



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA LLUVIA MEDIANTE ÓSMOSIS
INVERSA PARA LOS LABORATORIOS DE BIOTECNOLOGÍA Y
BROMATOLOGÍA - ESPOCH”**

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**LARA VILLEGAS SANDRA PILAR
MORA CAMPANA MARÍA JOSÉ**

**Riobamba – Ecuador
2014**

DEDICATORIA

A mi mami que ha sido la estrella que guía mi camino y me ha impulsado a seguir y luchar para lograr el sueño anhelado la herencia más grande que pudiera obtener a través del tiempo, a mi hermana Vivi la gran consejera de mi vida, compañera de mil alegrías y tristezas, la que me enseñó que siempre hay nuevos sueños, nuevas metas que cumplir y alcanzarlas, sencillamente mi mayor regalo que la vida me pudo brindar, amiga, confidente fiel, a mi hermano Carlín mi ejemplo de superación, mi apoyo y fortaleza, a mi familia por todo el cariño recibido, pilares fundamentales en mi existencia.

Sandra Lara V.

DEDICATORIA

Con todo mi amor dedico este trabajo, a mis padres Lolo Mora y Teresa Campana, padres cariñosos que con su esfuerzo, entrega y apoyo hicieron que mis sueños se hagan realidad, ya que han sido siempre aquellos seres de luz que han guiado mi camino y permanecido siempre junto a mí, les amo demasiado papis.

A mis segundos padres Evangelina Cordero y Segundo Campana, les dedico el primer escalón de éxito en mi vida de muchos que vendrán, y en especial a mi padre amoroso sé que hoy en día tu no estas junto a mi padre mío, pero si estas en mi corazón, sé que te hubieses sentido orgulloso de mi, pero te lo aseguro cada paso que de pensare en ti.

A mis tías, mujeres luchadoras que siempre me han brindado su amor sincero y afectuoso que con cada uno de sus consejos han engrandecido a la persona que hoy en día soy.

A mis hermanos Hernán, Henry, Fernando, Jennifer y Marcela, personas incondicionales en mi vida, en ustedes he encontrado apoyo, ejemplo, amor y unión que nos caracteriza porque para mí ustedes no solo son hermanos de sangre sino amigos y cómplices.

A Juan José Viscaino Gavilánez, mi amor sincero, respetuoso y cariñoso que ha estado en los momentos duros, tristes y felices de mi vida apoyándome con sus consejos siempre acertados en el momento indicado, quien ha sido la persona que ha hecho que mi mundo cambie, que ha sacado miles de sonrisas en mi vida y que me ha dado las fuerzas para siempre luchar por mis ideales y sueños.

María José Mora

AGRADECIMIENTO

A ti Señor por la oportunidad de vida que me brindas para poder culminar el sueño añorado y seguir adelante, al ser maravilloso que me dio la vida mi mami Gladys por su sacrificio realizado para formarme y darme el mayor tesoro que se puede recibir, por su apoyo, amor, comprensión, y confianza depositada en mi para retribuir su gran esfuerzo, a mis Abuelitos Luz María y Daniel, motor principal para con mucho amor formar mi hogar, a mis hermanos Carlín y Vivi por ser mi modelo a seguir, fuente, razón y motivo de mi ser , a cada uno de los integrantes de mi familia por el ejemplo brindado de unión, esfuerzo, cariño, por su apoyo incondicional al creer y confiar en mí enseñándome y acompañándome en cada reto emprendido, a todas aquellas personas que estuvieron ahí, componentes principales en cada etapa de mi ser con palabras de experiencia, compartiendo momentos gratos para recordar, brindándome su apoyo moral y demostrando actos de cariño sincero en los momentos que sentía caer para culminar una meta más, y en otros momentos no tan gratos pero que me enseñaron que a pesar de las adversidades siempre existe una razón para seguir enfrentando con fortaleza los designios de Dios, gracias por estar presentes de una manera o de otra siempre les llevare en mi corazón Tía Cris, Marco, Jhon, Efra y a mi amor, compañero, amigo, ángel especial en mi sendero Julio Oswaldo.

Al término de esta etapa de mi vida, de igual manera quiero expresar un profundo agradecimiento al Ing. Hannibal Brito al Dr. Robert Cazar por su infinita colaboración y valiosa dirección en el transcurso del desarrollo del proyecto de tesis y por último a María José Mora por ser la compañera, amiga gracias porque en éste último recorrido para lograr la meta deseada hemos compartido tantas cosas juntas.

Con cariño, admiración y respeto

Sandra Lara V.

AGRADECIMIENTO

A Dios, Padre mío eres el amor incondicional que jamás falla, eres el ser que al abrir mis ojos sin verte siento lo que es paz en mi corazón que cuando estaba triste o sola tú me brindabas la tranquilidad que necesitaba, eres lo más bello de este mundo porque es tan increíble que sin verte te sentimos como lo más real que existe, tú me das el abrazo que siempre he necesitado , tú me has dado las fuerzas necesarias para culminar una meta más de mi vida, por todas estas bendiciones te lo agradezco Padre.

A mis padres que han sido el pilar en cada momento de mi vida que jamás me han dejado sola en mis momentos duros que con todo su sacrificio han hecho que cada uno de sus hijos hoy en día sean personas de bien, les agradezco infinitamente por siempre brindarme su apoyo incondicional.

A mi hermano Henry y Marcela que siempre han estado junto a mí, ayudándome en cada paso que he dado como persona y profesional, que cuando me he sentido sola o cuando he tenido un mal día han hecho que con sus palabras vuelva a sonreír de nuevo.

A todos aquellos docentes de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, por haber sido parte de mi formación profesional y personal, pero de manera especial a mi Director Ing. Hannibal Brito y Asesor Dr. Robert Cazar, quienes me han brindado sus conocimientos y guía durante la presente investigación, por todo ello mis sinceros agradecimientos que Dios cuide y proteja siempre su camino ejemplar para cada uno de sus estudiantes.

A todos ustedes mi más profundo agradecimiento

María José Mora

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIECIAS QUÍMICAS

El tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA LLUVIA MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA PARA LOS LABORATORIOS DE BIOTECNOLOGÍA Y BROMATOLOGÍA - ESPOCH**”, de responsabilidad de las señoritas Egresadas Sandra Pilar Lara Villegas y María José Mora Campana, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRES

FIRMA

FECHA

Ing. César Ávalos

DECANO FAC. DE CIENCIAS

Dra. Nancy Veloz

**DIR. ESCUELA
CIENCIAS QUÍMICAS**

Ing. Hannibal Brito

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Robert Cazar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Celso Recalde

DELEGADO DEL DECANO

Ing. Eduardo Tenalanda

**DIRECTOR DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE LA TESIS

“Nosotras, **SANDRA PILAR LARA VILLEGAS** y **MARÍA JOSÉ MORA CAMPANA**,
somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el
patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

Sandra Pilar Lara Villegas

María José Mora Campana

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<u>Abreviaturas</u>	<u>Descripción</u>
°	Grados
∅	Diámetro (m)
%	Tanto por ciento
μ Siemens/cm	Conductividad siemens por centímetro
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
° C	Grado Centígrado
Ce	Coeficiente de Escurrimiento
CE	Conductividad Eléctrica (Siemens/cm)
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
col/mL	Coliformes por mililitro
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)
DQO	Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)
EMAPAR	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba
EPA	Agencia de Protección Ambiental
G.P.M	Galones por minuto
G	Gramos
g/cm³	Gramos por centímetro cubico
h	Hora

H₂O	Agua
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
IR	Infrarrojo (nm)
K	Rugosidad de la tubería (m)
° K	Grados Kelvin
Km	Kilómetro
L	Litro
L.P.M	Litro por minuto
l	Longitud
m	Metro
m.c.a	Metro columna de agua
m²	Metro cuadrado
m²/s	Metro cuadrado por segundo
m³	Metro cúbico
mg/L	Miligramo por Litro
Mm	Milímetro
mm/h	Milímetro por hora
mmhos/cm	Miliohmios por centímetro
mL	Mililitro
ms⁻¹	Metro segundos a la menos uno
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
NMP	Número más probable
N/m³	Newton sobre metro cúbico
NPSH	Cabeza Neta Positiva de Succión
NTU` s	Unidades Nefelométricas de Turbidez
OD	Oxígeno Disuelto (mg/L)

pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por Millón
psi	Libra – Fuerza por pulgada cuadrada
PVC	Cloruro de Polivinilo
Q	Caudal (m ³ /s)
s	Segundos
S	Sur
S/cm	Siemens por centímetro
SCALL	Sistema de Captación de agua lluvia
SS	Sólidos Suspendidos (mg/L)
SSV	Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/L)
TDS	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)
t	Tiempo
V	Volumen (m ³)
V	Velocidad (m/s)
W	Este

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO

	Pp:
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
ANTECEDENTES	xvi
JUSTIFICACIÓN	xviii
OBJETIVOS	xix
1. MARCO TEÓRICO	- 1 -
1.1. AGUA	- 1 -
1.1.1. EL AGUA Y SU IMPORTANCIA	- 1 -
1.1.2. PROPIEDADES DEL AGUA.....	- 2 -
1.1.3. CICLO HIDROLÓGICO	- 5 -
1.2. AGUA DE LLUVIA	- 6 -
1.2.1. PRECIPITACIÓN.....	- 6 -
1.2.2. MEDIDA DE PRECIPITACIÓN.....	- 7 -
1.2.3. PLUVIOMETRÍA.....	- 7 -
1.2.4. LLUVIA.....	- 10 -
1.2.5. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA.....	- 15 -
1.2.6. AGUA PARA LABORATORIOS.....	- 22 -
1.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA.....	- 26 -
1.3.1. DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	- 26 -
1.3.2. TRATAMIENTOS DE PURIFICACIÓN	- 34 -
1.3.3. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	- 40 -
1.4. DISEÑO	- 40 -
1.4.1. INTENSIDAD DE LLUVIA.....	- 40 -
1.4.2. CAUDAL DE AGUA.....	- 41 -

	Pp:
1.4.3. DEMANDA ANUAL	- 42 -
1.4.4. ÁREA DE CAPTACIÓN DEL AGUA LLUVIA.....	- 43 -
1.4.5. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	- 43 -
1.4.6. SISTEMA DE CONDUCCIÓN	- 45 -
1.4.7. ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE LA CANALETA.....	- 47 -
1.4.8. TUBERÍAS	- 47 -
1.4.9. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN	- 49 -
1.4.10. SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	- 50 -
1.4.10.1. ALTURA TOTAL ÚTIL O EFECTIVA	- 50 -
1.4.10.2. CABEZA ESTÁTICA DE SUCCIÓN	- 50 -
1.4.10.3. CABEZA DINÁMICA DE SUCCIÓN	- 51 -
1.4.10.4. PÉRDIDA DE CARGA EN LA SUCCIÓN	- 51 -
1.4.10.5. CABEZA O COLUMNA DINÁMICA DE DESCARGA	- 53 -
1.4.10.6. CABEZA DINÁMICA DESCARGA.....	- 54 -
1.4.10.7. PÉRDIDA DE CARGA DESCARGA	- 54 -
1.4.10.8. CÁLCULO DE LA NPSHd	- 56 -
1.4.10.9. SELECCIÓN DE LA BOMBA SEGÚN EL CATÁLOGO	- 57 -
2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	- 58 -
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	- 58 -
2.2. PLUVIOMETRÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	- 59 -
2.2.1. METODOLOGÍA.....	- 59 -
2.3. PARTE EXPERIMENTAL.....	- 63 -
2.3.1. PLAN DE MUESTREO.....	- 63 -
2.3.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	- 64 -
2.3.3. MATERIALES, MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	- 66 -

Pp:

2.3.4.	DEMANDA DE AGUA TIPO II EN LOS LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS	- 86 -
2.3.5.	METODOLOGÍA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA PARA LOS LABORATORIOS	- 89 -
2.4.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA LLUVIA.....	- 92 -
2.4.1.	ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA	- 96 -
3.	CÁLCULOS DE INGENIERÍA.....	- 99 -
3.1.	CÁLCULOS	- 99 -
3.1.1.	INTENSIDAD DE LA LLUVIA	- 99 -
3.1.2.	CÁLCULO DEL ÁREA DE CAPTACIÓN DE LOS LABORATORIOS.....	- 99 -
3.1.3.	CAUDAL DE DISEÑO	- 100 -
3.1.4.	CAUDAL DE CONSUMO	- 101 -
3.1.5.	CÁLCULO DE LA DEMANDA ANUAL.....	- 101 -
3.1.6.	DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	- 102 -
3.1.7.	CÁLCULO DE LA PENDIENTE	- 102 -
3.1.8.	CÁLCULO DE LAS BAJANTES	- 103 -
3.1.9.	ESTIMACIÓN DE CANALETAS PARA COLECCIÓN Y CONDUCCIÓN	- 103 -
3.1.10.	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN	- 104 -
3.1.11.	SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	- 105 -
3.1.12.	CÁLCULO DE ACCESORIOS.....	- 106 -
3.1.13.	CÁLCULO DE FRICCIÓN	- 109 -
3.1.14.	ALTURA TOTAL ÚTIL O EFECTIVA.....	- 110 -
3.1.15.	CABEZA O COLUMNA DINÁMICA DE DESCARGA	- 113 -
3.1.16.	ALTURA TOTAL ÚTIL O EFECTIVA.....	- 113 -
3.1.17.	CÁLCULO DE LA NPSHd	- 113 -
3.1.18.	SELECCIÓN DE LA BOMBA SEGÚN EL CATÁLOGO	- 114 -

	Pp:
3.1.19. EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA – DESIONIZADOR.....	- 115 -
3.2. RESULTADOS	- 116 -
3.2.1. CARACTERIZACIÓN DE AGUA LLUVIA PREVIA AL TRATAMIENTO -	119 -
3.2.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	- 120 -
3.2.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA OBTENIDA	- 121 -
3.3. PROPUESTA.....	- 122 -
3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	- 123 -
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 124 -
4.1. CONCLUSIONES	- 124 -
4.2. RECOMENDACIONES.....	- 126 -
BIBLIOGRAFÍA	- 127 -
ANEXOS	- 133 -

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

	Pp:
Fig. 1. Ciclo Hidrológico del Agua	- 6 -
Fig. 2. Sistema típico de captación de agua lluvia en techos	- 26 -
Fig. 3. Tipos de Tanques de Almacenamiento	- 33 -
Fig. 4. Proceso de Destilación	- 34 -
Fig. 5. Proceso para el Intercambio Iónico	- 35 -
Fig. 6. Filtro de Carbón Activado.....	- 36 -
Fig. 7. Proceso de Ósmosis Inversa	- 39 -
Fig. 8. Mantenimiento y Limpieza del Sistema	- 40 -
Fig. 9. $NPSH_{disponible}$ y $NPSH_{requerido}$	- 56 -
Fig. 10. Curva Característica de la Bomba Goulds.....	- 57 -
Fig. 11. Área de los laboratorios de Bromatología y Bioquímica (ESPOCH)	- 58 -
Fig. 12. Ficha Técnica de especificaciones para el Tanque de Almacenamiento ...	- 94 -
Fig. 13. Trampa de sólidos en la canaleta y embudo recortado	- 97 -
Fig. 14. Posición de las canaletas respecto al alero del techo	- 97 -
Fig. 15. Inclinación de la canaleta	- 98 -
Fig. 16. Área de Captación del Sistema	- 100 -
Fig. 17. Diseño Hidráulico de la Canaleta	- 104 -
Fig. 18. Equipo de Ósmosis Inversa RO101SV- Desionizador.....	- 115 -
Fig. 19. Planos del Sistema de Captación y Tratamiento	- 122 -

TABLA DE CONTENIDO DE GRÁFICOS

	Pp:
Graf. 1. Datos del Anuario Meteorológico INAMHI 2010; Estación MA10 Riobamba Politécnica.....	- 60 -
Graf. 2. Análisis Correlacional entre N° de Alumnos vs Consumo de Agua Tipo II.	- 88 -
Graf. 3. Consumo de Agua Tipo II por Semana	- 89 -
Graf. 4. Diagrama del diseño para la selección de la Bomba	- 105 -
Graf. 5. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Te).....	- 107 -
Graf. 6. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Codo 90°)	- 107 -
Graf. 7. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Válvula de globo)	- 108 -
Graf. 8. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Unión Roscada)-	108

-

TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS

Pp:

Tabla 1. Propiedades Físicas del Agua.....	- 4 -
Tabla 2. Clasificación de la Lluvia según su Intensidad	- 12 -
Tabla 3. Clasificación de la Lluvia según su Velocidad de Caída y Recorrido de Evaporación	- 12 -
Tabla 4. Especificaciones de la Norma ASTM para Agua TIPO I, II, III, y IV	- 25 -
Tabla 5. Especificaciones de la Norma ASTM para Agua TIPO I, II y III Microbiológicos	- 25 -
Tabla 6. Coeficiente de Escurrimiento.....	- 28 -
Tabla 7. Pendientes Utilizadas.....	- 29 -
Tabla 8. Pendientes empleadas para cada Material.....	- 30 -
Tabla 9. Intensidad de Lluvia	- 41 -
Tabla 10. Diámetro de accesorios de Tubería.....	- 48 -
Tabla 11. Valores Pluviométricos Mensuales y Anuales 2010	- 59 -
Tabla 12. Precipitación Promedio Anual 1993 - 2013.....	- 61 -
Tabla 13. Precipitación Promedio Anual	- 62 -
Tabla 14. Muestras Recolectadas para Agua Lluvia	- 65 -
Tabla 15. Muestras Recolectadas para Agua Tipo II.....	- 65 -
Tabla 16. Descripción de los Métodos de Análisis para el Agua	- 67 -
Tabla 17. Potencial de Hidrógeno pH.....	- 71 -
Tabla 18. Temperatura	- 72 -
Tabla 19. Conductividad	- 73 -
Tabla 20. Turbiedad.....	- 74 -
Tabla 21. Dureza	- 75 -
Tabla 22. Calcio.....	- 76 -
Tabla 23. Alcalinidad.....	- 77 -
Tabla 24. Cloruros	- 78 -
Tabla 25. Fosfatos	- 79 -
Tabla 26. Nitritos.....	- 80 -
Tabla 27. Sólidos Totales.....	- 81 -
Tabla 28. Sólidos Totales Disueltos	- 82 -
Tabla 29. Hierro	- 83 -
Tabla 30. Amonios.....	- 84 -
Tabla 31. Microbiológica	- 85 -

Pp:

Tabla 32. Número de Alumnos vs Consumo de Agua Tipo II	- 87 -
Tabla 33. Análisis Correlacional N° de Alumnos vs Consumo de Agua Tipo II.....	- 87 -
Tabla 34. Rugosidad absoluta (k) para diferentes materiales utilizados en la fabricación de tuberías	- 106 -
Tabla 35. Cálculo de Accesorios.....	- 109 -
Tabla 36. Viscosidad cinemática del agua	- 110 -
Tabla 37. Propiedades del Agua a varias Temperaturas.....	- 114 -
Tabla 38. Resultado de la Intensidad a diferentes Tiempos de Retorno (Años) ...	- 116 -
Tabla 39. Resultados del Diseño y Construcción del Sistema.....	- 117 -

RESUMEN

Se realizó el diseño e implementación de un sistema de captación de agua lluvia mediante ósmosis inversa para la utilización en los laboratorios de Bioquímica y Bromatología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y dotar de agua tipo II en los laboratorios para la ejecución de prácticas estudiantiles.

La investigación se fundamentó en la revisión bibliográfica de trabajos realizados con relación al tema planteado, en la caracterización física, química y microbiológica del agua lluvia y del agua tipo II obtenida mediante el tratamiento de ósmosis inversa – desionizador, en los cálculos de ingeniería, y en la construcción del sistema.

Para el diseño del sistema de captación de agua lluvia se procedió a tomar valores de precipitación, intensidad perteneciente a la zona de estudio, determinándose el caudal de diseño utilizado en el cálculo de la captación de agua lluvia.

El sistema cuenta con: un área de captación en los techos de los laboratorios, el sistema de conducción mediante tubería PVC, almacenamiento en un tanque de reserva de 550 L apto para abastecer el caudal de consumo de agua tipo II requerido para las prácticas estudiantiles y distribución del agua lluvia después del tratamiento de ósmosis inversa – desionizador.

Con el tratamiento dado al agua de lluvia se pudo establecer que se logró reducir los parámetros físico químicos y microbiológicos del 98 al 99 %, obteniéndose una Conductividad (1μ Siemens/cm; Cloro (3 mg/L) y Microbiológicos (10/100 mL), parámetros establecidos en la Norma ASTM D1193- 99 para agua tipo II grado analítico requerido para la utilización en los laboratorios.

Con la aplicación del Sistema de captación de agua lluvia se brindará agua de excelente calidad y cantidad al sector estudiantil de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para realizar las prácticas en los laboratorios de Bromatología y Bioquímica.

Se recomienda realizar un mantenimiento adecuado, periódico al sistema y a los equipos implementados.

SUMMARY

A capturing system of rainwater was designed and implemented through reverse osmosis for using in the Biochemistry and Bromatology laboratories of the Science Faculty of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo and providing of Type II water in the laboratories for Students to do their internship.

The research was based on the literature review of done works related to the issue raised, on the physical, chemical, and microbiological characterization of rainwater and Type II water obtained by means of Reverse osmosis treatment-deionizer, in engineering calculations, and system construction.

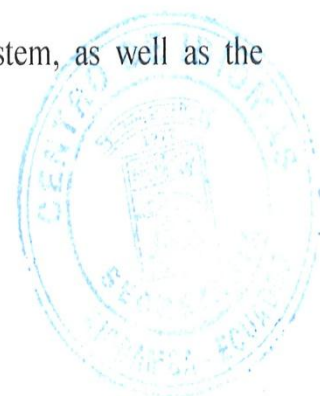
It was proceeded to take values of rainfall, intensity belonging to the study area for the design of the capturing system of rainwater, by determining the used design flow in the calculation of the capturing of rainwater.

The system includes: an area of uptake on the roofs of laboratories, conduction system by means of CPV pipe, storage in a reserve tank 550 L suitable to supply the consumption flow of Type II water that is required for students' internship and distribution of rainwater after Reverse osmosis treatment-deionizer.

It was possible to reduce the physicochemical and microbiological parameters 98 to 99% with the given treatment to rainwater, by obtaining a conductivity (1μ Siemens/cm; Chlorine (3 μ g/L) and Microbiological (10/100mL), established parameters in the ASTM D1193- 99 for Type II water analytical grade required for using in laboratories.

Excellent quality and quantity water will be provided to the student community of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo with the application of capturing system of rainwater for conducting practices in the Biochemistry and Bromatology laboratories.

It is recommended doing a constant proper maintenance to the system, as well as the implemented equipment.



INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos renovables esenciales para la vida de la humanidad y de los demás seres vivos del planeta, éste satisface las necesidades de todas las formas conocidas de vida.

El agua es un elemento principal, influyente en cada una de las actividades del ser humano, pero a su vez la utilización del recurso hídrico ha provocado que exista un deterioro y un alto nivel de contaminación debido a la sobreexplotación del agua. Es por ello que en la actualidad la sociedad impone opciones de mejoramiento continuo para aprovechar esta riqueza que nos brinda la naturaleza.

El agua en la naturaleza se presenta de diversas maneras; el agua de lluvia es una de ellas, siendo un factor importante que se puede utilizar, reciclar al máximo, y así poder contribuir a solventar la falta de este recurso.

Una de las alternativas para aprovechar el agua lluvia es mediante los sistemas de captación, que interceptan el fluido en un área determinada, el principio de este sistema se basa en: captar, recolectar, distribuir, e implementar un tratamiento idóneo de acuerdo a la actividad requerida.

El área determinada para la presente investigación, son los laboratorios de Bromatología y Bioquímica, ubicados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH); Coordenada X: 758849 UTM; Coordenada Y: 9816865 UTM Altitud de 2838 m.s.n.m. perteneciente a la Ciudad de Riobamba.

El diseño e implementación de los sistemas de captación de agua lluvia en los laboratorios se basó en la captación, conducción, almacenamiento, y la realización de

los análisis pertinentes físico-químicos y microbiológicos del agua; que sirvieron para seleccionar el tratamiento de agua mediante ósmosis inversa y desionización, para dotar a los laboratorios de agua requerida.

La propuesta tiene como objetivo aplicar nuevas tecnologías amigables con el ambiente, optimizando los recursos naturales, creando una cultura ambiental en la reutilización del agua lluvia desde el campo de Ingeniería Ambiental; contribuyendo a la comunidad politécnica con el conocimiento técnico de los sistemas de captación, y abasteciendo de agua tipo II a los laboratorios de Bromatología y Bioquímica.

ANTECEDENTES

En la naturaleza existe el agua lluvia de forma natural y se ha utilizado diferentes formas de captación de agua lluvia aplicando métodos tradicionales a través de la historia de las civilizaciones, para darle un uso adecuado y brindar soluciones a varios problemas ambientales que se han presentado.

Luis Herrera, en el año 2010 en la ciudad de México, realizó un estudio de Alternativa, para el Uso Sustentable de agua lluvia; donde implementó un diseño de los Sistemas de Captación de Agua Lluvia (SCALL), para determinar alternativas de soluciones en estos sistemas, analizando varios tipos de sistemas de captación; una de sus desventajas es que no puso énfasis en un solo tipo de sistemas y en tecnologías más idóneas para la situación actual de su país (13).

Los países en Sur América se han enfocado en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia con la ayuda de algunas ONG y organizaciones ambientales. Muchas comunidades pertenecientes a estos países practicaban el método tradicional de recolección de agua lluvia mediante cubetas de plástico para trasladarlas a las viviendas y que el agua sea utilizada en limpieza (13).

Natalia Palacios en el año 2010 en Colombia; en el Edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional, implementó una propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, como alternativa para el Ahorro de Agua Potable en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas; este cuenta con un sistema de captación de agua lluvia mediante un tanque subterráneo, pero no abastece a toda la institución y solo es utilizada para descarga de los inodoros (13).

El Ministerio del Ambiente conjunto con la Gobernabilidad del Agua en el Ecuador, ha realizado diferentes proyectos como el de la parroquia Zhidmad en Gualaceo provincia de Cañar, diseñó un estudio de factibilidad e implementación para almacenar aguas lluvias en los meses de invierno y distribuir mediante tubería en la época de sequía. Utilizando una tecnología óptima que solo serviría para el riego de los cultivos (13).

En la Provincia de Chimborazo no existe evidencia de proyectos de investigación sobre la implementación de Sistemas de Captación de Agua Lluvia, ni en las Universidades pertenecientes a la Provincia.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no se cuenta con un sistema de captación de lluvia, tampoco posee un sistema de tratamiento para dotar de agua tipo II a los laboratorios, ni investigaciones en este tema; es por eso que la Facultad de Ciencias conjuntamente con los estudiantes que han culminado su pensum académico ven la necesidad de contribuir en el avance tecnológico de sus laboratorios implementando equipos innovadores y aplicando tecnologías amigables con el ambiente.

JUSTIFICACIÓN

En el planeta la disponibilidad de agua está descendiendo, una de las soluciones para enfrentar la escasez del agua es el aprovechamiento eficiente del agua lluvia, es un medio que se emplea para proporcionar agua en los diferentes usos de los seres humanos.

La reutilización del agua es un proceso muy importante que se lleva a cabo mediante distintos métodos de tratamiento, estos ayudan a su recuperación y evitan la contaminación en el ambiente. La implementación de un sistema de captación y tratamiento de agua lluvia es una estrategia que permite establecer un proceso de ultra purificación de agua para las actividades correspondientes en los Laboratorios de Bromatología y Biotecnología Ambiental (retitulado Bioquímica) de la ESPOCH.

El presente proyecto pretende dar solución a un problema no solamente social, sino de tipo ambiental, la importancia de utilizar, captar, almacenar, y dar un tratamiento previo al agua de lluvia para ser usado en los laboratorios es de gran relevancia para la Facultad de Ciencias, ya que de esta manera se contribuye con la optimización de los recursos ambientales, sociales, y económicos, obteniendo agua tipo II de excelente calidad, mediante tecnologías eficientes que servirá de beneficio para las actividades que se realizan en las prácticas a nivel de laboratorio en la institución.

El diseño e implementación del sistema de tratamiento de agua lluvia permitirá comprobar de manera práctica la calidad de agua tratada para cualquier actividad que se requiera dentro de los laboratorios; también servirá para el avance y desarrollo práctico de los alumnos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

El sistema de captación de agua lluvia que se propone tiene por objetivo reciclar la mayor cantidad de precipitación y de esta manera darle un tratamiento previo, para abastecer de agua tipo II a los laboratorios de Biotecnología y Bromatología de la ESPOCH.

OBJETIVOS

GENERAL

Implementar un sistema de captación para el tratamiento de agua lluvia mediante ósmosis inversa para su utilización en los laboratorios de Bioquímica y Bromatología de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

ESPECÍFICOS

- Captar el agua lluvia en la cubierta de los laboratorios para transformarla en agua tipo II.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el diseño del sistema de captación de agua lluvia para los laboratorios.
- Implementar el diseño del sistema de captación y purificación de agua lluvia en los laboratorios.
- Analizar los parámetros físicos - químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua lluvia recolectada.
- Dotar de agua tipo II mediante los tratamientos de purificación (ósmosis inversa – desionización) a los laboratorios de la ESPOCH.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGUA

La hidrósfera está conformada en su mayor parte por el líquido vital agua, es uno de los factores abióticos que rodean el globo terrestre, el agua se puede encontrar por debajo y sobre la superficie del planeta, en sus diferentes formas, circulando entre la superficie de la tierra y la atmósfera.

1.1.1. EL AGUA Y SU IMPORTANCIA

El agua es un elemento de la biosfera que se encuentra en estado líquido, sólido y gaseoso, en la naturaleza; es un compuesto químico, y su fórmula es H_2O , cada una de sus moléculas está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

El agua es importante para la vida de los seres vivos: hombre, animal y vegetal, estos cuerpos están constituidos por el 72 % de agua, se ha dispuesto este líquido como medio íntegro para el desarrollo vital de los organismos (1).

El agua es un factor imprescindible en todos los órdenes de la vida, ya que forma parte de los diferentes cuerpos materiales, contribuye en la formación de los distintos líquidos necesarios para los procesos biológicos de vegetales y animales, está presente en la atmósfera en forma de nubes o niebla, y forma los océanos, ríos, lagos y glaciales cubriendo las siete décimas partes de la superficie de la tierra.

El agua influye en la unión del calor, en la determinación de los climas, en la conformación de las superficies húmedas en diversas zonas; a una temperatura ambiente tiene las características de ser un líquido inodoro, insípido, y en pequeñas

cantidades incoloro; pero en grandes masas adopta un color azulado debido a que retiene determinadas radiaciones (2).

1.1.2. PROPIEDADES DEL AGUA

✓ FÍSICO QUÍMICAS

El agua posee una gran cantidad de propiedades fisicoquímicas las más destacadas son:

CAPILARIDAD Y TENSIÓN SUPERFICIAL: Cuando el nivel de un líquido tiende a ascender por una superficie cilíndrica, con la intervención de la fuerza de gravedad; se relaciona directamente con la tensión superficial del líquido y es indirectamente proporcional al grosor interno del cilindro. Los enlaces de hidrógeno que se encuentran en la tensión superficial, buscan fijarse a las paredes del cilindro (tubo). Es por esa razón que el agua posee mayor capilaridad (3).

DENSIDAD: La densidad es una propiedad fundamental que se da entre la masa de un cuerpo y una unidad de volumen, por lo general las sustancias al momento que llegan al estado de enfriamiento tendrán más densidad, pero en el caso del agua líquido no sucede esto, debido a la variación de la densidad del agua con la temperatura (3).

SOLUBILIDAD: La solubilidad es una propiedad que actúa como disolvente, en consecuencia de ello las moléculas poseen una elevada bipolaridad que contiene dos polos (positivo y negativo), estos grupos polares tienen la capacidad de formar puentes de hidrógeno, y al momento de actuar los polos se presenta la atracción o repulsión de los diferentes átomos que se encuentran en otras sustancias (3).

CAPACIDAD CALÓRICA, O CALOR ESPECÍFICO: Una caloría se determina como el incremento o disminución de 1° de temperatura a 1 un gramo de agua aplicando cierta cantidad de calor. La capacidad calorífica conjuntamente con el agua ayuda a prevenir los cambios violentos de temperatura del día y la noche, y las estaciones del año (3).

TEMPERATURA DE EBULLICIÓN: La temperatura es la transformación del agua en gas o vapor saturado de agua que depende de la presión atmosférica, y esta va variando de acuerdo con la altitud. Es decir a una altitud máxima se ejerce menor presión y a su vez menor temperatura de ebullición. Los compuestos más ligeros se evaporan a menor temperatura que los más pesados (3).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: Se define la conductividad eléctrica como la cantidad de iones que se encuentran en una sustancia líquida y está a su vez tiene la capacidad para conducir la corriente eléctrica.

Cuando la conductividad se presenta en medios líquidos se produce una disolución por la presencia de sales en solución, después de esta reacción se producen conductores iónicos denominados electrolitos, que son capaces transportar la energía eléctrica al exponer un líquido a un campo eléctrico.

Las unidades de medición utilizadas comúnmente para expresar la conductividad son el Siemens/cm (S/cm) y los milimhos por centímetro (mmhos/cm) (3).

pH: El pH actúa en determinados procesos químicos al combinarse con el agua se descompone en partículas de hidrógeno y oxígeno mediante reacciones electrolíticas; el pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. La sigla significa "potencial de hidrógeno" (14).

El pH varía según la disolución:

En disoluciones acuosas: Va de 0 – 14

- En disoluciones ácidas: Con pH menores a 7
- En disoluciones alcalinas: Tienen pH mayores a 7.
- En disoluciones neutras : El pH = 7

✓ FÍSICAS

En la Tabla 1 se presentan las propiedades físicas del agua a sus diferentes estados y características.

Tabla 1. Propiedades Físicas del Agua

Punto de fusión	0 °C;
Calor latente de fusión	79 calorías/g;
Punto de ebullición	100 °C;
Calor latente de vaporación	537 calorías/g;
Densidad del agua líquida a 0 °C	0.99987g/cm ³ ;
Densidad del agua sólida (hielo) a 4 °C	0.917 g/cm ³ ;
Densidad a 4 °C	1 g/cm ³ ;
Calor específico	1 caloría/ g °C

Fuente: Curso Teórico Práctico, Ediciones Océano

Una de sus propiedades físicas es la capacidad de absorción de las radiaciones solares, que evita en el planeta los cambios bruscos de temperatura.

✓ PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas son:

- La fórmula de la molécula.

- El grado de disociación iónica.

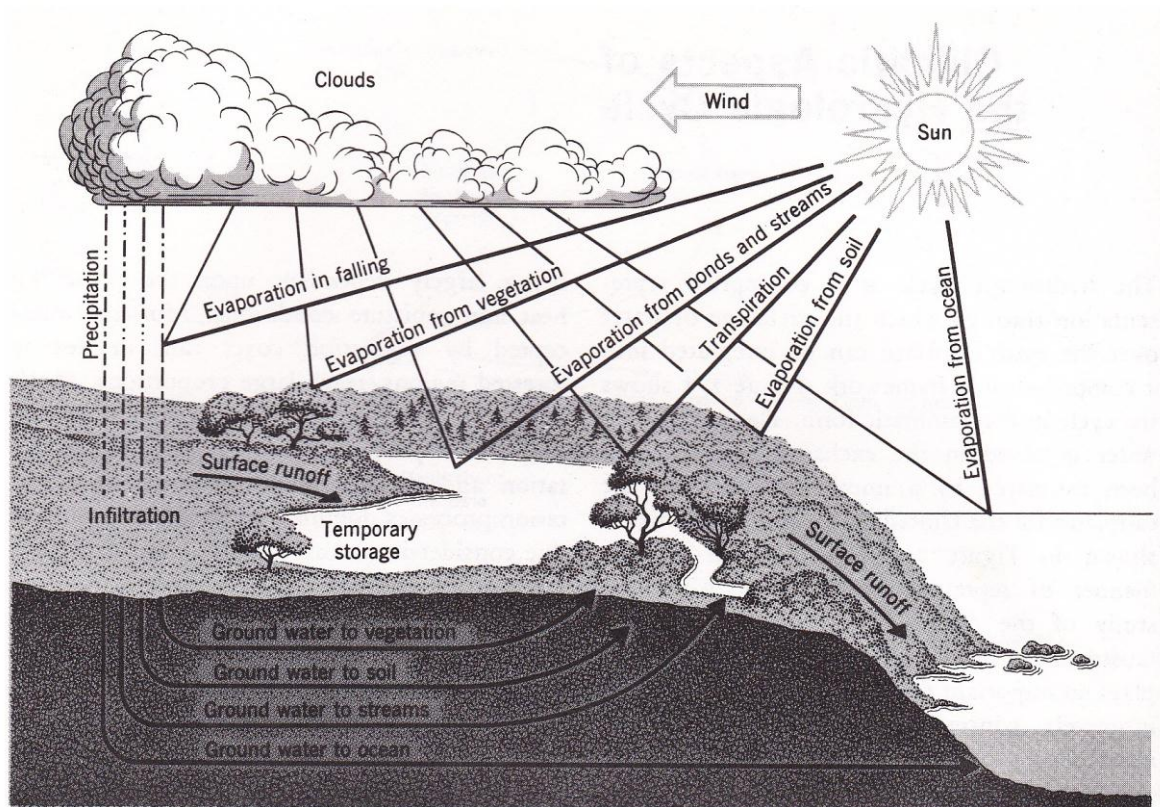
El agua debido a sus características moleculares es un magnifico disolvente (2).

1.1.3. CICLO HIDROLÓGICO

El agua cubre aproximadamente el 75 % de la superficie terrestre. Tan enorme masa líquida se halla repartida en: 1) aguas oceánicas, con un 97 % del total de agua terrestre; 2) aguas superficiales, que pueden ser sólidas como los glaciares de montaña, y líquidos, como los ríos y lagos. En total un 2.5 % del agua terrestre; 3) aguas subterráneas, bastante escasas, pues sólo constituyen un 0.45 %; y 4) aguas en estado gaseoso (vapor), que se encuentran en la atmósfera, pero con una proporción baja (el 0.001 %).

El agua se presenta de múltiples formas o estados, por lo que existe una secuencia natural en estos cambios que alteran el ciclo normal del agua en la naturaleza a este proceso se lo designa como ciclo hidrológico (2).

El proceso hidrológico inicia en la superficie de la Tierra, se calienta el agua de lagos, ríos, océanos; por los rayos del sol, el agua de las plantas asciende paulatinamente a la atmósfera en forma de vapor, produciéndose la evaporación; cuando este sube a la capa atmosférica se genera el enfriamiento del vapor y por descenso de temperatura se transforma en líquido, creándose las nubes dando lugar a la condensación; al chocar las nubes con corrientes de aire frío se origina la precipitación; y está a su vez se puede presentar en distintas maneras sea (líquida, nieve, granizo), la precipitación q llega a la Tierra y forma algunos cursos de agua superficial, se junta a los ríos, lagos, mares, océanos; y otra parte se infiltra en el subsuelo, y luego retorna al inicio del ciclo hidrológico (3).



FUENTE: (CAFFERA Mario. Introducción a la meteorología general y climatología con énfasis en agrometeorología)

Fig. 1. Ciclo Hidrológico del Agua

1.2. AGUA DE LLUVIA

1.2.1. PRECIPITACIÓN

El proceso inicia al mezclarse el gas de la atmósfera con el vapor de agua; esto se evapora y se da el proceso de condensación; y de esta manera cae el agua en forma de gotas a la Tierra, dándose lugar al fenómeno denominado como precipitación (6).

La precipitación es un factor importante dentro del proceso hidrológico; se encarga de proveer de agua dulce al planeta, desciende a la tierra de distintos modos como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo.

Las gotitas de precipitación deben alcanzar un diámetro de 100 micras, con una velocidad de caída leve para que pueda descender a las típicas corrientes ascendentes del aire.

1.2.2. MEDIDA DE PRECIPITACIÓN

Existen técnicas de medición que se realiza in situ para poder tomar datos de precipitación, estos datos se registran mediante instrumentos apropiados como son los nivómetros y los pluviómetros que receptan la precipitación líquida (17).

1.2.3. PLUVIOMETRÍA

1.2.3.1. DEFINICIÓN

Pluviometría parte de la meteorología que estudia la distribución de las aguas lluvias, la precipitación en el espacio geográfico y el tratamiento de los datos que son medidos mediante el pluviómetro (23).

1.2.3.2. PLUVIÓMETRO

Instrumento que mide la cantidad de agua atmosférica en sus diversos estados durante un tiempo y lugar determinado, el objetivo de utilizar el dispositivo está en que la lluvia se mide por la cantidad de milímetros que alcanzaría el agua en un suelo perfectamente horizontal e impermeable de 1 metro cuadrado durante el tiempo que dure la precipitación en el que no tuviera ningún tipo de filtración o pérdida (24).

Existen diversos tipos de pluviómetros entre ellos tenemos: norteamericanos, españoles, alemanes, del tipo francés, belga, inglés, canadiense, etc. Cada uno de los pluviómetros cumplen con el mismo fin y sus diferencias son: la altura de la boca del

instrumento sobre el suelo, la ubicación del colector sobre tierra o bajo de ella y la forma de realizar la lectura (24).

Los pluviómetros más eficientes y recomendados por presentar mayores ventajas para la recolección de datos de lluvia son el americano (U.S Weather Bureau) y el pluviómetro Europeo de sifón (Hellman) (4).

✓ **INTENSIDAD DE LLUVIA (I)**

La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia: estas dos características están asociadas. Para un mismo período de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base a los datos observados directamente en el sitio de estudio o en otros sitios próximos con las características hidrometeorológicas similares. Dicha formulación se conoce como relación Intensidad – Duración - Frecuencia o comúnmente conocidas como curvas IDF.

Las precipitaciones pluviales extremas período de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 y hasta 10.000 años, para cada sitio particular o para una cuenca, o la precipitación máxima probable, son determinadas con procedimientos estadísticos, con base a extensos registros de lluvia.

Existen diferentes ecuaciones tipo para determinar la intensidad de la lluvia:

- **CHOW (1994)**

Muestra la relación entre las series de máximas anuales y la relación de las series parciales.

$$I = \frac{c}{(Td^e + f)}$$

Estableciendo: I : Intensidad de lluvia de diseño; Td : Duración; c, e y f : Coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno (32).

- **APARICIO (1997)**

Según Aparicio (1997) existen dos métodos: el primero de intensidad – período de retorno, que relaciona dos variables para cada duración mediante funciones de distribución usadas en hidrología. El otro método se define como la interacción entre la intensidad, duración y periodo de retorno en varias curvas.

$$I = \frac{K * T^m}{(d + c)^n}$$

Estableciendo: I : Intensidad de precipitación (mm/h); T : Período de retorno (años); d : Duración (minutos); K, m y n : Constantes que se calculan mediante análisis de correlación lineal múltiple. (32).

- **INAMHI (1999)**

Según el INAMHI se establecen curvas I-D-F a partir de datos de precipitación máximas en 24 horas, analizándose precipitaciones y cuencas en todo el Ecuador utilizando la siguiente expresión.

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Estableciendo: I : Intensidad de precipitación para cualquier período de retorno (mm/h); T : Período de retorno (años); t : Tiempo de duración de la lluvia (minutos); K, m y n : Constantes de ajuste determinado aplicando mínimos cuadrados (9).

1.2.3.3. PRECIPITACIÓN DE LA ZONA

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en la Facultad de Recursos Naturales cuenta con una estación meteorológica manual, siendo un departamento de apoyo en la toma de datos de los principales meteoros que tienen influencia directa con el clima, estos son; heliofanía, temperatura, humedad, viento, precipitación, evaporación, visibilidad, nubosidad.

Los datos obtenidos diariamente son procesados estadísticamente, para obtener los valores: normales, medias, máximas y mínimas; con los cuales se realizan boletines mensuales y posteriormente anuarios. La información es accesible para el personal de la ESPOCH.

“En La estación meteorológica existen datos de precipitación diaria, mensual, y anual detectados por el pluviómetro en las horas sinópticas”²⁰, estos datos meteorológicos son enviados al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), para el procesamiento de datos de precipitación realizando anuarios meteorológicos correspondientes para cada una de las estaciones meteorológicas ubicadas en el país.

Otro medio de análisis de datos de precipitación es realizar una base de datos recopilando precipitaciones por día, mes, y año; durante un período de 20 años recomendado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (36). De la estación meteorológica más cercana al lugar de estudio que sirve para sustentar la confiabilidad del diseño realizado.

1.2.4. LLUVIA

Un fenómeno extraordinario que se da en la naturaleza es la precipitación de lluvia en forma líquida y así se reparte en diversas porciones en la Tierra. Científicamente la formación de lluvia parte cuando se condensa el vapor de agua esta caída de agua se

produce a partir de la condensación del vapor de agua que se localiza al interior de las nubes y al tornarse más denso, desciende por efecto de la gravedad al suelo. La lluvia siempre tendrá un estado líquido, por lo que se la puede encontrar unida a factores como el estado gaseoso (neblina), y sólido (granizo) (18).

1.2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LA LLUVIA

El agua lluvia se puede identificar por la forma de presentarse:

Cuadro 1. Clasificación de la Lluvia Según su Forma

CLASIFICACIÓN DE LA LLUVIA SEGÚN SU FORMA	
TIPO	DESCRIPCIÓN
LLOVIZNA	Son gotas que descienden de manera mínima que se presentan desintegradas y emergiéndose por el aire; poseen un diámetro <0.5 m/m.
LLUVIA	Es la caída de gotas que cae en forma constante y frecuente; con un diámetro >0.5 m/m.
CHUBASCO	Es la caída instantánea de múltiples gotas que cae de repente con gran magnitud y en un lapso de tiempo corto.
TORMENTA ELÉCTRICA	Es un fenómeno que ocurre a una alta y mínima intensidad, a mayor intensidad las gotas aumentan su diámetro y con la ayuda de un viento fuerte se puede presenciar la caída de granizo.
AGUACERO	Es la acumulación y caída máxima de lluvia, con presencia de fuertes vientos que oscilan entre 25 -100 km/hora.
TROMBA	Es la caída brusca y copiosa de precipitación que genera torrentes e inundaciones.

Fuente: PALACIO, Natalia., Tesis de grado "Propuesta de un sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia"

La lluvia también se puede identificar por la fuerza con la que desciende a la Tierra:

Tabla 2. Clasificación de la Lluvia según su Intensidad

CLASIFICACIÓN DE LA LLUVIA SEGÚN SU INTENSIDAD	
TIPO	DESCRIPCIÓN
DÉBIL	Su intensidad es \leq a 2 mm/ hora
MODERADA	La intensidad es > 2 mm./hora y ≤ 15 mm./hora
FUERTE	Su magnitud oscila entre > 15 mm./hora y ≤ 30 mm./hora
MUY FUERTE	Cuando su magnitud es >30 mm./hora y ≤ 60 mm./hora
TORRENCIALES	Alcanza una magnitud >60 mm./hora

Fuente: PALACIO, Natalia., Tesis de grado "Propuesta de un sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia"

Tabla 3. Clasificación de la Lluvia según su Velocidad de Caída y Recorrido de Evaporación

PARTÍCULA	DIÁMETRO (micras)	VELOCIDAD DE CAÍDA	RECORRIDO PARA QUE SE EVAPORE
GOTITA DE NUBE	20	0.1 ms^{-1}	3 a 10 cm
LLOVIZNA	200	1 ms^{-1}	150 m
LLUVIA DÉBIL	2000	5 ms^{-1}	40 km
LLUVIA FUERTE	5000	10 ms^{-1}	20000 km

Fuente: CAFFERA Mario." Introducción a la meteorología general y climatología con énfasis en agrometeorología"

1.2.4.2. TIPOS DE LLUVIA

La abundancia de lluvia depende del movimiento que ejercen las capas de las nubes; las capas inferiores se elevan hasta un nivel que alcancen el punto máximo para que se origine la lluvia; este proceso de ascensión y enfriamiento de las masas de aire apoya para que se genere algunos tipos de lluvia como son:

Lluvias de convección

Las lluvias de convección, varían según su localización en zonas llanas o en suelos con fallas geológicas, y su climatología donde exista una interacción entre aire húmedo y cálido; identificándose nubes del tipo de cumulonimbos con lluvias intensas se presentan en un diámetro de cumulonimbos a mayor y menor frecuencia que la que se presenta en una tormenta, dichas nubes medidas en el diámetro del cumulonimbo, pueden establecer fenómenos identificados a 100 metros de distancia un tornado, y a 1000 km de distancia un huracán.

Características de las lluvias de convección.- Las características de las lluvias de convección difieren por varios factores como:

- Por la ascensión convectiva del calentamiento local que se da por la elevación del aire a diferentes temperaturas.
- Por la diferencia entre el gradiente adiabático mínimo con el gradiente vertical medio de temperatura (ascenso natural)
- Forma nubes de (cúmulos y cumulonimbos), que originan tormentas y granizo.
- Son propias de latitudes medias como regiones ecuatoriales y tropicales (19).

Lluvias orográficas

El aire húmedo al elevarse continuamente se enfría, y llega al punto máximo de saturación del vapor de agua y con una humedad relativa del 100 % al encontrarse con un impedimento orográficas (montaña). A este proceso se le asigna como lluvia orográfica.

La orografía beneficia en la determinación de los factores de cantidad, intensidad, distribución espacial y duración de la precipitación (19).

Lluvias frontales o ciclónicas

Son propios de climas templados donde constantemente se presentan dos masas de aire con particularidades propias de cada masa; éstas se colocan frente a frente y al moverse una de ellas produce el levantamiento frontal de la otra masa. Los efectos en frente cálido se unen el aire caliente con el aire húmedo y esta unión va sobre el aire frío generando nubes y lluvias; en el frente frío la masa de aire caliente es impulsada por aire frío, formando lluvias y chubascos tormentosos (19).

1.2.4.3. CALIDAD DE AGUA LLUVIA

Características del agua lluvia

El agua pura, considerada como un compuesto químico producido por la unión de una molécula de oxígeno y dos de hidrógeno, solamente existe en el laboratorio bajo condiciones especiales. En la naturaleza, en cambio, el agua al entrar al contacto atmosfera va adquiriendo elementos o compuestos que desvirtúan su composición original, tanto desde el punto de vista físico, esto es, se hacen tangibles a la vista, al gusto y al olfato como desde el punto de vista químico y microbiológico, que requieren

análisis específicos para comprobar su presencia; en estas condiciones, la calidad del agua se expresa mediante la concentración de estos elementos y compuestos ya sea en solución o en suspensión dado que su presencia genera ciertas características físicas, químicas y microbiológicas (22).

Distribución y utilización de la lluvia

La lluvia en su caída, se distribuye de forma irregular: una parte será aprovechada para las plantas, otra parte hará que los caudales de los ríos se incrementen por medio de los barrancos, escorrentías que a su vez aumentarán las reservas de pantanos, embalses y otra parte se infiltrará a través del suelo, discurriendo por zonas de texturas más o menos porosas formará corrientes subterráneas que irán a parar o bien a depósitos naturales con paredes y fondos arcillosos que constituirán los llamados yacimientos o pozos naturales (algunas veces formando depósitos o acuíferos fósiles, cuando se trata de agua acumulada durante períodos geológicos con un clima más lluvioso), o acabarán desembocando en el mar. La última parte se evaporará antes de llegar a la superficie por acción del calor (22).

1.2.5. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA

El agua está compuesta por numerosos elementos químicos, sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. En el proceso de condensación del agua lluvia sus componentes químicos se disgregan a su entorno llega a la superficie del suelo y se filtra a través de las texturas del suelo.

Existen en el agua organismos biológicos que interactúan con sus componentes físicos y químicos, estos organismos microscópicos son dañinos para el entorno y sobre todo en algunas actividades realizadas por la humanidad, afectando a la salud

de los seres humanos debido al consumo de agua que contenga dichos microorganismos.

Para que el agua sea de consumo adecuado para el ser humano debe cumplir con los requisitos de calidad, los mismos que se ajustaran a los parámetros físicos químicos y biológicos establecidos por normas nacionales e internacionales, dependiendo de los parámetros obtenidos se puede determinar los tratamientos y procesos para alcanzar la calidad deseada en las distintas actividades; se debe establecer ensayos de cada una de sus propiedades del agua ya sean estas físicas químicas y microbiológicas para su evaluación y comparación de estándares universales de calidad. Por eso es necesario darle un tratamiento previo al agua para que sea apta para el uso de la población (20).

ESTÁNDARES DE CALIDAD EN AGUA:

Los estándares de calidad de agua se originaron a raíz de los múltiples problemas sociales, como enfermedades ocasionadas por el agua afectando de esta manera la calidad de vida de las personas.

Es por ello que se vio la necesidad de analizar, controlar y monitorear este recurso para tener una referencia de los parámetros que se encontraban alterados; con la intervención de organismos superiores como la EPA (Environmental Protection Agency), se establecieron estándares de calidad con el paso del tiempo, con la producción y uso masivo de químicos sintéticos, se tuvo conciencia de la necesidad de monitorear y controlar éstos, ya que estudios toxicológicos de dichos productos demostraban una relación directa entre riesgo de cáncer y otras enfermedades con la exposición e ingestión de los químicos sintéticos.

En Ecuador se cuenta con varios organismos que tienen como tarea establecer y hacer que se cumplan los estándares de calidad y la normativa en calidad de agua para su consumo. En la Norma INEN 1108 se presenta una lista de parámetros y límites permitidos para el uso de agua en las diferentes actividades (21).

PÁRAMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA:

- **PÁRAMETROS FÍSICOS**

SÓLIDOS EN SUS DIFERENTES FORMAS: Los sólidos en las aguas potables y de proceso tienen gran importancia ya que indican la calidad de la misma.

SÓLIDOS TOTALES: Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener (21).

SÓLIDOS DISUELTOS: Los sólidos disueltos lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración (21).

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN: Los sólidos en suspensión es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez. Cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez (21).

SÓLIDOS VOLÁTILES Y NO VOLÁTILES: En los sólidos suspendidos se tiene material orgánico e inorgánico. El material inorgánico es inerte y no volátil, por lo que es retenido en la cápsula y por diferencia de peso se pueden cuantificar los sólidos volátiles y no volátiles (21).

TURBIDEZ: Es la capacidad que tiene la materia finamente dividida o en estado coloidal de dispersar la luz. La turbidez es una característica que se relaciona con el

contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua. Sus unidades son NTU's (Unidades Nefelométricas de Turbidez) (21).

TEMPERATURA: La temperatura es un parámetro físico de suma importancia para los ecosistemas hidráulicos, aunque no es parte de las características de calidad del agua potable. Cuando la temperatura aumenta, disminuye la concentración de oxígeno disuelto y si las aguas son deficientes en oxígeno, esto puede ocasionar la muerte de especies acuáticas, especialmente peces (21).

COLOR: El color es una propiedad física que indirectamente describe el origen y las propiedades del agua. La coloración del agua indica la posible presencia de óxidos metálicos, como puede ser el óxido de hierro, el cual da al agua un color rojizo y la presencia de algas y material orgánico en degradación imparten un color.

El color, olor y sabor así como la turbidez, son parámetros que en forma conjunta le dan calidad al agua en lo que se refiere a sus características estéticas que son muy importantes para el usuario o consumidor (21).

- **PARÁMETROS QUÍMICOS Y FISICOQUÍMICOS**

CIANUROS: Los cianuros por supuesto no deben estar presentes en las aguas potables, sin embargo, por su alta toxicidad y por la posibilidad de que éste compuesto se presente en aguas potables por infiltración. El límite máximo permitido de este contaminante en aguas potables es de 0.2 mg/L (21).

NITRATOS: Los nitratos y especialmente los nitritos son indeseables en las aguas potables ya que pueden causar la enfermedad conocida como metahemoglobinemia.

La norma de calidad de agua potable permite un máximo de 10 mg/L de nitrógeno en forma de nitrato (21).

FÓSFORO: Aunque el fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, la presencia de fosfatos en aguas potables indica la posibilidad de contaminación del acuífero por aguas contaminadas o aguas residuales (21).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO: La Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO, es una de las pruebas más importantes para medir los efectos contaminantes de un agua residual, pero también es un parámetro de importancia en aguas potables. La DBO es definida como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias (21).

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO: Este otro tipo de prueba consiste en determinar la cantidad total de materia orgánica, en términos de la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación a dióxido de carbono y agua.

pH: El potencial hidrogeno o pH, es un parámetro de suma importancia tanto para aguas naturales como aguas residuales. El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está sumamente restringido, por lo cual si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos y las consecuencias son adversas.

En aguas naturales y residuales el valor del pH define si las condiciones de esta son ácidas o básicas (21).

AZUFRE Y SULFATOS: El azufre ocurre en las aguas naturales en forma de ion sulfato (SO_4)⁻². El sulfato es el resultado de la oxidación del ácido sulfhídrico H_2S originalmente presente en el agua o en el acuífero. Altos niveles de este compuesto no presentan toxicidad pero si problemas en la calidad y usos del agua (21).

HIERRO Y MANGANESO: Hierro y manganeso casi siempre se encuentran presentes en forma conjunta, por lo que si en el agua se tienen niveles relativamente altos de hierro, seguramente el manganeso estará presente en concentraciones problemáticas para el uso del agua (21).

FLÚOR: La presencia de flúor en el agua es un problema que se presenta con mucha frecuencia en yacimientos subterráneos sobreexplotados o cuando las condiciones de mineralización del yacimiento donde se encuentra el acuífero favorecen la presencia de flúor en el agua, por lixiviación de minerales que contienen este anión. El límite máximo permitido en agua potable es de 2.5 mg/L (21).

METALES TÓXICOS: Algunos metales como: cromo, níquel, cadmio, mercurio, plomo arsénico, selenio, etc., presentan toxicidad

CONDUCTIVIDAD: La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella.

Es posible estimar la concentración de sales midiendo la conductividad del agua y relacionar este valor con la cantidad total de sales disueltas, pero para esto se deberán tener ciertas reservas: la conductividad del agua es la suma de las conductividades individuales de cada uno de los iones que se encuentran en la solución acuosa (21).

La conductividad de una solución se expresa en Siemens/cm (S/cm) miliSiemens/cm (mS/cm) o microSiemens/cm (μ S/cm). En aguas naturales es conveniente expresar su conductividad en (μ S/cm).

SALINIDAD: Todas las aguas naturales contienen sales disueltas (sólidos en suspensión), y la salinidad del agua es en cierta forma una de las características de calidad del agua en lo referente a su sabor y aceptabilidad por el usuario (21).

ALCALINIDAD: La alcalinidad es un parámetro que determina la capacidad de un agua para neutralizar los efectos ácidos que sobre ella actúen. Los constituyentes principales de la alcalinidad son los bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), e hidróxidos (OH^-).

La alcalinidad es de primordial importancia en algunos procesos que se llevan a cabo en sistemas de tratamiento de aguas, ya que entre otras características, la presencia de alcalinidad en sus diferentes formas es necesaria para evitar los cambios bruscos de pH, y también es un componente que forma parte de las reacciones químicas en procesos tales como la coagulación y floculación o en la precipitación de calcio y magnesio para remoción de la dureza por medio del proceso cal soda/ash (21).

DUREZA: La dureza del agua se debe a la presencia de cationes como: calcio, magnesio, estroncio, bario, hierro aluminio, y otros metales que se encuentran presentes en forma de sólidos disueltos. De éstos, el calcio y el magnesio son los más abundantes, por lo que casi siempre la dureza está directamente relacionada con la concentración de éstos dos elementos (21).

Para disminuir la dureza a valores adecuados, se emplean resinas de intercambio iónico o se emplea el proceso de precipitación química de calcio y magnesio.

- **PÁRAMETROS MICROBIOLÓGICOS**

CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA: La calidad microbiológica es el parámetro más importante en lo que se refiere a las características del agua y su potabilidad.

El agua puede ser vehículo de transmisión de varias enfermedades como: cólera, fiebre tifoidea, hepatitis, etc. por lo cual su caracterización bacteriológica es de suma importancia.

MESOFÍLICOS AEROBIOS: Una prueba para evaluar la calidad bacteriológica del agua, es la cuenta en placa de organismos mesofílicos aerobios.

COLIFORMES: Para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia o ausencia de organismos coliformes. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad, sin embargo, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto íntimo con el agua, debe estar libre de organismos coliformes (21).

1.2.6. AGUA PARA LABORATORIOS

El agua para laboratorios debe cumplir con ciertas especificaciones establecidas por la Norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), institución encargada de establecer estándares, y valores guía de calidad de agua con características específicas para las diferentes actividades y aplicaciones dentro de instituciones que requieran una agua libre de impurezas.

La Norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), establece los métodos de análisis químicos y ensayos físicos del agua según sea su aplicación, determinando cuatro tipos de agua (30).

- **TIPOS DE AGUA**

TIPO I DE AGUA REACTIVA: Está preparada por destilación u otro proceso equivalente seguido de pulido con lecho mixto de materiales de intercambio iónico y una membrana de 0.2 micras – filtro.

El agua de alimentación al etapa de pulido final debe tener una conductividad máxima de 20 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a una temperatura de 298 °K (25°C).

Aplicación:

- El tipo de agua I es aplicada para procedimientos de mayor exactitud y precisión: espectrometría atómica, fotometría de llama, enzimología, gas en la sangre, soluciones buffer, de referencia y reconstitución de materiales liofilizados empleados como estándares, y análisis de rastreo de metales.

TIPO II DE AGUA REACTIVA: Será preparada por destilación utilizando un alambique diseñado que tiene una conductividad de 1.0 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a una temperatura 298 °K (25°C). Ion intercambio, destilación, ósmosis inversa y adsorción orgánica pueda ser necesaria antes de la destilación, si la pureza no puede ser alcanzada por destilación simple.

Aplicación:

- El agua tipo II es aplicada en laboratorios de investigación y análisis, preparación de medios de cultivo microbiológicos, preparación de soluciones tampón, limpieza

de material, autoclave, preparación de reactivos, industria química, farmacéutica, análisis clínicos, industria alimenticia.

TIPO III DE AGUA REACTIVA: Será preparada por destilación, intercambio iónico, electrodesionización continua inversa, ósmosis o combinación de los mismos, seguido con el pulido de filtro de membrana de 0.45 m.

Aplicación:

- El agua tipo III es aplicada para pruebas generales de laboratorio, análisis cualitativos como (uroanálisis, procedimientos histológicos y parasitológicos), enjuague de muestras, preparación de soluciones, enjuague de cristalería.

TIPO IV DE AGUA REACTIVA: Puede prepararse por destilación intercambio iónico, electrodesionización continua inversa, ósmosis, o combinación de los mismos.

Debe tener una conductividad máxima de 5 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Aplicación:

- El agua tipo IV sirve para la preparación de soluciones, lavado o enjuague de cristalería.

En la siguiente Tabla 4 se muestra las especificaciones físicas de la Norma ASTM determinando parámetros de control de acuerdo al agua requerida en las diferentes actividades (30).

Tabla 4. Especificaciones de la Norma ASTM para Agua TIPO I, II, III, y IV

PÁRAMETRO	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV
Conductividad Eléctrica, max $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298 K (25°C)	0.056	1	0.25	5
Resistividad Eléctrica, min, $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ at 298 K (25°C)	18	1	4	0.2
pH at 298 K (25°C)	A	A	A	5 a 8
Carbono Orgánico Total (TOC), max, mg/L	50	50	200	No Límites
Sodio, max, mg/L	1	5	10	50
Cloruros, max, mg/L	1	5	10	50
Silicatos Totales, max, mg/L	3	3	500	No Límites

Fuente: Norma ASTM – D 1193 – 99/Octubre 2011

En la siguiente Tabla 5 se muestra las especificaciones microbiológicas de la Norma ASTM.

Tabla 5. Especificaciones de la Norma ASTM para Agua TIPO I, II y III Microbiológicos

	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Bacterias Máximas heterotróficas	10/1000 mL	10/100 mL	100/10 mL
Endotoxina, EU/MI	< 0.03	< 0.25	NA

Fuente: Norma ASTM – D 1193 – 99/Octubre 2011

1.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA

Los sistemas de recolección de agua lluvia son sistemas que tienen como función recolectar la precipitación pluvial con el fin de utilizarla en diferentes actividades; tanto para consumo humano, uso doméstico y uso industrial (6).

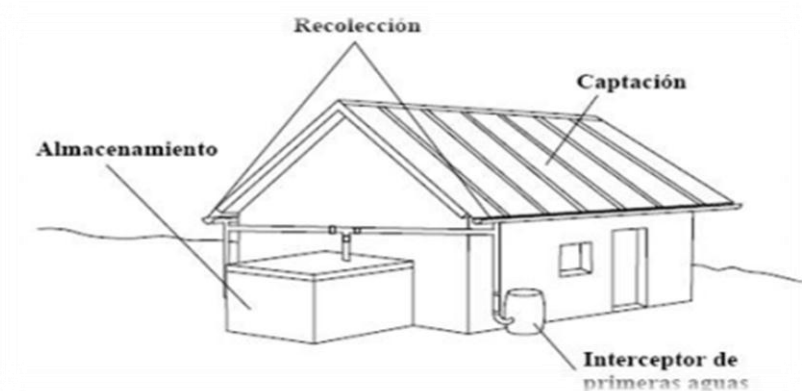
1.3.1. DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Un sistema básico está compuesto por los siguientes componentes:

- a. Captación
- b. Recolección
- c. Interceptor de primeras aguas
- d. Almacenamiento (6).

Inicialmente el diseño propuesto tendría, además de los componentes mencionados, los siguientes:

- e. Tratamiento de Purificación (Ósmosis inversa - Desionización).



FUENTE: RADULOVICH.R. "Captación de Agua Lluvia en el hogar rural"

Fig. 2. Sistema típico de captación de agua lluvia en techos

1.3.1.1. CAPTACIÓN

Es el área destinada para la recolección del agua lluvia, esta área se encuentra conformado por el techo del edificio que debe poseer una superficie y pendiente apropiada para que de esta manera se facilite el sistema de recolección, se debe tomar muy en cuenta la proyección del techo el cual se encuentre de manera horizontal (6).

- **SUPERFICIES DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA**

La captación del agua lluvia que cae se realiza en la superficie de los techos, las captaciones más comunes se efectúan en techos de casas, las características principales son: en zonas que no poseen muchas precipitaciones las pendientes o inclinaciones deben ser grandes, para que el agua lluvia se capte más rápido en la cubierta y superficies facilitando el escurrimiento del agua hacia el sistema de recolección.

Los materiales empleados para los techos pueden ser las tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros. Es importante que dichos materiales que se van a emplear para la construcción de su superficie no contengan residuos ni sustancias que puedan contaminar el agua pluvial y de esta manera no altere la eficiencia del sistema.

El área para un patrón de lluvia determina la capacidad máxima de captación, es por ello que los tanques de reservorio deben ser considerados para su diseño y muchos realizan un sobre diseño de él con mayor costo.

Los techos de cemento y de teja son los más comunes debido a su durabilidad, el precio relativamente bajo y porque proveen agua de buena calidad; los que tienen compuestos de asfalto, amianto o los que están pintados se recomienda utilizarlos sólo

cuando el agua captada no es para consumo humano, ya que pueden lixiviar materiales tóxicos en el agua lluvia (Abdulla y Al-Shareef) (6).

Se debe tomar en cuenta que cuando llueve existen pérdidas de agua en el techo debido a infiltraciones; por evaporación del agua que humedece la superficie y por salpicaduras debido a fuertes vientos. Estas pérdidas se representan como un coeficiente de escurrimiento es un número entre 0 y 1. La expresión (1-CR) se interpreta como la eficiencia de captación de agua del techo en un año; así tenemos algunos valores para techos de algunos materiales como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Coeficiente de Escurrimiento

Material del techo	(1-CR)
Lámina galvanizada	>0.9
Lámina de asbesto	0.8 a 0.9
Teja	0.6 a 0.9
Materia orgánica (ejemplo palma)	0.2

FUENTE: CIDECALLI-CP, 2007 "Diseño de Sistemas de Captación de Agua Lluvia".

Cuando el área de captación es la superficie del terreno, se toman en cuenta valores muy bajos, pero si son superficies pavimentadas se considera un valor de 0.6 a 0.7.

- **Formas de la superficie de captación**

Las formas de las superficies de captación dependen mucho del tipo de construcción que se va a realizar, los tipos más frecuentes que se utilizan son:

- Cubiertas a dos aguas: estructura expuesta en sus extremos.

- Cubiertas a cuatro aguas: estructura menos susceptibles a ser dañados por el viento
- Cubierta de una vertiente
- Cubierta compuesta (zona urbana)

Las cubiertas que se utilicen dependen; del área de captación existente, el patrón de lluvias y las necesidades del usuario y de esta manera se procederá a la selección del techo que presente las mejores características para ser utilizada (6).

- **Pendiente de las cubiertas**

Para la determinación de las pendientes de las cubiertas se toma en cuenta un punto importante como es la magnitud la cual depende del material que se utilice como cubierta. Las pendientes se expresan en grados.

Las pendientes más utilizadas se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Pendientes Utilizadas

PENDIENTES	CUBIERTAS
20 % y 27 %	Para cubiertas de zinc y tejas de filtro cemento
30 % y 60 %	Para los diferentes tipos de teja de barro
50 % y 80 %	Para techos de paja o palma

Fuente: MEJÍA Gabriel y SALAMEA Pedro.

Para pendientes mayores los techos son más costosos sobre todo para las regiones con predominantes lluvias fuertes, para pendientes menores se requiere una construcción menos costosa su material es más conveniente, y por tanto con una fuente de succión más fuertes con pendientes de 10°.

La principal función de las pendientes de los techo es drenar el agua lluvia, es decir si es menor la probabilidad del material del techo, menor pendiente es la pendiente requerida (6).

Para cada material se tiene una pendiente apropiada como se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8. Pendientes empleadas para cada Material

Materiales para cubrir techos	Pendiente mínima	Ángulo requerido
Techo de paja y hierba	1:1	45°
Bardas de madera		
Madera no tratada	1:1	45°
Madera impregnada a presión	1:15	33°
Tejas de techo de filtro concreto y arcilla cocida		
Tejas planas y tipo españolas	1:15	33°
Tipo romanas (sin membrana impermeable)	1:2	26°
Tipo romanas (con membrana impermeable)	1:3	18°
Láminas corrugadas de hierro galvanizado		
Con extremos salientes (más de una lámina en la dirección de caída)	1:3	18°
Sin extremis (una lámina entre la cumbrera y los aleros)	1:5	11°
Canaletas (en forma de artesa, sin extremos salientes)	1:10	5°

Fuente: MEJÍA Gabriel y SALAMEA Pedro.

1.3.1.2. RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN

Las canaletas que se encuentran en el mercado son de diversos materiales la función principal de las canaletas es capturar el agua que se ha escurrido en el techo y conducirla hacia el tubo que conectara con el tanque de almacenamiento; es por ello que se debe considerar los siguientes factores:

- a) El ancho de la canaleta es un factor importante para capturar eficientemente el agua, tomando consideración que una canaleta muy angosta no capturaría toda el agua que se escurriría del techo que contenga terminaciones muy irregulares (es por ello que las canaletas hechas del material de caña o bambú no son tan efectivas). El ancho óptimo debe ser entre 20 y 30 cm.
- b) La profundidad de las canaletas es también de relevancia para que sea efectivo el sistema de captación, ya que estas deben estar dimensionados de tal manera que pueda conducir el agua que captura hacia el tubo que llevara al tanque, incluirá eventos en que habrá cierta acumulación de agua por factores como; lenta entrada al tubo y posterior el paso al filtro, una profundidad óptima fluctúa entre los 10 y 20 cm.
- c) La posición de las canaletas debe estar ubicadas cerca al borde del techo para de esta manera maximizar la captura del agua.
- d) El ángulo de la canaleta es muy substancial, ya que su función es conducir el agua hacia el entubamiento y que esta no se empoce, de igual manera que su dirección sea la correcta y no sea contraria a lo deseado. Un ángulo muy inclinado no es recomendado debido a que en la medida en que se aleje del borde del techo esta disminuye su eficiencia en la captura del agua.

Las canaletas para la construcción deben estar adaptadas de diferentes materiales; se ha probado exitosamente con mitades de troncos de coyol, láminas de zinc o lata (hierro galvanizado), tejas, mitades de tuberías de PVC, lo cual significa mayor costo pero a la vez mayor durabilidad. El largo que se empleara para las canaletas será según: las características del techo y el diseño (6), (7).

1.3.1.3. INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS

El agua debe ser conducida de manera efectiva hacia el tanque considerando que el mismo no debe tener otras entradas, lo aconsejable es entubarla desde las canaletas hasta que llegue a los filtros de entrada del tanque, lo considerable es construir de lata la toma de las canaletas hacia el tubo, aunque se podrían considerar otro tipo de estrategias como; estructuras de arcillas, cañas de bambú o troncos de coyol vaciados. Dependiendo de los materiales se determina su diseño y complejidad del mismo.

Por lo cual la función del filtro para mejorar la calidad de agua es; la eliminación de polvo y otros materiales que se han acumulado en los techos, y disminuir la contaminación con materia orgánica que se haya acumulado en los techos (6), (7).

1.3.1.4. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Es el componente del sistema destinado para almacenar el agua proveniente del área de captación. Su capacidad depende del tamaño del área donde se recolecta el agua lluvia.

Tanques de almacenamiento: Se trata de tinacos o sistemas modulares en donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y algunos contaminantes. Además, la entrada y la descarga deben de contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales; deben estar dotados de dispositivos para el retiro de agua. Deben ser de un material inerte, el hormigón armado, de fibra de vidrio, polietileno y acero inoxidable son los más recomendados.

El tanque de almacenamiento podrá tener diferentes capacidades, debiéndose tomar en cuenta la proporcionalidad entre los elementos del sistema de captación (27), (7).

- **Tipos de tanques de almacenamiento de agua lluvia**

Los tanques pueden clasificarse en función a su posición con respecto al nivel del terreno, así se tienen:

- Tanques elevados
- Tanques superficiales (asentados en la superficie del terreno)
- Tanques semienterrados
- Tanques enterrados, conocidos comúnmente como cisternas

Con relación a la forma, los tanques pueden ser cilíndricos, esféricos, cúbicos. En el caso del ferrocemento, este material permite la construcción de cualquier forma y por su facilidad de construcción se recomienda la forma cilíndrica con una tapa o cubierta que generalmente es un domo (22).



FUENTE: Tanques plásticos "ETERNIT", 20 M
Fig. 3. Tipos de Tanques de Almacenamiento

1.3.2. TRATAMIENTOS DE PURIFICACIÓN

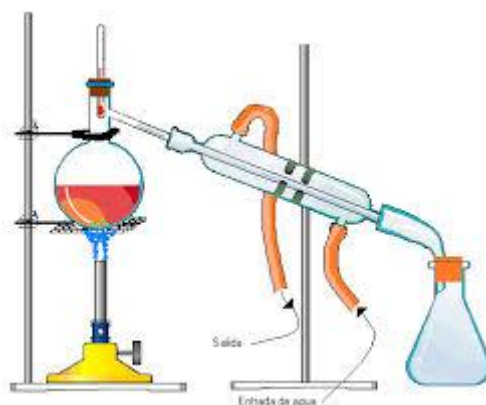
El diseño está en función de un estudio físico y químico del agua lluvia captada en la zona de estudio, y así poder comparar con los estándares de calidad del agua de acuerdo a la Norma Oficial aplicable para laboratorios ASTM D1193 – 99 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), en la que se especifica el tipo de tratamiento y equipo de purificación de acuerdo al requerimiento del agua (30).

1.3.2.1. TIPOS DE TRATAMIENTO DE PURIFICACIÓN DE AGUA

✓ DESTILACIÓN

La destilación consiste en llevar el agua del estado de evaporación hasta el estado de condensación, el vapor pasa a un condensador, la temperatura baja, hace condensar el vapor que se recoge y almacena. En este proceso se elimina la mayoría de contaminantes (material orgánico volátil, impurezas inorgánicas y microorganismos), y de esta manera quedándose suspendidos en el recipiente original (31).

El proceso de destilación se muestra en la Fig. 4.



FUENTE: MEJÍA, María del Carmen
Fig. 4. Proceso de Destilación

VENTAJAS

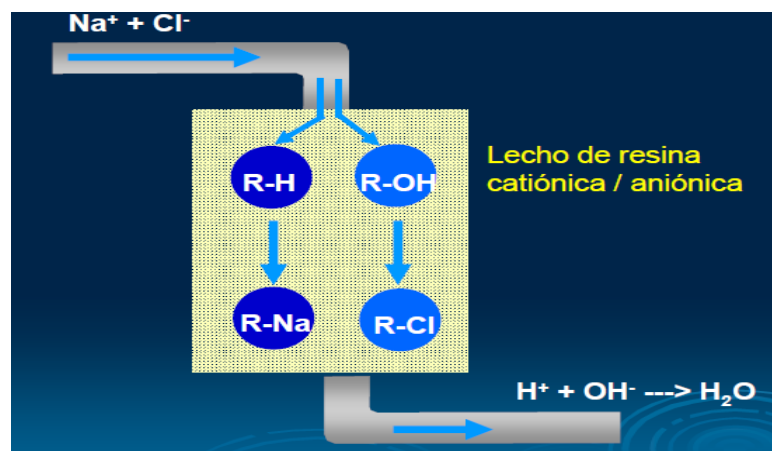
- Reduce la mayoría de contaminantes.
- Es reutilizable.

DESVENTAJAS

- En el condensado pueden quedar algunos contaminantes.
- Necesita de un mantenimiento específico y constante.
- Consume elevadas cantidades de energía y de agua.

✓ DESIONIZACIÓN

Cuando el agua pasa a través de una columna de resina de intercambio iónico (ácida o básica), ocurre el tratamiento denominado desionización. El proceso que se produce es intercambiar iones hidrógeno que se encuentran situados en la superficie de la resina, y se encuentran interactuando con las impurezas catiónicas o aniónicas que se encuentran en el agua. Como se muestra en la Fig. 5 (31).



FUENTE: MEJÍA, María del Carmen

Fig. 5. Proceso para el Intercambio Iónico

VENTAJAS

- Reduce la materia inorgánica disuelta.
- Bajo costo inicial.
- Regenerable (solo en ciertos sistemas).

DESVENTAJAS

- No elimina partículas, materiales orgánicos, pirógenos ni bacterias.
- Las resinas tienen la capacidad de liberar partículas y causar el desarrollo de bacterias.
- Altos costos de funcionamiento: regeneración / transporte (31).

✓ **CARBÓN ACTIVADO**

Tratamiento que elimina la materia orgánica, los materiales insolubles y los microorganismos que no se eliminaron en el proceso de desionización (31).



FUENTE: <http://www.embotelladorasdeagua.com>

Fig. 6. Filtro de Carbón Activado

VENTAJAS

- Elimina gran cantidad de Cloro y materia orgánica disuelta.
- Alta capacidad de filtración.

DESVENTAJAS

- Libera residuos de carbón
- La eficiencia depende del caudal y el tiempo de contacto (31).

✓ **ÓSMOSIS INVERSA**

La ósmosis es un proceso que hace pasar el agua por una membrana semipermeable desde una concentración baja en soluto hasta una concentración alta en soluto para satisfacer las diferencias de presión causadas por el soluto.

La ósmosis y la ósmosis inversa dependen de la presencia de barreras o membranas que son selectivas, pero que el disolvente de una solución puede atravesarla mientras que los otros componentes de la solución o el soluto no pueden.

Dicha membrana se describe como semipermeable. La presión osmótica es la presión requerida para detener el flujo de solvente a través de una membrana semipermeable que se separa dos soluciones con distintas concentraciones. Para separar el agua de los sólidos disueltos por ósmosis inversa, la presión aplicada debe ser mayor que la presión osmótica.

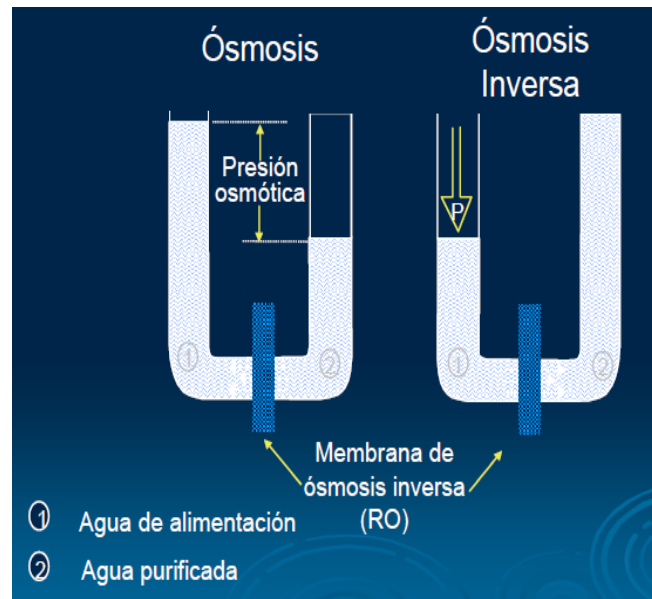
En el tratamiento de agua, se ha demostrado que el intercambio iónico es eficaz para quitar sales orgánicas y metálicas. El agua que se alimenta a una unidad de ósmosis inversa debe pre procesarse para quitar los sólidos en suspensión.

Una vez que esto se ha hecho, la corriente se alimenta aplicando una presión alta a la membrana que continuamente retira agua producto final y concentración que se descarta (8).

- **Purificación mediante Ósmosis Inversa**

El proceso de ósmosis inversa fue propuesto por primera vez por Charles E. Reíd en 1953 para obtener agua potable del agua de mar. La propuesta de Reíd fue sometida a la consideración de la Oficina de Aguas Salinas de EUA pero se hizo notar que se carecía de una membrana adecuada para realizar eficientemente el proceso de ósmosis inversa.

El proceso de ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable que separa y elimina del agua sólidos, sustancias orgánicas, virus y bacterias disueltas en el agua. Puede eliminar alrededor de 95 % de los sólidos disueltos totales (SDT) y 99 % de todas las bacterias. Las membranas sólo dejan pasar las moléculas de agua, atrapando incluso las sales disueltas. Por cada litro que entra a un sistema de ósmosis inversa se obtienen 500 mL de agua de la más alta calidad, sin embargo, deben desecharse los otros 500 mL que contienen los SDT. Durante la operación, la misma agua se encarga de limpiar la membrana, disminuyendo los gastos. Un equipo de filtración por ósmosis incluye un filtro de sedimentación, uno de carbón activado, una membrana, una lámpara de rayos UV y dos post filtros. Su rendimiento diario es de 200 litros de agua y, con un mantenimiento adecuado, puede utilizarse hasta por 10 años. Este método no es recomendable cuando se trata de agua dura, esto es agua que contiene un alto porcentaje de sales de calcio y magnesio (27).



FUENTE: MEJÍA, María del Carmen

Fig. 7. Proceso de Ósmosis Inversa

VENTAJAS

- Elimina un elevado porcentaje de contaminantes (iones, partículas, compuestos orgánicos, coloides, pirógenos, virus, bacterias).
- Requiere un mantenimiento mínimo.
- Buen control de parámetros de operación

DESVENTAJAS

- No elimina los contaminantes suficientes para cumplir con los requisitos para agua tipo II.
- Las membranas se ensucian y forman precipitados.
- El equipo debe estar ubicado en un sitio óptimo para su correcto funcionamiento (31).

1.3.3. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Es la parte del proceso que garantiza la limpieza y reparación de los elementos del sistema que lo requieran, se deberá tener un programa de monitoreo y mantenimiento de todo el sistema, que en muchos casos son pequeñas y rápidas acciones de limpieza, como se muestra en la Fig. 8 (6), (23).



FUENTE: <http://mantenimiento del sistema.com>

Fig. 8. Mantenimiento y Limpieza del Sistema

1.4. DISEÑO

1.4.1. INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de la lluvia y la duración se encuentran relacionadas es decir para un mismo período de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media. La intensidad de lluvia determinada mediante el Plan Maestro de Riobamba se calcula mediante las I-D-F establecida mediante constantes para la zona de estudio, en un periodo de retorno de 2, 3, 5 y 10 años dado de acuerdo a la duración y frecuencia de la lluvia. Como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I = A (t + C)^B \quad (\text{Ec. 1})$$

Estableciendo: *I*: Intensidad (mm/h); *t*: Tiempo de Concentración (minutos); *A*, *B* y *C*: Coeficientes determinados como se muestra en la Tabla 9. (33).

Tabla 9. Intensidad de Lluvia

T (Años)	A	B	C
2	502.345	- 0.822396	4.9
3	581.803	-0.826013	4.1
5	682.861	-0.831583	3.6
10	807.773	-0.836402	3.1

FUENTE: Plan maestro Ciudad de Riobamba

El estudio de las intensidades de lluvia sirve para diversos fines, entre ellos tenemos: meteorológicos, edafológicos, hidrológicos, también se pueden determinar índices para realizar estudios de crecidas y permitir la alimentación de modelos precipitación-escorrentía, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles.

1.4.2. CAUDAL DE AGUA

✓ Método Racional (Q)

Emil Kuichling: El método racional es una formulación empírica o semi empírica que determina la relación entre la intensidad de lluvia y el coeficiente de escurrimiento en un área dada, para determinar el caudal máximo de escorrentía. Su fórmula es expresada en unidades homogéneas.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

Q : Caudal punta en la sección de cálculo (m^3/s).

I : Intensidad de lluvia correspondiente a un período de retorno dado (mm/h).

A : Superficie de la cuenca drenante en el punto de cálculo (m^2).

C : Coeficiente de escorrentía.

Es el método más utilizado a nivel mundial para el cálculo de estructuras del drenaje pluvial, urbano y agrícola (34).

1.4.3. DEMANDA ANUAL

La demanda o dotación es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con cada una de sus actividades requeridas, satisfaciendo la necesidad establecida en el objetivo del proyecto.

Para la determinación de la demanda anual se empleara la siguiente expresión matemática:

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

Dónde:

D_{anual} : Demanda de agua para la población (L/persona).

J : Número del mes ($j=1, 2,3,\dots,12$) (6), (23).

El consumo de agua en todas las actividades físicas y biológicas de acuerdo al requerimiento del agua por los seres humanos.

1.4.4. ÁREA DE CAPTACIÓN DEL AGUA LLUVIA

Es la superficie sobre la cual cae la lluvia, para la realización de los cálculos del área de captación del agua de lluvia se denota que por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado, se obtendrá un litro de agua. Para edificaciones geométricas iguales el área de captación se obtiene con la siguiente ecuación:

$$A_{ec} = b * h \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

A_{ec} : Área efectiva de captación (m²).

b: Base de la edificación (m).

h: Altura de la edificación (m). (34).

El área de captación se escoge de acuerdo a la topografía de la zona, sino existiese una área de captación de agua lluvia se diseñara en función de la demanda anual de la población a beneficiar y la intensidad de lluvia.

1.4.5. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Para el diseño del volumen de almacenamiento se empleó las siguientes fórmulas:

$$Q = V * t \quad (\text{Ec. 5})$$

Dónde:

Q = Caudal (m^3/s).

V = Volumen (L).

t = Tiempo (s).

$$Valm. = Qmax * tr \quad (Ec. 6)$$

Dónde:

Valm.: Volumen almacenado (L).

Qmáx.: Caudal máximo (L/día).

tr: Tiempo de reserva (días).

Para el cálculo del tiempo de reserva se tiene la siguiente ecuación:

$$tr = \frac{Valm.}{Qmax} \quad (Ec. 7)$$

Dónde:

Valm.: Volumen almacenado (L).

Qmáx.: Caudal máximo (L/día).

tr: Tiempo de reserva (días) (34).

Se utiliza diferentes tanques de almacenamiento de acuerdo al agua que se necesita almacenar para diferentes procesos industriales, domésticos, y analíticos.

1.4.6. SISTEMA DE CONDUCCIÓN

El sistema de conducción es un conjunto de conductos, accesorios y uniones utilizados para coleccionar el agua lluvia vertida en el área efectiva de captación, para dirigirla hacia los puntos de tratamiento y almacenamiento para su posterior utilización. El agua pluvial captada en techos y áreas de escurrimiento debe ser conducida al sistema de almacenamiento, mediante canaletas de lámina galvanizada y tubería de PVC (6), (23).

1.4.6.1. CÁLCULO DE LA PENDIENTE

La pendiente es la inclinación de un elemento ideal, natura o constructivo con respecto a la horizontal, la pendiente mínima calculada para un caudal inicial se expresa mediante las siguientes ecuaciones:

En redes: Fuerza tractiva $\sigma \geq 1.0 Pa$ (Ec. 8)

Pendiente mínima (n= 0.013) $I_{min} = 0.0055Qi^{-0.47}$ (Ec. 9)

(n= 0.010) $I_{min} = 0.0061Qi^{-0.49}$ (Ec. 10)

Dónde:

I_{min} = Pendiente mínima (m/m).

Qi = Caudal inicial en el tramo (L/s).

En interceptores: Fuerza tractiva $\sigma \geq 1.50 Pa$ (Ec. 11)

Pendiente mínima (n= 0.013) $I_{min} = 0.00035Qi^{-0.47}$ (Ec. 12)

(n= 0.01) $I_{min} = 0.000391Qi^{-0.48}$ (Ec. 13)

Dónde:

I_{min} = Pendiente mínima (m/m).

Qi = Caudal inicial en el tramo (m³/s).

Las ecuaciones de pendiente mínima se consideran válidas cuando se tiene condiciones de velocidad de flujo mínima en el diseño, la cual será suficiente para limpieza fuerza tractiva en los diferentes diseños de ingeniería en recolección de agua (33).

1.4.6.2. CÁLCULO DE LAS BAJANTES

La bajante es la tubería principal, vertical, de un sistema de desagüe de aguas lluvias, para el cálculo de las bajantes se emplea el caudal máximo u optimo con respecto a la sección del tubo.

$$\phi = \left(\frac{Q}{0.0992126} \right)^{3/8} \quad (\text{Ec. 14})$$

Dónde:

ϕ = Diámetro de las bajantes (mm).

Q = Caudal pluvial (L/s).

Las bajantes recolectan y conducen el agua pluvial vertida en el área de captación (techos) para su almacenamiento, dependiendo del uso que se requiera.

1.4.7. ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE LA CANALETA

Para determinar el área necesaria de conducción se utiliza la ecuación de continuidad, en la cual solo se despeja el área y se asumen velocidades promedio. (6), (23).

$$Qp = Av \quad (\text{Ec. 15})$$

$$A = \frac{Qp}{v} \quad (\text{Ec. 16})$$

Dónde:

Qp : Flujo en la canaleta ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$).

v : Velocidad del flujo en la canaleta (ms^{-1}).

(La velocidad en canaletas con pendiente de 4 a 6 % es de 1.2 m s^{-1}).

A : Área de la sección transversal (m^2)

En el ANEXO 9 se muestran las expresiones para determinar las dimensiones de algunas secciones usadas como canaletas. Son sistemas de ingeniería que evacuan el agua lluvia recolectada en edificaciones y en domicilios de manera eficiente.

1.4.8. TUBERÍAS

Consideraciones generales y criterios de diseño

El diseño de un sistema de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, de sus válvulas, accesorios, filtros.

Procedimiento de diseño de Tuberías

Los requisitos que se deben tener en cuenta para la selección de la tubería son: el material, el método de fabricación, el tratamiento técnico, resistencia al medio que este expuesto y sus propiedades mecánicas. Estas características están determinadas por su aplicación o uso mediante especificaciones técnicas y criterios establecidos en el mercado, de acuerdo a los requerimientos del sistema a aplicarse (6), (23).

Según los parámetros de diseño para edificaciones establecidas por EMAPAR se determina que:

- Que los componentes de un sistema de desagüe son sifones, tuberías de evacuación y tuberías de ventilación. En las tuberías de evacuación se posee derivaciones, bajantes y colectores.
- El desagüe final en tierra deberá encontrarse colocado en línea recta y si se realiza cambios de dirección o pendiente se implementaran cajas de revisión.
- Los empalmes de los ramales de desagüe se colocarán con un ángulo no mayor a 45° (33).

En la Tabla 10 se muestra los diámetros de conexión de tubería que se emplean en el sistema para la conexión del tanque de almacenamiento.

Tabla 10. Diámetro de accesorios de Tubería

	(∅)
Conexión de entrada	½ "
Conexión de salida	1 "
Conexión de rebose	1 "

FUENTE: Tanques Plásticos "ETERNIT"

Para dimensionar el sistema se tomó en cuenta el Número de Reynolds, la ecuación de Bernoulli, el caudal, la velocidad de flujo, pérdidas y se procede a calcular a bomba requerida para el sistema.

1.4.9. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Se aplica la ecuación de Darcy – Weisbach para determinar las pérdidas de energía que se disipa por la rugosidad del material de tuberías o tubos. (10).

La pérdida de carga por longitud será:

$$h = 0.0826 * f \left(\frac{Q^2}{D^5} \right) * L \quad (\text{Ec. 17})$$

Dónde:

h = Pérdida de carga debido a la fricción (m).

f = Factor de fricción de Darcy

Q = Caudal (m^3/s).

D = Diámetro de la tubería (m).

L = Longitud de la tubería en (m).

El factor de fricción se lo determina de acuerdo al régimen de flujo en que se encuentra laminar, transición, o turbulento.

1.4.10. SELECCIÓN DE LA BOMBA

La selección de la bomba se determina mediante sus características técnicas y especificaciones así como también la bomba debe operar a máxima eficiencia de acuerdo a su curva característica (10).

1.4.10.1. ALTURA TOTAL ÚTIL O EFECTIVA

Se deriva de la ecuación de Bernoulli, es la suma de las columnas de elevación de succión y de descarga. Cuando hay una columna de succión, la columna total de la bomba es la diferencia entre las columnas de descarga y de succión. Como se muestra en la siguiente ecuación.

$$H = hs + hd \quad (\text{Ec. 18})$$

Dónde:

H = Altura útil efectiva (m)

hd = Cabeza o columna dinámica de descarga (m)

hs = Cabeza o columna estática de succión (m)

- EN LA SUCCIÓN

1.4.10.2. CABEZA ESTÁTICA DE SUCCIÓN

El componente estático de la cabeza total de succión se denomina cabeza estática de succión que se define como la altura desde la superficie del líquido, en el tanque de succión hasta la línea central de la bomba.

$$hs = -hes + hvs + Hrs - hpms \quad (\text{Ec. 19})$$

Dónde:

hs = Cabeza o columna estática de succión (m)

hes = Cabeza estática de succión (m)

hvs = Cabeza dinámica de succión (m)

Hrs = Pérdida de carga en la succión (m)

hpms = Cabeza de presión en la succión (m) (10).

1.4.10.3. CABEZA DINÁMICA DE SUCCIÓN

Representa la distancia que recorre el fluido en una tubería abierta o cerrada en un tiempo determinado. La velocidad de flujo se determina mediante la siguiente fórmula.

$$hvs = \frac{Vs^2}{2g} \text{ m. c. a.}; Vs = \frac{4Q}{\pi * \varnothing^2} \text{ m/s} \quad (\text{Ec. 20})$$

Dónde:

hvs = Cabeza dinámica de succión (m)

Vs = Velocidad de circulación (m/s)

g = Gravedad (m/s) (10).

1.4.10.4. PÉRDIDA DE CARGA EN LA SUCCIÓN

Son las pérdidas de energía que se generan en la succión debido a la fricción en la tubería y cambios de dirección producto de la intervención de los accesorios.

$$\mathbf{Hrs} = \frac{\mathbf{Vs}^2}{2\mathbf{g}} * \left(\lambda * \frac{\mathbf{L}}{\phi} + \Sigma\mathbf{K} \right) \mathbf{m. c. a.} \quad (\text{Ec. 21})$$

Dónde:

Hrs = Pérdida de carga en la succión (m)

λ = Coeficiente de fricción

L = Longitud de la tubería (m)

ϕ = Diámetro de la tubería (m)

Vs = Velocidad de circulación (m/s)

g = Gravedad (m/s) (10).

NÚMERO DE REYNOLDS

El número de Reynolds (Re) es un número adimensional que relaciona la fuerza de inercia y de viscosidad, es aplicado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para determinar el movimiento de un fluido.

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{Vs} * \phi}{\mathbf{v}_{\text{cinemática}}} \quad (\text{Ec. 22})$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds

Vs = Velocidad de circulación (m/s)

v = Viscosidad

ϕ = Diámetro de la tubería (m) (10).

En conductos o tuberías

Para valores de $Re \leq 2000$ el flujo se comporta como si estuviera formado por laminas delgadas que se relacionan en función de los esfuerzos tangenciales denominándose como flujo laminar.

Para valores de $Re \leq 4000$ se denomina flujo turbulento que se caracteriza por el movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional (10).

Coefficiente de Fricción

El coeficiente de fricción determina las pérdidas primarias.

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{k}{3.7 * \varnothing} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ec. 23})$$

Dónde:

λ = Coeficiente de fricción

- **EN LA DESCARGA**

1.4.10.5. CABEZA O COLUMNA DINÁMICA DE DESCARGA

La columna o altura estática es la distancia vertical, en metros, del eje central de la bomba al punto de entrega libre del líquido.

$$\mathbf{hd = hed + hvd + Hrd \pm hpmd} \quad (\text{Ec. 24})$$

Dónde:

hd = Cabeza o columna dinámica de descarga (m).

hed = Cabeza estática de descarga (m).

hvd = Cabeza dinámica de descarga (m).

Hrd = Pérdida de carga en la descarga (m).

hpmd = Cabeza de presión en la descarga (m) (10).

1.4.10.6. CABEZA DINÁMICA DESCARGA

Representa la distancia que recorre el fluido en una tubería abierta o cerrada en un tiempo determinado. La velocidad de flujo se determina mediante la siguiente fórmula.

$$hvd = \frac{Vd^2}{2g} \text{ m. c. a.}; Vd = \frac{4Q}{\pi * \phi^2} \text{ m/s} \quad (\text{Ec. 25})$$

Dónde:

hvd = Cabeza dinámica de descarga (m)

Vd = Velocidad de circulación (m/s)

g = Gravedad (m/s) (10).

1.4.10.7. PÉRDIDA DE CARGA DESCARGA

Son las pérdidas de energía que se generan en la succión debido a la fricción en la tubería y cambios de dirección producto de la intervención de los accesorios.

$$\mathbf{Hrd} = \frac{\mathbf{Vd}^2}{2\mathbf{g}} * \left(\lambda * \frac{\mathbf{L}}{\phi} + \Sigma\mathbf{K} \right) \mathbf{m. c. a.} \quad (\text{Ec. 26})$$

Dónde:

Hrd = Pérdida de carga en la descarga (m)

λ = Coeficiente de fricción

L = Longitud de la tubería (m)

φ = Diámetro de la tubería (m)

Vd = Velocidad de circulación (m/s)

g = Gravedad (m/s) (10).

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{Vd} * \phi}{\mathbf{v}_{\text{cinemática}}} \quad (\text{Ec. 27})$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds

Vd = Velocidad de circulación (m/s)

v = Viscosidad

φ = Diámetro de la tubería (m)

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\mathbf{k}}{3.7 * \phi} + \frac{5.74}{\mathbf{Re}^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ec. 28})$$

Dónde:

λ = Coeficiente de fricción (10).

1.4.10.8. CÁLCULO DE LA NPSHd

El $NPSH_{disponible}$ disminuye cuando aumenta el caudal del sistema y aumenta las pérdidas de presión en la succión.

Cuando aumenta el caudal el $NPSH_{requerido}$ por la bomba también aumenta como se muestra en la Fig. 9 (10), (35).

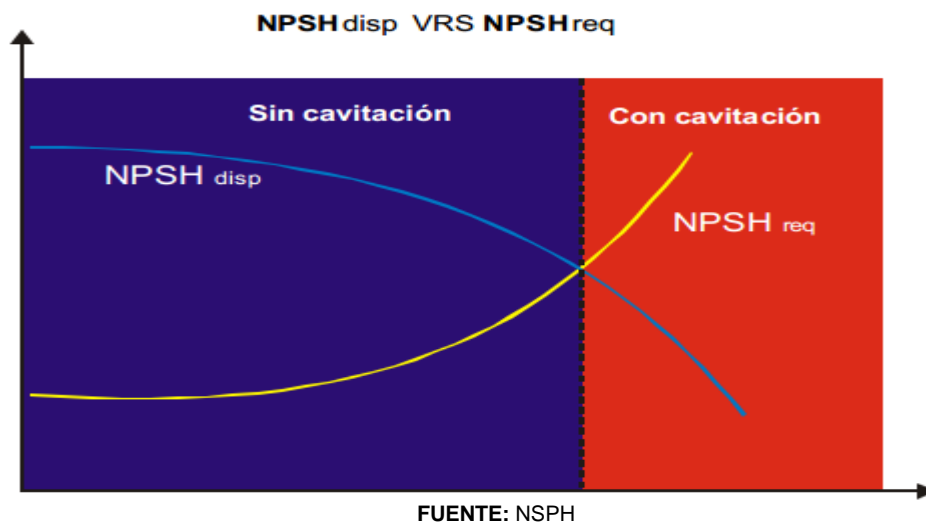


Fig. 9. $NPSH_{disponible}$ y $NPSH_{requerido}$

El $NPSH_{disponible}$ se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$(NPSH)d = \frac{P_i}{\gamma} + h_{es} - H_{rs} - \frac{P_v}{\gamma} \quad (\text{Ec. 29})$$

Dónde:

$(NPSH)d$ = Cabeza Neta de succión positiva disponible (m.c.a)

P_i = Presión atmosférica (m.c.a)

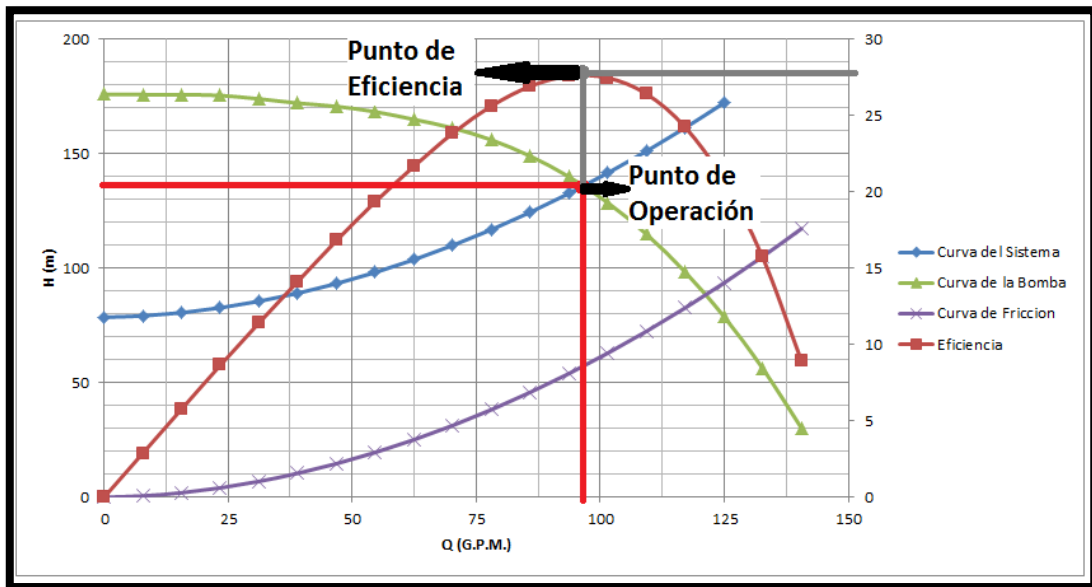
γ = Peso específico del líquido (N/m^3)

P_v = Presión de vapor (m.c.a) (10), (35).

La única manera de prevenir los efectos indeseables de la cavitación es asegurar que el NPSH disponible en el sistema sea mayor que el NPSH requerido por la bomba.

1.4.10.9. SELECCIÓN DE LA BOMBA SEGÚN EL CATÁLOGO

La selección de la Bomba se determina mediante el caudal (Q) y la altura efectiva (H) se expresa en catálogos que comprende la realización de una curva de eficiencia de la bomba (10). Como se muestra en la Fig. 10.



FUENTE: Section TECH-A Centrifugal Pump Fundamentals, Gould's Pumps An ITT Industries Fluid Company.

Fig. 10. Curva Característica de la Bomba Goulds

CAPITULO II

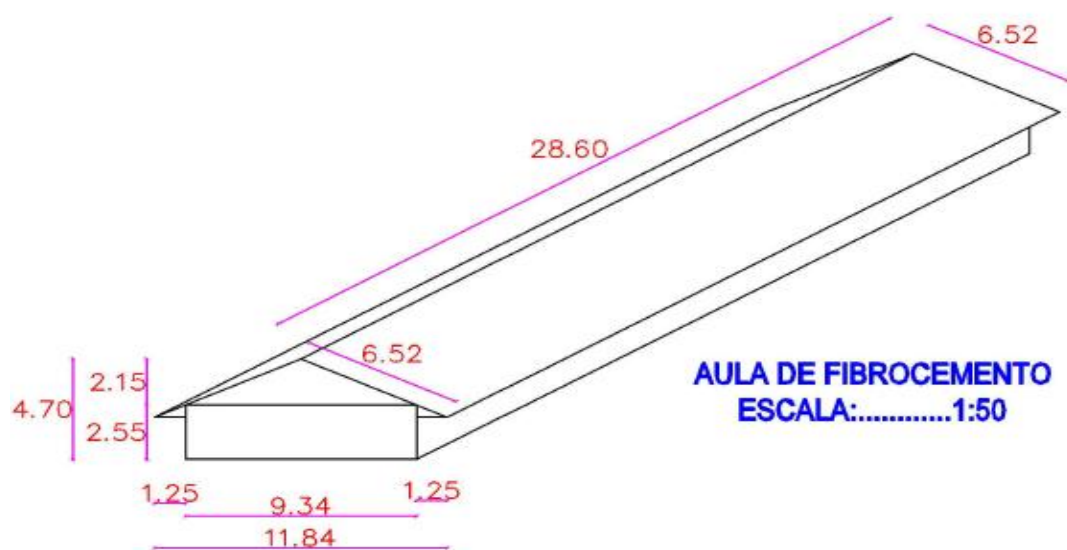
PARTE EXPERIMENTAL

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Mediante el Mapa Cartográfico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; se determinó la localización del área directa de la zona de estudio; con la ayuda del GPS se obtuvo las coordenadas geográficas de la zona donde se ubicó el sistema de captación de agua lluvia, cuya Coordenada X: 758849 UTM; Coordenada Y: 9816865 UTM y una Altitud de 2838 m.s.n.m.

El área comprendida para la captación de agua lluvia es de 186.74 m², siendo un área adecuada para la implementación del sistema de captación de agua lluvia. El área de los laboratorios se digitalizo a través del software de diseño AUTOCAD, como se muestra en la Fig. 11.



FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Fig. 11. Área de los laboratorios de Bromatología y Bioquímica (ESPOCH)

El sistema de captación de agua lluvia se encuentra implementado en la parte posterior de los laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias, lugar estratégico para obtener máxima eficiencia en el sistema, y así mediante este brindar a los estudiantes de la carrera agua tipo II para la realización de sus prácticas en los laboratorios de la institución.

2.2. PLUVIOMETRÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.2.1. METODOLOGÍA

✓ Datos de precipitación según INAMHI

En el anuario del INAMHI 2010 se realizó el análisis de precipitación para el área directa de estudio MA10 codificación establecida para la estación meteorológica en la zona de Riobamba – Politécnica donde se observó los valores de precipitación: total mensual, total anual, máxima en 24 h y fecha producida, y número de días con precipitación (mayor o igual a 0.1 mm). Como se muestra en la Tabla 11.

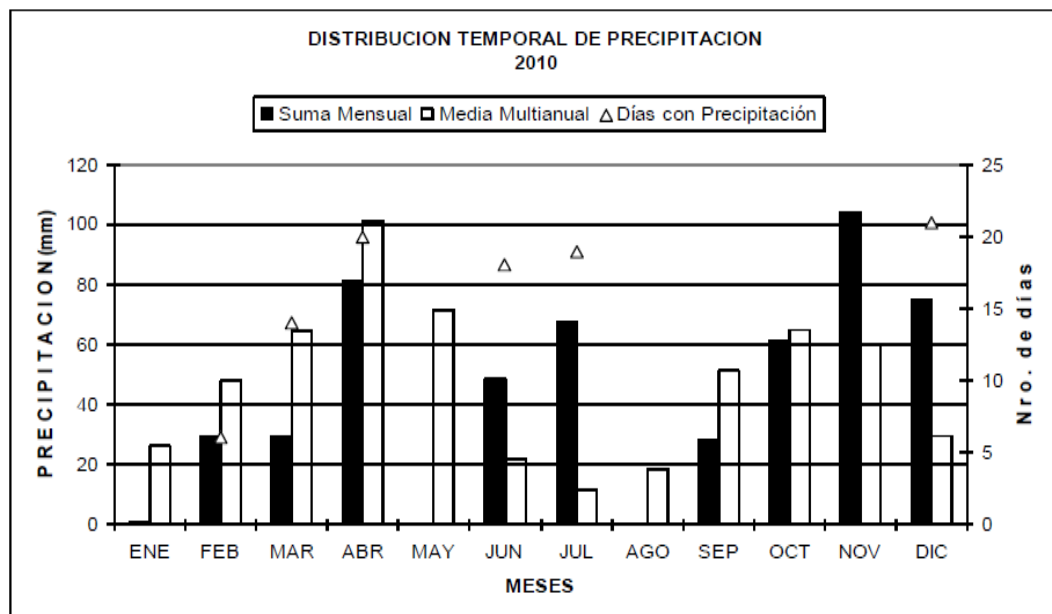
Tabla 11. Valores Pluviométricos Mensuales y Anuales 2010

MA10		RIOBAMBA POLITECNICA															
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)					HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		MEDIAS			Máxima día	Mínima día	Media			Suma Mensual	Máxima en 24hrs	día			
		Máxima día	Mínima día	Máxima	Mínima	Mensual											
ENERO				21.9	8.7	14.9			68	8.5	11.1	1.1					
FEBRERO		5.5	18	22.0	9.3	15.2			71	9.5	11.9	29.6	22.1	6	6		
MARZO		6.4	24	22.7	9.5	15.3	285	30	36	13	73	9.6	12.0	29.7	5.6	5	14
ABRIL		5.0	23	22.0	9.8	14.9			76	10.4	12.6	81.2	17.8	13	20		
MAYO																	
JUNIO		21.5	22	4.7	5	19.7	8.5	13.3		78	9.2	11.6	48.2	10.6	20	18	
JULIO				20.6	7.6	13.6	98	10	26	21	72	8.0	10.8	67.1	16.6	15	19
AGOSTO					6.2	13.4			66	6.5	9.7						
SEPTIEMBRE				21.3	6.2	13.6			67	6.9	10.1	28.2					
OCTUBRE				22.0	7.6	14.2			69	7.8	10.6	61.3					
NOVIEMBRE				21.7	7.5	14.4			69	7.9	10.8	103.9					
DICIEMBRE		6.6	14	20.4	8.7	14.1	96	5	39	19	73	8.9	11.5	74.9	26.6	20	21
VALOR ANUAL																	

FUENTE: Anuario Meteorológico 2010 (INAMHI)

Para complementar los valores pluviométricos anuales y mensuales de precipitación se representan en el gráfico de distribución temporal de precipitación, en el cual se indica las sumas mensuales de precipitación consideradas en el anuario 2010 relacionadas con los promedios multianuales (normales) de las sumas mensuales de precipitación de la serie disponible (37).

La distribución temporal de precipitación se muestra en el Graf. 1.



FUENTE: Anuario Meteorológico 2010 (INAMHI)

Graf. 1. Datos del Anuario Meteorológico INAMHI 2010; Estación MA10 Riobamba Politécnica

De acuerdo al análisis del Anuario se identificó que todos los meses del año registran precipitación y en la suma máxima mensual del mes de Diciembre es de 103.9 mm de precipitación con 21 días registrados de lluvia siendo el mes de mayor precipitación.

✓ **Datos de precipitación según la Estación Meteorológica de la ESPOCH**

La información recolectada de los datos de precipitación para el proyecto, fue obtenida de la Estación Meteorológica manual de la ESPOCH ubicada en la Facultad de

Recursos Naturales, los datos analizados corresponden a un período de 20 años (1993 - 2013), obteniendo valores de las precipitaciones promedio anuales, mensuales de la zona de estudio.

Mediante los datos de precipitación obtenidos se pudo identificar que la zona de estudio tiene una precipitación promedio de 20 mm en un período de retorno de 20 años. Como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Precipitación Promedio Anual 1993 - 2013

AÑO	PRECIPITACIÓN PROMEDIO
1993	21.1
1994	19.9
1995	18.2
1996	19.6
1997	18.2
1998	18.8
1999	26.1
2000	22.7
2001	12.6
2002	25.5
2003	18.2
2004	18.2
2005	17.7
2006	19.1
2007	21.4
2008	28.0
2009	12.9
2010	20.2
2011	24.8
2012	16.6
2013	16.0
PROMEDIO TOTAL	19.8

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

El año de precipitación 2013 que se presenta en la Tabla 13 describe el análisis dado a los datos de precipitación; determinándose las precipitaciones diarias, mensuales y anuales; llegándose a obtener la suma total de las precipitaciones máximas y mínimas, la suma total promedio de la precipitación diaria, mensual y anual del año. Para los años anteriores recolectados desde el año 1993 se realizó él mismo análisis.

Tabla 13. Precipitación Promedio Anual

MES N° Días	PRECIPITACIÓN(mm)																															Total	Precip. Max	Promedio por mes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
A Ñ O 2 0 1 3	ENERO		2.4	2.1	3.5			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			1.6	0.0	0.0	0.0	9.6	3.5	0.4	
	FEBRERO	0.0			3.6	11.6	0.0	0.0	0.0					59.6	9.6	0.0							5.8	0.1		0.0	0.0	0.0	0.2			90.5	59.6	6.0	
	MARZO	0.0			0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	1.9	1.1	8.0	1.4	7.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	29.9	8.0	1.0	
	ABRIL	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	4.4	0.0	10.6	0.1	13.5	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5		43.8	13.5	1.5	
	MAYO	0.0	5.3	5.3	5.6	5.6	2.5	0.6	1.3	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	2.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.5	1.1	0.7	0.6	0.0		0.2	15.2	0.0	0.2	0.0	7.9	13	68.5	15.2	2.3
	JUNIO	1.3	0.4	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	0.0	0.0	3.6		17.3	9.7	0.6
	JULIO	0.3	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.3	0.9	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1.7	0.2
	AGOSTO	0.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	4.4	0.4	0.7	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	8.5	4.4	0.3
	SEPTIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.4	2.1	0.0	0.0	0.0	2.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	6.6	2.9	0.2	
	OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	20.9	6.1	4.4	3.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	10.6	0.9	0.0	49.3	20.9	1.6
	NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.6	0.2	0.0	0.0	5.2	0.0	0.6	17.8	0.0	0.1	0.5	1.4	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	37.2	17.8	1.2		
	DICIEMBRE	0.0	6.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.6	2.6	0.4	0.0			3.3	0.0	0.0	0.2		18.2	6.2	0.7	
																																	16.0		

SUMATORIA PRECIPITACIÓN X AÑO	385.4	163.4
Promedio	32.1	13.6
Máxima	90.5	59.6
Mínima	6.0	1.7

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014. ESTACIÓN METEREOLÓGICA DE LA ESPOCH

En la base de datos de acuerdo a los registros obtenidos del año 2013 de precipitación se pudo establecer que en la suma total de precipitación los meses de Febrero tienen 90.5 mm, Marzo 29.9 mm, Abril 43.8 mm, Mayo 68.5 mm, Octubre 49.3 mm y Noviembre 37.2 mm de precipitación registrando mayor cantidad de precipitación y en los meses de Enero tienen 9.6 mm, Junio 17.3 mm, Julio 6.0 mm, Agosto 8.5 mm, Septiembre 6.6 mm y Diciembre 18.2 mm, en la que el pluviómetro registro una menor cantidad de precipitación.

Para el proyecto se empleó los datos de precipitación registrados en el Anuario 2010, debido a la correlación existente entre los datos procesados por parte del INAMHI con respecto a los datos obtenidos de la Estación Meteorológica de la ESPOCH.

2.3. PARTE EXPERIMENTAL

2.3.1. PLAN DE MUESTREO

La metodología aplicada para la toma de muestras dependió de los objetivos del estudio para el muestreo y análisis, de las condiciones geográficas, climatologías y otros factores afines.

La recepción de muestras se realizó en los meses de enero, marzo y julio, fechas representativas para el estudio donde existió precipitaciones con mayor intensidad en el lugar de estudio.

Las muestras de agua lluvia fueron tomadas en un recipiente cilíndrico hermético de 20 L ubicado debajo de los techos de los laboratorios de la ESPOCH, durante la presencia de lluvia, para obtener la muestra se empleó el método puntal en el que se envasó 2 L en

una botella de plástico estéril para los análisis físico químicos y 250 mL en un frasco de muestra apropiado para los análisis microbiológicos; las muestras fueron llevadas al laboratorio de análisis técnico ubicados en la ESPOCH, para sus respectivos análisis.

2.3.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Para evaluar la calidad de agua lluvia se recogió muestras de agua en los techos de los laboratorios de la ESPOCH, estas muestras fueron analizadas mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Agua y Alimentos (SAQMIC) de la Facultad de Ciencias en la ESPOCH. Los análisis realizados se muestran en el ANEXO IV.

Una vez ya implementado el sistema se realizó el análisis de agua lluvia tratada después del proceso de ósmosis inversa- desionización para establecer comparaciones con los estándares de calidad que indica la norma ASTM D1193 - 99 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) para laboratorios, estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Agua y Alimentos (SAQMIC) de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH determinando los siguientes resultados como se muestra en el ANEXO VI.

Para la toma de muestras recolectadas tanto de agua lluvia como agua tipo II se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 14. Muestras Recolectadas para Agua Lluvia

MES	#MUESTRAS RECOLECTADAS	LUGAR
Enero	1	Laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH
Marzo	1	Laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH
Julio	1	Laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH
TOTAL DE MUESTRAS	3	

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

Tabla 15. Muestras Recolectadas para Agua Tipo II

MES	#MUESTRAS RECOLECTADAS	LUGAR
SEPTIEMBRE	1	Laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH
TOTAL DE MUESTRAS	1	

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

2.3.3. MATERIALES, MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.3.3.1. MATERIALES

Los materiales utilizados para el análisis son: el agua lluvia recolectada en los techos y el agua tipo II para los laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la ESPOCH; las muestras fueron tomadas in situ y se utilizaron recipientes de vidrio, plástico debidamente esterilizados, los mismos que sirvieron para el respectivo análisis.

2.3.3.2. MÉTODOS

Los métodos aplicados para la toma de muestra son:

- **Método General o Muestreo Simple:** Este método analiza una muestra y una referencia sobre calidad en un punto específico en un tiempo requerido.
- **Método Específico o Aleatorio Simple:** Se caracteriza por tomar muestras al azar que son independientes y temporales a tiempos diferentes.

2.3.3.2.1. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA

Tabla 16. Descripción de los Métodos de Análisis para el Agua

DETERMINACIÓN	TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN
COLOR	Espectrofotométrico	Se detecta los valores a partir de las características de transmisión de luz de una muestra filtrada.
pH	Electrométrico	Para realizar esta prueba se emplea el electrodo de cristal.
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico	La lectura es directa a través del conductímetro.
TURBIEDAD	Nefelométrico	La medición se realiza mediante un turbidímetro.
CLORUROS	Argento métrico	Se prepara una muestra de 25 mL, se adiciona 4 gotas de dicromato de potasio (C_2CrO_7); se titula con nitrato de plata ($AgNO_3$) (0.01N), y se revisa constantemente si el color amarillo cambia a ladrillo.
DUREZA	Titulométrico EDTA	Se prepara una muestra de 25 mL, se añade 1 mL de cianuro de potasio (KCN), se adiciona 10 mL de buffer pH 10 más un indicador negro de eriocromo T, a esta solución titular con EDTA (0.02N); y comprobar el color de rojo a azul.
CALCIO	Volumétrico	Se prepara 25 mL de muestra se adiciona un 1 mL de cianuro de potasio (KCN) más un 1 mL de hidróxido de sodio (NaOH) (1N); más un indicador murexida y a esta solución titular con EDTA (0.02N); comprobar el color de rosa a lila.
ALCALINIDAD	Titulación	Se prepara 25 mL de muestra, se adiciona 2 gotas de fenolftaleína (color rosado), a esto titular con una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4), hasta incoloro pH igual a 6.1; agregar 3 gotas de naranja de metilo y titular con ácido sulfúrico; comprobar el

		color de naranja a rosado (pH igual a 8).
SULFATOS	Turbidimétero	En un balón de 100 mL, poner una pequeña cantidad de muestra, adicionar 2 mL de una solución acondicionadora; y 1 gramo de cloruro de bario BaCl ₂ ; aforar a 100 mL y medir en el fotómetro a 410 nm.
AMONIOS	Nesslerización	Para un balón de 50 mL, añadir 25 mL de muestra, adicionar 1 mL de NaK tartrato, más 2 mL de la solución de Nessler que presenta un color amarillo, a esta solución se afora hasta los 50 mL con la muestra; y medir en el fotómetro a 425 nm.
NITRITOS	Colorimétrico	En un balón de 50 mL, añadir 25 mL de muestra, adicionar 2 mL de solución A, más 2 mL de reactivo B; aforar hasta 50 mL con la misma muestra, dejar por 30 min en reposo y medir en el fotómetro a 520 nm.
HIERRO	Fenantrolina	A un Erlenmeyer de 125 mL poner 50 mL de muestra, añadir un 1mL de cloruro de hidroxil-amina, adicionar 1mL de ácido clorhídrico concentrado a esta solución someterle a una reducción de volumen de 15 – 20 mL aproximadamente y dejar enfriar. Cuando este frío adicionar 8 mL de buffer (pH= 5.5); añada 2 mL de solución de Fenantrolina y agregue 50 mL de la muestra; deje 15 min en reposo y medir en el fotómetro a 510nm.
FLUORUROS	SFADNS	EL fluoruro reacciona en presencia de una laca coloreada, disociándose en un anión complejo incoloro (ZrF_6^{2-}), y otra parte es el colorante; al aumentar el contenido de fluoruro el color producido por la solución presenta un color pálido.
FOSFATOS	Cloruro Estagnoso	Para un balón de 100 mL, coloque 50 mL de muestra, añadir 4 mL de amonio molibdato, agregue 0.5 de cloruro estagnoso (glicerina), esperar que la solución

		llegue a color azul y aforar hasta 100 mL con la muestra y medir en el fotómetro a 650 nm.
SÓLIDOS TOTALES Y DISUELTOS	Gravimétrico	Pesar una caja Petri, añadir 25 mL de muestra en la caja, llevar a un baño maría hasta que se seque, ingresar a una mufla con temperatura de 103 - 105°C, después ubicar en el desecador por 15 min, retirar y pesar.
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS (COLIFORMES TOTALES Y FECALIS)	Filtración por Membrana	Realizar la esterilización del equipo microbiológico para la filtración por membranas, sembrar y tomar la lectura a las 24 horas; luego contabilizar las colonias si existiera en las cajas de siembra.

Fuente: Métodos del Laboratorio de Análisis Técnicos- Facultad de Ciencias .ESPOCH

2.3.3.3. TÉCNICAS

Las técnicas para los análisis de los parámetros del agua recolectada, se efectuó bajo el STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 17 TH EDITION DE LA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF), en comparación con la Norma INEN 1108 para agua potable, las mismas que se describen a continuación las técnicas para las propiedades físicas químicas y microbiológicas.

✓ TÉCNICAS FISICO – QUÍMICAS

Tabla 17. Potencial de Hidrógeno pH
STANDARD METHODS *2310 A y B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>EL pH es un parámetro físico del agua que establece un rango de 1 a 14; donde si el agua es ácida posee un pH < a 7; y si es alcalino > a 7; si es neutro será = a 7.</p> <p>Los diferentes métodos que utiliza este indicador son el colorímetro, las varillas indicadoras de pH y el pHmetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pHmetro ▪ Vaso de Precipitación ▪ Buffer solución 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En un vaso de precipitación poner 25 mL de muestra. ▪ A la muestra aforar con la solución indicada (buffer). ▪ Prender y calibrar el equipo para su utilización. ▪ Ingresar el electrodo de cristal en la muestra y agitar con movimientos leves. ▪ Observar los datos emitidos por el equipo. 	$pH = -\log(H^+)$ <p>Dónde:</p> <p><i>pH</i> = Potencial de Hidrógeno</p> <p>(<i>H</i>⁺)= Concentración Molar de Iones Hidrógeno.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 18. Temperatura
STANDARD METHODS *2550 B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La temperatura es un parámetro físico que mide la muestra generalmente in situ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Termómetro de mercurio en ° C. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingresar el termómetro en la muestra. ▪ Una vez ingresado el termómetro, aguardar unos segundos para que se pueda obtener una lectura confiable. ▪ Leer los datos obtenidos del termómetro 	<p style="text-align: center;">$K = 273.15 + C$</p> <p>Dónde: K = Temperatura en escala absoluta. C = Temperatura en escala centígrada.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 19. Conductividad
STANDARD METHODS *2510 B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es la capacidad que tiene una solución para enviar corriente eléctrica, entre los iones, su concentración total, su movilidad, valencia, concentraciones relativas y la temperatura de medición.</p> <p>Se expresa en unidades de ohmios y mega ohmios a nivel de laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductiméetro ▪ Vaso de Precipitación de 250 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En un vaso de precipitación ubicar la muestra, y agitarla. ▪ Ingresar el electrodo del conductímetro dentro de la muestra. ▪ Una vez obtenido el valor del equipo en unidades de ohmios se procede a multiplicar por 0.1 (tamaño de la celda). ▪ Se toma la lectura de los datos después de la lectura del conductiméetro. 	<p align="center">$\mu = 1/2\sum C_i \cdot Z_i^2$</p> <p>Dónde:</p> <p>μ = Conductividad. C_i = Concentración del ion. Z_i = Carga del ion.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 20. Turbiedad
STANDARD METHODS *2130 A y B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA
<p>Es un indicador que sirve para caracterizar la calidad del agua determinando la cantidad de partículas suspendidas en el agua. Se expresa en unidades nefelométricas o UTN.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nefelómetro o turbidímetro ▪ Muestra de Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para calibrar el equipo se añade agua destilada en la celda. ▪ Analizar la muestra de agua en la celda. ▪ Tomar la lectura.

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 21. Dureza
STANDARD METHODS *2340 B y C

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Se define como la concentración de carbonatos de calcio (CaCO₃) en la muestra, expresado en mg/L.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erlenmeyer ▪ Pipeta ▪ Bureta ▪ Vaso de Precipitación ▪ Muestra 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar 25 mL de muestra en un Erlenmeyer. ▪ Añadir 2 mL de la solución amortiguadora más un 1 mL de Cianuro de Potasio. ▪ Colocar en la solución el indicador de negro eriocromo T. ▪ Titular con EDTA suavemente hasta que cambie el color rojizo hasta azul. ▪ Leer el valor de titulación. 	$CaCO_3 = \frac{(V_1)(M)(10_s)}{V_2}$ <p>Dónde:</p> <p>CaCO₃ = Concentración de carbonato de calcio en ppm (mg/L).</p> <p>V₁= Volumen consumido de EDTA (mL).</p> <p>M = Molaridad exacta del EDTA.</p> <p>V₂ = Volumen de la muestra (mL).</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 22. Calcio
STANDARD METHODS *3500 Ca

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Para el análisis de Calcio se emplea los métodos de gravimetría o titulometría de Permanganato de Calcio; siendo el Calcio uno de los factores que afecta en la dureza y corrosividad de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pipeta ▪ Bureta ▪ Erlenmeyer ▪ Vasos de Precipitación ▪ Cianuro de Potasio (KCN). ▪ Hidróxido de Sodio (NaOH). ▪ Murexida ▪ EDTA 0.02 N. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En un vaso de precipitación colocar 25 mL de Ca y 50 mL de agua destilada y agitar hasta que se diluya. ▪ Añadir a la solución un 1mL de KCN y 2mL de solución de NaOH a 1N. ▪ A la preparación añadir el indicador de murexida. ▪ Titular paulatinamente con EDTA hasta que la preparación cambie de color de rosa a lila. ▪ EL valor obtenido multiplicar por el factor respectivo. 	$Ca^{2+} = \frac{V_2 * M * 4000}{V}$ <p>Dónde:</p> <p>V₂ = Volumen gastado de EDTA. M = Molaridad EDTA. V = Volumen de muestra.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 23. Alcalinidad
STANDARD METHODS *2320 B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La Alcalinidad mide la concentración de carbonatos, bicarbonatos, e hidróxidos en el agua.</p> <p>Para medir la cantidad de alcalinidad de hidróxido y la mitad de los carbonatos se emplea la fenolftaleína, y para medir la alcalinidad faltante se emplea el indicador naranja de metilo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pipeta ▪ Bureta ▪ Erlenmeyer ▪ Vasos de Precipitación ▪ Probeta ▪ Muestra ▪ Ácido Sulfúrico 0.02 N. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En un Erlenmeyer ubicar 50 mL de la muestra. ▪ A la solución colocar 2 o 3 gotas del indicador de fenolftaleína. ▪ Titular la solución con Ácido Sulfúrico 0.02 N., observar hasta que la solución cambie de color rosa a manzana. ▪ Tomar los valores obtenidos. 	$CaCO_3 = \frac{mL \text{ Ácido} * N_{\text{Ácido}} * 50000}{mL \text{ de muestra}}$

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 24. Cloruros
STANDARD METHODS *4500 CL⁻ B y C

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es un método de verificación de existencia de contaminantes orgánicos y sales ionizables dentro de la muestra, cuando los iones que intervienen son sulfitos se los remueve con Peróxido de Hidrógeno, y los sulfatos y tiosulfatos se remueve en soluciones alcalinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pipeta ▪ Bureta ▪ Erlenmeyer ▪ Vasos de Precipitación ▪ Nitrato de Plata ($AgNO_3$) ▪ Dicromato de Potasio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En un Erlenmeyer de 100 mL ubicar 25 mL de la muestra. ▪ A la solución colocar 2 o 3 gotas del indicador de Dicromato de potasio. ▪ Titular la solución con nitrato de plata y observar hasta que la solución se torne de color amarillo a pardo. ▪ Tomar los valores obtenidos, y multiplicar por el factor respectivo. 	$Cl^{-}_3 = \frac{mL\ AgNO_3 * N_{AgNO_3} * 35.46 * 100}{V}$ <p>Dónde:</p> <p>mL AgNO₃ = Mililitros de nitrato de plata utilizados en la titulación.</p> <p>N AgNO₃ = Normalidad del nitrato de plata</p> <p>V = Volumen de muestra.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 25. Fosfatos
STANDARD METHODS *2130 A y B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA
<p>Los fosfatos se encuentran en forma disuelta, coloidal o sólida, la cantidad de fosfatos se indica como mg/L PO₄, se puede determinar la cantidad de fósforo total en agua u orto fosfatos en modo de precipitación de fósforo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro ▪ Balones de 100 mL aforados ▪ Pipeta Volumétrica ▪ Pipetas ▪ Muestra de Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicar 50 mL de la muestra en un balón de 100 mL. ▪ Añadir 4 mL de amoniaco molibdato. ▪ Agregar 0.5 mL de cloruro estañoso. ▪ A la muestra aforar hasta 100 mL ▪ Acondicionar el equipo en 690 nm y tomar el dato de la absorbancia.

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 26. Nitritos
STANDARD METHODS *2130 A y B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA
<p>Son compuestos que se derivan de una oxidación incompleta del amoníaco a la reducción de nitratos presentes en el agua.</p> <p>Si el agua contiene nitritos se considera que está contaminada por materiales fecales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espectrofotómetro ▪ Balones de 25 mL aforados ▪ Pipeta Volumétrica ▪ Pipetas ▪ Muestra de Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicar 1 mL de la muestra en un balón de 25 mL. ▪ Adicionar 1 mL de ácido sulfamílico en solución, revolver y esperar de 3 a 4 minutos. ▪ A esta solución agregar 10 mL de naftil amina, más 1 mL de acetato de sodio; se tornara de color naranja. ▪ Luego adicionar 10 mL de ácido acético; tomando una coloración roja. ▪ A la muestra aforar a 25 mL ▪ Acondicionar el equipo a 520 nm y tomar el dato de la absorbancia.

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 27. Sólidos Totales
STANDARD METHODS *2320 B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es la suma de la cantidad de materia disuelta en agua más sólidos sedimentables no disueltos que pueden ser retenidos por filtración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cápsula de porcelana tarada. ▪ Pinza de crisol. ▪ Pipeta Volumétrica. ▪ Balanza Analítica. ▪ Muestra. ▪ Desecador. ▪ Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anotar el peso de la cápsula tarada. ▪ Mezclar la muestra hasta que esté totalmente homogenizada. ▪ Poner 25 mL de la muestra a la cápsula, y llevar a un baño maría. ▪ En la estufa secar la muestra por dos horas a 110 ° C. ▪ Sacar la cápsula dejar que se enfríe y pesar. 	$ST = \frac{P_2 - P_1}{V}$ <p>P₂ = Peso de la cápsula, residuo. P₁ = Peso de la cápsula tarada. V = Volumen.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 28. Sólidos Totales Disueltos
STANDARD METHODS *2320 B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es la salinidad total de una muestra que determina el valor de la cantidad de materia disuelta en el agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cápsula de porcelana tarada. ▪ Pinza de crisol. ▪ Pipeta Volumétrica. ▪ Balanza Analítica. ▪ Muestra. ▪ Desecador. ▪ Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anotar el peso de la cápsula tarada. ▪ Mezclar la muestra hasta que esté totalmente homogenizada. ▪ Poner 25 mL de la muestra a la cápsula, y llevar a un baño maría. ▪ En la estufa secar la muestra por dos horas a 110 ° C. ▪ Sacar la cápsula dejar que se enfríe y pesar. 	$ST = \frac{P_2 - P_1}{V}$ <p>P₂ = Peso de la cápsula, residuo. P₁ = Peso cápsula tarada. V = Volumen.</p>

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 29. Hierro

STANDARD METHODS *2130 A y B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA
<p>Se presenta como ion ferroso Fe^{++} en su forma oxidativa como ion férrico Fe^{+++} para que este ion se presente en sus diferentes formas depende del pH condiciones oxidantes y composición de la solución.</p> <p>Este ion afecta a los procesos industriales provocando incrustaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotómetro. ▪ Vasos de precipitación ▪ Erlenmeyer. ▪ Pipetas ▪ Reverbero. ▪ Muestra de Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicar 50 mL de la muestra en un Erlenmeyer de 125 mL. ▪ Adicionar 1 mL de cloruro de hidroxil-amina ▪ Agregar 2 mL de ácido clorhídrico concentrado. ▪ A esta solución calentarle con un reverbero hasta un volumen de 15 a 20 mL aproximadamente; dejar que se enfríe. ▪ Cuando este frío adicionar 8 mL de buffer (pH = 5.5). ▪ Agregar 2 mL de Fenantrolina, más 50 mL de muestra. ▪ Dejar en reposo por 15 minutos. ▪ Acondicionar el fotómetro a 510 nm y tomar la medida.

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

Tabla 30. Amonios
STANDARD METHODS *2130 A y B

DEFINICIÓN	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA
<p>La presencia de amoniaco indica que la materia orgánica ha tenido una degradación incompleta. El ion amonio en disolución acuosa puede comportarse como una base que se puede disolver fácilmente en agua y evaporarse rápidamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotómetro. ▪ Balón aforado ▪ Vasos de precipitación. ▪ Pipeta. ▪ Muestra de Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ubicar 25 mL de la muestra en un balón aforado de 50 mL. ▪ Adicionar 1 mL de NaK tartrato. ▪ Agregar 2 mL de la solución de Nessler que se identifica por el color amarillo. ▪ A esta solución aforar hasta 50 mL con la muestra. ▪ Acondicionar el fotómetro a 425 nm y tomar la medida.

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

✓ **TÉCNICAS MICROBIOLÓGICAS**

Tabla 31. Microbiológica
STANDARD METHODS 5220D / 9222D

REQUISITOS	ENSAYO REALIZADO	STANDARD METHODS
Coliformes Totales	Coliformes Totales: Filtración por membranas – Sembrado	PPE/M-01
Coliformes Fecales	Coliformes Fecales: Filtración por membranas – Sembrado	PPE/M-01

Fuente: STANDARD METHODS, 2550 Edición 21

2.3.4. DEMANDA DE AGUA TIPO II EN LOS LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

2.3.4.1. METODOLOGÍA

La recopilación de datos para la investigación se realizó en los meses de Abril y Mayo del semestre en el período Marzo - Agosto 2014; siendo estos meses los especificados en el cronograma de actividades de los docentes que imparten la cátedra para la realización de las prácticas en el laboratorio.

Para determinar la cantidad de agua tipo II empleada en los laboratorios, se aplicó un diseño de campo, recopilando la información de los datos mediante las técnicas establecidas para cada una de las prácticas realizadas por los estudiantes en las diferentes materias y cátedras de la Facultad de Ciencias.

La recolección de los datos se lo realizó mediante la comunicación personal y directa con los docentes que imparten la cátedra, solicitando las debidas técnicas de las prácticas que realizan en los laboratorios de Bromatología y Bioquímica durante el semestre, periodo marzo - agosto 2014.

Una vez obtenidos los datos se procedió a identificar los usos del agua tipo II en las diferentes prácticas aplicadas, identificando factores como: Docente que imparte la cátedra, carrera, semestre, número de estudiantes, horario en el que realiza la práctica, el tema de la práctica, y cuanto consumo de agua tipo II se emplea en la realización de una práctica en el día. Como se muestra en el ANEXO 3.

Llegando a determinar el consumo de agua tipo II por número de alumno, por semana, y por practica realizada.

Al analizar el consumo de agua por número de estudiantes se determinó que no existía una correlación con un valor de 0.01462343; es decir que la cantidad de alumnos por semestre no influye en la cantidad de agua que se consume en la semana. Como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Número de Alumnos vs Consumo de Agua Tipo II

N° ALUMNOS	CONSUMO DE AGUA TIPO II (L)
50	1.65
50	0
25	6
25	0
17	2.4
20	0
18	0
18	0
25	1.5
27	1.5
25	0.7875
15	0.4725
15	0.4725
21	2
15	1.5

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

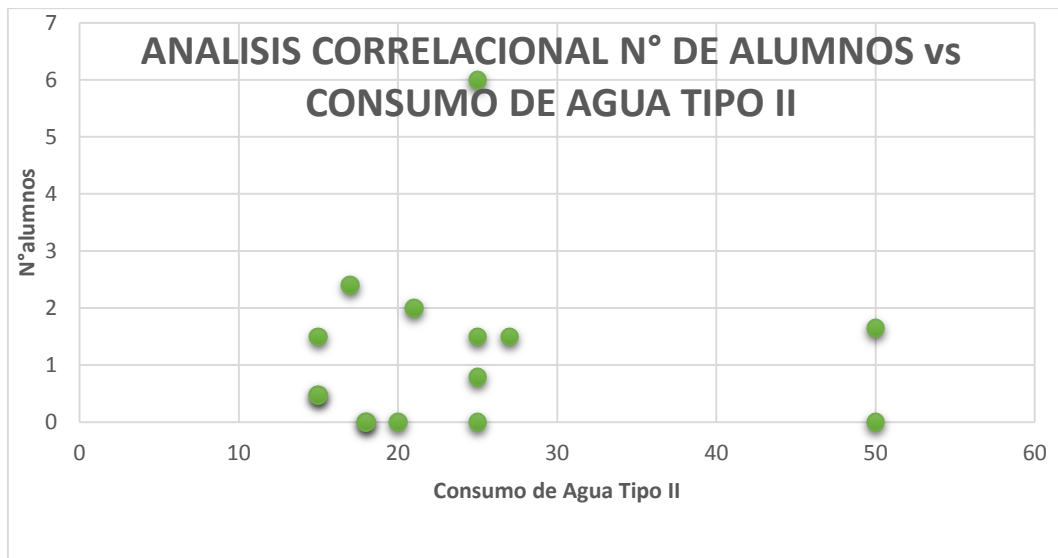
Tabla 33. Análisis Correlacional N° de Alumnos vs Consumo de Agua Tipo II

Columna 1	Columna 2
Columna 1	1
Columna 2	0.01462343 1

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

El análisis de correlación determina que cuando un valor es cercano a (1) o (-1) existe un grado de correlación y si el valor es cercano a (0) no existe correlación entre el grupo analizado.

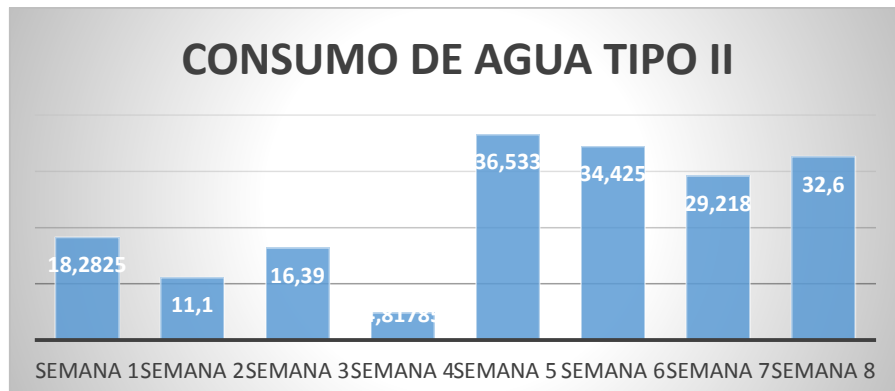
En el Graf. 2 se presenta la correlación del grupo de datos analizados, determinándose que no existe una correlación significativa debido a que se obtuvieron datos dispersos.



FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Graf. 2. Análisis Correlacional entre N° de Alumnos vs Consumo de Agua Tipo II

De acuerdo a la base de datos estructurada en el ANEXO 3 se realizó la suma del consumo de agua tipo II por las semanas de monitoreo en el cual se representa en el Graf. 3 mediante un diagrama de barras, determinando un valor de 36.53 L/ semana en la quinta semana de muestreo.



FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Graf. 3. Consumo de Agua Tipo II por Semana

2.3.5. METODOLOGÍA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA PARA LOS LABORATORIOS

Para determinar el diseño se procedió a tomar las medidas in situ de altura, largo y ancho del área de captación, teniendo un área total de 372.94 m² y área de captación de agua lluvia en el techo de los laboratorios de 186.74 m², tomando en cuenta los factores como: la pendiente y el coeficiente de escurrimiento que se determinó mediante el tipo de material del que está construido el techo de los laboratorios (fibrocemento).

Una vez determinada el área de captación se procedió a analizar los datos de intensidad de lluvia ya que se establece que un mm de agua de lluvia equivale a decir un L por cada m²; esta intensidad de lluvia fue calculada mediante estudios técnicos del EMAPAR donde se encuentran los parámetros de diseño y especificaciones técnicas para edificaciones. El valor de intensidad de lluvia en un área total es de 54.47 mm/h; este valor se calculó a un tiempo dado y en diferentes periodos de retorno de 2, 3, 5, 10 años y con constantes especificadas por EMAPAR.

La determinación tanto del área de captación como de la intensidad son factores que sirvieron para establecer los caudales máximo y de reserva del proyecto, el cálculo de estos caudales delimito el volumen del tanque de almacenamiento del sistema con una capacidad de 550 L, para un tiempo establecido de acuerdo a la demanda de agua tipo II que requieren los laboratorios en los días laborables.

La distribución del agua se dio mediante tubería PVC de acuerdo a especificaciones técnicas requeridas para transportar el caudal de agua desde el tanque de almacenamiento en forma directa hacia la bomba del equipo.

El tratamiento de agua se seleccionó de acuerdo a los análisis previos realizados en el laboratorio (SAQMIC); se eligió el tratamiento de ósmosis inversa, adquiriendo un equipo RO 101 UV y desionizador, el equipo de ósmosis inversa proporciona agua tipo III, para cumplir con el objetivo de obtener agua tipo II se instaló un desionizador de lecho mixto.

El equipo de ósmosis inversa RO 101 UV implementado en el sistema ejecuta seis pasos de purificación para el agua y a este equipo se le adhiere un desionizador de filtro de resina con lecho mixto.

En la Etapa 1: Filtro de Sedimento de 5 micras

Este filtro es eficaz para eliminar la suciedad, óxidos y partículas de arena.

En la Etapa 2: Filtro de carbón activado de alta calidad

Permite retener cloro, olor, contaminantes orgánicos, pesticidas y químicos que afectan al color y sabor del agua.

En la Etapa 3: Filtro de sedimentos de 1 Micrón

Con sólo 1 micrón, proporciona la filtración eficaz para proteger la membrana mejorando el rendimiento de la membrana hasta un 95 % de rechazo de TDS. Permite filtrar la milésima parte de un milímetro.

En la Etapa 4: Membranas de Ósmosis Inversa

Las películas delgadas (TFC) de la membrana de alta calidad pueden eliminar contaminantes de agua dura plomo, cobre, bario, cromo, mercurio, sodio, cadmio, fluoruro, nitrito, nitrato, y selenio. La osmosis nos permite retener 0.0001 micrón y eliminar el 99 % de materias indeseables, y se da un retro lavado la ósmosis y permanentemente va estar limpia. Estas membranas procesan 80 galones por día.

En la Etapa 5: Post filtro de carbón activo de calidad

Este filtro de carbón elimina el mal sabor y olor para mejorar la calidad de su agua.

En la Etapa 6: Esterilizador ultravioleta de agua

La luz ultravioleta (UV), una parte natural de la luz solar es ampliamente aceptada como una solución confiable, eficiente y respetuosa del medio ambiente para la desinfección del agua. Esta lámpara UV utiliza la aplicación del radiador UV particularmente eficaz con una longitud de onda de 254 nm causando la muerte inmediata de los organismos microbiológicos y eliminando su capacidad de sobrevivir y reproducirse destruyendo a organismos patógenos, bacterias y virus en un 99.99 %.

Desionizador: Resina de Lecho Mixto

Es un filtro de intercambio iónico (catiónico y aniónico), que se encuentra interactuando entre ellas, formando etapas de catión- anión y el agua procesada en las etapas de ósmosis inversa es desmineraliza por este filtro mejorando la calidad de salida del agua y disminuyendo la Conductividad hasta 1 μ Siemens/cm obteniéndose agua tipo II para laboratorios (39).

2.4. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA LLUVIA

A partir de los cálculos del diseño se realizó los planos del sistema de captación como se muestra en el ANEXO 5, dónde se observa la ubicación del sistema y de los materiales a ser utilizados con sus respectivas medidas y especificaciones técnicas.

Con los materiales establecidos y los equipos mencionados se procedió a la implementación del sistema, para ello se contó con la asesoría técnica de un Ing. Civil, y una persona en conocimientos de gasfitería.

Los materiales utilizados en la implementación del sistema son:

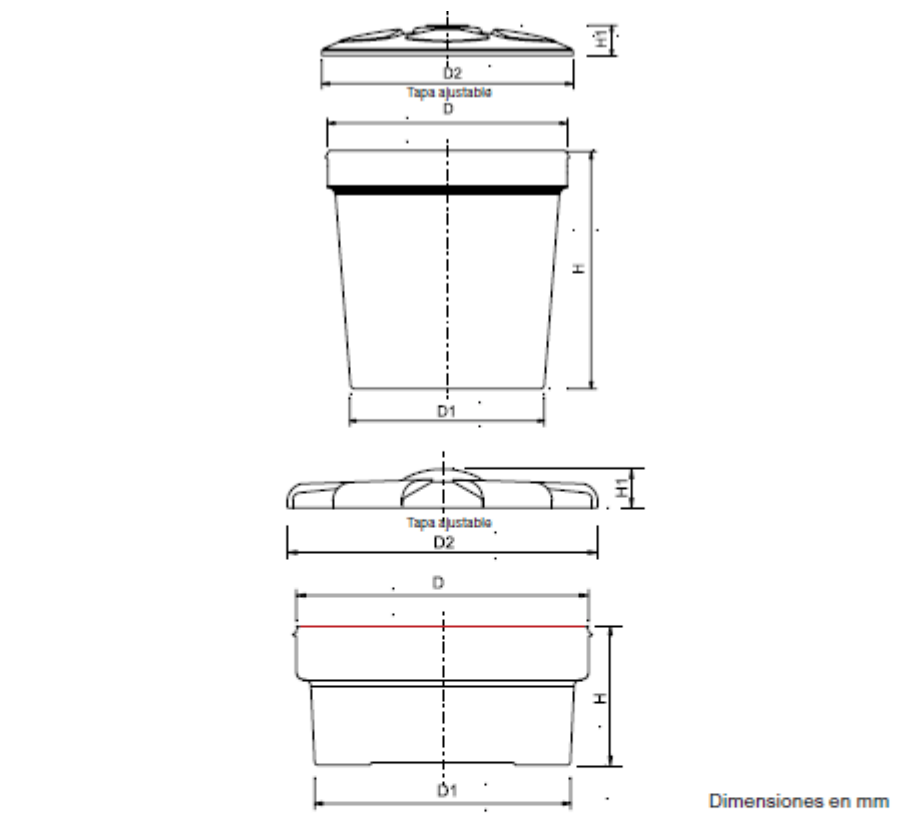
- Tubería PVC (presión rosca) 3/4"
- Malla filtrante
- Válvula de globo 3/4"
- Codo de PVC presión 3/4"
- Universal de 3/4"
- Uniones de 3/4"
- Grifo
- Te de 3/4"
- Tubo de 6"

- Abrazaderas
- Pernos
- Tubo PVC 160 mm x 3 m de desagüe
- Te PVC 160 mm. x 90° desagüe
- Polipega
- Abrazadera Para Canalón Cubre Cable (Simelca) Colombia
- Collarín de 6" a 1"
- Hormigón de 180
- Reductor de 1" a ½"
- Codo de ½"
- Varilla

Se dimensionó un tanque de almacenamiento de 550 L que posee un desagüe para evitar el rebose del fluido en exceso y logrando retener los sólidos sedimentables que pasen por las mallas filtrantes puestas en las canaletas, los materiales complementarios del tanque de almacenamiento son:

- Malla filtrante
- Válvula de compuerta 1"
- Codo de PVC presión 1"
- Universal de 1"
- Uniones de 1"
- Grifo
- Te de ¾"
- Reductor de 1" a ½"
- Codo de ½"

Las especificaciones técnicas que se utilizó para escoger el tanque de almacenamiento se encuentran descritas en la Ficha Técnica como se muestra en la Fig.12.



Volumen bruto Litros	Dimensiones del tanque mm			Dimensiones de la tapa mm	
	D	D1	H	D2	H1
250	810	677	720	850	138.0
250 mini	932	815	443	989	124.4
500	931	758	934	975	170.0
1000	1.232	1.031	1.030	1.275	236.0
2000	1.520	1.220	1.550	1.585	280.0
Agrotanque	932	815	443	-	-

FUENTE: "Tanques de Eternit"

Fig. 12. Ficha Técnica de especificaciones para el Tanque de Almacenamiento

El equipo de Ósmosis Inversa RO101SV-UV cuenta con:

- Tanque de Almacenamiento de Agua.
- UV en acero inoxidable.
- Válvulas de cierre automático, controlador de flujo, de acero inoxidable
- Válvula de retención.
- Grifo atractivo diseño europeo
- Conector de agua de alimentación.
- Válvula de drenaje de una silla.
- Cuatro código de color ¼” de tubos para la conexión del sistema

Para la instalación del equipo de ósmosis inversa y del desionizador se utilizó los siguientes materiales:

- Una sierra de corona de ¼ “
- Sacabocados circular para el fregadero de ½ “ y ¼ “
- Llave inglesa ajustable
- Cuchillo
- Llave inglesa fija de ½” y 5/8”
- Destornillador estrella
- Alicates de punta redonda
- Taladro eléctrico
- Brocas 1/8”, ¼ “y 3/8”
- Mangueras de ½”

El tiempo requerido para la construcción e implementación del sistema fue de 4 días, una vez concluida la obra se procedió a la verificación del sistema al ponerlo en marcha en los laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la ESPOCH, obteniendo la muestra de agua procesada por los equipos para posterior análisis en el laboratorio (SAQMIC), determinando los parámetros según la Norma ASTM antes mencionada como se muestra en el ANEXO 6.

2.4.1. ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA

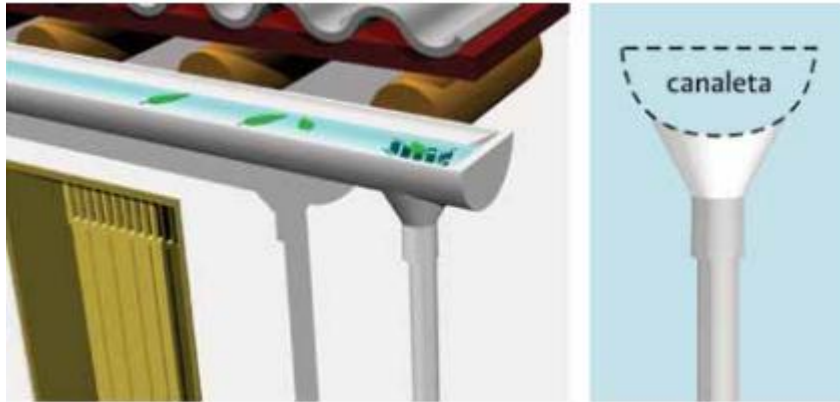
➤ Preparación de la Canaletas

Las canaletas deben tener al menos de 20 cm más de largo del que el techo de captación de agua en su lado más bajo, cada uno de los extremos de la canaleta tiene que estar cerradas para prevenir la salida del fluido.

Las uniones entre las canaletas deben ser selladas con silicón por la parte externa y solapar 10 cm.

La posición de las canaletas debe encontrarse cercanas al perfil del techo, para de esta manera evitar que el fluido salpique o caiga fuera de la canaleta.

En la sección más baja del techo se perfora un agujero del tamaño de la boca del embudo, así como también se coloca una malla que se convierte en una trampa de sólidos y evita el ingreso de animales (ratones, insectos) a la tubería.

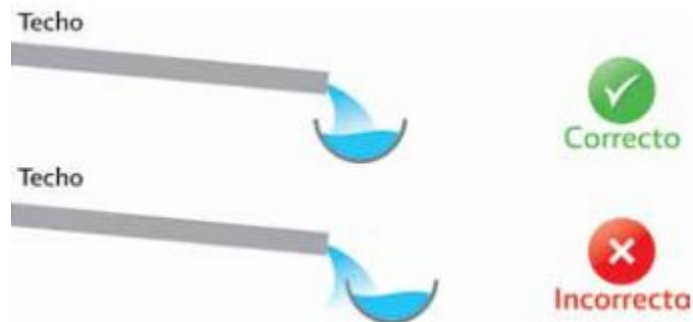


FUENTE: Domínguez, Alejandra

Fig. 13. Trampa de sólidos en la canaleta y embudo recortado

➤ **Instalación de Canaletas**

Las canaletas deben estar ensambladas al techo, a la pared o a la viga más cercana mediante abrazaderas de manera de que exista en el techo una abertura de al menos 5 cm al interior de a canaleta como se muestra en la Fig. 14.

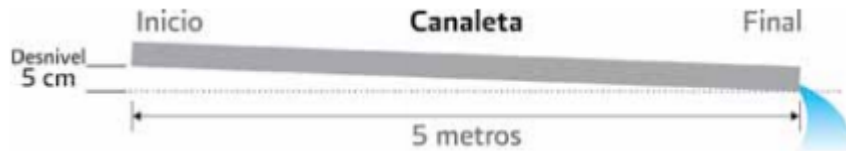


FUENTE: Domínguez, Alejandra

Fig. 14. Posición de las canaletas respecto al alero del techo

Para que exista un correcto escurrimiento de la canaleta hacia el embudo se requiere una pendiente adecuada con una diferencia de altura de 1 cm por cada metro de longitud

entre la parte más alta y baja de la canaleta al momento de ser ensamblada. Es decir que una canaleta de 5 m de longitud posee un desnivel de 5 cm. Como se muestra en la Fig. 15.



FUENTE: Domínguez, Alejandra

Fig. 15. Inclinación de la canaleta

➤ **Instalación de la Bajante**

Los tubos de la bajante deben estar totalmente sellados con silicón para que se empate con el embudo y así evitar fugas de agua, para fijar el tubo de las bajantes se sostiene con abrazaderas.

Las conexiones de la bajante hacia el tanque de almacenamiento se realiza mediante tubería PVC y los accesorios necesarios serán de acuerdo al diseño.

➤ **Instalación del Equipo de Ósmosis Inversa**

El equipo de ósmosis inversa- desionización debe estar instalado debajo de un fregadero conectado mediante una tubería de $\frac{3}{4}$ " hacia el sistema de almacenamiento de agua.

CAPÍTULO III

DISEÑO

3. CÁLCULOS DE INGENIERÍA

3.1. CÁLCULOS

3.1.1. INTENSIDAD DE LA LLUVIA

Para el cálculo de la intensidad se empleó la Ecuación 1.

$$I = A (t + C)^B$$

$$I = 502.345 m^2 (10 + 4.9)^{-0.822396}$$

$$I = 54.47 \frac{mm}{h} = \frac{L}{m^2 h}$$

3.1.2. CÁLCULO DEL ÁREA DE CAPTACIÓN DE LOS LABORATORIOS

El área total de la infraestructura de captación se calcula mediante la Ecuación 4.

$$A_{ec} = b * h$$

$$A_{ec} = 28.60 m * 13.04 m$$

$$A_{ec} = 372.94 m^2$$

El área de aprovechamiento para captar el agua lluvia se calcula mediante la ecuación antes mencionada dividida para 2 debido a la estructura a dos aguas del techo.

$$A_{ec} = \frac{b * h}{2}$$

$$A_{ec} = \frac{28.60 \text{ m} * 13.04 \text{ m}}{2}$$

$$A_{ec} = 186.74 \text{ m}^2$$



FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Fig. 16. Área de Captación del Sistema

3.1.3. CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño se utilizó la Ecuación 2.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q = 1 * 54.47 \frac{L}{m^2s} * 186.74 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.83 \frac{L}{s}$$

3.1.4. CAUDAL DE CONSUMO

Para el cálculo del caudal de consumo se utilizó la demanda de agua tipo II que se expresa en el gráfico de barras 3, en la determinación de la quinta semana de máximo consumo de agua tipo II.

$$Q_{\text{máx de consumo}} = Q_{\text{demanda}} * N^{\circ} \text{ de días}$$

$$Q_{\text{máx de consumo}} = 36.53 \text{ L} * 5 \text{ días}$$

$$Q_{\text{máx de consumo}} = 7.31 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

3.1.5. CÁLCULO DE LA DEMANDA ANUAL

Para la determinación de la demanda anual se empleara la siguiente expresión matemática como se indica en la Ecuación 3.

$$D_{\text{anual}} = \sum_{j=1}^{12} D_j$$

$$D_{\text{anual}} = \sum_{j=1}^{12} 36.55 \text{ L}_{5\text{días}}$$

$$D_{\text{anual}} = \frac{36.55 \text{ L}}{5 \text{ días}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 2668.15 \frac{\text{L}}{\text{año}}$$

3.1.6. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para el diseño del volumen de almacenamiento se empleó la Ecuación 6.

$$Valm. = Q_{max \text{ de consumo}} * tr$$

$$Valm. = 7.31 \frac{L}{día} * 35 \text{ días}$$

$$Valm. = 255.85 L$$

Debido a que comercialmente no se encuentra un tanque de reserva de este volumen se toma mediante el factor de seguridad al 99 % un tanque para almacenar un volumen de 550 L.

Para el cálculo del tiempo de reserva se tiene la Ecuación 7.

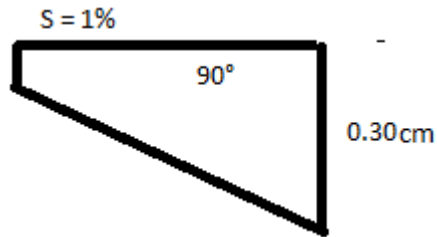
$$tr = \frac{Valm.}{Q_{max}}$$

$$tr = \frac{255.85 L}{7.31 \frac{L}{día}}$$

$$tr = 35 \text{ días}$$

3.1.7. CÁLCULO DE LA PENDIENTE

En el Plan Maestro de la Ciudad de Riobamba se determina el cálculo de la pendiente mediante la Ecuación 13.



$n = 0.01$

3.1.8. CÁLCULO DE LAS BAJANTES

Para el cálculo de las bajantes se utilizó la Ecuación 14.

$$\phi = \left(\frac{Q}{0.0992126} \right)^{3/8}$$

$$\phi = \left(\frac{2.83 \frac{L}{s}}{0.0992126} \right)^{3/8}$$

$$\phi = 3.51''$$

$$\phi = 3.51'' * \frac{25.4 \text{ mm}}{1''} = 89.00 \text{ mm}$$

$$\phi = 89.00 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm}$$

3.1.9. ESTIMACIÓN DE CANALETAS PARA COLECCIÓN Y CONDUCCIÓN

El software hidráulico de diseño HCANALES nos permitió simular el diseño de canales calculando factores como el tirante normal, el tirante crítico, el resalto hidráulico, curva de

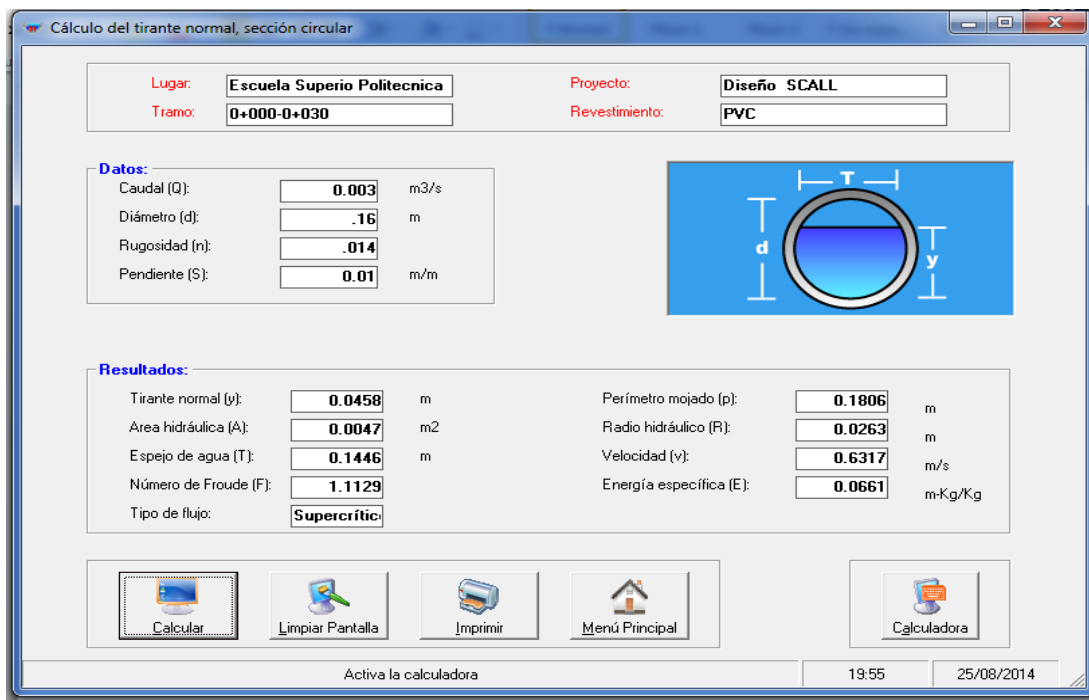
remanso, la pendiente, ancho de solera, coeficiente de rugosidad, el diámetro de la tubería a emplearse en el diseño del sistema.

Para obtener los cálculos mediante el software HCANALES se tomó como dato principal

el $Q = 2.83 \frac{L}{s}$.

$$Q = 2.83 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000 L}$$

$$Q = 0.003 \frac{m^3}{s}$$



FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.
Fig. 17. Diseño Hidráulico de la Canaleta

3.1.10. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se empleó la Ecuación 17.

$$h = 0.0826 * f \left(\frac{Q^2}{D^5} \right) * L$$

$$Q = 7.31 \frac{L}{\text{día}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 L} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}}$$

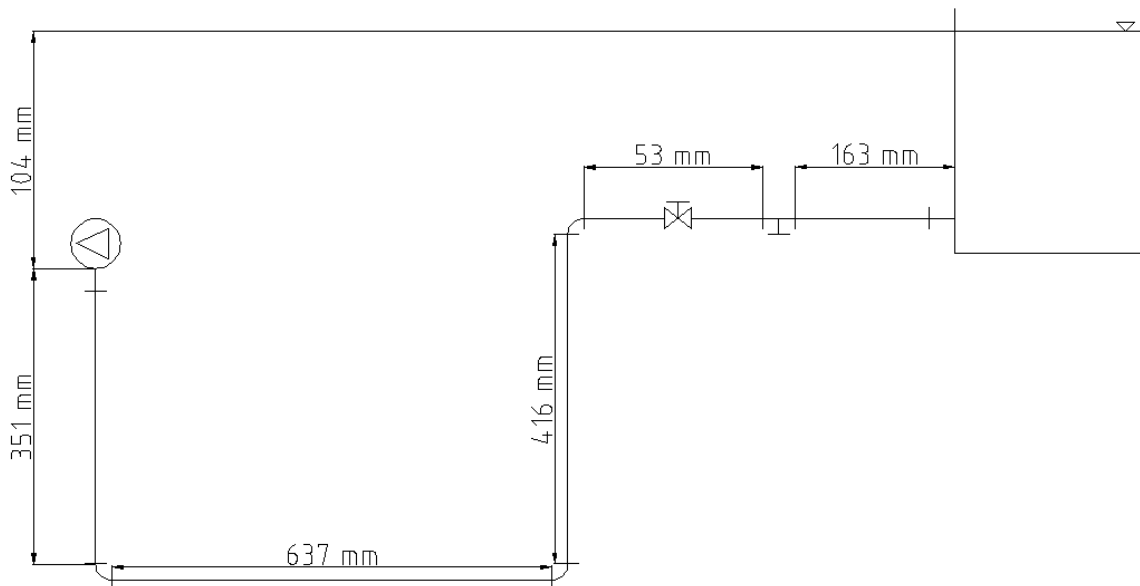
$$Q = 8.4 * 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ pulgada} = 0.0254 \text{ m}$$

$$h = 0.0826 * 0.015 \left(\frac{(8.4 * 10^{-8})^2 \text{ m}^3/\text{s}}{(0.0254 \text{ m})^5} \right) * 1.20 \text{ m}$$

$$h = 9.99 * 10^{-11} \text{ m}$$

3.1.11. SELECCIÓN DE LA BOMBA



FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Graf. 4. Diagrama del diseño para la selección de la Bomba

- **Rugosidad absoluta en la tubería de PVC**

Se determinó el valor de la rugosidad absoluta del material a ser utilizado en el sistema como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Rugosidad absoluta (k_s) para diferentes materiales utilizados en la fabricación de tuberías

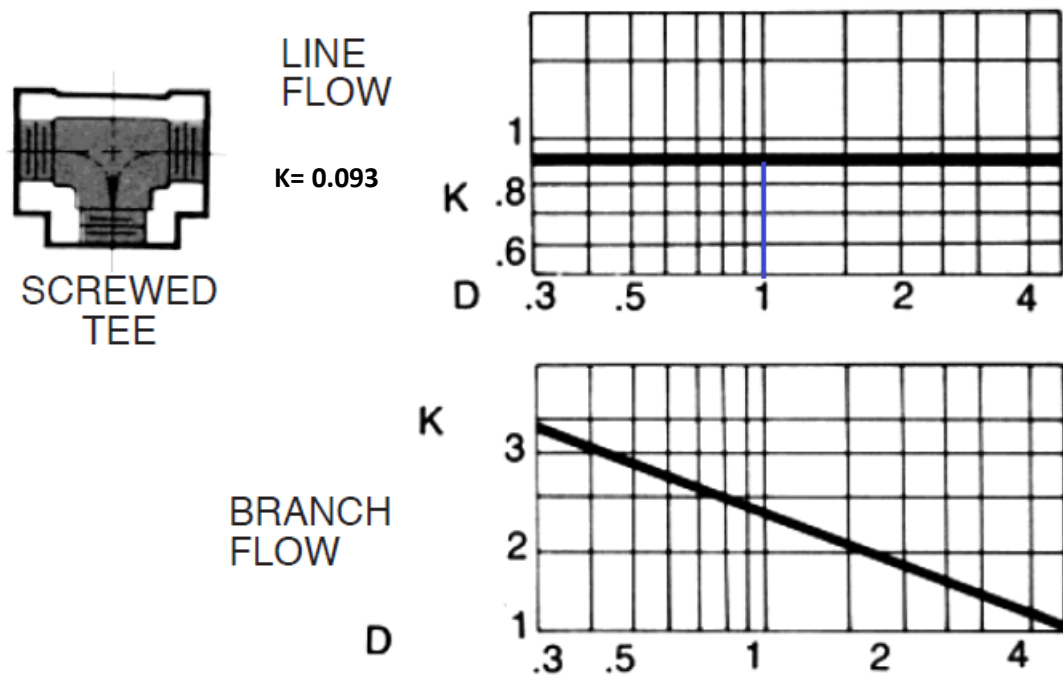
Material	K_s(mm)
Vidrio	0.0003
PVC,CPVC	0.0015
Asbesto cemento	0.03
GRP	0.03
Acero	0.046
Hierro forjado	0.06
CCP	0.12
Hierro fundido asfaltado	0.12
Hierro galvanizado	0.15
Arcilla vitrificada	0.15
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil	0.25
Madera cepillada	0.18 - 0.9
Concreto	0.3 - 3.0
Acero bridado	0.9 – 9

FUENTE: MOTT, Robert. Mecánica de Fluidos

3.1.12. CÁLCULO DE ACCESORIOS

Se calculó los coeficientes para los diferentes accesorios que se emplearon en el diseño, que sirven para la determinar las pérdidas por fricción.

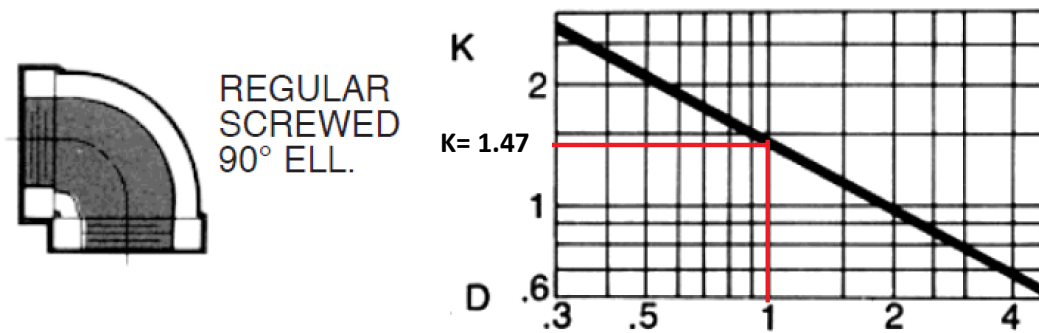
- **Coeficiente de pérdidas en Acople Te**



FUENTE: Section TECH-C-2 Centrifugal Pump Fundamentals, Gould's Pumps An ITT Industries Fluid Company.

Graf. 5. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Te)

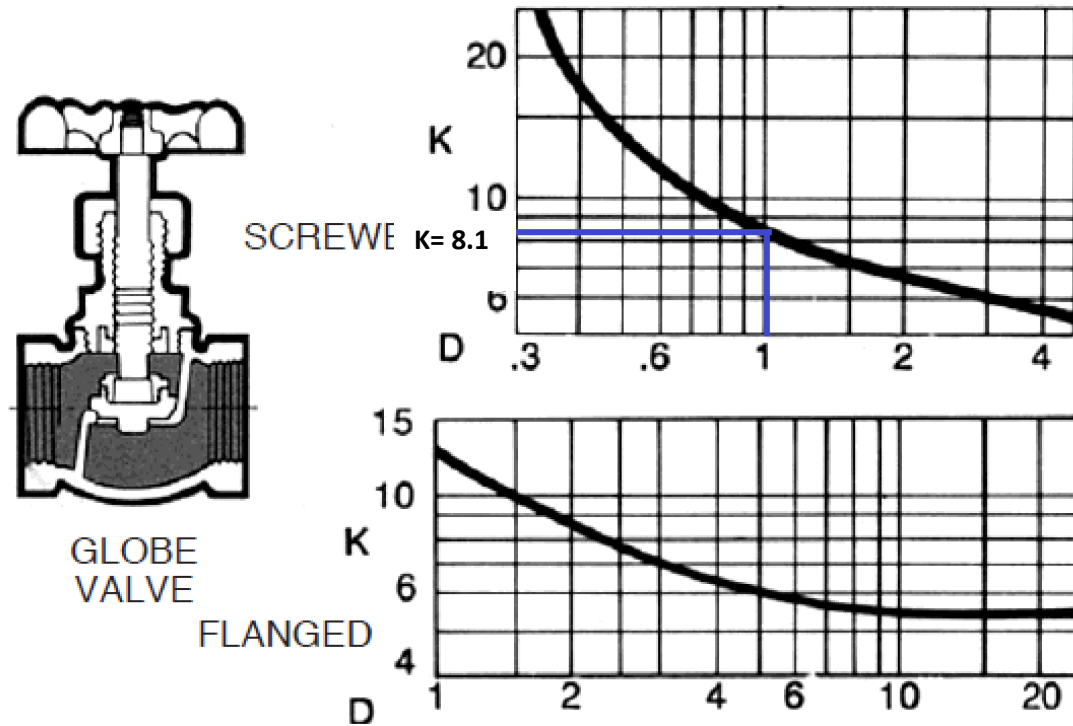
- **Coeficiente de pérdidas en Codo a 90°**



FUENTE: Section TECH-C-2 Centrifugal Pump Fundamentals, Gould's Pumps An ITT Industries Fluid Company.

Graf. 6. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Codo 90°)

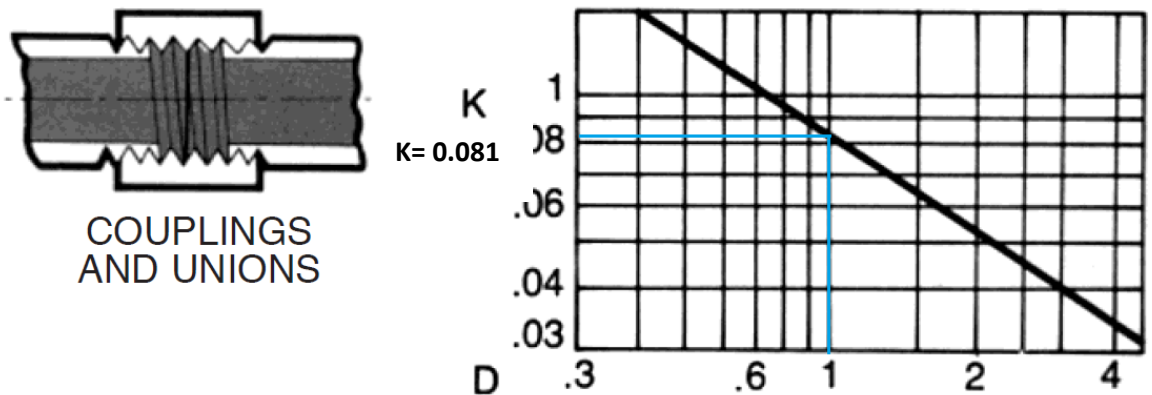
- Coeficiente de pérdidas en la Válvula de Globo



FUENTE: Section TECH-C-2 Centrifugal Pump Fundamentals, Gould's Pumps An ITT Industries Fluid Company.

Graf. 7. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Válvula de globo)

- Coeficiente de pérdidas en la Unión Roscada



FUENTE: Section TECH-C-2 Centrifugal Pump Fundamentals, Gould's Pumps An ITT Industries Fluid Company.

Graf. 8. Coeficiente de Resistencia para Válvulas y Conexiones (Unión Roscada)

Para el cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$K_t = K * N^{\circ} \text{ de accesorios}$$

$$K_t = 0.081 * 3$$

$$K_t = 0.243$$

Tabla 35. Cálculo de Accesorios

Accesorios					
Diámetro (in)	Elementos	N°	K	Kt	ΣK
1	Unión Roscada	3	0.081	0.243	13.683
	V. Globo	1	8.1	8.1	
	Codos 90° Regular	3	1.47	4.41	
	Acople T	1	0.93	0.93	

FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Debido a la disposición de la tubería y para facilitar el montaje, desmontaje y mantenimiento de las instalaciones se ha de colocar un total de 3 uniones roscadas.

3.1.13. CÁLCULO DE FRICCIÓN

Viscosidad cinemática del agua a 17°C.

En la Tabla 36 se muestra la determinación de la viscosidad cinemática a una temperatura ambiente de 17 °C.

Tabla 36. Viscosidad cinemática del agua

Temperatura (°C)	Peso específico g (kN/m ³)	Densidad r (kg/m ³)	Viscosidad dinámica μ (Pa·s) σ (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	$1.75 \cdot 10^{-3}$	$1.75 \cdot 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \cdot 10^{-3}$	$1.52 \cdot 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \cdot 10^{-3}$	$1.30 \cdot 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \cdot 10^{-3}$	$1.15 \cdot 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \cdot 10^{-3}$	$1.02 \cdot 10^{-6}$

FUENTE: MOTT, Robert. Mecánica de Fluidos

Se procedió a interpolar los datos señalados en la tabla antes mencionada para obtener un valor más exacto.

$$\frac{x - 1.15 \cdot 10^{-6}}{17 - 15} = \frac{1.15 \cdot 10^{-6} - 1.02 \cdot 10^{-6}}{5 - 20}$$

$$x = 1.098 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

3.1.14. ALTURA TOTAL ÚTIL O EFECTIVA

- **CABEZA ESTÁTICA DE SUCCIÓN**

Se determina mediante la Ecuación 19.

$$0.454 \text{ G.P.M} * \frac{6.3 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ G.P.M}} = 2.86 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{hs} = -\text{hes} + \text{hvs} + \text{Hrs} - \text{hpms}$$

$$\mathbf{hpms} = 10.77 \text{ psi} = 7.5723 \text{ m. c. a.}$$

$$\mathbf{hs} = -(0.104 \text{ m. c. a} + 0.0003 \text{ m. c. a} + 0.0050 \text{ m}) - (7.572 \text{ m. c. a})$$

$$\mathbf{hs} = -7.671 \text{ m. c. a}$$

3.1.14.1. CABEZA DINÁMICA DE SUCCIÓN

Se determinó mediante la Ecuación 20.

$$\mathbf{Vs} = \frac{4Q}{\pi * \emptyset^2} \text{ m/s}$$

$$\mathbf{Vs} = \frac{4 * 2.86 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.022 \text{ m})^2}$$

$$\mathbf{Vs} = 0.074 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{hvs} = \frac{Vs^2}{2g} \text{ m. c. a.}$$

$$\mathbf{hvs} = \frac{(0.074 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9.8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$\mathbf{hvs} = 0.0003 \text{ m. c. a.}$$

3.1.14.2. PÉRDIDA DE CARGA EN LA SUCCIÓN

Para el cálculo de las pérdidas de carga se empleó la Ecuación 21.

$$Hrs = \frac{Vs^2}{2g} * \left(\lambda * \frac{L}{\phi} + \Sigma K \right) m$$

$$Hrs = \frac{(0.074 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.8 \frac{m^2}{s}} * \left(5.68x 10^{-2} * \frac{1.5 m}{0.022m} + 13.68 \right)$$

$$Hrs = 0.005 m$$

Se determinó el Número de Reynolds mediante la ecuación 22.

$$Re = \frac{Vs * \phi}{\nu_{cinemática}}$$

$$22.2 \text{ mm} * \frac{1m}{1000mm} = 0.0222 m$$

$$Re = \frac{0.074m/s * 0.0222 m}{1.098x10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 1496.14$$

Se calculó el coeficiente de fricción mediante la ecuación 23.

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{k}{3.7 * \phi} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.015 \text{ mm}}{3.7 * 0.022 \text{ m}} + \frac{5.74}{1496.14^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 5.68 \times 10^{-2}$$

- **EN LA DESCARGA**

3.1.15. CABEZA O COLUMNA DINÁMICA DE DESCARGA

Para el cálculo en la descarga se empleó la Ecuación 24.

$$\mathbf{hd} = \mathbf{hed} + \mathbf{hvd} + \mathbf{Hrd} \pm \mathbf{hpmd}$$

$$\mathbf{hpmd} = 0 \text{ m. c. a.}$$

$$\mathbf{hed} = 0 \text{ m. c. a.}$$

$$\mathbf{hd} = 0 \text{ m. c. a.}$$

3.1.16. ALTURA TOTAL ÚTIL O EFECTIVA

Se determinó la Altura Efectiva para el sistema mediante la Ecuación 18.

$$\mathbf{H} = \mathbf{hd} + \mathbf{hs}$$

$$\mathbf{H} = -7.6710 \text{ m. c. a.}$$

3.1.17. CÁLCULO DE LA NPSHd

El NPSH_{disponible} se calcula mediante la siguiente Ecuación 29.

$$(\text{NPSH})_d = \frac{P_i}{\gamma} + h_{es} - H_{rs} - \frac{P_v}{\gamma}$$

$$(\text{NPSH})_d = \frac{7.57 \text{ m. c. a}}{5.682 \times 10^{-2}} + 0.104 \text{ m. c. a} - 0.005 \text{ m. c. a} - \frac{0.1997 \text{ m. c. a}}{5.682 \times 10^{-2}}$$

$$(\text{NPSH})_d = 7.471 \text{ m. c. a}$$

3.1.18. SELECCIÓN DE LA BOMBA SEGÚN EL CATÁLOGO

- Presión de vapor del agua a 17°C.

El valor de presión se determinó mediante la interpolación de los datos señalados en la Tabla 37.

Tabla 37. Propiedades del Agua a varias Temperaturas

Temp. F	Temp. C	SPECIFIC GRAVITY 60 F Reference	Wt. in Lb/Cu Ft	Vapor Pressure Psi Abs	Vapor Pressure* Feet Abs. (At Temp.)
32	0	1.002	62.42	0.0885	0.204
40	4.4	1.001	62.42	0.1217	0.281
45	7.2	1.001	62.40	0.1471	0.340
50	10.0	1.001	62.38	0.1781	0.411
55	12.8	1.000	62.36	0.2141	0.494
60	15.6	1.000	62.34	0.2653	0.591
65	18.3	.999	62.31	0.3056	0.706
70	21.1	.999	62.27	0.3631	0.839
75	23.9	.998	62.24	0.4298	0.994
80	26.7	.998	62.19	0.5069	1.172

FUENTE: Section TECH-C-5 Centrifugal Pump Fundamentals, Gould's Pumps An ITT Industries Fluid Company.

Para determinar el valor exacto se ha procedido a interpolar con los datos señalados.

$$\frac{x - 0.2653}{17 - 15.6} = \frac{0.2653 - 0.3056}{15.6 - 18.6}$$

$$x = 0.2841 \text{ psia} = 0.1997 \text{ m. c. a.}$$

Con los cálculos obtenidos se selecciona la bomba mediante catálogos establecidos en el mercado y de esta manera se define la curva de eficiencia de la bomba.

La bomba ocupada en el sistema es la que se encuentra incluida en el equipo de ósmosis inversa – desionizador.

3.1.19. EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA – DESIONIZADOR



FUENTE: Purepro

Fig. 18. Equipo de Ósmosis Inversa RO101SV- Desionizador

Especificaciones del Equipo

- ✓ Membrana: 80 GPD / 302 LPD
- ✓ Con un transformador, disponible en 110Volt, 220 Volt o 240Volt (50/60).
- ✓ La aprobación de seguridad: TUV (EN60950) & MARCA CE
- ✓ Presión de funcionamiento: 5 - 80 psi
- ✓ Dimensiones: (cm) 37 (L) x 45 (H) x 20 (W) - Sistema de (cm) 28 (L) x 28 (W) x 35 (H) - Tanque
- ✓ Peso: 13 kg - Sistema
- ✓ kg - Tanque
- ✓ Filtro de lecho mixto: 80 L/día; Dimensiones: 2.5 x 10 cm (39).

3.2. RESULTADOS

Tabla 38. Resultado de la Intensidad a diferentes Tiempos de Retorno (Años)

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD					
Tiempo (min)	T(Años)	A	B	C	I
10	2	502.345	-0.822396	4.9	54.47
10	3	581.803	-0.826013	4.1	65.39
10	5	682.861	-0.831583	3.6	77.93
10	10	807.773	-0.836402	3.1	93.93

FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA ESPOCH, 2014.

Los resultados obtenidos del diseño y construcción del sistema se detallan a continuación en la Tabla 39.

Tabla 39. Resultados del Diseño y Construcción del Sistema

		PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
CAUDAL	INTENSIDAD	2 AÑOS	54.47	mm/h
	ÁREA	PARCIAL	186.74	m ²
		ACUMULADO	372.94	m ²
	CAUDAL DE DISEÑO	PARCIAL	2.83	L/s
		ACUMULADO	5.65	L/s
	CAUDAL DE CONSUMO		7.31	L/día
DEMANDA ANUAL		2668.15	L/año	
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	CAUDAL DE ALMACENAMIENTO		285.85	L
	TIEMPO DE RESERVA		35	días
	VOLUMEN		550	L
	ABERTURA PARTE SUPERIOR (D)		810	mm
	BASE DEL TANQUE (D1)		677	mm
	ALTURA DEL TANQUE (H)		720	mm
	Ø DE LA TAPA (D2)		850	mm
	ALTURA DE LA TAPA (H1)		138	mm
	Ø TUBERÍA DE ENTRADA		½	"
	Ø TUBERÍA DE SALIDA		1	"
	Ø TUBERÍA DE REBOSE		1	"
SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN	PENDIENTE (S)		1	%
	BAJANTES	Ø CALCULADO	89	mm
		Ø COMERCIAL	90	mm
CANALES	Ø DE LA TUBERÍA	160	mm	

SELECCIÓN DE LA BOMBA		RUGOSIDAD	0.015	mm
		TIRANTE NORMAL (y)	0.0458	m
		ÁREA HIDRÁULICA (A)	0.0047	m ²
		PERÍMETRO MOJADO (p)	0.18	m
		RADIO HIDRÁULICO	0.0263	m
		VELOCIDAD (v)	0.07	m/s
	TUBERÍA DEL SISTEMA	∅ TUBERÍA DE CANALETAS	160	mm
		LONGITUD DE LA TUBERIA DE DESAGUE	0.9	m
		LONGITUD DE LA TUBERIA DE ACOMETIDA	1.5	m
	CÁLCULOS TÉCNICOS	CABEZA ESTÁTICA DE SUCCIÓN	10.4	cm
		LONGITUD DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN	161.75	cm
		CABEZA O COLUMNA ESTÁTICA DE DESCARGA	0	m
		LONGITUD DE LA TUBERÍA DE DESCARGA	0	m
		ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA INSTALACIÓN	2750	m.s.n.m.
		EL TANQUE DE SUCCIÓN TRABAJA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA	10.77	psi
EL TANQUE DE DESCARGA TRABAJA A UNA PRESIÓN			atm	
CAUDAL DE BOMBEO		2	L.P.M.	
TEMPERATURA DEL FLUÍDO		17	°C	
VISCOSIDAD		$1.098 \cdot 10^{-6}$	(m ² /s)	
RUGOSIDAD TUBERÍA DE PVC		0.0015	mm	
NÚMERO DE REYNOLDS		1496.14		

TRATAMIENTO DE PURIFICACIÓN		VELOCIDAD DE SUCCIÓN	0.07	m/s
		COLUMNA ESTÁTICA DE SUCCIÓN	-7.67	m.c.a
		COLUMNA DINÁMICA DE DESCARGA	0	m.c.a
		ALTURA ÚTIL EFECTIVA	-7.67	m.c.a
		NPSHd	7.47	m.c.a
	BOMBA	PRESIÓN REQUERIDA	125	psi
	EQUIPO ÓSMOSIS INVERSA	CAPACIDAD	80	L/día
	DESIONIZACIÓN	CAPACIDAD	80	L/día

FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA ESPOCH, 2014.

3.2.1. CARACTERIZACIÓN DE AGUA LLUVIA PREVIA AL TRATAMIENTO

Se realizó la caracterización de agua lluvia para determinar el tipo de agua; mediante los análisis establecidos comparando parámetros de calidad mediante métodos y técnicas específicas, se determinó que el agua posee propiedades físico químicas con valores altos para el proyecto. Como se muestra en el ANEXO 4.

Mediante el análisis de agua lluvia recolectada en los techos de los laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la ESPOCH, se observó que los análisis microbiológicos tienen un alto grado de contaminación debido a la presencia de animales que se encuentran en la zona de captación. Los parámetros a controlar en el proyecto es la Conductividad (46 μ Siemens/cm); Cloro (4.3 mg/L). En cuanto a los parámetros microbiológicos se obtuvieron valores en Coliformes Totales (484 UFC/1000 mL) y en Coliformes Fecales (1 UFC/1000 mL).

Los resultados de los análisis presentan características adecuadas para el tratamiento de ósmosis inversa pero no satisface los requerimientos para el objetivo del proyecto por lo que se agregó un desionizador de lecho mixto para obtener agua tipo II para laboratorios.

3.2.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Se realizó el diseño de cada uno de los componentes del sistema SCALL que está construido por un sistema de captación, conducción, filtración, almacenamiento, proceso de purificación (ósmosis - desionización).

Para establecer el diseño se procedió a determinar el lugar estratégico donde se va a implementar el sistema de captación, para esto se reconoció la zona donde están ubicados los laboratorios de Bromatología y Bioquímica, de acuerdo a la estructura de los laboratorios se identificó el material del techo que se posee, obteniendo el coeficiente de escurrimiento que varía entre 0.90 a 1 dependiendo del tipo de material.

Posteriormente se determinó el área total de captación de acuerdo a las dimensiones de los laboratorios siendo de 372.94 m², teniendo un área efectiva de captación de acuerdo a la precipitación promedio obtenida de 54.47 mm/h en la zona de estudio con un periodo de retorno de 2 años tomando en cuenta que este periodo tiene las características más desfavorables respecto a la intensidad, pero suficiente para abastecer al área total de captación, para el proyecto realizado se tomó como área real de captación 186.74 m².

La cantidad de agua necesaria se obtuvo mediante el cálculo de la demanda de agua tipo II por semana de acuerdo al gasto en cada una de las prácticas realizadas en los laboratorios, en la quinta semana se identificó el mayor consumo de agua tipo II de 36.53 L/semana.

El diseño de conducción se basó en la geometría del techo ya que sus dimensiones son similares en los dos extremos, instalándose canaletas de tubería PVC estas se encuentran en un mismo punto de recolección con una pendiente del 1 % .

El agua captada baja por una tubería de PVC de 160 mm distribuyéndose con un caudal de diseño de 0.003 m³/s se colocó un filtro de rejillas y desagüe para evitar obstrucciones del fluido hasta llegar al tanque de almacenamiento.

Para dimensionar el tanque de almacenamiento se utilizó el caudal de 7.31 L/día calculado de acuerdo a la demanda de agua tipo II en los laboratorios, caudal que fluye por los componentes del sistema.

Se realizó el cálculo necesario para la conducción del fluido a través de la tubería desde el tanque de almacenamiento hacia la bomba del equipo, determinándose las pérdidas por fricción en la succión y descarga del sistema, siendo estos valores mínimos debido a la instalación del sistema de almacenamiento hacia el sistema de distribución creándose un diagrama lineal, evitando al máximo la cavitación de la bomba.

Al ingresar el fluido al equipo de ósmosis inversa- desionización y pasar por la etapas de purificación se pudo comprobar que el agua tratada en la salida se redujo en un 95 % del total de sólidos disueltos, un 99 % de todos los materiales orgánicos, 99 % de Cloro, olores desagradables, sedimentos y 99 % de todos los microorganismos. Así cumpliendo con los parámetros establecidos por la Norma ASTM para agua tipo II requerida para laboratorios. Obteniendo agua apta para la utilización en las prácticas estudiantiles realizadas en los laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias.

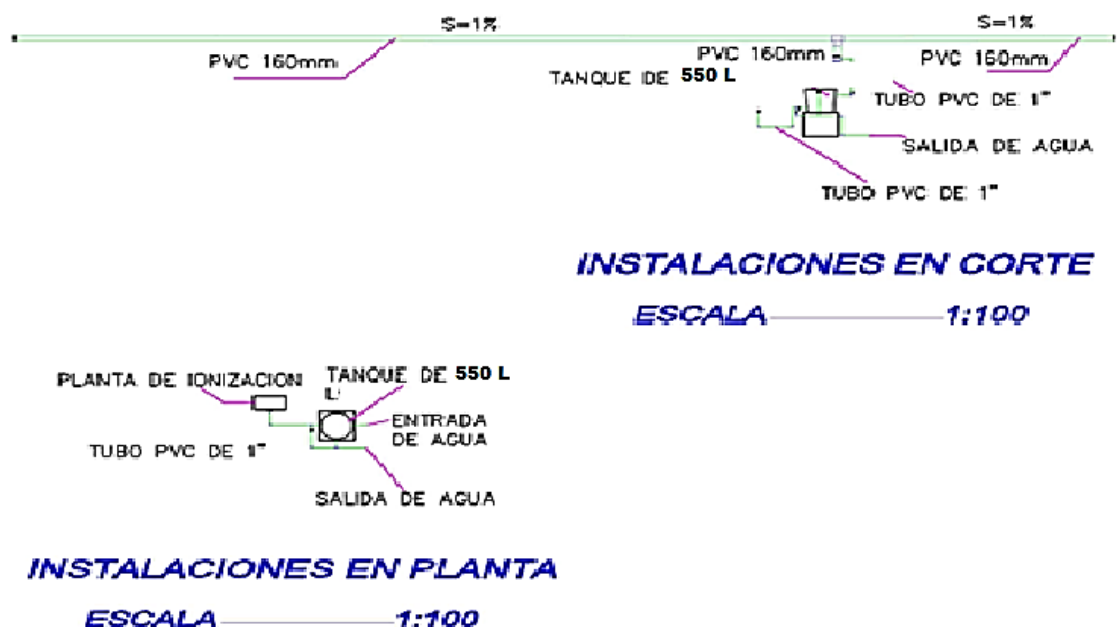
3.2.3. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA OBTENIDA

Se trató el agua lluvia mediante los equipos de purificación (ósmosis inversa – desionización) para obtener agua tipo II, se pudo identificar que después de los análisis practicados al agua obtenida del sistema se logró reducir del 98 al 99 % todos los

parámetros físico químicos y microbiológicos teniendo como resultado una Conductividad (1μ Siemens/cm); parámetro que se debe controlar al máximo y minuciosamente, así como los parámetros Microbiológicos (10/100 mL), establecidos según la Norma ASTM para obtener agua de calidad tipo II. Como se muestra en el ANEXO VI.

3.3. PROPUESTA

Se propone captar el agua lluvia en los techos de los laboratorios de Bromatología y Bioquímica de la Facultad de Ciencias, mediante un sistema de conducción y almacenamiento del agua lluvia, para posteriormente darle un tratamiento de ósmosis inversa desionización para ser utilizada como agua tipo II en las prácticas estudiantiles. Se realizó en base a los cálculos obtenidos los planos del sistema de captación mediante el software de AUTOCAD como se muestra en la Fig. 19.



FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGIA Y BIOQUIMICA ESPOCH, 2014.

Fig. 19. Planos del Sistema de Captación y Tratamiento

3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se determinó las dimensiones del área efectiva de captación siendo de 186.74 m² debido a que la intensidad de lluvia en la zona es alta, por lo que se escogió solamente utilizar la mitad del área total de los laboratorios.

La intensidad promedio determinada en la zona de estudio es de 54.47 mm/h, de acuerdo a los estudios realizados en el Plan Maestro de la Ciudad de Riobamba, por lo que la **intensidad promedio es alta y adecuada para el desarrollo del proyecto.**

Se obtiene un caudal de intensidad de lluvia alto en la zona de estudio, por lo que se consideró utilizar el caudal de consumo de 7.31 L/día requerido en las prácticas de los laboratorios.

La conductividad eléctrica es uno de los parámetros importantes a controlar en el proyecto, el cual inicialmente fue de 46 μ Siemens/cm, después del tratamiento se llegó a obtener un valor de < 1 μ Siemens/cm para agua analítica tipo II.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se determinó los caudales de intensidad de lluvia y el caudal de consumo requerido para el sistema de 7.31 L/día.
- Se dimensionó el sistema de captación y conducción que cuenta con una tubería de PVC de 160 mm, con un filtro que intercepta las primeras aguas y un desagüe, el material del techo es de fibrocemento.
- El tanque de almacenamiento del sistema es de polietileno de 550 L de capacidad con un sistema de sifón, la longitud desde el tanque hacia la entrada de la bomba del equipo es de 1.65 m.
- Se seleccionó el tratamiento de purificación idóneo para el sistema de ósmosis inversa- desionización.
- Se caracterizó con los análisis físico- químicos y microbiológicos del agua lluvia recolectada, obteniéndose valores altos como: Conductividad (46 μ Siemens/cm); Cloro (4.3 mg/L). En cuanto a los parámetros microbiológicos se obtuvieron valores en Coliformes Totales (484 UFC/1000 mL) y en Coliformes Fecales (1 UFC/1000 mL).

- El agua lluvia tratada mediante (ósmosis inversa – desionización) dio como resultado una Conductividad de (1 μ Siemens/cm); Cloro (3 mg/L); y Microbiológicos (10/100 mL).
- Se dotó de agua tipo II según la Norma ASTM D1193 - 99 a los laboratorios de Bromatología y Bioquímica.

4.2. RECOMENDACIONES

- Para obtener mejores resultados en la implementación de un sistema de captación de agua lluvia es conveniente determinar en primera instancia la ubicación del proyecto, las características del agua y verificar si la precipitación cumple con la demanda de agua que se requiere para el proyecto.
- Al momento de construir se debe tomar en cuenta que tipo de materiales se emplea en el proyecto se aconseja poner tubería PVC debido a las ventajas en sus propiedades hidráulicas, ya que otros tipos de materiales como tubería galvanizada, hierro fundido u otros materiales provocan corrosión.
- Para controlar el parámetro de conductividad se recomienda implementar un medidor de conductividad en línea doble para monitorear el agua de entrada y de salida.
- Para un abastecimiento continuo del sistema en meses que no exista mayor cantidad de lluvia y el consumo en los laboratorios sea mayor se aconseja realizar una conexión de la red de agua potable más cercanas a la tubería implementada en el sistema, previo a los análisis físico químicos y microbiológicos del agua potable o fuente a ingresar al sistema.
- Este estudio constituye un aporte investigativo amigable con el ambiente que reutiliza y purifica el recurso agua y la implementación del mismo contribuye a suministrar agua de calidad tipo II para las prácticas del sector estudiantil.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **PRIETO, J.**, EL AGUA SUS FORMAS, EFECTOS, ABASTECIMIENTOS, USOS DAÑOS Y CONTROL., 2 a ed., Colombia-Bogotá., ecoediciones., 2004., pp 51
- 2.- **BARONE, L.**, EL MUNDO DE LA QUÍMICA., Curso Teórico Práctico., Tomo I., España-Barcelona., Océano., pp 7-9.
- 3.- **JIMENÉZ, J.**, EL CICLO HIDROLÓGICO Y EL HOMBRE: HACIA UN USO SOSTENIBLE DEL AGUA., Costa Rica- San José., 1994., pp 124-150.
- 4.- **MADEREY, L.**, PRINCIPIOS DE HIDROGEOGRAFÍA: ESTUDIO DEL CICLO HIDROLÓGICO., 1 a ed., México DF-Mexico., 2005., pp 75-82.
- 5.- **PÉREZ, S.**, MANUAL DE PRÁCTICAS SOBRE INSTRUMENTAL AGROMETEREOLÓGICA., 1 a ed., Ecuador-Riobamba., 2006., pp 13-14.
- 6.- **RADULOVICH, R.**, CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN EL HOGAR RURAL., 1 a ed., Costa Rica- San José., 1994., pp 125-170.
- 7.- **CABALLERO, T.**, CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA Y ALMACENAMIENTO EN TANQUES DE FERROCEMENTO., 1 a ed., México DF-México., 2006., pp 72-75.
- 8.- **CORBITT, R.**, MANUAL DE REFERENCIA DE LA INGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL., MC., 1 a ed., España- Madrid., pp 72-75.

9.- RODRIGUEZ, L., ESTUDIO DE LLUVIAS INTENSAS., 1 a ed., Ecuador -Quito., 1999., pp 5-6.

10.- MOTT, R., MECÁNICA DE FLUIDOS., 6 a ed., México DF-México., 2006., pp 226-382.

11.- OSORNIO, J., CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA., 1 a ed., México DF-México., 2012., pp 76

12.- ANAYA, M., SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMÉSTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE., 1 a ed., República Dominicana., 2010., pp 35-37.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

13.- ANTECEDENTES

- <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html.pdf>
[2013/10/28]
- <http://www.ambiente.gob.ec/>
[2013/11/05]

14.- PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS DEL AGUA

- <http://lilianafaguaath.blogia.com/.php>
[2014/01/15]

15.- CICLO HIDROLÓGICO

- <http://www.acepesa.org/media/documentos/.pdf>
[2014/01/25]

16.- PRECIPITACIÓN

- <http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>
[2014/02/05]
- <http://meteoyelectronica.blogspot.com>.
[2014/02/05]

17.- MEDIDAS DE LA PRECIPITACIÓN

- <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/.html>
[2014/02/08]

18.- LLUVIA; VIENTO

- <http://es.scribd.com/doc/168338553/VIENTO>
[2014/03/12]

19.- TIPOS DE LLUVIA

- www.slideshare.net/mebernardi/hidrologia-15155815
[2014/03/15]

20.- CARACTERISTICAS DEL AGUA POTABLE

- <http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing.pdf>
[2014/03/23]

21.- PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DEL AGUA

- <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>
[2014/04/04]

22.- CALIDAD DE AGUA LLUVIA

- <http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/>
[2014/04/27]

23.- PLUVIOMETRIA

- <http://es.tiching.com/link/70695>
[2014/05/12]

24.- PLUVIÓMETRO

- <http://foro.tiempo.com/observacion-de-las-precipitaciones.html>
[2014/05/16]

25.- TIPOS DE PLUVIÓMETROS

- <http://www.pluviometro.com/temasdivul/plugral.html>
[2014/05/16]

- <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/.html>
[2014/05/17]

26.- DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACION

- <http://biotu.org/download/ecoaldea/bioconstruccion/Manual%20de%20Captacion%20Agua%20Lluvia.pdf>
[2014/05/19]

27.- TANQUES DE ALMACENAMIENTO

- <http://hidropluviales.com/?p=621>
[2014/06/07]

28.- OSMOSIS INVERSA

- <http://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis-agua>
[2014/06/12]

29.- EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA

- <http://www.erhaprestige.com>
[2014/06/25]

30.- NORMAS ASTM

- AN AMERICAN NATIONAL STANDARD FEDERAL TEST METHOD N°.7916, INTERNATIONAL.
[2014/06/30]

31.- TRATAMIENTO DE AGUA

- MEJIA, María del Carmen., Exposición Tratamientos de Purificación de Agua.
[2014/07/07]

32.- IDF

- <http://eias.usalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b.IDF.pdf>
[2014/07/12]

33.- PLAN MAESTRO

- EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO RIOBAMBA DIRECCION DE INGENIERIA “JEFATURA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS”, PLAN MAESTRO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA., Términos y Referencias 2010.
[2014/08/08]

34.- MÉTODO RACIONAL

- <http://repositori.udl.cat/>
[2014/08/14]

35.- NPSH

- <http://www.novatec.cr/Utilitarios/Bombas/NPSH.pdf>
[2014/08/14]

36.- CEPIS

- <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/i.pdf>
[2014/08/17]

37.- ANUARIO

- <http://186.42.174.231/publicaciones/Anuarios/Meteoro/2010.pdf>
[2014/08/23]

ANEXOS

ANEXO 1. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA LLUVIA MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA – DESIONIZACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BÍOQUIMICA DE LA ESPOCH.

El sistema de recolección de agua lluvia debe tener un previo mantenimiento cuando se pronostica que va iniciar la temporada de lluvias en general unos días antes.

Para empezar con el mantenimiento del sistema, se debe revisar cada uno de los componentes que conforman el sistema, controlando la limpieza del techo o área de captación, verificar el sifón de desagüe si se encuentra con sedimentos, percatarse de que los filtros estén libres de residuos, revisar la tubería, canaletas todo esto con el propósito de que no exista alguna obstrucción en el sistema o se desparrame el líquido antes de llegar al depósito final, si existe acumulación de residuos en las mallas, se debe retirar con precaución para evitar la fuga x ductos.

Se debe tener una limpieza continua para así evitar la alteración en la calidad del agua, también se deberá revisar que en estas áreas no se tengan grietas o filtraciones, para evitar pérdidas de agua y daños a los laboratorios.

Limpieza del Sistema

- Limpiar la superficie donde el agua será captada.
- Limpiar los canales y tuberías y los rebosaderos de las cisternas.
- Limpieza del tanque de almacenamiento por lo menos una vez al año.

Monitoreo y mantenimiento del Sistema

- Monitorear los niveles de agua del tanque.
- Reparar posibles goteras que aparezcan durante la temporada de lluvia en techos con materiales adecuados no contaminantes.
- Monitorear periódicamente que el agua fluya sin problemas por los canales o tuberías, reparando posibles daños en ellas.
- Revisar periódicamente los pre-filtros (mallas o coladeras que retienen hojas y sólidos mayores), limpiar o cambiar los filtros para el tratamiento del agua, con la regularidad que el fabricante propone, o la que requiera según las condiciones y la experiencia particulares.

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA – DESIONIZADOR

Arranque:

Para poder arrancar el equipo debemos cuidar que todos los parámetros queden en el rango preestablecido, ver hoja de especificaciones y de bitácora del equipo.

El procedimiento inicial de arranque, será el siguiente:

1. Revisar que estén abiertas las válvulas de: salida de tanque de lavados, salida de tanque de entrada, entrada de bomba de alimentación, entrada a tanques de lavado y de producto, las entradas y las salidas en cada envase de las membranas que estén en operación.
2. Revisar que estén cerradas las válvulas de: monitoreo de calidad de agua.

3. La válvula de recirculación de la bomba de ósmosis no debe moverse si está bien calibrada, si no se sabe entonces se debe cerrar a la mitad para calibrar en el proceso de funcionamiento.

4. Las dos válvulas de ajuste de acero inoxidable (Recirculación y Concentrado) NUNCA deben cerrarse completamente pues las membranas se dañan de inmediato. La de Recirculación dejarla abierta totalmente. La de Concentrado debe estar abierta al arrancar y cerrar lentamente hasta alcanzar la presión deseada para las membranas, en operación normal esta válvula se deja en una posición y no se toca.

SISTEMA AUTOMATICO

5. Colocar en AUTOMATICO los cinco interruptores de la caja de control.

6. Revisar alimentación del equipo.

7. Se cierra el tablero y se energiza el botón ROJO de encendido.

8. Automáticamente se abre la válvula de purga y a los 10 segundos después se enciende la bomba de ósmosis; es importante que se observe que el agua debe FLUIR por lo medidores de flujo indicando que no se dejó una válvula en una mala posición.

9. Conviene observar por un momento hasta que se cierra la válvula de purgas. Se registran los datos de las condiciones de operación en la hoja de la bitácora.

Calibración:

1. Una vez que fluye el agua de entrada hay que esperar uno o dos minutos para que se homogenice la concentración de sales.

2. Revisar las presiones de operación, la conductividad y los flujos; TODOS los parámetros son importantes.

3. El primero en ajustar es el flujo de concentrado (que va a drenaje), debe calibrarse de modo que el concentrado del agua a drenaje no llegue a saturación, ajustando la válvula reguladora de presión.

Antes se debe calcular el porcentaje de recuperación que se puede obtener según la calidad del agua de entrada pues de lo contrario las membranas se incrustarán.

4. A seguir se calibra la válvula reguladora de recirculación, al máximo flujo posible, la suma del flujo de recirculación y concentrado debe ser mayor a 5.0 GPM, se utiliza de apoyo la válvula de retorno de la bomba para ajustar dichos parámetros.

5. Se debe constantemente observar que los rangos de presión no excedan los permitidos, esto es de 125 psi para la presión de entrada a las membranas y de 210 psi la presión de salida de membranas.

6. Los demás parámetros son resultado del ajuste, estos son: la presión de entrada a filtros, la presión de salida de filtros. La calidad del agua producto depende de la concentración que se haga, a mayor concentración menor será la calidad. El flujo de producto depende de la presión y del estado de las membranas.

Paro:

1. El proceso de paro y arranque continuarán en forma automática (siempre y cuando tenga agua de lavados).

2. De quererse hacer un paro manual se recomienda dejar el equipo con agua producto internamente y cambiarla todos los días, o bien agregar bisulfito de sodio o algún inhibidor bacteriano si se para por más de una semana.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL

Paso 1 Corte el suministro de agua con la válvula de aguja de la válvula adapta.

Paso 2 Abra el grifo para que el agua se vacíe del depósito hasta que quede completamente vacío.

Paso 3 Deje que el sistema repose durante 10 – 15 minutos después de que se haya vaciado el depósito, para que se despresurice antes de intentar sacar de los filtros

Paso 4 Limpie todas las carcasas de los filtros con una solución ligera de jabón y enjuague con agua. Compruebe las arandelas y lubrifíquelas con lubricante soluble en agua. Puede utilizar KY Jelly® u otros lubricantes con base de agua, pero no debe utilizar lubricantes con base de petróleo (como la vaselina).

Paso 5 El filtro de sedimentos tiene el aspecto de un paño. Debe estar en la primera carcasa de la izquierda (donde se conecta la entrada de agua).

Paso 6 Tras cambiar los pre-filtros, desconecte el tubo verde de la válvula de cierre automática, empleando una llave de d" para aflojar la tuerca.

Paso 7 Sujete el tubo verde sobre un cubo. Abra el suministro de agua hacia la válvula adapta y deje salir todas las partículas de carbono de los filtros.

Paso 8 Tan pronto como salga el agua limpia, corte el agua de entrada y vuelva a unir el tubo verde a la válvula de cierre automática. Con una llave 5/8" vuelva a apretar la tuerca con seguridad.

Paso 9 Siga los pasos 4, 5 y 6 de las instrucciones de puesta en marcha.

NOTA: Tomar en cuenta la vida útil de los filtros y membranas que posee el equipo para poder cambiar en los tiempos sugeridos en la siguiente tabla:

Tabla 1-1. VIDA ÚTIL DE LOS FILTROS Y MEMBRANAS

DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE VIDA ÚTIL
Filtro de sedimentos	3 – 4 meses
Filtro de carbón activado	3 – 4 meses
Luz ultravioleta UV	1 año
Resina mixta grado analítico	6 – 8 meses
Membrana de ósmosis inversa	2 – 3 años

FUENTE: Purepro

Esto dependerá del uso y cuidado que se le tenga al equipo para preservar su vida útil y funcionamiento.

ANEXO 2. COSTOS DEL PROYECTO

Los costos directos e indirectos del proyecto se calcularon mediante rubros que especifican los gastos correspondientes a la construcción e implementación del sistema de captación de agua lluvia para los laboratorios.

Tabla 2- 1. Proforma de los materiales de construcción

PROFORMA LISTA DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN			
Tubería PVC (presión roscable) ¾"	m	5.0000	\$ 2.41
Tanque de reserva de 250 L	u	1.0000	\$ 65.00
Malla filtrante	u	1.0000	\$ 1.50
Válvula de compuerta ¾"	u	1.0000	\$ 7.00
Codo de PVC presión ¾"	u	4.0000	\$ 0.60
Universal de ¾"	u	1.0000	\$ 1.55
Uniones de ¾"	u	5.0000	\$ 1.50
Grifo	u	1.0000	\$ 7.00
Te de ¾"	u	2.0000	\$ 1.00
Tubo de 6"	u	0.1650	\$ 14.90
Abrazaderas	U	0.5000	\$ 5.00
Pernos	u	0.5000	\$ 0.50
Tubo PVC 160 mm x 3 m. De desagüe	u	0.1000	\$ 14.90
Te PVC 160 mm. X 90 grados desagüe	u	0.5000	\$ 5.500
Polipega	gal	0.0341	\$ 2.550
Abrazadera Para Canalón Cubre Cable (Simelca) Colombia	u	1.2000	\$ 0.577
Collarín de 6" a 1"	u	0.3000	\$ 10.00
Varilla	u	5.0000	\$ 50.00
Tablón de eucalipto	u	5.0000	\$ 3.00
Mortero	m ²	2.0000	\$ 20.00
Hormigón de 180	m ³	0.1000	\$ 180.00
Reductor de 1" a ½"	u	1.0000	\$ 0.50
Codo de ½"	u	1.0000	\$ 0.50

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

Tabla 2- 2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS R1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL PROPONENTE

RUBRO: 1

DETALLE: Canalón de PVC 6"

UNIDAD: u

A.- EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND.H/U	COSTO
Herramienta menor	0.05	2.88	1.44	1.0	\$ 1.44
				SUBTOTAL A:	\$ 1.44
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/H	REND.H/U	COSTO
Ayudante de plomero	1	3.40	3.40	0.15	\$ 0.51
Plomero	1	3.40	3.40	0.15	\$ 0.51
Inspector de obra	1	3.40	3.40	0.10	\$ 0.34
				SUBTOTAL B:	\$ 1.36
C.- MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	
Tubo de 6"	U	0.17	18.0	\$ 3.06	
Abrazaderas	U	0.50	5.0	\$ 2.50	
Pernos	U	0.50	0.50	\$ 0.25	
				SUBTOTAL C:	\$ 5.81
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/Km	TARIFA	COSTO
				SUBTOTAL D:	-
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 8.61
C. INDIRECTO Y UTILIDADES 20 %					\$ 1.72
COSTO TOTAL RUBRO					\$ 10.33
VALOR PROPUESTO					\$ 10.33

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

Tabla 2- 3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS R2

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROPONENTE					
RUBRO: 2					
DETALLE: Bajantes de tubería PVC tipo B de 160 mm				UNIDAD: m	
INSTALACIONES SANITARIAS					

A. EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Herramienta menor	0.05	\$ 2.70	\$ 0.135	1	\$0.135
				SUBTOTAL A:	\$ 0.135

B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Ayudante de plomero	1	\$ 3.4	\$ 3.4	1	\$ 3.4
Plomero	1	\$ 3.4	\$ 3.4	1	\$ 3.4
Inspector de obra	1	\$ 3.4	\$ 3.4	0.5	\$ 1.7
				SUBTOTAL B:	\$ 8.5

C. MATERIALES					
.DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	
Tubo PVC 160 mm x 3 m. De desagüe	U	0.5	\$ 18.0	\$ 9.0	
Te PVC 160 mm. X 90 grados desagüe	U	0.5	\$ 5.50	\$ 2.75	
Polipega	Gal	0.34	\$ 2.55	\$ 0.87	
Abrazadera Para Canalón Cubre Cable (Simelca) Colombia	U	1.2	\$ 0.58	\$ 0.69	
Collarín de 6" a 1"	U	0.3	\$ 10.00	\$ 3.0	
Tapón 160 mm	U	0.2	\$ 5.0	\$ 1.0	
				SUBTOTAL C:	\$17.31

TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 25.94740
C. INDIRECTO Y UTILIDADES 20.00%	\$ 5.18948
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 31.13688
VALOR PROPUESTO	\$ 31.13688

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

Tabla 2- 4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS R3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL PROPONENTE

RUBRO: 3

DETALLE: Suministro e instalación de Tanque y Acometida de agua ¾" **UNIDAD:** u

A.- EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND.H/U	COSTO
Herramienta menor	0.05	7.21	0.36	1.0	\$ 0.36
				SUBTOTAL A:	\$ 0.36
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/H	REND.H/U	COSTO
Ayudante de plomero	1	3.40	3.40	4.0	\$ 13.60
Plomero	1	3.40	3.40	4.0	\$ 13.60
Inspector de obra	1	3.40	3.40	1.0	\$ 3.40
				SUBTOTAL B:	\$ 30.60
C.- MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	
Tubería PVC (Presión roscable) 1"	M	5	21.75	\$ 108.75	
Tanque de reserva de 250 L	U	1	65.0	\$ 65.00	
Malla filtrante	U	1	1.50	\$ 1.50	
Válvula de compuerta 1"	U	1	9.50	\$ 9.50	
Codo de PVC presión 1"	U	9	1.25	\$ 11.25	
Universal de 1"	U	1	1.55	\$ 1.55	
Uniones de 1"	U	4	0.80	\$ 3.20	
Grifo	U	1	7.0	\$ 7.00	
Te de ¾"	U	2	1.35	\$ 2.70	
Reductor de 1" a ½"	U	1	0.60	\$ 0.60	
Codo de ½"	U	1	0.50	\$ 0.50	
				SUBTOTAL C:	\$ 211.55
D.- TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/Km	TARIFA	COSTO
				SUBTOTAL D:	-
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 242.51
C. INDIRECTO Y UTILIDADES 20 %					\$ 48.50
COSTO TOTAL RUBRO					\$ 291.012
VALOR PROPUESTO					\$ 291.012

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

Tabla 2- 5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS R4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROPONENTE					
RUBRO: 4					
DETALLE: Soporte para Tanque de Reserva				UNIDAD: u	
INSTALACIONES SANITARIAS					

A. EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Herramienta menor	0.05	\$ 2.70	\$ 0.135	1	\$0.135
				SUBTOTAL A:	\$ 0.135

B. MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Ayudante de plomero	1	\$ 3.4	\$ 3.4	3.5	\$ 11.9
Plomero	1	\$ 3.4	\$ 3.4	3.5	\$ 11.9
Inspector de obra	1	\$ 3.4	\$ 3.4	0.5	\$ 1.7
				SUBTOTAL B:	\$ 25.50

C. MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	COSTO	
Ladrillo	U	70.0	\$ 0.2	\$ 14.0	
Tablón de eucalipto	U	5.0	\$ 3.0	\$ 15.0	
Mortero	m ²	2.0	\$ 20.0	\$ 40.0	
Hormigón de 180	m ³	0.1	\$ 180.0	\$ 18.0	
			SUBTOTAL C:	\$87.0	

TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 112.63
C. INDIRECTO Y UTILIDADES 20.00%	\$ 22.52
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$ 135.16
VALOR PROPUESTO	\$ 135.16

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

Tabla 2 – 6 Total del proyecto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
Equipo de ósmosis inversa	1	\$ 1200.00	\$ 1200.00
Desionizador	1	\$ 160.00	\$ 160.00
Total Presupuestado			\$ 829.65
P.TOTAL DEL PROYECTO			\$ 2189.65

FUENTE: LARA S, MORA M, ESPOCH, 2014.

ANEXO 3. BASE DE DATOS DE LA DEMANDA DE AGUA TIPO II

BASE DE DATOS DE LA DEMANDA DE AGUA TIPO II PARA LOS LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA DE LA ESPOCH

Tabla 3-1 Consumo de Agua Tipo II

SEMANA 1		1 ABRIL- 4 ABRIL					
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DÍAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA
DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIERCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	
DOC. YOLANDA DIAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIERCOLES MIERCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	EXTRACCIÓN DE ADN EN LEVADURAS EXTRACCIÓN DE ADN EN LEVADURAS
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIERCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	ANÁLISIS DE PASTAS ALIMENTICIAS
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIERCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	DEFINICIÓN DE COMPONENTES ELEMENTALES (POLISACÁRIDOS, HIDRATOS DE CARBONO)
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	HIDRÓLISIS DE LA SACAROSA Y POLISACARIDO
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGÍA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	

DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGÍA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	25 15 15	LEVADURA COMO ESPONJANTE LEVADURA COMO ESPONJANTE LEVADURA COMO ESPONJANTE
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	DETERMINACIÓN DE GRASA(MÉTODO DE SOXHLET) REACCIONES DE SELIWANOFF
SEMANA 2							
07 ABRIL-11ABRIL							
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DÍAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA
DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FAMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIERCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIERCOLES MIERCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	EXTRACCIÓN DEL ADN VEGETAL EXTRACCIÓN DEL ADN VEGETAL
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FAMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	EXTRACCIÓN GRASAS COMESTIBLES(MÉTODO SOXHLET) DE ACEITES VEGETALES Y GRASAS ANIMALES
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FAMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIERCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	DEFINICIÓN DE COMPONENTES ELEMENTALES (LÍPIDOS Y GRASAS) DEFINICIÓN DE COMPONENTES ELEMENTALES (LÍPIDOS Y GRASAS)
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	

DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	
DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	25 15 15	FERMENTACIÓN LÁCTICA FERMENTACIÓN LÁCTICA FERMENTACIÓN LÁCTICA
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50 22	DETERMINACIÓN DE GRASA(MÉTODO DE SOXHLET) REACCIONES DE SELIWANOFF
SEMANA 3							
14 ABRIL -18 ABRIL							
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DIAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA
DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIERCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIERCOLES MIERCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	FERMENTACIÓN DE LEVADURAS FERMENTACIÓN DE LEVADURAS
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIERCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	ESTUDIO DEL DETERIORO AUTOOXIDATIVO E HIDROLÍTICO DE LAS GRASAS
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIERCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	DEFINICIÓN DE COMPONENTES ELEMENTALES (PROTEÍNAS, MINERALES)
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	HIDRÓLISIS DE LA SACAROSA Y POLISACARIDOS

DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIÉRCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	25 15 15	FERMENTACIÓN ALCOHOLICA CON LEVADURAS OBTENCIÓN DE VINO FERMENTACIÓN ALCOHOLICA CON LEVADURAS OBTENCIÓN DE VINO FERMENTACIÓN ALCOHOLICA CON LEVADURAS OBTENCIÓN DE VINO
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	DETERMINACIÓN DE GRASA(MÉTODO DE SOXHLET) PRUEBA DE YODO
SEMANA 4							
23 ABRIL -25 ABRIL							
NO ASISTENCIA DIAS LUNES 21 Y MARTES 22							
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DIAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA
DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIÉRCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS HIDRATOS DE CARBONO DIGESTIÓN DE LA ALBÚMINA POR "PEPSINA" INDUSTRIAL DIGESTIÓN DE LA ALBÚMINA POR "PEPSINA" INDUSTRIAL
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIÉRCOLES MIÉRCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	LEVADURAS EN ACTIVIDAD LEVADURAS EN ACTIVIDAD
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIÉRCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	ANÁLISIS DE ACEITES COMESTIBLES
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIÉRCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	ANÁLISIS PROXIMAL HUMEDAD CENIZA PROTEÍNA

DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	
DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	25 15 15	OBTENCIÓN DE ETANOL APARTIR DEL SUERO DE LECHE CON LEVADURAS OBTENCIÓN DE ETANOL APARTIR DEL SUERO DE LECHE CON LEVADURAS
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	DETERMINACIÓN DE CENIZA PRUEBA DE YODO
SEMANA 5	28 ABRIL -02 MAYO	NO ASISTENCIA DIAS JUEVES 01 DE MAYO					
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DIAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA
DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FAMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIERCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	MARCHA ANÁLITICA DE IDENTIFICACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO ACCIÓN DE LA AMILASA SOBRE EL ALMIDÓN ACCIÓN DE LA AMILASA SOBRE EL ALMIDÓN
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIERCOLES MIERCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	ELABORACIÓN DE QUESO ELABORACIÓN DE QUESO

ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIERCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	ANÁLISIS DE ACEITES COMESTIBLES-ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIERCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	ANÁLISIS PROXIMAL FIBRA Y GRASA
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA DE UNA GRASA
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	REACCIONES DE IDENTIFICACIÓN DE CARBOHIDRATOS
DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	25 15 15	OBTENCIÓN DE ETANOL APARTIR DEL SUERO DE LECHE CON LEVADURAS OBTENCIÓN DE ETANOL APARTIR DEL SUERO DE LECHE CON LEVADURAS OBTENCIÓN DE ETANOL APARTIR DEL SUERO DE LECHE CON LEVADURAS
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	DETERMINACIÓN DE CENIZA HIDRÓLISIS DE LA SACAROSA
SEMANA 6							
05 MAYO - 09 MAYO							
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DIAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA

DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIERCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	CROMATOGRAFÍA EN PAPEL ASCENDENTE DE AZUCARES EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FOSFOLIPIDOS EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FOSFOLIPIDOS
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIERCOLES MIERCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIERCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	ANÁLISIS DE ACEITES COMESTIBLES- DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIERCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	ANÁLISIS COMPLEMENTARIO
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	
DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	22 15 15	
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	DETERMINACIÓN DE PROTEINAS(MÉTODO DE KJELDHAL) HIDRÓLISIS DE LA SACAROSA
SEMANA 7							
12MAYO - 16 MAYO							
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DIAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA

DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIERCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	DOSIFICACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES POR MÉTODO COLORIMÉTRICO AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS DE LA SOYA Y ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE LAS PROTEÍNAS HIDROLIZADAS AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS DE LA SOYA Y ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE LAS PROTEÍNAS HIDROLIZADAS
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIÉRCOLES MIÉRCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	ELABORACIÓN DE VINO ELABORACIÓN DE VINO
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIÉRCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	ANÁLISIS DE ACEITES COMESTIBLES- DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIÉRCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	ANÁLISIS COMPLEMENTARIO (DETERMINACIÓN DE AZÚCARES Y VITAMINA C)
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	REACCIONES DE CARACTERIZACIÓN DE PROTEÍNAS
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA DE UNA GRASA

DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIÉRCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	22 15 15	EXTRACCIÓN DE LA INVERTASA A PARTIR DE LA LEVADURA DE PANIFICACIÓN EXTRACCIÓN DE LA INVERTASA A PARTIR DE LA LEVADURA DE PANIFICACIÓN EXTRACCIÓN DE LA INVERTASA A PARTIR DE LA LEVADURA DE PANIFICACIÓN
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	ANÁLISIS PROXIMAL DE LA QUINUA CROMATOGRAFÍA DESCENDENTE
SEMANA 8							
19 MAYO – 23 MAYO							
DOCENTE	CARRERA	MATERIA	PARALELO /SEMESTRE	DIAS DE CLASE	HORARIO	N° ALUMNOS	NOMBRE PRÁCTICA
DOC. CARLOS DONOSO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BIOQUIMICA I BIOQUIMICA II BIOQUIMICA II	CUARTO A QUINTO A QUINTO B	LUNES MIÉRCOLES JUEVES	16:00-19:00 16:00-19:00 16:00-19:00	20 18 18	SEPARACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS Y ANÁLISIS DE LÍPIDOS POR TLC INTRODUCCIÓN A LA ENZIMOLOGÍA: PARÁMETROS CINÉTICOS INTRODUCCIÓN A LA ENZIMOLOGÍA: PARÁMETROS CINÉTICOS
DOC. YOLANDA DÍAZ	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	BIOTECNOLOGÍA	SEXTO A SEXTO B	MIÉRCOLES MIÉRCOLES	09:00-11:00 14:00-18:00	25 27	PROTEASAS DE LA PIÑA PROTEASAS DE LA PIÑA
ING. PAOLA ARGUELLO	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGIA II	SEXTO	LUNES MIÉRCOLES	9:00-11:00 14:00-19:00	25	CROMATOGRAFÍA DE GASES DE LOS ÁCIDOS GRASOS
DOC. KARINA ALBUJA	BIOQUIMICA Y FARMACIA	BROMATOLOGÍA I	QUINTO A QUINTO B	MARTES MIÉRCOLES	14:00-19:00 14:00-19:00	21 15	ANÁLISIS COMPLEMENTARIO (DETERMINACIÓN DE

							CLORUROS)
DOC. SANDRA MERA	BIOFISICA	BIOQUIMICA	SEXTO	VIERNES	7:00-9:00	17	DESNATURALIZACIÓN DE PROTEINAS
DOC. MAYRA ESPINOZA	BIOTECNOLOGIA	BIOQUIMICA	QUINTO A	LUNES	9:00-11:00	25	DESNATURALIZACIÓN DE PROTEINAS
DOC. IVAN RAMOS	BIOTECNOLOGIA BIOQUIMICA BIOQUIMICA	BIOTECNOLOGÍA BIOTECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA	SÉPTIMO A OCTAVO A OCTAVO B	MARTES MIERCOLES JUEVES	9:00-11:00 14:00-16:00 14:00-16:00	22	EXTRACCIÓN DE LA INVERTASA A PARTIR DE LA LEVADURA DE PANIFICACIÓN (ENZIMA) EXTRACCIÓN DE LA INVERTASA A PARTIR DE LA LEVADURA DE PANIFICACIÓN (ENZIMA) EXTRACCIÓN DE LA INVERTASA A PARTIR DE LA LEVADURA DE PANIFICACIÓN (ENZIMA)
DOC. GALO INSUASTI	ING. QUÍMICA	ALIMENTOS BIOQUÍMICA	SEXTO SEXTO			50 50	ANÁLISIS PROXIMAL (DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA LECHE PASTEURIZADA) CROMATOGRAFÍA DESCENDENTE

FUENTE: LARA S, MORA M, LABORATORIOS DE BROMATOLOGÍA Y BIOQUÍMICA, ESPOCH, 2014.

ANEXO 4. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PREVIO AL TRATAMIENTO

MUESTRA 1 (AGUA LLUVIA)



Avenida 11 de noviembre y MIMON REYES RIOBAMBA ECUADOR
Teléfonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Sandra Lara

Fecha de análisis: 6 de enero de 2014

Fecha de entrega de resultados: 12 de enero de 2014

Tipo de muestra: Agua lluvia

Localidad: Instalaciones ESPOCH Riobamba

Código: 047-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	14
pH	Unid	6.5 - 8.5	5.88
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	51
Turbiedad	UNT	5	3.1
Cloruros	mg/L	250	3.5
Dureza	mg/L	200	16.0
Calcio	mg/L	70	3.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	1.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	40.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	40.8
Sulfatos	mg/L	200	17.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.050
Nitritos	mg/L	0.01	0.012
Nitratos	mg/L	< 40	0.010
Hierro	mg/L	0.30	0.060
Fluoruros	mg/L	< 1.5	< 0.1
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.050
Sólidos Totales	mg/L	1000	137.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	31.6

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Alvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 09-14

CLIENTE: Srta. Sandra Lara		
DIRECCIÓN: Hornos Andinos		TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Agua de lluvia		
FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de enero de 2014		
FECHA DE MUESTREO: 06 de enero de 2014		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Incoloro		
OLOR: Inoloro		
ASPECTO: presencia de sólidos		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
<i>Coliformes Totales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	484
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	1
OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANÁLISIS: 06 de enero de 2014		
FECHA DE ENTREGA : 09 de enero de 2014		
RESPONSABLES:		
  		
Dra. Gina Álvarez R. Dra. Fabiola Villa		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

MUESTRA 2 (AGUA LLUVIA)



Avenida 11 de noviembre y millón keys Riobamba Ecuador
Telefonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Sandra Lara

Fecha de análisis: 24 de marzo de 2014

Fecha de entrega de resultados: 28 de marzo de 2014

Tipo de muestra: Agua lluvia

Localidad: Instalaciones ESPOCH Riobamba

Código: 047-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	18
pH	Unid	6.5 - 8.5	5.21
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	46
Turbiedad	UNT	5	3.3
Cloruros	mg/L	250	4.3
Dureza	mg/L	200	12.0
Calcio	mg/L	70	3.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	1.0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	40.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	40.8
Sulfatos	mg/L	200	14.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.100
Nitritos	mg/L	0.01	0.018
Nitratos	mg/L	< 40	0.010
Hierro	mg/L	0.30	0.040
Fluoruros	mg/L	< 1.5	< 0.1
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.040
Sólidos Totales	mg/L	1000	121.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	28.5

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Atentamente,

Dr. Gina Alvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO 5. PLANOS DEL SISTEMA

PLANOS

ANEXO 6. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS POSTERIOR AL TRATAMIENTO

MUESTRA TRATADA



Avenida 11 de noviembre y milton keyes Riobamba Ecuador
 Telefonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Sandra Lara
 Fecha de análisis: 12 de septiembre de 2014
 Fecha de entrega de resultados: 15 de septiembre de 2014
 Tipo de muestra: Agua lluvia tratada
 Localidad: Instalaciones ESPOCH Riobamba

Código: 212-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	0.1
pH	Unid	6.5 - 8.5	5.56
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	<1
Turbiedad	UNT	5	<0.1
Cloruros	mg/L	250	2.8
Dureza	mg/L	200	8.0
Calcio	mg/L	70	3.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	0.0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	10.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	10.2
Sulfatos	mg/L	200	0.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.100
Nitritos	mg/L	0.01	0.001
Nitratos	mg/L	< 40	0.050
Hierro	mg/L	0.30	0.010
Fluoruros	mg/L	< 1.5	< 0.1
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.010
Sólidos Totales	mg/L	1000	45.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	0.6

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Alvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 293-14

CLIENTE: Srta. Sandra Lara			
DIRECCIÓN: Homos Andino		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Agua tratada tipo II			
FECHA DE RECEPCIÓN: 12 de Septiembre de 2014			
FECHA DE MUESTREO: 12 de Septiembre de 2014			
EXAMEN FISICO			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: Libre de material extraño			
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO	*REFERENCIA
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 10	-
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	Ausencia	<1
*NORMA INEN 1108:2011			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 12 de Septiembre de 2014			
FECHA DE ENTREGA: 15 de Septiembre de 2014			
RESPONSABLES:			
 Dra. Gina Álvarez R.		 Dra. Fabiola Villa	
<p>El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables. *Las muestras son receptados en laboratorio.</p>			

ANEXO 7. FOTOGRAFÍAS

7-1. Construcción del Sistema de Captación de Agua Lluvia e instalación de los equipos en los Laboratorios de Bromatología y Bioquímica



FOTOGRAFÍA 1: Área de Captación



FOTOGRAFÍA 2: Soldadura de abrazaderas



FOTOGRAFÍA 3: Preparación de las canaletas



FOTOGRAFÍA 4: Colocación de las canaletas



FOTOGRAFÍA 5: Limpieza y Adecuación del tanque de almacenamiento



FOTOGRAFÍA 6: Soporte del tanque de almacenamiento



FOTOGRAFÍA 7: Implementación del sistema de conducción y almacenamiento



FOTOGRAFÍA 8: Sistema de conducción, almacenamiento y distribución en un día de lluvia



FOTOGRAFÍA 9: Preparación del equipo de ósmosis inversa – desionizador



FOTOGRAFÍA 10: Instalación del equipo de ósmosis inversa – desionizador



FOTOGRAFÍA 11: Equipo de ósmosis inversa – desionizador instalado



FOTOGRAFÍA 12: Toma de muestra del agua Tipo II obtenida

ANEXO 8. Coeficientes de Esgurrimento (CE) de los Diferentes Materiales en el Área de Captación

TIPO DE CAPTACIÓN	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6-0.8
Pavimento	0.5-0.6
Geo membrana de PVC	0.85-0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9
Orgánicos (hojas con barro)	<0.2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0-0.3
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5

Fuente: MEJÍA Gabriel y SALAMEA Pedro.

ANEXO 9. Altura, Área Hidráulica, Perímetro Mojado y Radio Hidráulico

Forma	Altura tirante	Área hidráulica	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Observaciones
Circular	0.5 D	$1.57 r^2$	$3.14r$	$0.500r$	D= diámetro r= radio
Rectangular	Y	By	$B+ 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b=base y=tirante
Triangulo 900	Y	Y ²	$2.83y$	$\frac{y}{2.83}$	y=tirante
Trapezoidal talud 600 con la horizontal				$y \left(\frac{b + y/\sqrt{3}}{b + 4y/\sqrt{3}} \right)$	b=ancho y= tirante

FUENTE: MEJÍA Gabriel y SALAMEA Pedro.