Pluvial Disponible

PERIODO	Prec. Prom. Neta	Área de Cap.	Oferta
MENSUAL	PNj (mm)	(m2)	m3/mes
ENERO	89	1870	166.43
FEBRERO	104	1870	194.48
MARZO	123	1870	230.01
ABRIL	135	1870	252.45
MAYO	86	1870	160.82
JUNIO	70	1870	130.92
JULIO	56	1870	104.72
AGOSTO	47	1870	87.89
SETIEMBRE	69	1870	129.03
OCTUBRE	84	1870	157.08
NOVIEMBRE	107	1870	200.09
DICIEMBRE	96	1870	179.52
TOTAL	1,065		1993.42

Elaboración Propia

4.5 Balance

De acuerdo a los cálculos efectuados, la Demanda anual de agua para sanitarios (inodoros y urinarios) es de 1,935 m³, según Cuadro N° 4.4; y la Oferta de agua de lluvia es 1,992 m³, lo cual indica que por volúmenes totales es factible cubrir la demanda de agua para limpieza de sanitarios en todo el año, con el área de captación escogida.



CAPITULO V: INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1 Planteamiento General

Debiendo plantearse una aplicación de la tesis formulada, se ha optado por que la misma sea para la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – FICA, de la Universidad Nacional de San Martín, donde se plantea utilizar agua de lluvia, en la limpieza de los inodoros y urinarios; a fin de optimizar el uso del agua potable.

La aplicación está planteada, para un caso donde las condiciones no son las más favorables, pues se trata de un escenario donde la relación área de captación/usuario, es de $2,590/400 = 6.475 \text{ m}^2/\text{usuario}$, cuando en una vivienda ésta relación es, por lo menos, el doble; además la importante concentración poblacional indica que deberá utilizarse una estructura de almacenamiento de volumen importante, y ello implica un costo apreciable; por otra parte tratándose de una estructura ya construida, constituida por pabellones aislados, unos de otros, da lugar a limitaciones, donde tendremos que adecuarnos a lo existente, pudiéndose efectuar ligeras modificaciones, sin alterar la estructura fundamental; en tal sentido tenemos que optar por una estructura de almacenamiento de agua pluvial, ubicada en la parte más baja del terreno, a fin de que por gravedad podamos aprovechar las aguas pluviales provenientes de las coberturas de los distintos pabellones, para luego, mediante bombeo impulsar las aguas a un tanque elevado, ubicado en el techo del segundo nivel; todo esto implica apreciables longitudes en líneas de tubería de conducción, distribución, lo cual tiene una incidencia importante en el aspecto económico; se mencionan estos aspectos para resaltar la idea de que, si desde la concepción de un proyecto de edificación, se tendría la decisión de implementar un SCALL, estas limitaciones serían por lo menos atenuadas, obteniéndose mejores resultados económicos. Sin embargo siendo el objetivo principal, del trabajo, la optimización del uso del agua potable, la aplicación escogida, sirve para ello.

Se plantea un SCALL, para utilizar el agua de lluvia en la limpieza de sanitarios, de ser posible durante la totalidad del tiempo; para lo cual se dispone como áreas de captación, las coberturas útiles de los distintos pabellones existentes; cuyas aguas captadas, serán recolectadas y conducidas a una infraestructura de almacenamiento, ubicada en la parte más baja del área involucrada, a fin de facilitar el escurrimiento de las aguas recolectadas; desde este lugar las aguas almacenadas, serán impulsadas, mediante una electrobomba, hacia un tanque elevado, ubicado en el techo del segundo piso del pabellón Administrativo; para que finalmente las aguas de este tanque elevado, sean distribuidas a los servicios higiénicos existentes. Se ha optado por utilizar un tanque elevado, considerando que existe la posibilidad de que en algún momento se tuviera que utilizar agua de la red pública.

Los componentes del sistema proyectado son los descritos en el marco teórico, cuyo planteamiento general de se muestra en las Fig. 5.1 y Fig. 5.2.



Figura N° 5.1: Planta General Área de Captación

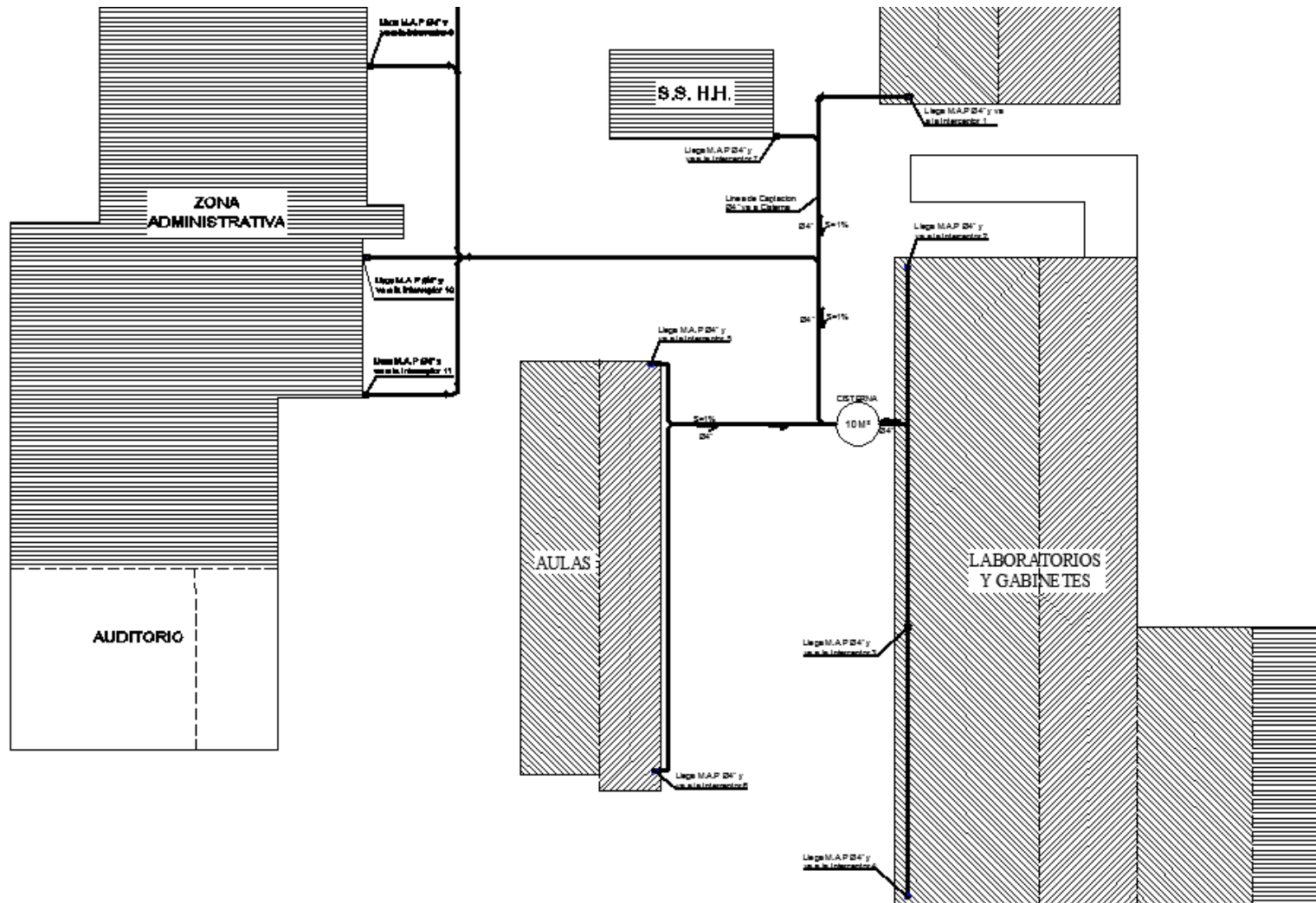
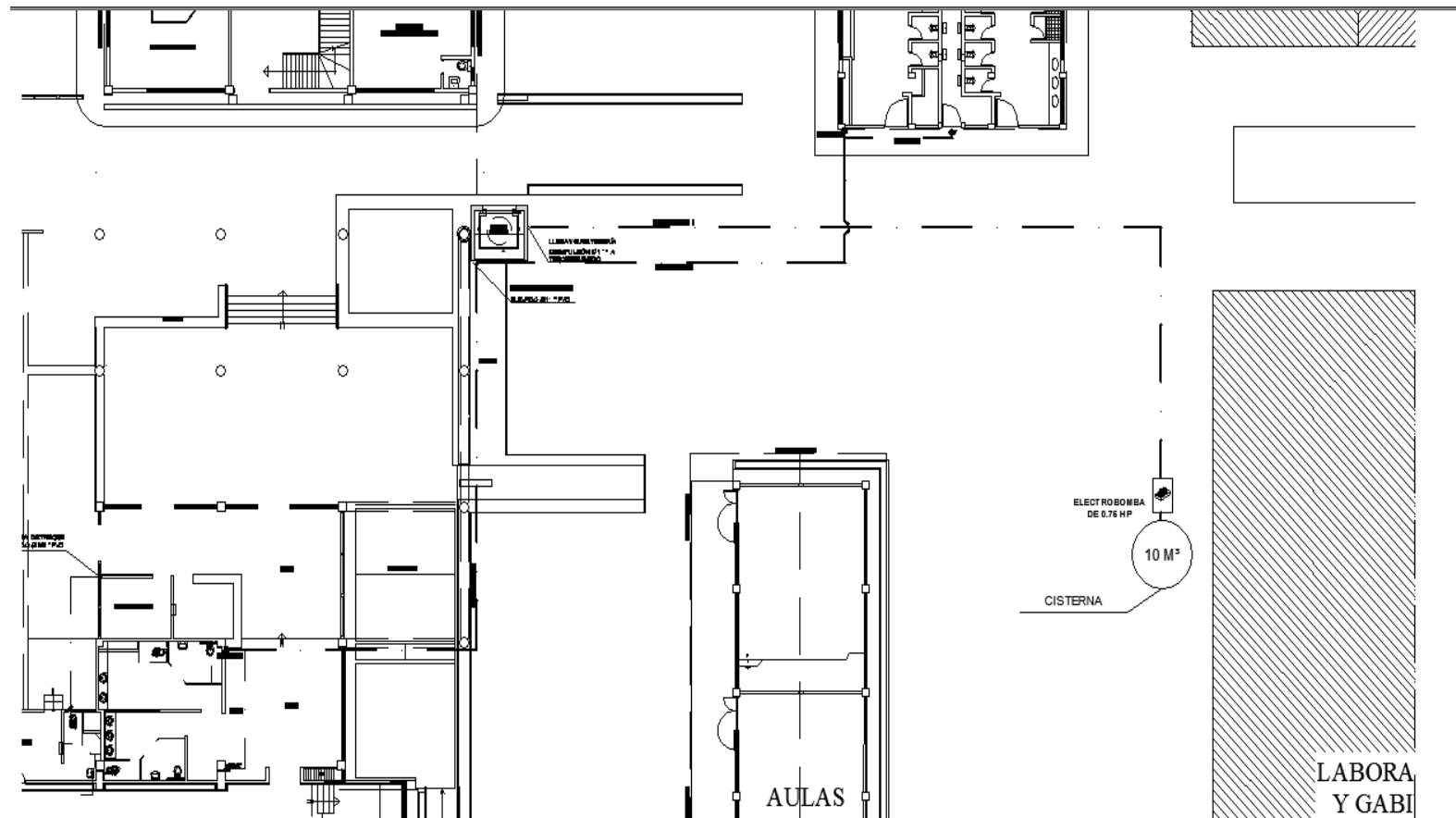




Figura N° 5.2: Planta General Red de Distribución





5.2. Captación

Siendo que el área de captación, incide directamente en el volumen de agua pluvial captada, y éste guarda una relación directa con el volumen de almacenamiento necesario, haremos los cálculos en forma secuencial.

La captación se realizará sobre los techos de la FICA, los que se encuentran ya contruidos siendo el acabado, de los mismos, lamina galvanizada y mortero de cemento - arena, en buenas condiciones, teniendo ya un sistema de drenaje para las aguas pluviales.

5.2.1 Área captación

De acuerdo a lo señalado en los puntos 4.4 y 4.5., teóricamente el área necesaria para atender la demanda anual de agua se puede obtener con los techos de las edificaciones 2 y 5, que en conjunto totalizan 1,870 m²; los volúmenes mensuales de agua pluvial disponible y requerida se muestran en el Cuadro N° 5.1.

Podemos apreciar que si bien el volumen anual captado es suficiente para el volumen anual requerido, por lo irregular de la precipitación, en el tiempo, en siete meses del año, la precipitación es insuficiente para cubrir el 100% del requerimiento, esto analizándolo en forma global, a nivel mensual; bajo esta perspectiva veremos el volumen de almacenamiento que se requiere para cubrir el déficit, de agua, básicamente para el período Mayo - Octubre

**Cuadro N° 5.1: Volumen Mensual de Agua Pluvial Disponible y Requerida
Área Captación 1,870 m²**

Mes	Precipitación Prom. Neta PNj (mm)	Área de Captación (m ²)	Agua Disponible m ³ /día	Agua Requerida m ³ /día	A. Pluvial Excedente
Enero	89	1870	166.43	169.92	-3.49
Febrero	104	1870	194.48	148.32	46.16
Marzo	123	1870	230.01	156.60	73.41
Abril	135	1870	252.45	162.72	89.73
Mayo	86	1870	160.82	169.92	-9.10
Junio	70	1870	130.90	149.40	-18.50
Julio	56	1870	104.72	169.92	-65.20
Agosto	47	1870	87.89	163.62	-75.73
Setiembre	69	1870	129.03	155.70	-26.67
Octubre	84	1870	157.08	169.92	-12.84
Noviembre	107	1870	200.09	156.42	43.67
Diciembre	96	1870	179.52	162.90	16.62
TOTAL			1993.42	1935.36	

Elaboración propia



5.3 Determinación del Volumen de Almacenamiento

Para establecer el volumen de almacenamiento, necesario para atender los requerimientos de agua, exclusivamente con precipitación pluvial, utilizaremos el método de análisis de la curva de volúmenes acumulados, en períodos mensuales, para lo cual se distribuyen los valores, ubicando en la fila superior el período de mayor precipitación y se continúa con el orden regular de los períodos siguientes, a continuación se determinan los volúmenes de agua pluvial captada, y de consumo; para cada período, así como los respectivos acumulados; y finalmente se establecen, las diferencias entre el agua pluvial captada acumulada y el consumo acumulado, en cada período; con éstos valores determinamos el volumen de almacenamiento, el mismo que viene dado por la diferencia entre el mayor valor, menos el menor valor encontrado.

5.3.1 Volumen de Almacenamiento

Se determinará el volumen de almacenamiento, considerando diferentes áreas de captación.

5.3.1.1 Almacenamiento, con un área de Captación de 1,870 m²

Aplicando el procedimiento descrito en el párrafo anterior, se ha elaborado el Cuadro N° 5.2, para encontrar el volumen de almacenamiento considerando un área de captación de 1,870 m².

**Cuadro N° 5.2: Volúmenes Acumulados, Oferta y Consumo
 Área Captación 1,870 m²**

Mes	Precipitación Promedio Neta (mm)	Área Captación (m ²)	Oferta Disponible (m ³)	Consumo (m ³)	Oferta Acumulada (m ³)	Consumo Acumulado (m ³)	Diferencia (m ³)
Abril	135	1,870	252.45	162.72	252.45	162.72	89.73
Mayo	86	1,870	160.82	169.92	413.27	332.64	80.63
Junio	70	1,870	130.90	149.40	544.17	482.04	62.13
Julio	56	1,870	104.72	169.92	648.89	651.96	-3.07
Agosto	47	1,870	87.89	163.62	736.78	815.58	-78.80
Septiembre	69	1,870	129.03	155.70	865.81	971.28	-105.47
Octubre	84	1,870	157.08	169.92	1,022.89	1,141.20	-118.31
Noviembre	107	1,870	200.09	156.42	1,222.98	1,297.62	-74.64
Diciembre	96	1,870	179.52	162.90	1,402.50	1,460.52	-58.02
Enero	89	1,870	166.43	169.92	1,568.93	1,630.44	-61.51
Febrero	104	1,870	194.48	148.32	1,763.41	1,778.76	-15.35
Marzo	123	1,870	230.01	156.60	1,993.42	1,935.36	58.06

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro se infiere que si se utilizara, para el servicio requerido, exclusivamente agua de lluvia, la capacidad de almacenamiento debería ser de:

$$\text{Almacenamiento} = 89.73 - (-118.31) = 208.04 \text{ m}^3$$



Es decir disponer de un volumen de almacenamiento de 208 m³ lo cual, en este caso, además de impracticable, representa un costo no asumible. Este valor de almacenamiento requerido, obedece a una distribución pluvial sumamente irregular en el tiempo, donde el mes de Agosto representa tan solo el 35% de la precipitación del mes de Abril, lo que obliga a tener que almacenar un volumen considerable de agua durante el período lluvioso, para usarlo en la época de estiaje; ante esta situación, y excluyendo la opción de almacenar 208 m³, por las razones ya mencionadas, tenemos dos posibilidades:

- Ampliar el área de captación, utilizando todas las áreas utilizables (2,590 m²) de los techos existentes en la FICA; y ver si de esta forma se puede cubrir la demanda, únicamente, con agua pluvial.
- Utilizar un sistema mixto de abastecimiento, para atender la demanda con agua de lluvia, cuando se disponga, y agua de la red pública en los casos en que no se disponga de agua pluvial

5.3.1.2 Almacenamiento, con un área de Captación de 2,590 m²

En esta alternativa se analizará la posibilidad de utilizar exclusivamente agua de lluvia, empleando la totalidad de las áreas techadas de la FICA.

Con esta hipótesis, establecemos y analizamos los volúmenes acumulados de oferta y demanda, mensuales, los que nos permiten establecer el volumen de almacenamiento requerido, tal como se aprecia en el Cuadro N° 5.3

**Cuadro N° 5.3: Volúmenes Acumulados, Oferta y Consumo
Área Captación 2,590 m²**

Mes	Precipitación Promedio Neta (mm)	Área Captación (m ²)	Oferta Disponible (m ³)	Consumo (m ³)	Oferta Acumulada (m ³)	Consumo Acumulado (m ³)	Diferencia (m ³)
Abril	135	2,590	349.65	162.72	349.65	162.72	186.93
Mayo	86	2,590	222.74	169.92	572.39	332.64	239.75
Junio	70	2,590	181.30	149.40	753.69	482.04	271.65
Julio	56	2,590	145.04	169.92	898.73	651.96	246.77
Agosto	47	2,590	121.73	163.62	1,020.46	815.58	204.88
Septiembre	69	2,590	178.71	155.70	1,199.17	971.28	227.89
Octubre	84	2,590	217.56	169.92	1,416.73	1,141.20	275.53
Noviembre	107	2,590	277.13	156.42	1,693.86	1,297.62	396.24
Diciembre	96	2,590	248.64	162.90	1,942.50	1,460.52	481.98
Enero	89	2,590	230.51	169.92	2,173.01	1,630.44	542.57
Febrero	104	2,590	269.36	148.32	2,442.37	1,778.76	663.61
Marzo	123	2,590	318.57	156.60	2,760.94	1,935.36	825.58

Elaboración propia

De acuerdo al cuadro precedente, esta alternativa estaría cubriendo los requerimientos de agua para diez meses del año, siendo únicamente los



meses de julio y agosto donde el consumo supera a la oferta, y para atender este déficit de agua se requeriría almacenar un volumen de:

$$271.65 \text{ m}^3 - 204.88 \text{ m}^3 = 66.77 \text{ m}^3$$

Es decir, una cisterna con 70 m^3 de capacidad, valor que también consideramos no práctico y muy costoso; sin embargo, con fines exclusivamente didácticos, efectuaremos una simulación diaria del sistema, con esta capacidad de almacenamiento.

5.3.2 Simulación Diaria del Sistema

La determinación del volumen de almacenamiento, considerando períodos mensuales inducen a falsas interpretaciones, pues el suministro del agua pluvial, es sumamente irregular durante dicho período, sin embargo el análisis en períodos mensuales, asume que la llegada del agua pluvial se produce en forma constante, y no en la forma fluctuante como en realidad sucede, por ello es recomendable que en los casos en que intervenga la precipitación pluvial, el análisis se realice en períodos cortos, en nuestro caso utilizaremos períodos diarios; y se plantea realizar una simulación de la operación diaria del sistema que nos permita establecer el volumen de almacenamiento mas conveniente, de acuerdo al volumen de agua de lluvia utilizada.

Para tal efecto, se ha formulado una hoja de cálculo, que se presenta en el Anexo N° 02; en este proceso las variables involucradas son las siguientes:

- Pt: Precipitación diaria, (mm)
- Ac: Área de Captación, (m²)
- Cd: Consumo diario, de agua, (m³)
- Vc: Volumen captado, (m³)
- Sa: Saldo almacenado, (m³)
- Pb: Población beneficiada, (hab.)
- Dd: Dotación diaria por habitante, (lts/hab./día)
- Va: Volumen almacenado, (m³)
- Cc: Capacidad de Cisterna, (m³)
- Vallu: Volumen agua de lluvia utilizada, (m³)
- Vapu: Volumen agua potable utilizada, (m³)

El modelo calcula el volumen de agua de lluvia utilizada diario, en base en una simulación del comportamiento diario del SCALL, para lo cual conocidos los valores de precipitación diaria (Pt), área de captación (Ac), población beneficiada (Pb) y dotación diaria por habitante (Dd); procedemos según la secuencia diaria siguiente:

► Paso 1

Se determina el volumen captado de agua lluvia (Vc), en el área de captación (Ac), según la precipitación diaria (Pt), presentada.

$$Vc = Pt * Ac$$



► **Paso 2**

Se asume un valor como capacidad de la cisterna de almacenamiento, según los volúmenes comerciales existentes, si estos fueran prefabricados.

► **Paso 3**

Se establece el volumen almacenado (V_a), para lo cual se compara la suma del saldo almacenado (S_a), del día anterior, mas el volumen captado (V_c) en el día; si dicho resultado es mayor que la capacidad de la cisterna (C_c), se consigna como volumen almacenado (V_a), la capacidad de la cisterna (C_c); de lo contrario se consigna como volumen almacenado (V_a), la suma del saldo almacenado (S_a) del día anterior, mas el volumen captado (V_c) en el día

$$V_a: \quad SI((S_a+V_c)>C_c,C_c,(S_a+V_c))$$

► **Paso 4**

Se determina el saldo almacenado (S_a), luego de atenderse el consumo diario, (C_d), para lo cual se compara la diferencia del volumen almacenado (V_a), menos el consumo diario (C_d), si es menor que cero, se consigna como saldo almacenado (S_a), cero, de lo contrario se consigna como saldo almacenado (S_a), la diferencia del volumen almacenado (V_a), menos el consumo diario (C_d)

$$S_a: \quad =SI((V_a-C_d)<0,0,(V_a-C_d))$$

► **Paso 5**

Se determina el volumen agua de lluvia utilizada (V_{allu}) en el consumo diario, para lo cual si el saldo almacenado (S_a), es mayor que cero, se consigna como volumen de agua de lluvia utilizada (V_{allu}), el valor del consumo diario (C_d), de lo contrario se consigna como volumen de agua de lluvia utilizada (V_{allu}), el valor del volumen almacenado (V_a).

$$V_{allu}: \quad SI(S_a>0,C_d,V_a)$$

► **Paso 6**

Se determina el volumen de agua potable (V_{apu}) utilizada en el consumo diario, lo que viene dado por la diferencia entre el consumo diario (C_d) y el volumen de agua de lluvia utilizada (V_{allu})

$$V_{apu}=C_d-V_{allu}$$

De esta forma podemos conocer el volumen de agua de lluvia que se lograría utilizar, según el volumen de almacenamiento asumido, y nos permite visualizar el comportamiento del SCALL, en forma diaria, teniendo mayor confiabilidad sobre su eficiencia.

Luego podrá establecerse la viabilidad económica de las distintas posibilidades y en función a ello determinar la mejor alternativa técnico - económica

Aplicando el procedimiento antes descrito, observamos que con una cisterna de 70 m^3 , el sistema no cubre la totalidad del requerimiento y que sólo se atenderían $1,857 \text{ m}^3$, del requerimiento, quedando un volumen de 78 m^3 sin cobertura. Esta situación se explica porque el ingreso del agua de lluvia no se



presenta en forma regular, en el tiempo, sino todo lo contrario es sumamente irregular, también durante los días de un mismo mes, por ello que al simular el sistema en forma diaria aparecen estas carencias; en consecuencia ni con un almacenamiento de 70 m³ se podría cubrir la demanda, con agua exclusivamente de lluvia.

Descartada, definitivamente, la posibilidad de atender la totalidad de los requerimientos, exclusivamente con agua de lluvia, analizaremos la alternativa de suplir el déficit de agua pluvial, con el agua de la red pública.

La posibilidad de este sistema mixto lo analizaremos, simulando el comportamiento diario del SCALL para diferentes áreas de captación, como son: para 1870 m², para 2,150 m², y también para 2,590 m²., la segunda alternativa está conformada por los pabellones de Laboratorios, Aulas y Zona Administrativa; quedando excluidos los pabellones de Gabinete de Dibujo y de SS.HH, por estar más distantes de los otros pabellones.

5.3.2.1 Simulación del Sistema con Área Captación 1,870 m²

Realizando la simulación del funcionamiento del sistema, con esta área de captación, encontramos los valores que se muestran a continuación.

Cuadro N° 5.4: Agua de Lluvia Utilizada, según Volumen de Almacenamiento.- A. Captación 1,870 m²

Volumen de Cisterna (M3)	Agua de Lluvia Utilizada		A. Red Pública Utilizada		Agua Total Utilizada (M3)
	M3	%	M3	%	
5	804	41.55	1131	58.45	1,935
10	1,174	60.67	761	39.33	1,935
15	1,372	70.90	563	29.10	1,935
20	1,498	77.42	437	22.58	1,935
25	1,569	81.09	366	18.91	1,935
30	1,611	83.26	324	16.74	1,935
35	1,648	85.17	287	14.83	1,935
40	1,681	86.87	254	13.13	1,935
45	1,705	88.11	230	11.89	1,935
50	1,710	88.37	225	11.63	1,935
55	1,715	88.63	220	11.37	1,935
60	1,720	88.89	215	11.11	1,935

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2 Simulación del Sistema con área Captación 2,150 m²

Realizando la simulación del funcionamiento del sistema, con esta área de captación, encontramos los valores que se muestran en el Cuadro N° 5.5.



Cuadro N° 5.5: Agua de Lluvia Utilizada, según Volumen de Almacenamiento.- A. Captación 2,150 m²

Volumen de Cisterna (M3)	Agua de Lluvia Utilizada		A. Red Publica Utilizada		Agua Total Utilizada (M3)
	M3	%	M3	%	
5	830	42.89	1105	57.11	1,935
10	1,232	63.67	703	36.33	1,935
15	1,439	74.37	496	25.63	1,935
20	1,567	80.98	368	19.02	1,935
25	1,643	84.91	292	15.09	1,935
30	1,690	87.34	245	12.66	1,935
35	1,727	89.25	208	10.75	1,935
40	1,752	90.54	183	9.46	1,935
45	1,763	91.11	172	8.89	1,935
50	1,768	91.42	166	8.58	1,934
55	1,773	91.63	162	8.37	1,935
60	1,778	91.89	157	8.11	1,935

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.3 Simulación del Sistema con área Captación 2,590 m²

Realizando la simulación del funcionamiento del sistema, con esta área de captación, encontramos los valores que se muestran a continuación.

Cuadro N° 5.6: Agua de Lluvia Utilizada, según Volumen de Almacenamiento.- A. Captación 2,590 m²

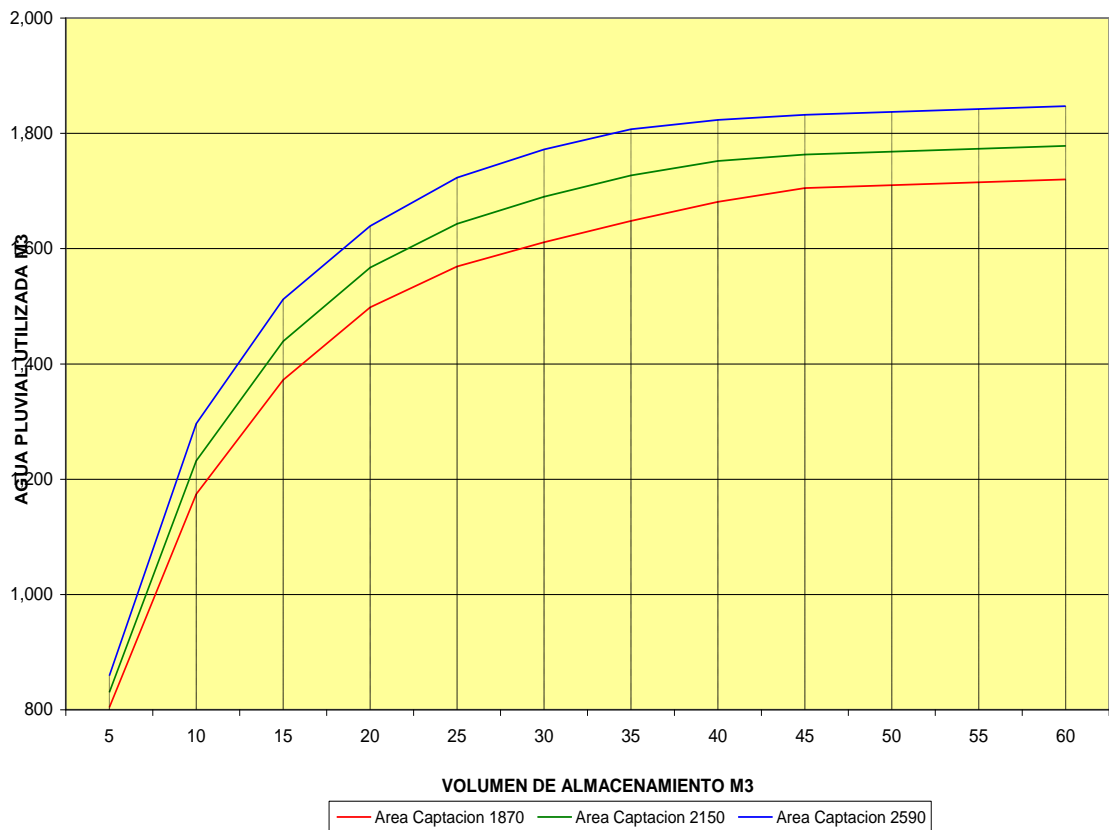
Volumen de Cisterna (M3)	Agua de Lluvia Utilizada		A. Red Publica Utilizada		Agua Total Utilizada (M3)
	M3	%	M3	%	
5	859	44.39	1076	55.61	1,935
10	1,296	66.98	639	33.02	1,935
15	1,512	78.18	422	21.82	1,934
20	1,639	84.70	296	15.30	1,935
25	1,723	89.04	212	10.96	1,935
30	1,772	91.58	163	8.42	1,935
35	1,807	93.39	128	6.61	1,935
40	1,823	94.21	112	5.79	1,935
45	1,832	94.68	103	5.32	1,935
50	1,837	94.94	98	5.06	1,935
55	1,842	95.19	93	4.81	1,935
60	1,847	95.45	88	4.55	1,935

Fuente: Elaboración propia



Graficando los valores de utilización de agua pluvial, con las tres posibilidades de áreas de captación, y utilizando diferentes volúmenes de almacenamiento, obtenemos la figura siguiente:

Gráfico N° 5.1: Uso del Agua Pluvial, Según Capacidad de Almacenamiento



En el gráfico se aprecia que el crecimiento del uso del agua pluvial se da en forma sostenida, para valores de almacenamiento de hasta 20 m³., a partir de este valor, el crecimiento del uso de agua pluvial, se reduce ostensiblemente; por esta razón, realizaremos la evaluación económica para volúmenes de almacenamiento de 10 y 20 m³., pues a partir de dicho valor, los incrementos en la curva, agua pluvial utilizada, se atenúan, para similares incrementos en la capacidad de almacenamiento; por lo tanto los volúmenes por encima de los 20 m³, de almacenamiento, serán mas costosos.



Por lo tanto la evaluación económica se realizará para seis posibilidades, siendo estas:

Cuadro N° 5.7: Alternativas según Área de Captación y Volumen de Almacenamiento

Alternativa N°	Area Captación m ² .	Almacenamiento m ³
1	1,870	10
2	1,870	20
3	2,150	10
4	2,150	20
5	2,590	10
6	2,590	20

Fuente: Elaboración propia

5.4. Sistema de Recolección y Conducción

5.4.1 Red de Recolección y Conducción

Las edificaciones de la FICA – Ciudad Universitaria, cuentan con canaletas de concreto y de plancha galvanizada, y montantes en PVC de 4”, que recolectan las aguas pluviales de todos los techos y los derivan hacia el alcantarillado; por lo tanto para éste diseño no se requiere la instalación de nuevas canaletas colectoras, con excepción del pabellón, Gabinete de Dibujo, donde sí se requiere instalar canaletas recolectoras; en lo referente a montantes, se complementarán las montantes necesarias para conducir el recurso hídrico hacia los interceptores de las primeras aguas; igualmente será necesario instalar las tuberías de conducción para llevar las aguas hacia la estructura de almacenamiento. Las principales tuberías de conducción han sido dimensionadas considerando un caudal derivado de una Intensidad de Lluvias de 75 mm/hora y el área tributaria de cada una de ella.

Para establecer los metrados de recolección y conducción de los diferentes pabellones, previamente se ha determinado el lugar mas conveniente para ubicar el sistema de almacenamiento, el mismo que consistirá en una cisterna, instalada, contiguo al pabellón de Laboratorio, por ser éste el lugar, hacia el cual las aguas pluviales, de los otros pabellones, escurrirán con mayor facilidad, en consecuencia las distintas redes de conducción serán establecidas, hasta este punto, el resultado de ellas se presenta a continuación.



Cuadro N° 5.8: Metrados Red de Recolección y Conducción

Descripción	Unid.	Gabinete de Dibujo	Laboratorios	SSHH	Aulas	Zona Administrativa
Acondicionamiento en colectores	ml		43	23		37
Canaletas plancha galvanizada 4"	ml	45				
Tubería PVC 4" adosada a pared	ml	17	75	7	12	0
Tubería PVC 4" enterrada	ml	31		3	39	49
Tubería PVC 4" aéreo	ml		2			
Montantes PVC 4" adosados a pared	ml	10	40	4	20	36
Tubería PVC 6" enterrada	ml					43
Estructura de apoyo	Und.		1			

Fuente: Elaboración propia

Siendo que tenemos tres posibilidades como áreas de captación, establecemos para cada una de ellas, la red de recolección y conducción necesaria.

Cuadro N° 5.9: Red de Conducción

Descripción	Unid.	Área Captación (m ²)		
		1,870	2,150	2,590
Acondicionamiento en colectores	ml	80	80	103
Canaletas plancha galvanizada 4"	ml	0	0	45
Tubaría PVC 4" adosada a pared	ml	75	87	111
Tubería PVC 4" enterrada	ml	49	88	122
Tubería PVC 4" aéreo	ml	2	2	2
Montantes PVC 4" adosados a pared	ml	76	96	110
Tubería PVC 6" enterrada	ml	43	43	43
Poste de Apoyo	und	1	1	1

5.4.2 Interceptor de Primeras Aguas

Considerando que tentativamente se están evaluando tres posibilidades de áreas de captación, debemos disponer para cada una de ellas, los interceptores de primeras aguas que correspondan.

El típico Interceptor de primeras aguas, consta de un tanque, al cual ingresará el agua por medio de un tubo bajante, en el cual, antes de acoplarse al tanque, se ubica una esfera flotante que permitirá el paso de las aguas, hasta que estas alcancen el volumen establecido para lavar el área de captación correspondiente, cuando esto ocurra, la esfera flotante impedirá el paso del agua hacia el interceptor y las aguas venideras se desviarán hacia el sistema de almacenamiento. Adicionalmente, el tanque, contará con una válvula de



purga en la parte inferior del mismo para hacer el mantenimiento después de cada lluvia.

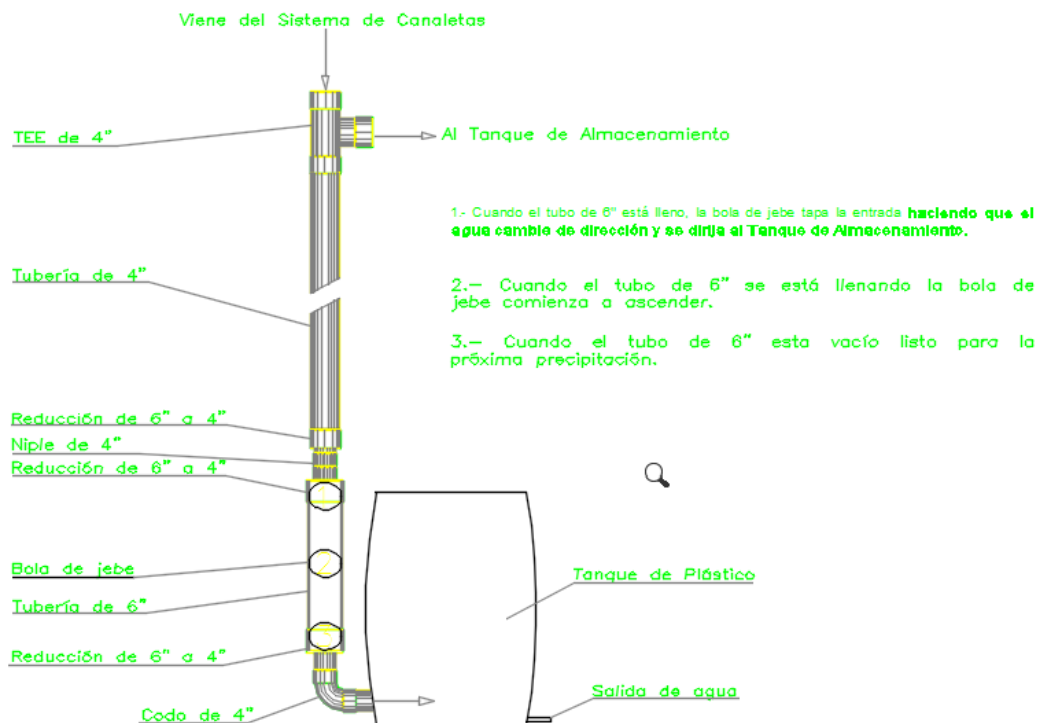
De acuerdo a lo indicado en el marco teórico, el interceptor de las primeras aguas se calcula de acuerdo al volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en un litro por m² de superficie de captación, por tal razón, de acuerdo con las áreas de captación en estudio, tendremos para las tres posibilidades de área de captación, los tanques indicados a continuación.

Cuadro N° 5.10: Volumen Tanques de Primeras aguas

Descripción	Área Captación (m ²)		
	1,870	2,150	2,590
Tanque 100 litros	0	0	1
Tanque 150 litros	2	4	4
Tanque 200 litros	1	1	1
Tanque 300 litros	3	3	3
Tanque 400 litros	1	1	2

Fuente: Elaboración propia

Fig. N° 5.3: Interceptor de primeras aguas





5.5. Almacenamiento

El sistema planteado dispondrá de una cisterna como reserva de agua pluvial, desde la cual éstas aguas serán impulsadas hacia un tanque elevado para su distribución, a los puntos de consumo.

5.5.1 Cisterna

Tal como se ha visto en el punto 5.3; este elemento será con fines de reserva de agua pluvial, y su volumen dependerá de la evaluación económica que se realice, entre las posibilidades de 10 ó 20 m³, de acuerdo a lo cual y según las recomendaciones contenidas en el Manual de Texas para la cosecha de agua de lluvia, encontramos que para volúmenes de hasta 40 m³ de almacenamiento, se recomienda el uso de depósitos de polipropileno o polietileno.

La cisterna dispondrá de tubería de rebose que permitirá la salida de las aguas pluviales, cuando la cisterna haya cubierto su capacidad.

5.6 Sistema de Distribución

Este sistema en el caso en estudio está conformado por un tanque elevado; un sistema de bombeo y por la red de distribución de agua de lluvia que sale del tanque elevado y lo conduce a los diferentes puntos de consumo.

5.6.1 Tanque Elevado

Estará ubicado en la parte superior de la caja de ascensor, del pabellón Administrativo, y almacenará agua exclusivamente para limpieza de sanitarios, es un tanque de almacenamiento, con alimentación dual, ya que utilizará dos fuentes de suministro: agua de lluvia proveniente de la cisterna y cuando no se disponga de agua pluvial en la cisterna, será abastecida por agua proveniente de la red pública existente, en forma automática, para lo cual se instalará en el tubo de abastecimiento una válvula solenoidal, que se accionará por impulso eléctrico, cuando no exista agua de lluvia en la cisterna.

Este tanque elevado será prefabricado de polietileno, con las dimensiones que se especifican en los planos. El volumen considerado es de 2.50 m³.

El automatismo estará dispuesto para accionar el sistema de bombeo, según el nivel de agua existente en la cisterna, cuando en el proceso de vaciado del tanque elevado, el agua llegue a los 30 cm. de altura; se acciona el automatismo para bombear de la cisterna agua pluvial; y en caso no se disponga de ésta, en la cisterna, y la altura de agua, en el tanque elevado, llegue a los 20 cm., se accionará un circuito eléctrico, que apertura la válvula solenoidal, permitiendo el abastecimiento del tanque elevado con agua de la red pública, circuito que se interrumpirá cuando las aguas en el tanque elevado alcancen su altura de llenado.



5.6.2 Sistema de Bombeo

Estará constituido por una electrobomba, ubicada contigua a la cisterna, la que mediante un sistema de automatismo, accionará cuando el tanque elevado, demande ser abastecido y la disponibilidad de agua pluvial, en la cisterna lo permita.

Se presenta a continuación el procedimiento del cálculo de la potencia requerida por la electrobomba, para elevar el agua desde la cisterna (agua de lluvia) hasta el tanque elevado. Para llevar a cabo dicho procedimiento se tendrá en cuenta las características de la bomba, el motor, la tubería de impulsión y de succión; así como las cotas entre los puntos de inicio (cisterna) y llegada (tanque elevado). Los principales parámetros a tener en cuenta son:

Potencia de la bomba:

$$PB = \frac{Q_b * HDT}{75 * e}$$

Donde: PB = Potencia de bomba en Hp
Q_b = Caudal de Bombeo en lt/seg
HDT = Altura Dinámica Total en m.
e = Eficiencia, 0.60

Se determina el caudal de bombeo: según RNE item 2.5.e.

$$Q_b = MDS$$
$$MDS = 1.78 \text{ lt/s}$$
$$Q_{II} = 0.69 \text{ lt/s}$$
$$Q_b = 1.78 \text{ lt/s}$$

Diámetro de la tubería de impulsión: 1 ½”
Longitud tubería de impulsión : 48 m

Diámetro de la tubería de succión : 2”
Longitud tubería de succión : 5 m

$$HDT = H + H_f(\text{succión+impulsión}) + P_s$$

$$H = 12 \text{ m (altura desde el inicio de la succión hasta la entrega al T.E.)}$$
$$H_{f\text{impulsión}} = 3.79 \text{ m}$$
$$H_{f\text{succión}} = 0.34 \text{ m}$$

$$P_s = 2 \text{ m}$$
$$HDT = 12 + (3.71+0.19) + 2$$
$$HDT = 18.13 \text{ m.}$$

Entonces:

$$PB = \frac{1.78 \text{ lt/s} * 18.13 \text{ m}}{75 * 0.60}$$
$$PB = 0.72 \text{ Hp}$$



PB = 0.75 Hp (comercial)

El diseño del sistema de bombeo se puede resumir en la Cuadro N° 5.11

Cuadro N° 5.11: Dimensionamiento del Sistema de Bombeo

DESCRIPCION	VALOR
Tipo de Bomba	Succión negativa
Caudal de Bombeo	1.78 lt/s
Díámetro de la succión	2"
Díámetro de la Impulsión	1 1/2"
Material tubería de succión	PVC
Coeficiente de rugosidad succión	140
Material tubería de impulsión	PVC
Coeficiente de rugosidad impulsión	140
Altura estática de succión	2
Altura estática de impulsión	10
Altura dinámica de succión	2.34
Altura dinámica de impulsión	15.79
Altura dinámica total	18.13
Eficiencia teórica de la bomba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 Hp

5.6.3 Red de Distribución

La red sólo llegará a los puntos donde se utilizará el agua lluvia, es decir, inodoros y urinarios; en la red actualmente existente, los subramales que abastecen dichas unidades con agua potable serán bloqueados.

Se diseña por el método Hunter, explicado en el RNE- Norma IS-010, que considera el criterio de Consumo Simultáneo Máximo Probable, que se basa en el de ser poco probable el funcionamiento simultáneo de todos los aparatos sanitarios de un mismo ramal y en la posibilidad de que con el aumento de números de aparatos el funcionamiento simultáneo disminuye.

5.6.3.1 Máxima Demanda Simultánea

Es la posibilidad de uso de todos los aparatos sanitarios en un mismo instante. El valor de la máxima demanda simultánea se determina en función de todos los inodoros y urinarios instalados en la edificación, ver Cuadro N° 5.12.

Cuadro N° 5.12: Caudales en aparatos sanitarios

DESCRIPCION	UNIDADES	CANTIDAD	UNIDADES HUNTER	TOTAL UNIDADES HUNTER (LTS)	Q(lts)
INODORO	UND	27	3	81	1.78
LAVATORIO	UND	35	0	0	
DUCHA	UND	4	0	0	
URINARIO	UND	6	3	18	
LAVADERO DE COCINA	UND	4	0	0	
URINARIO CORRIDO	ML	5	3	15	
				114	
TOTAL DE UNIDADES HUNTER				114	
CAUDAL DE MAXIMA DEMANDA SIMULTANEA					1.78
CAUDAL DE MAXIMA DEMANDA SIMULTANEA					1.78 LPS



Fuente: Elaboración propia

5.6.3.2 Cálculo hidráulico de redes

El cálculo hidráulico, para determinar los diámetros de las tuberías, se ha desarrollado considerando el trazo de la red en planta y el esquema isométrico, que se presenta en el Anexo N° 03; cuyos resultados están consignados en los planos correspondientes.

5.7 Costos y Presupuesto

A efectos de poder realizar una comparación técnico – económica, entre todas las alternativas que se evaluarán, elaboramos los presupuestos de las seis posibilidades existentes, para establecer los rendimientos económicos de cada una de ellas. En tal sentido presupuestaremos los distintos componentes del sistema, considerando en cada caso, la influencia de la variación del área de captación y del volumen de almacenamiento.

5.7.1 Área de captación

En este componente, no se requieren trabajos, por lo tanto no existen desembolsos económicos.

5.7.2 Sistema de Conducción y Primeras Aguas

Sistema de Conducción

En este componente se incluyen todas las tuberías y accesorios, necesarios para conducir las aguas pluviales, desde su recolección, hasta su ingreso a la cisterna. En el costo de las tuberías se incluyen el suministro de éstas, sus accesorios e instalación.

Sistema de Primeras Aguas

En este componente se consideran los depósitos, tuberías y accesorios necesarios para el funcionamiento de este sistema, en este caso los depósitos están en función a las áreas de captación.

Los costos y presupuestos se indican en el Cuadro N° 5.13

Cuadro N° 5.13: Presupuestos de los Sistemas de Conducción

Concepto	Und.	Precio Unitario	AREA CAPTACION					
			1,870 m ²		2150 m ²		2,590 m ²	
			Metrado	Importe	Metrado	Importe	Metrado	Importe
A) RED DE RECOLECCION Y CONDUCCION								
Acondicionamiento en colectores	ml	12.25	80	980.00	80	980.00	103	1,261.75



Canaletas plancha galvanizada 4"	ml	19.19	0	0.00	0	0.00	45	863.44
Tubaría PVC 4" adosada a pared	ml	15.26	75	1,144.53	87	1,327.66	111	1,693.91
Tubería PVC 4" enterrada	ml	18.26	49	894.76	88	1,606.92	122	2,227.77
Tubería PVC 4" aéreo	ml	10.76	2	21.52	2	21.52	2	21.52
Montantes PVC 4" adosados a pared	ml	15.26	76	1,159.79	96	1,465.00	110	1,678.65
Tubería PVC 6" enterrada	ml	37.88	43	1,628.63	43	1,628.63	43	1,628.63
Estructura de apoyo	Und.	319.43	1	319.43	1	319.43	1	319.43
SUB TOTAL A:				6,148.66		7,349.15		9,695.09
B) INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS								
Tanque 100 litros	und.	120.00	0	0.00	0	0.00	1	120.00
Tanque 150 litros	und.	150.00	2	300.00	4	600.00	4	600.00
Tanque 200 litros	und.	180.00	1	180.00	1	180.00	1	180.00
Tanque 300 litros	und.	240.00	3	720.00	3	720.00	3	720.00
Tanque 400 litros	und.	300.00	1	300.00	1	300.00	2	600.00
Sistema de Control	und.	30.00	7	210.00	9	270.00	11	330.00
Instalación	und.	30.00	7	210.00	9	270.00	11	330.00
SUB TOTAL B:				1,920.00		2,340.00		2,880.00
TOTAL (A+B):				8,068.66		9,689.15		12,575.09

F
u

ente: Elaboración propia

5.7.3 Sistema de Almacenamiento

En este componente se considera el suministro, transporte y colocación de la cisterna.

Los costos y presupuestos son los indicados a continuación:

Cuadro N° 5.14: Presupuestos de Cisternas de Almacenamiento

Concepto	Und.	P. Unit.	VOLUMEN 10 M3		VOLUMEN 20 M3	
			Metrado	Importe	Metrado	Importe
Excavación y preparación	Glb	145.00	1	145.00	2	290.00
Losa de apoyo	m2	127.13	4	508.53	8	1,017.07
Suministro de Cisterna	m3	780.00	10	7,800.00	20	15,600.00
Colocación e instalación	m3	60.00	10	600.00	20	1,200.00
Salida rebose	Glb	21.52	4	86.08	4	86.08
Material Granular	m3	90.00	2	180.00	4	360.00
TOTAL				9,319.62		18,553.15

Fuente: Elaboración propia



5.7.4 Sistema de Distribución

En este componente se consideran el suministro, transporte y colocación de todos los elementos para el sistema de bombeo; el tanque elevado y el sistema de distribución.

Los costos y presupuestos son los indicados en el Cuadro N° 5.15.

Cuadro N° 5.15: Presupuesto del Sistema de Distribución

Concepto	Und.	Metrado	P. Unit. S/.	Importe S/.
A) TANQUE ELEVADO				
Tanque Polietileno, 2.5 m3	Und.	1	875.00	875.00
Sistema automatismo	Und.	1	30.00	30.00
Válvula Solenoidal 1"	Und.	1	250.00	250.00
Rebose, drenaje, válvula cpta. 1"	Glb	1	100.00	100.00
Instalación de tanque	Glb	1	300.00	300.00
SUB TOTAL A:				1,555.00
B) SISTEMA DE BOMBEO				
Electrobomba de 0.75 hp	Und.	1	550.00	550.00
Tubería PVC 2" Succión	ml	2	17.83	35.67
Tubería PVC 1 1/2", adosada	ml	10	16.48	164.78
Tubería PVC 1 1/2"	ml	43	11.98	515.04
Válvula Check 2"	Und.	1	120.00	120.00
Cables eléctricos	ml	60	9.25	555.00
Instalación	Glb.	1	500.00	500.00
SUB TOTAL B:				2,440.49
C) RED DE DISTRIBUCION				
Tubería PVC 1 1/2", adosada	ml	24	16.48	395.47
Tubería PVC 1" enterrada	ml	36	15.17	546.00
Tubería PVC 1" adosada	ml	47	12.17	571.83
Tubería PVC 1"	ml	17	7.67	130.33
Tubería PVC 3/4" enterrada	ml	14	14.59	204.31
Tubería PVC 3/4" adosada	ml	31	11.59	359.39
Tapones 1/2"	und.	35	1.00	35.00
Salidas de agua	pto	35	20.83	729.17
SUB TOTAL C:				2,971.50
TOTAL (A+B+C):				6,966.99

Fuente: Elaboración propia



5.7.5 Presupuestos

Resumiendo los presupuestos de los distintos componentes, para las distintas alternativas en evaluación, y considerando un 5% del costo directo, para eventuales costos indirectos, obtenemos los importes siguientes:

Cuadro N° 5.16: Presupuestos de las diferentes alternativas

CONCEPTO	Área de Captación	1870 m2		2150 m2		2590 m2	
	Volumen de Almacenamiento	10 m3	20 m3	10 m3	20 m3	10 m3	20 m3
AREA CAPTACION		0	0	0	0	0	0
SISTEMA RECOLECCION Y CONDUCCION		8,069	8,069	9,689	9,689	12,575	12,575
ALMACENAMIENTO		9,320	18,553	9,320	18,553	9,320	18,553
SISTEMA DISTRIBUCION		6,967	6,967	6,967	6,967	6,967	6,967
COSTO DIRECTO		24,355	33,589	25,976	35,295	28,862	38,095
COSTOS INDIRECTOS 5% C.D.		1,218	1,679	1,299	1,760	1,443	1,905
COSTO TOTAL		25,573	35,268	27,275	36,970	30,305	40,000

Fuente: Elaboración propia

5.8 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN de una inversión, también denominado valor presente neto, es el valor actualizado de todos los flujos de caja netos que va a generar una inversión, incluido el desembolso inicial; de tal manera de poder evaluar sobre la conveniencia de llevar a cabo un proyecto.

El proceso para el cálculo del VAN es el siguiente:

- Se establecen los flujos netos de caja percibidos a lo largo de la vida de una inversión.
- Trasladar, el flujo neto, al momento en el que se realiza el análisis; para ello se utiliza la tasa de descuento "i", que representa la tasa mínima exigida al capital. De este modo se obtienen flujos netos de caja homogéneos y comparables, ya que se tienen en cuenta, tanto, la cuantía de los mismos como el momento del tiempo en que son obtenidos.
- Se suman los flujos netos de caja.
- Este importe obtenido se suma en forma algebraica con el costo de la inversión.

La fórmula a utilizar para el cálculo del VAN es la que a continuación se presenta:

$$VAN = -CP + \sum_{j=1}^n \frac{I - C}{(1 + i)^j} > 0$$



Donde:

CP = Capital invertido o costo inicial del proyecto

I = Ingreso o beneficio en cada período.

C = Costo de producción (operación y mantenimiento)

i = Tasa de descuento a aplicar.

n = Horizonte temporal de la inversión o vida útil estimada para la inversión.

La sumatoria varía de “j=1” hasta “j=n” períodos de la vida útil del proyecto.

En esta ecuación vemos el indicador Valor Actualizado Neto (VAN) representa la suma algebraica de la inversión y del flujo de caja (beneficios menos egresos), ambos en el mismo periodo “0”.

Este indicador contiene variables tales como: los ingresos (I) o beneficios, así como los costos económicos de producción (C), la vida útil del proyecto (n) que dependerá de las características del mismo y tasa de descuento (i) que es la que se utiliza para efectuar la comparación de rentabilidad en el tiempo, es decir, la rentabilidad por periodo.

El criterio de decisión de este indicador se basa en seleccionar aquellos proyectos con VAN positivo, debiendo ser rechazados los proyectos con VAN negativo.

Para el presente caso la valoración económica se ha realizado determinando el Valor Actual Neto de cada una de las distintas alternativas, bajo los parámetros siguientes:

Horizonte de Evaluación y Tasa de Descuento:

Tratándose de un proyecto que involucra el uso del agua potable se ha utilizado el período de 20 años, así como una tasa de descuento del 9%, en concordancia con lo dispuesto por el SNIP, para los parámetros de evaluación; se incluye como Anexo N° 04, el documento indicado.

Beneficios:

Los beneficios económicos del proyecto están dados por la disminución en el costo facturado para el usuario, como consecuencia del menor volumen de agua de la red pública utilizada; en el presente caso tendríamos, los volúmenes establecidos en los Cuadros N°: 5.4; 5.5 y 5.6

El beneficio, para cada año, está dado por el producto del costo, de un metro cúbico de agua de la red pública, en este caso, dos y 76/100 nuevos soles, por el volumen anual de agua potable ahorrada, por utilizar agua de lluvia.

Desembolsos:

Costo de Proyecto:

El costo de cada alternativa está determinado por los presupuestos establecidos en el punto 5.7.5.



Costos Operación:

En cuanto a costos de operación, que surjan como consecuencia de utilizar agua de lluvia en vez de agua de la red pública, solamente se tiene los costos que deban asumirse para bombear el volumen de agua que actualmente se abastece con agua de la red pública en forma directa.

Este costo está determinado por la energía eléctrica utilizada, KWH, por el precio establecido en la tarifa eléctrica correspondiente; para ello estableceremos el costo por m³ de agua bombeada, según lo siguiente:

$$1 \text{ HP} = 736 \text{ Watts}$$

Potencia bomba: $0.75 \text{ HP} = 0.552 \text{ KW}$

Caudal de bombeo: 1.78 l/seg.

Tiempo de bombeo por m³: $1,000 \text{ l} / 1.78 \text{ l/s} = 562 \text{ seg} = 0.156 \text{ horas}$

Por lo tanto, para bombear 1 m³ se utilizan: $0.552 \times (0.156) = 0.086 \text{ KWH}$

Costo por KWH: S/. 0.5768

Costo por m³: $0.086 (0.5768) = 0.05 \text{ Nuevo sol/m}^3$

Costos Mantenimiento:

En lo referente a mantenimiento, estamos considerando la limpieza anual de la cisterna, y una previsión para alguna reparación.

Limpieza cisterna: S/. 100

Reparaciones: S/. 100

Valor de rescate:

En cuanto a la cisterna encontramos que las de polietileno tienen un período de vida útil entre 35 a 45 años, en el caso de polipropileno estos valores, son superiores, para fines de este proyecto estamos considerando un tiempo de vida de 40 años, con este período establecemos su valor en el horizonte de evaluación.

Cuadro N° 5.17: Valor de Rescate de Cisterna

Volumen Cisterna (m3)	Valor Inicial (S/.)	Tiempo Vida (años)	Depreciación en S/.		Valor Rescate en S/.
			anual	20 años	
10	9,320	40	233	4,660	4,660
20	18,553	40	464	9,277	9,277

Fuente: Elaboración propia

Con las consideraciones ya señaladas se ha evaluado el VAN, para cada una de las alternativas obteniéndose los resultados que se presentan en los cuadros 5.18; 5.19; 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23.



Resumiendo encontramos los valores que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 5.24: Resumen de Evaluación

Alternativa N°	Cisterna M3	Área m2	VAN	Agua Pluvial Utilizada
1	10	1,870	2,473	23,480
2	20	1,870	1,616	29,960
3	10	2,150	2,206	24,640
4	20	2,150	1,621	31,340
5	10	2,590	759	25,920
6	20	2,590	372	32,780

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 5.18: Evaluación del Valor Actualizado Neto
 Área de captación: 1870 m², Volumen Cisterna: 10 m³

DESCRIPCION	UND	HORIZONTE DE EVALUACION (Años)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agua potable ahorrada	m3		1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174
Costo m3 agua potable	S/.		2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Beneficios	S/.		3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240
Operación	S/.		-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59	-59
Mantenimiento	S/.		-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Costo proyecto	S/.	-25,573																				
Valor residual	S/.																					4,660
Beneficios Netos	S/.		2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	2,981	7,641
Tasa descuento	%		1.09	1.19	1.30	1.41	1.54	1.68	1.83	1.99	2.17	2.37	2.58	2.81	3.07	3.34	3.64	3.97	4.33	4.72	5.14	5.60
Flujo de Caja	S/.	28,046	2,735	2,509	2,302	2,112	1,938	1,778	1,631	1,496	1,373	1,259	1,155	1,060	972	892	818	751	689	632	580	1,363
VAN		2,473																				

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 5.19: Evaluación del Valor Actualizado Neto
 Área de captación: 1870 m², Volumen Cisterna: 20 m³

DESCRIPCION	UND	HORIZONTE DE EVALUACION (Años)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agua potable ahorrada	m3		1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498	1,498
Costo m3 agua potable	S/.		2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Beneficios	S/.		4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134	4,134
Operación	S/.		-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-75
Mantenimiento	S/.		-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Costo proyecto	S/.	-35,268																				
Valor residual	S/.																					9,277
Beneficios Netos	S/.		3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	3,859	13,136
Tasa descuento	%		1.09	1.19	1.30	1.41	1.54	1.68	1.83	1.99	2.17	2.37	2.58	2.81	3.07	3.34	3.64	3.97	4.33	4.72	5.14	5.60
Flujo de Caja	S/.	36,884	3,541	3,248	2,980	2,734	2,508	2,301	2,111	1,937	1,777	1,630	1,496	1,372	1,259	1,155	1,059	972	892	818	751	2,344
VAN		1,616																				

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 5.20: Evaluación del Valor Actualizado Neto
Área de captación: 2150 m², Volumen Cisterna: 10 m³

DESCRIPCION	UND	HORIZONTE DE EVALUACION (Años)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agua potable ahorrada	m3		1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232
Costo m3 agua potable	S/.		2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Beneficios	S/.		3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Operación	S/.		-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-62
Mantenimiento	S/.		-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Costo proyecto	S/.	-27,275																				
Valor residual	S/.																					4,660
Beneficios Netos	S/.		3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	3,138	7,798
Tasa descuento	%		1.09	1.19	1.30	1.41	1.54	1.68	1.83	1.99	2.17	2.37	2.58	2.81	3.07	3.34	3.64	3.97	4.33	4.72	5.14	5.60
Flujo de Caja	S/.	29,481	2,879	2,642	2,423	2,223	2,040	1,871	1,717	1,575	1,445	1,326	1,216	1,116	1,024	939	862	790	725	665	610	1,391
VAN		2,206																				

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 5.21: Evaluación del Valor Actualizado Neto
 Área de captación: 2150 m², Volumen Cisterna: 20 m³

DESCRIPCION	UND	HORIZONTE DE EVALUACION (Años)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agua potable ahorrada	m3		1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567	1,567
Costo m3 agua potable	S/.		2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Beneficios	S/.		4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325	4,325
Operación	S/.		-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-79
Mantenimiento	S/.		-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Costo proyecto	S/.	-36,970																				
Valor residual	S/.																					9,277
Beneficios Netos	S/.		4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	4,046	13,323
Tasa descuento	%		1.09	1.19	1.30	1.41	1.54	1.68	1.83	1.99	2.17	2.37	2.58	2.81	3.07	3.34	3.64	3.97	4.33	4.72	5.14	5.60
Flujo de Caja	S/.	38,591	3,712	3,406	3,124	2,866	2,630	2,413	2,213	2,031	1,863	1,709	1,568	1,439	1,320	1,211	1,111	1,019	935	858	787	2,377
VAN		1,621																				

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 5.22: Evaluación del Valor Actualizado Neto
 Área de captación: 2590 m², Volumen Cisterna: 10 m³

DESCRIPCION	UND	HORIZONTE DE EVALUACION (Años)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agua potable ahorrada	m3		1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296	1,296
Costo m3 agua potable	S/.		2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Beneficios	S/.		3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577	3,577
Operación	S/.		-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65
Mantenimiento	S/.		-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Costo proyecto	S/.	-30,305																				
Valor residual	S/.																					4,660
Beneficios Netos	S/.		3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	3,312	7,972
Tasa descuento	%		1.09	1.19	1.30	1.41	1.54	1.68	1.83	1.99	2.17	2.37	2.58	2.81	3.07	3.34	3.64	3.97	4.33	4.72	5.14	5.60
Flujo de Caja	S/.	31,064	3,038	2,788	2,557	2,346	2,152	1,975	1,812	1,662	1,525	1,399	1,283	1,177	1,080	991	909	834	765	702	644	1,422
VAN		759																				

Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 5.21: Evaluación del Valor Actualizado Neto
 Área de captación: 2150 m², Volumen Cisterna: 20 m³

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCION	UND	HORIZONTE DE EVALUACION (Años)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agua potable ahorrada	m3		1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639	1,639
Costo m3 agua potable	S/.		2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
Beneficios	S/.		4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524	4,524
Operación	S/.		-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82	-82
Mantenimiento	S/.		-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Costo proyecto	S/.	-40,000																				
Valor residual	S/.																					9,277
Beneficios Netos	S/.		4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	13,518
Tasa descuento	%		1.09	1.19	1.30	1.41	1.54	1.68	1.83	1.99	2.17	2.37	2.58	2.81	3.07	3.34	3.64	3.97	4.33	4.72	5.14	5.60
Flujo de Caja	S/.	40,372	3,891	3,570	3,275	3,005	2,757	2,529	2,320	2,129	1,953	1,792	1,644	1,508	1,383	1,269	1,164	1,068	980	899	825	2,412
VAN		372																				

Fuente: Elaboración propia



5.9 Selección de Alternativa

Como se aprecia el mejor VAN es para la alternativa N°1; con 2,473 y un ahorro de 23,480 m³ de agua potable; seguida por la alternativa N° 3; con un VAN de 2,206; y un ahorro de 24,640 m³ de agua potable; económicamente, para el usuario la prioridad es la alternativa N° 1, sin embargo siendo el objetivo del presente trabajo, la optimización del uso del agua potable, optaremos por la alternativa N° 3; que teniendo un VAN, ligeramente menor, brinda mejor resultado en el uso de los recursos hídricos, por consiguiente, optamos por un sistema que utilizará un área de captación de 2,150 m², con una cisterna de 10 m³ de capacidad de almacenamiento.

Por consiguiente para la alternativa seleccionada, se determinará otros indicadores económicos.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es aquella tasa de descuento, que hace el VAN igual a cero; por lo tanto en la fórmula del VAN, hacemos este valor igual a cero y determinamos la tasa de descuento que cumple esta relación; se produce cuando el VAN es igual a cero; en nuestro caso encontramos que esto se produce para una tasa de descuento de 17.81%

Valor Actual de Costos (VAC)

El VAC de una inversión, es el valor actualizado de todos los costos generados en la ejecución y vida útil del proyecto.

Para la alternativa seleccionada, tenemos:

Valor de la Inversión:	S/. 27,275
Costo de operación a valores actuales:	S/. 593
Costo de mantenimiento a valores actuales:	S/. 1,826
Costo total a valores actuales:	S/. 29,694

Siendo el total de agua de lluvia utilizada:	24,640 m ³
Costo por m³ de agua pluvial a valores actuales:	S/. 1.21 Nuevos soles
Costo actual del agua potable	: S/. 2.76 Nuevos soles

Confirma la viabilidad económica del proyecto

5.10 Escalamiento

Seleccionada la alternativa a desarrollarse, conocido el presupuesto del SCALL, para la FICA, analizaremos las variaciones a que está expuesto el VAN, ante el escalamiento de las variables principales, y así nos permita establecer proyecciones ante nuevas condiciones.



Para ello realizamos un análisis de sensibilidad a los datos del proyecto, para lo cual se ha generado un panel de variables de entrada donde se han consignado las variables de riesgo del proyecto, y el factor de escalamiento:

Cuadro N° 5.25: Variables de Riesgo y Factor de Escalamiento

VARIABLES DE RIESGO	FACTOR DE ESCALAMIENTO
Volumen agua lluvia utilizada	1.0
Costo agua red pública	1.0
Inversión	1.0
Gastos de operación	1.0
Gastos de mantenimiento	1.0
Tasa de descuento	1.0

Fuente: Elaboración propia

Este factor de escalamiento se ha vinculado a las celdas de las proyecciones financieras, donde están las cifras de las variables de riesgo, así entonces, si se incrementa el costo de agua de la red pública en 10%, lo único que se tiene que hacer, es modificar la celda del factor de escalamiento de 1 a 1.1 y, automáticamente, el VAN se recalculará, en Anexo N° 05 se presenta un cuadro del proceso.

Para establecer los potenciales valores del VAN, se ha utilizado factores de escalamiento del 10, 20 y 30%; realizando el análisis completo variable por variable, obtenemos una matriz como se muestra en el Cuadro N° 5.26.

Cuadro N° 5.26: Variación del VAN, ante el Escalamiento de Variables

Factor de Escalamiento %	Volumen Agua Lluvia	Costo Agua Potable	Costo Proyecto	Gastos de Operación	Gastos Mantenimiento	Tasa descuento
1.3	11,518	11,518	-5,976	2,036	1,658	-2,875
1.2	8,414	8,414	-3,249	2,093	1,841	-1,353
1.1	5,310	5,310	-521	2,150	2,023	333
1	2,206	2,206	2,206	2,206	2,206	2,206
0.9	-898	-898	4,933	2,263	2,389	4,292
0.8	-4002	-4,002	7,661	2,319	2,571	6,623
0.7	-7,106	-7106	10,388	2,376	2,754	9,235

Fuente: Elaboración propia

Lo que nos lleva a concluir que la rentabilidad del proyecto, tiene mayor sensibilidad a variaciones en el volumen de agua de lluvia utilizada, el costo del agua potable y el costo del proyecto.

Analizando las posibilidades reales de fluctuación de estas variables tenemos:

- Volumen de agua de lluvia utilizada, las posibilidades de que su volumen sea menor, se presentaría si la precipitación pluvial decrece, se reduce la capacidad de almacenamiento o disminuye la población beneficiaria; posibilidades poco probables.
- Costo del agua potable, en este caso, las posibilidades de que disminuya son escasas, más bien todo indica de que este precio se incrementará, pues los costos actuales, tienen un carácter social.



- Costo del proyecto, siendo los costos actualizados, la posibilidad de un incremento en el mismo estaría sujeta a imprevistos; pudiéndose advertir que aún con un 10% de escalamiento tendríamos un VAN positivo.

Por todas estas razones se considera que el proyecto es viable económicamente y tiene márgenes de holgura, dependiendo de la variable afectada y grado de incidencia.

5.11 Replicabilidad del modelo

Para replicar el modelo debemos conocer las variables que determinan el comportamiento del mismo, a fin de manejarlas de una forma eficaz; así tenemos en un SCALL, el principal factor es la precipitación pluvial, sin embargo esta variable no es susceptible de control, quedando como factores sujetos a control, el volumen de la cisterna, el área de captación y la población beneficiaria; para conocer su grado de incidencia, hemos realizado un análisis de sensibilidad del uso del agua de lluvia del sistema, utilizando el simulador, encontrando que de acuerdo a los factores de escalamiento aplicados, el uso del agua de lluvia varía según se muestra en el Cuadro N° 5.27.

Cuadro N° 5.27: Variación del Uso del Agua Pluvial en m3, ante escalamiento de variables

Factor Escalamiento	Capacidad Cisterna	Area Captación	Población Beneficiada
2.0	1,567	1,416	1,354
1.2	1,323	1,295	1,293
1.1	1,279	1,266	1,264
1.0	1,232	1,232	1,232
0.9	1,181	1,188	1,192
0.8	1,124	1,140	1,142
0.5	830	923	881

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de los tres factores, la capacidad de la cisterna es el más sensible, seguido por el área de captación y finalmente la población beneficiada; sin embargo como normalmente, en una edificación, no es el objetivo principal, la utilización del agua de lluvia, sino que esto surge como un complemento a la misma, el área de captación tiene las limitaciones impuestas por la edificación; algo similar ocurre con la población; siendo la capacidad de la cisterna, el factor que ofrece las posibilidades de manejo.

Al respecto observamos que siendo el factor que incrementa en mayor proporción los beneficios del sistema, a su vez es el más costoso, por ello debe optimizarse su dimensionamiento, en nuestro caso con capacidades de 10 y 20 m3 obtenemos resultados positivos pero se advierte que a mayores capacidades, los resultados económicos son menores; por ello se estima que en condiciones similares, la capacidad de la cisterna no debe ser para un almacenamiento mayor a 3 veces el consumo diario.



Partiendo de las alternativas evaluadas encontramos que los costos adoptan el detalle siguiente:

Cuadro N° 5.28: Resumen Costos y Características de Alternativas Analizadas

Alternat. N°	Población Beneficiada	Área de Captación m2	Capacidad Cisterna m3	Costo (S/.)		
				Sistema Recolección	Almacenam.	Sistema Distribución
1	400	1,870	10	8,069	9,320	6,967
2	400	1,870	20	8,069	18,553	6,967
3	400	2,150	10	9,689	9,320	6,967
4	400	2,150	20	9,689	18,553	6,967
5	400	2,590	10	12,575	9,320	6,967
6	400	2,590	20	12,575	18,553	6,967

Fuente: Elaboración propia

A efectos de establecer un estimado del costo directo de un SCALL, similar al escogido, a partir de los costos antes mencionados, y bajo los criterios de que los costos del sistema de recolección, están en función del área de captación; los de almacenamiento, de la capacidad de la cisterna y los de distribución, en función a la población beneficiada; obtenemos los precios unitarios mostrados en el Cuadro N° 5.29.

Cuadro N° 5.29: Precios Unitarios promedio, por Componente de SCALL

Alternativa N°	Precio unitario (S/.)		
	S. recolección por m2	Almacenamiento Por m3	S. Distribución por Hab.
1	4.31	931.96	17.42
2	4.31	931.96	17.42
3	4.51	931.96	17.42
4	4.51	931.96	17.42
5	4.86	931.96	17.42
6	4.86	931.96	17.42
Total	27.35	5578.86	104.50
Promedio	4.56	929.81	17.42

Fuente: Elaboración propia

De lo cual podemos señalar que para replicar un SCALL, en condiciones similares a las del presente caso, el estimado de su costo directo sería la sumatoria de:

Sistema de recolección: S/. 4.56 * (área de captación en m²)
 Almacenamiento: S/. 929.81 * (capacidad cisterna en m³)
 Sistema de Distribución: S/. 17.42 * (número de beneficiarios)



CAPITULO VI: RESULTADOS

En el presente capítulo analizaremos los resultados obtenidos en base al caso analizado para la FICA de la UNSM, y las conclusiones que de ellos se pueden inferir.

6.1. Precipitación Promedio

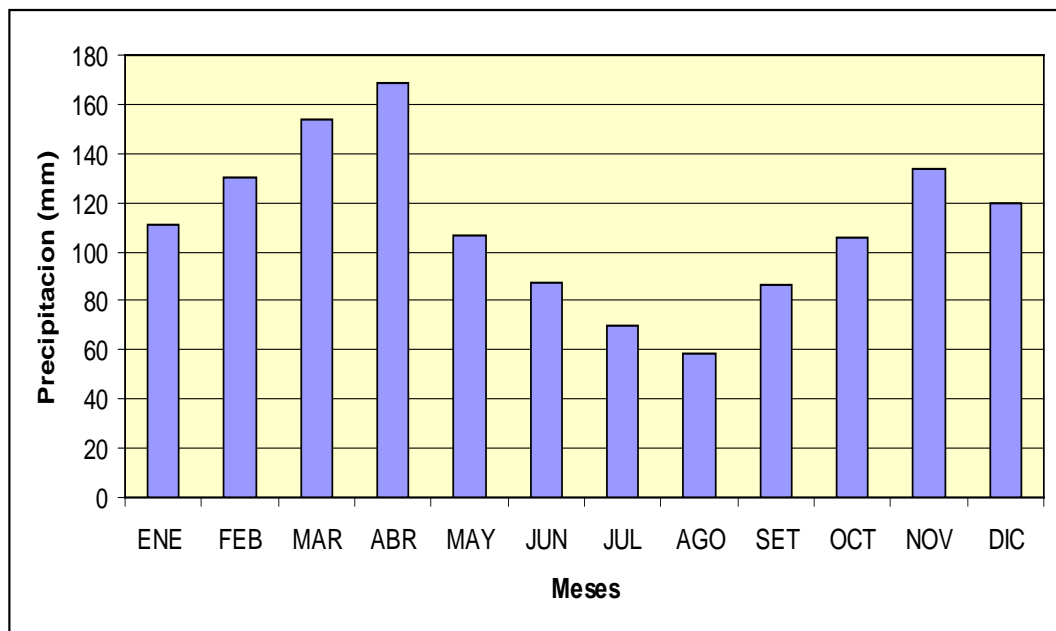
La precipitación promedio mensual, expresada en mm., en la ciudad de Tarapoto, durante el período 1998 - 2013 se presenta a continuación:

Cuadro N° 6.1: Precipitación Promedio Mensual en mm.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
111	130	154	168	107	87	70	59	86	105	133	120

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 6.1: Precipitación Promedio Mensual



Fuente: Elaboración propia, en base a resultados del cuadro 6.1

Los datos analizados muestran que en promedio, el mes más lluvioso del año es Abril, con valores de 168 mm al mes, y que el mes más seco es Agosto con 59 mm.; asimismo se observa la irregularidad de la precipitación en el tiempo, la que determina, que aún cuando la precipitación anual, teóricamente permita disponer del volumen de agua requerido, con determinada área de captación, es necesario disponer de una estructura de almacenamiento de volumen importante, si se quiere atender los requerimientos, exclusivamente con agua de lluvia.



6.2. Volumen de almacenamiento de agua lluvia

Para determinar el volumen de almacenamiento, inicialmente se ha realizado el cálculo en períodos mensuales, considerando diferentes áreas de captación encontrándose que en el mejor de los casos la capacidad de la estructura de almacenamiento necesario era de 70 m³; volumen inadecuado para el presente caso; y además cuando se realiza una simulación diaria del sistema, se observa que aún con tal capacidad, no se puede atender los requerimientos de agua, exclusivamente con agua pluvial.

Esta contradicción se presenta, por que además de la irregularidad de la precipitación, entre los diferentes meses del año, ésta también se presenta entre los días de un mismo mes; por ello es que sí solo lo vemos a nivel mensual tenemos un resultado favorable, pero este no es corroborado cuando se analiza el comportamiento diario del sistema. Por dicha razón podemos señalar que para casos donde intervenga la precipitación pluvial, se realicen los análisis en períodos cortos, pues mientras el período sea menor existirá mas certeza en los resultados, el análisis diario sería lo más recomendable

Descartada la alternativa de utilizar exclusivamente agua de lluvia, por los volúmenes de almacenamiento, que ello implicaba; se ha optado por un sistema mixto, utilizando también agua potable, ello nos permite utilizar cisterna con capacidad de almacenamiento para un período corto.

En nuestro caso se ha optado por analizar el comportamiento diario del sistema, para diversos volúmenes de almacenamiento; observándose que, desde este punto de vista, el uso del agua de lluvia tiene incrementos apreciables para volúmenes de cisterna de hasta 20 m³, a partir del cual, el incremento del uso del agua de lluvia, declina sustancialmente, lo cual es un índice claro de que los mayores volúmenes que pueden utilizarse con cisternas mas grandes serán cada vez mas costosos.

6.3 Evaluación Económica

Resumiendo los resultados obtenidos en la Evaluación Económica tenemos los valores que se presentan a continuación.

Cuadro N° 6.2: Valores del VAN, según área de captación y capacidad de cisterna

Alternativa N°	Cisterna m ³	Àrea m ²	VAN	A. Pluvial Utilizada
1	10	1,870	2,473	23,480
2	20	1,870	1,616	29,960
3	10	2,150	2,206	24,640
4	20	2,150	1,621	31,340
5	10	2,590	759	25,920
6	20	2,590	372	32,780

Fuente: Elaboración propia



Se puede apreciar que los mejores resultados económicos, se dan para las alternativas con un volumen de almacenamiento de 10 m³.

6.4 Alternativa más favorable

De acuerdo a los resultados obtenidos, considerando el aspecto económico, la alternativa más conveniente es la que está conformada por un área de captación de 1,870 m² y una cisterna de almacenamiento de 10 m³, la cual permite un ahorro de agua potable de 1,174 m³, al año lo que hace un volumen de 23,480 m³, en el horizonte analizado.

Entendemos que si solamente vemos el beneficio económico del usuario, estamos perdiendo de vista el aspecto principal que persigue este trabajo, cual es, el ahorro del agua potable, y a través de ello el cuidado y la preservación del ecosistema, mediante un uso racional del recurso agua; en tal sentido debemos adicionar a lo que el usuario pueda ahorrarse por el menor uso de agua potable, la mayor disponibilidad de agua potable con que contará la empresa responsable de este servicio. Además no podemos ignorar que la evaluación económica está distorsionada, por que los valores reales del procesamiento del agua potable son mayores que los facturados, lo que se trasluce cuando se aprecia que año tras año las empresas prestadoras del servicio pierden patrimonio, sin embargo razones de orden social determina esta situación.

Por ello creemos que la instalación de un Sistema de Aprovechamiento de Agua de Lluvia, no debe de ser evaluado exclusivamente desde el punto de vista económico; las razones fundamentales para promover el uso de las aguas pluviales deben estar orientadas a un uso racional y adecuado del agua potable, es decir, tener más que ver con el aprovechamiento de un recurso escaso y valioso.

Por todo lo señalado, se recomienda un SCALL con área de captación de 2,150 m² y una cisterna de 10 m³, que brinda un mejor resultado para el ahorro de agua potable.

6.5. Potencial de Ahorro de Agua Potable

Éste parámetro indica qué porcentaje de la demanda será cubierto con el agua de lluvia, y en que volúmenes se utilizarán mensualmente cada fuente de agua, según la alternativa escogida, el mes de Marzo es el más favorable, pues se cubre el 87.26% de la demanda y Agosto el menos favorable con el 36.19% de la demanda, éstos valores han sido obtenidos de la simulación diaria que se ha realizado, habiéndose consolidado los valores en forma mensual, según se muestran en el cuadro N° 6.3; del cual se infiere que el agua de lluvia cubriría el 63.67% de la demanda anual.

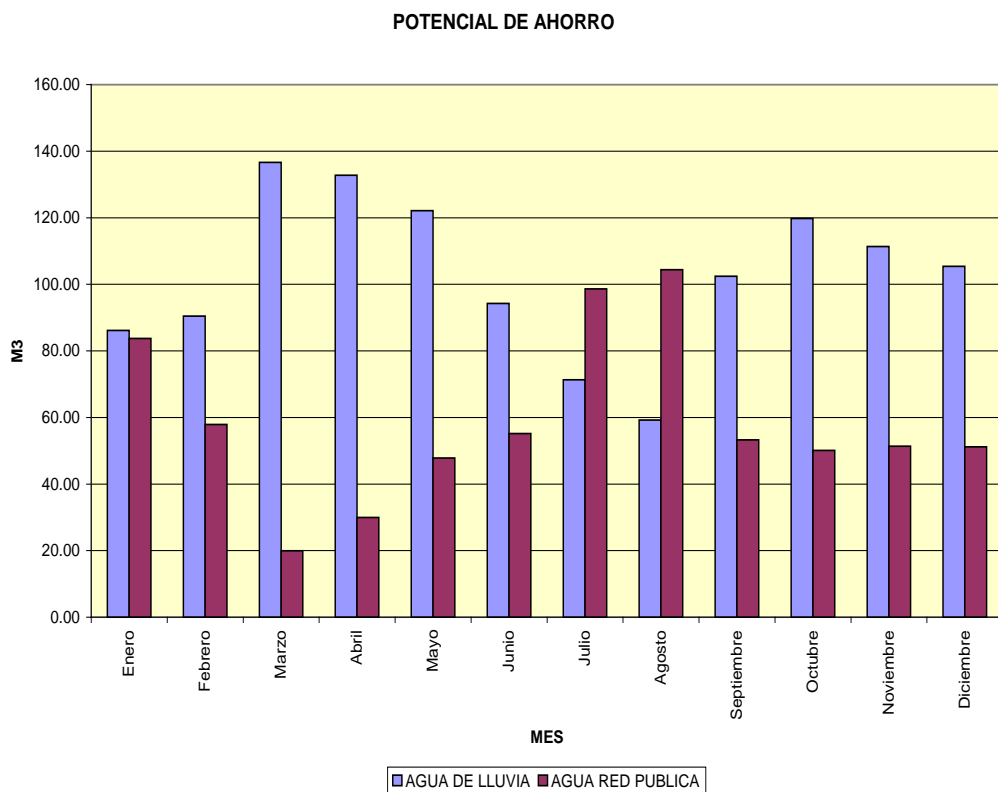


Cuadro N° 6.3: Potencial de Ahorro de Agua Potable

Mes	Agua de Lluvia		Agua Red Pública		Total Agua Utilizada
	m3	%	m3	%	
Enero	86.2	50.71	83.8	49.29	169.9
Febrero	90.4	60.97	57.9	39.03	148.3
Marzo	136.7	87.26	19.9	12.74	156.6
Abril	132.7	81.57	30.0	18.43	162.7
Mayo	122.1	71.87	47.8	28.13	169.9
Junio	94.2	63.07	55.2	36.93	149.4
Julio	71.3	41.97	98.6	58.03	169.9
Agosto	59.2	36.19	104.4	63.81	163.6
Septiembre	102.4	65.77	53.3	34.23	155.7
Octubre	119.8	70.50	50.1	29.50	169.9
Noviembre	111.4	68.44	51.4	31.56	162.7
Diciembre	105.4	67.30	51.2	32.70	156.6
TOTAL	1,231.8	63.67	703.5	36.33	1,935.3

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 6.2: Potencial de Ahorro de Agua Potable



Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados del Cuadro N° 6.3



De acuerdo con los resultados del Cuadro N° 6.3, utilizando una cisterna de 10 m³ se utilizarían 1,232 m³ de agua de lluvia y 703 m³ de agua proveniente de la red pública, lo que indica en primera instancia que el proyecto es viable para un ahorro de agua potable, equivalente al 63.67 % del requerimiento.

6.6 Presupuesto

El presupuesto de la alternativa escogida, ha sido evaluado en cuanto a unidades de obra y costos de cada una de ellas de acuerdo a lo cual el presupuesto asciende a la suma de Veintisiete mil doscientos setenta y cinco con 00/100 nuevos soles (S/. 27,275.00).

6.7 SCALL en Viviendas Urbanas

Siendo que el consumo de agua potable es mayor en viviendas urbanas, se ha efectuado un ensayo sobre el comportamiento de un SCALL en una vivienda tipo, de la zona, con la finalidad de conocer su grado de rendimiento, encontrándose que para atender los requerimientos de agua para limpieza de inodoros, obtenemos un Potencial de Ahorro de Agua Potable de 83.60%, utilizando un tanque de 0.5 m³; como se aprecia los resultados son superiores a los obtenidos en la FICA de la UNSM; la aplicación para la vivienda se incluye como Anexo N° 06.

6.8 Propuesta de Borrador de Norma Técnica para Implementación y Regulación del Uso de agua de lluvia

Se adjunta, como Anexo N° 07, una propuesta para regular, promover, e incentivar la utilización de agua de lluvia en actividades donde no se requiera utilizar necesariamente agua potable. Esta propuesta busca generar las condiciones que hagan viable la implementación de una red de agua, alimentada por aguas pluviales; para ello es necesario que en las nuevas edificaciones, que se construyan en zonas de intensa precipitación pluvial sea obligatorio, considerar las obras necesarias para recolectar, almacenar y distribuir agua de lluvia. Esto se incentivaría si los propietarios de las edificaciones que utilicen aguas de lluvia, tengan un beneficio económico traducido en la tarifa del agua potable utilizada, a fin de propiciar el uso de esta alternativa, que permite ampliar la cobertura del servicio de agua potable, sin tener que producir un mayor volumen de agua potable.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del presente trabajo, nos permite obtener diversas conclusiones en base a las cuales se pueden formular determinadas recomendaciones, en tal sentido, podemos señalar lo siguiente:

CONCLUSIONES

- El consumo de agua a nivel mundial está creciendo por encima del crecimiento demográfico y siendo el recurso hídrico una cantidad constante, la disponibilidad de agua por habitante, se viene reduciendo significativamente, siendo en América Latina, donde este proceso se ha dado con mayor énfasis; así lo señala la OMS, hoy en día, una de cada tres personas del mundo no dispone de agua suficiente para satisfacer sus necesidades diarias, y el problema está empeorando.
- A medida que crecen las poblaciones y paralelamente se incrementa el consumo de agua por persona, la oferta de agua potable es cada año más escasa en muchos lugares, a consecuencia de que se están deteriorando los ecosistemas de los cuales se extrae el agua; al sobreexplotar y/o contaminar los recursos existentes.
- El agua se ha gestionado, básicamente, desde el lado de la oferta, no dándole atención a la demanda; así tenemos que en las actividades diarias del hombre, existen varias de ellas, en las cuales se utiliza agua potable, cuando por su naturaleza, estas se pueden realizar con agua que no tenga esta calidad, estimándose que de una dotación diaria de 151 litros, aproximadamente tan solo 61 litros requieren que tengan la calidad de potable.
- En regiones con importante precipitación pluvial, la cosecha de agua de lluvia, es una alternativa, que puede ser utilizada en actividades, como limpieza de inodoros, pisos, e incluso lavado de ropa; permitiendo ello optimizar el uso del agua potable; más aún si tenemos en consideración que por tratarse de zonas lluviosas, las edificaciones, disponen desde ya, de coberturas adecuadas y sistemas de evacuación de las aguas pluviales, y por lo tanto lo que se requiere adicionar básicamente es un tanque de almacenamiento.
- Como una aplicación del presente trabajo, se han analizado seis posibilidades para dotar de un Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia, a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín, con la finalidad de optimizar el uso del agua potable; llegándose a establecer que un sistema con un área de captación de 2,150 m², provisto de una cisterna para almacenamiento de agua pluvial, de 10 m³ de capacidad, permitiría un ahorro anual, inicial, de 1,232 m³ de agua potable; lo que representaría una menor facturación, por consumo de agua de S/. 3,400 al año.
- El proyecto del Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia, para la FICA, de la Universidad Nacional de San Martín, en un horizonte de evaluación de veinte años y con una tasa de descuento del 9% anual, nos da un VAN de 2,206 valor favorable para su ejecución; aún cuando el planteamiento del presente trabajo no tiene como objetivo principal la rentabilidad económica, sino el uso racional de un



recurso esencial para la vida y la preservación del ecosistema que viene siendo seriamente afectado.

- Particularmente, podemos señalar que la precipitación pluvial de la Ciudad de Tarapoto, permite una cosecha de agua equivalente a un metro cúbico por m² de área de captación, al año; valor que puede permitir una utilización importante de dichas aguas. El inconveniente que presentan es que por la irregularidad de las lluvias en el tiempo, y dependiendo del requerimiento diario, tiene que utilizarse un sistema mixto, alimentado también por agua de la red pública, para cubrir días de poca o nula precipitación pluvial.
- La conveniencia del planteamiento formulado, se confirma en mayor grado, cuando lo aplicamos a edificaciones tipo vivienda; ello se ha podido apreciar cuando se ha simulado el comportamiento de una edificación familiar, de 90 m², habitada por cinco personas, con la precipitación de la ciudad de Tarapoto, encontramos que con un tanque de regulación de 0.5 m³, se tendría un potencial de ahorro del 83.60 % del requerimiento de agua para limpieza de sanitarios.
- Siendo que la utilización de agua no potable, en actividades domésticas requiere que las redes de distribución de agua en las edificaciones, estén adecuadamente preparadas para tal fin, es preferible que ello se realice durante el proceso constructivo de las edificaciones, pues de esa forma es más fácil y económico; esto podría lograrse progresivamente con la incorporación en la normatividad vigente de una disposición en tal sentido, de tal forma que en un futuro próximo sea posible la utilización de agua no potable en determinados servicios domésticos en forma organizada.
- Se adjunta, en Anexo N° 07, una propuesta para regular, promover, e incentivar la utilización de agua de lluvia en actividades donde no se requiera utilizar necesariamente agua potable. Esta propuesta busca generar las condiciones que hagan viable la implementación de una red de agua, alimentada por aguas pluviales; para ello es necesario que en las nuevas edificaciones, que se construyan en zonas de intensa precipitación pluvial sea obligatorio, considerar las obras necesarias para recolectar, almacenar y distribuir agua de lluvia. Esto se incentivaría si los propietarios de las edificaciones que utilicen aguas de lluvia, tengan un incentivo económico traducido en la tarifa del agua potable utilizada, a fin de propiciar el uso de esta alternativa, que permite ampliar la cobertura del servicio de agua potable, sin tener que producir un mayor volumen de agua potable.



RECOMENDACIONES

- En la gestión de los recursos hídricos, debe considerarse los aspectos relacionados tanto con la oferta y la demanda del recurso.
- Es indispensable un manejo sostenible de los recursos hídricos, evitando la sobreexplotación y contaminación de las fuentes hídricas.
- Debe normarse el manejo de las aguas pluviales, con fines de aprovechamiento en determinadas actividades domésticas, lo que disminuirá la presión sobre las actuales fuentes hídricas; que podría realizarse inicialmente a través de las Municipalidades Provinciales.



BIBLIOGRAFIA

1. Avella, F. ; “Difícil Balance Poblacional Recursos: El caso del agua en San Andrés-Isla Colombia”; Universidad Nacional de Colombia; Colombia 2001.
2. Ballén S., J. A., Galarza G., M. A., and Ortiz M., R. O; “Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia”. VI SEREA Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de abastecimiento urbano; España 2006.
3. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia; Lima 2004.
4. Cosgrove, William J y Rijsberman Frank R; “Visión Mundial del Agua”; 2000.
5. Fernández Pérez, Iván. “Aprovechamiento de Aguas Pluviales”. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II – UPC; Perú 2009.
6. Frost Restori, Alberto; “Antecedentes de la Captación del Agua de Lluvia”, Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia; México 2011.
7. Gleason, A.; “Manual de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Centros Urbanos”; Universidad de Guadalajara; Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño; México 2005.
8. Organización de la Naciones Unidas; “Combatir la escasez de Agua, el Desafío del Siglo XXI”; 2007
9. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura; “Agua para Todos, Agua para la Vida”; 2003
10. PNUMA Organización; “Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano”; México 2009.
11. Pacheco, M.; “Avances en la gestión integral del agua lluvia”. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, Año 2008, No 3, Universidad Politécnica de Cataluña, Cátedra UNESCO, Barcelona 2008.
12. PNUD; “Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Mas allá de la escasez: Poder, Pobreza y Crisis Mundial del Agua; 2006
13. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos-UNESCO; “El Agua en un Mundo de Constantes Cambios”; 2009
14. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos-UNESCO; “ Agua para un Mundo Sostenible”; 2015



15. Rainwater Catchment Systems Provide Alternative Water Supply; International Rain Catchment Systems Association; 1990
16. sth@catunesco.upc.edu; “Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo” Pacheco Montes, Margarita; 2008
17. www.tierramor.org, Manejo Sustentable del Agua
18. www.aguapedia.org; “Sistemas de Aprovechamiento de Aguas Pluviales”, Gallardo Recio, Juan y Cornejo Sanchez, José Ignacio.