



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA ENVASADORA DE AGUA PARA LA
JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE GALTEN –
GUILBUT UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: DIANA MARÍA RUIZ HURTADO

TUTOR: ING. PAÚL PALMAY PAREDES

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Diana María Ruíz Hurtado

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación, certifica que: El trabajo de investigación: Tipo Proyecto Técnico “DISEÑO DE UNA PLANTA ENVASADORA DE AGUA PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE GALTEN – GUILBUT UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”, de responsabilidad de la señorita Diana María Ruiz, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Paúl Palmay Paredes.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN

Ing. Bolívar Flores Humanante
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Diana María Ruiz Hurtado, declaro que el Trabajo de Titulación tipo Proyecto Técnico denominado: “DISEÑO DE UNA PLANTA ENVASADORA DE AGUA PARA LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE GALTEN – GUILBUT UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO” es original y de mi autoría personal tanto resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

En tal virtud, declaro que el contenido es de mi responsabilidad legal y académica presentes en el trabajo de titulación.

Riobamba, 29 de junio de 2018

Diana María Ruiz Hurtado
Cédula de identidad: 180327993-2

Yo, Diana María Ruiz Hurtado soy responsable 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.

Diana María Ruiz Hurtado

DEDICATORIA

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles este proyecto de titulación, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado

A mi madre Morayma Hurtado por su amor, dedicación, apoyo incondicional y esfuerzo para hacer de mí la persona que soy ahora.

A mis Hermanos Paúl, Maite, Sol que estuvieron en las buenas y en las malas y han sido un ejemplo para mí.

A mi abuelita Teresa Puga, aunque su presencia física no este, sé que me acompañó en este gran recorrido y lo seguirá haciendo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios ya que sin el nada en esta vida es posible, y ha derramado sus bendecido sobre mí.

A mi madre Morayma Hurtado que ha sido el pilar fundamental de mi vida, por haberme forjado como la persona que soy ahora; muchos de los logros se los debo a esta mujer luchadora que supo sacarme adelante sola.

A mis hermanos Soledad, Maite, Paúl porque son la razón de sentirme orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar en mí.

A toda mi familia por confiar en mí, a mis sobrinos, tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

A mis amigos que desde que llegue a la universidad se convirtieron en mi segunda familia y me brindaron su amistad incondicional.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pp.
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1. Identificación del problema	15
1.2. Justificación del proyecto.....	16
1.3. Línea base del proyecto.....	16
1.3.1. <i>Métodos para la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos</i>	17
1.3.2. <i>Metodología</i>	18
1.3.2.1. <i>Toma de muestras</i>	18
1.3.2.2. <i>Manipulación de muestras</i>	18
1.3.3. <i>Métodos</i>	19
1.3.4. <i>Técnicas</i>	19
1.3.5. <i>Análisis</i>	20
1.3.6. <i>Tratamientos para el diseño</i>	22
1.3.6.1. <i>Metodología del tratamiento</i>	23
1.4. Beneficiarios directos e indirectos	24
1.4.1. <i>Directos</i>	24
1.4.2. <i>Indirectos</i>	24
CAPITULO II	
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	25
2.1. General	25
2.2. Específicos	25
CAPITULO III	
3. ESTUDIO TÉCNICO	26
3.1. Localización del proyecto	26
3.2. Ingeniería del Proyecto	27
3.2.1. <i>Terminología</i>	27
3.2.1.1. <i>Agua purificada envasada</i>	27
3.2.1.2. <i>Aguas subterráneas</i>	27
3.2.1.3. <i>Ósmosis inversa</i>	27

3.2.1.4.	<i>Membrana de Ósmosis</i>	28
3.2.1.5.	<i>Características físicas, químicas y microbiológicas del agua</i>	28
3.2.2.	<i>Descripción general de un equipo de ósmosis inversa</i>	30
3.2.2.1.	<i>Componentes del equipo</i>	30
3.2.2.2.	<i>Elementos auxiliares que componen un equipo de ósmosis inversa</i>	32
3.2.3.	<i>Diseño del sistema</i>	35
3.2.4.	<i>Condiciones del sistema</i>	35
3.3.	<i>Cálculos para el proceso de purificación del agua</i>	36
3.3.1.	<i>Balances de masa</i>	36
3.3.2.	<i>Concentraciones</i>	39
3.3.3.	<i>Cálculos y análisis para los tanques de almacenamiento de agua</i>	43
3.3.4.	<i>Cálculos de pérdidas de energía en los elementos del sistema</i>	45
3.3.4.1.	<i>Cálculos en la etapa de succión del sistema</i>	47
3.3.4.2.	<i>Cálculos en la etapa de descarga del sistema</i>	51
3.3.4.3.	<i>Cuantificación de las pérdidas de energía en la succión y descarga</i>	55
3.3.5.	<i>Análisis teóricos de la potencia de la bomba</i>	56
3.4.	<i>Resultados</i>	57
3.5.	<i>Discusión</i>	59
3.6.	<i>Proceso de producción</i>	60
3.6.1.	<i>Captación</i>	62
3.6.2.	<i>Almacenamiento de agua de alimentación</i>	62
3.6.3.	<i>Filtración</i>	62
3.6.4.	<i>Filtros de carbón activado</i>	62
3.6.5.	<i>Ósmosis Inversa</i>	62
3.6.6.	<i>Luz Ultravioleta (UV)</i>	62
3.6.7.	<i>Pre almacenamiento</i>	62
3.6.8.	<i>Envasado</i>	62
3.7.	<i>Requerimiento de equipos</i>	63
3.8.	<i>Propuesta Económica</i>	64
CONCLUSIONES		66
RECOMENDACIONES		67
BIBLIOGRAFÍA		68
ANEXOS		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Métodos físicos para caracterizar el agua de vertientes.....	17
Tabla 2-1: Métodos químicos para caracterizar el agua de vertientes	17
Tabla 3-1: Métodos organolépticos para caracterizar el agua de vertientes	17
Tabla 4-1: Métodos microbiológicos para caracterizar el agua de vertientes	17
Tabla 5-1: Requisitos físicos, químicos y microbiológicos	18
Tabla 6-1: Análisis físico-químicos del agua antes del tratamiento realizado en el Laboratorio de control de calidad del agua del Municipio del Cantón Chambo.....	20
Tabla 7-1: Análisis microbiológicos del agua antes del tratamiento realizado en el Laboratorio de control de calidad del agua del Municipio del Cantón Chambo.....	21
Tabla 8-1: Análisis físico-químicos del agua antes del tratamiento realizados en el L.S.A UNACH	21
Tabla 9-1: Análisis microbiológico del agua antes del tratamiento realizado en el L.S.A UNACH	21
Tabla 10-1: Análisis físico-químicos del agua antes del tratamiento realizados en el Laboratorio de Calidad del Agua – ESPOCH.....	22
Tabla 11-1: Análisis microbiológicos del agua antes del tratamiento en el Laboratorio de Calidad del Agua – ESPOCH	22
Tabla 12-1: Tratamiento Físico-Químico	23
Tabla 1-3: Presiones mínimas para que se dé la ósmosis inversa	28
Tabla 2-3: Caudales de diseño	37
Tabla 3-3: Concentración del agua de alimentación (Ca).....	38
Tabla 4-3: Ficha técnica del sistema de osmosis inversa.....	38
Tabla 5-3: Concentraciones teóricas de rechazo.....	40
Tabla 6-3: Concentraciones teóricas del permeado	40
Tabla 7-3: Flujos de diseño recomendados para distintos tipos de agua	41
Tabla 8-3: Rango recomendado de velocidad en un sistema de fluido.....	46
Tabla 9-3: Pérdidas de energía en la succión y descarga.....	55
Tabla 10-3: Tabla de comparación de la composición.....	57
Tabla 11-3: Comparación del análisis microbiológico	58
Tabla 12-3: Resultados de los caudales requeridos por el sistema	58
Tabla 13-3: Resultados de pérdidas de energía en el sistema	59
Tabla 14-3: Equipos y sus especificaciones.....	63
Tabla 15-3: Costos de equipos de osmosis inversa.....	64
Tabla 16-3: Costos de tanques, tuberías y accesorios.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3. Ósmosis inversa	27
Figura 2-3. Tanque de captación de agua	30
Figura 3-3. Filtro de sedimentos	31
Figura 4-3. Filtro de carbón activado.....	31
Figura 5-3. Membrana Semipermeable.....	32
Figura 6-3. Esterilizador de rayos ultravioleta.....	32
Figura 7-3. Bomba centrífuga	33
Figura 8-3. Tuberías de acero galvanizado	33
Figura 9-3. Codos.....	34
Figura 10-3. Te roscada	34
Figura 11-3. Reducciones para tuberías	34
Figura 12-3. Válvula de bola.....	35
Figura 13-3. Proceso de ósmosis inversa	36
Figura 14-3. Sistema de flujo de un fluido.....	45
Figura 15-3. Factor de pérdidas en la salida del tanque	51
Figura 16-3. Diagrama de proceso	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Análisis fisicoquímico y microbiológico de la muestra de agua

Anexo B: Análisis microbiológico de la muestra de agua tratada

Anexo C: Análisis físico químico de la muestra del agua tratada

Anexo D: Curva de operación de la bomba

Anexo E: Proceso de muestreo de la fuente de agua

Anexo F: Proceso de análisis de la muestra de agua

Anexo G: Proceso de caracterización de la muestra de agua

Anexo H: Proceso de análisis de la muestra de agua antes y después de la tratabilidad

Anexo I: Tratabilidad y análisis de la muestra de agua

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es diseñar una planta envasadora de agua para la Junta Administradora de Agua Potable Galten – Guilbut ubicada en el Cantón Chambo, el agua proveniente de vertientes es clorada para suministrar a la población, esta contiene una alta concentración de fosfatos. Se desea proporcionar a la población un suministro de agua purificada, ya que el agua entubada no presenta una calidad suficiente para asegurar la salud de los consumidores a largo plazo, por lo que requiere un tratamiento para cumplir con las normas INEN 2200:08: Agua Purificada Envasada Requisitos. Se realizó análisis físico-químicos y microbiológicos a una muestra de agua cruda, siguiendo los métodos INEN, usando técnicas volumétricas, gravimétricas e instrumentales. Los resultados que se obtuvieron después de la caracterización al agua cruda arrojaron que los parámetros fuera de norma son los fosfatos 0,77 mg/L y coliformes totales 1 UFC/100ml. Con los datos experimentales se procedió a elaborar los cálculos de ingeniería que posteriormente sirvieron para el diseño del proceso. Mediante pruebas de tratabilidad se consiguió disminuir la concentración de fosfatos 0,08 mg/L, y ausencia de coliformes totales, encontrándose así dentro de la norma INEN 2200:08. Los resultados nos indican que con un proceso de osmosis inversa se obtiene una baja concentración de los componentes del agua. El diseño requiere de un caudal de $7,14 m^3$ para producir el caudal requerido por la junta que es de $5 m^3$. Este estará compuesto de un sistema de hiperfiltración que contiene zeolita, un filtro de carbón activado, el equipo de osmosis inversa con una membrana filtrante el que tendrá un 70% de permeado, un equipo UV, tres tanques que se dispondrán para el agua cruda, agua purificada y agua de rechazo, respectivamente, un sistema de lavado de botellones y un sistema de envasado manual.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LA INGENIERÍA> <DISEÑO DE PROCESO> <ÓSMOSIS INVERSA> <FOSFATOS> <AGUA PURIFICADA> <ANÁLISIS FÍSICO Y MICROBIOLÓGICO>

ABSTRACT

The aim of this research is design a water bottling plant for Junta Administradora de Agua Potable Galten - Guilbut located in Chambo Canton, the water stemming from springs is chlorinated to supply to the population, it contains a high concentration of phosphates. It is necessary to provide purified water to the population, due to the piped water does not have enough quality to ensure the long-term consumers health, it requires a treatment to accomplish with the INEN 2200: 08 standards: Purified Packaged Water Requirements. Physical-chemical and microbiological analyzes were done on a sample of water without treatment, following INEN methods, using volumetric, gravimetric and instrumental techniques. The results obtained after the characterization to raw water showed that the parameters out of norm are the phosphates 0.77mg / L total coliforms 1 CFU / 100ml. With the experimental data engineering calculations were designed, which were useful to design the hole process. Through treatability tests, it was possible to reduce the phosphate concentration 0.08: mg / L, and the absence of total coliforms, to be into INEN 2200: 08 standard. The results show that with a reverse osmosis process could be possible obtains a low concentration of water components. The design requires a flow of 7.14 m³. This will be composed of a hyperfiltration system containing zeolite, an activated carbon filter, the reverse osmosis equipment with a filter membrane that will have 70% permeate, a UV equipment, three tanks that will be available for raw water, water purified and reject water, respectively, a bottle washing system and a manual packaging system.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <PROCESS DESIGN>, <REVERSE OSMOSIS>, <PHOSPHATES>, <PURIFIED WATER>, <PHYSICAL ANALYSIS AND MICROBIOLOGICAL>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

La Junta Administradora de Agua Potable Galten – Guilbut son los encargados de proveer agua entubada y clorada para consumo humano procedente de vertientes; a cuatro barrios del cantón Chambo estos son Barrio Jesús del Gran Poder, Barrio El Tejar, Barrio Santa Rosa, Barrio Guilbut los cuales se encuentran enlazados.

El agua de vertiente usada por la junta al tener una trayectoria muy larga, va arrastrando con ella contaminantes externos como son microorganismos y bacterias, también pueden llevar con ella otros compuestos como lodos, minerales y pesticidas muy usados en el sector ya que es una zona agrícola y ganadera, todos estos afectan a la calidad de ésta causando así problemas sociales, económicos, y de salud siendo estos los más preocupantes ya que pueden ser las causantes de las siguientes enfermedades en los consumidores parasitosis, diarrea, cólera, tifoidea, disentería bacilar y amebiana, hepatitis entre otras causadas principalmente por aguas de mala calidad.

El agua envasada o también llamada purificada es uno de los productos más consumidos en los últimos tiempos, ya que los parámetros de agua potable de consumo no cumplen en su totalidad con las normas establecidas. La Junta cuenta con un sistema de distribución de agua clorada, que no brinda la calidad necesaria para envasarla y distribuirla, debido a que no cumplen con las normas de calidad NTE INEN de 2200-2008.

Un estudio preliminar llamado “Evaluación Microbiológica y Fisicoquímica de la Calidad del Agua para Consumo Humano de La Junta Administradora de Agua Potable Galten – Guilbut” (2016), señala que se ha detectado un exceso de fosfatos lo cual puede causar diferentes afecciones en la salud del ser humano.

Por ende se plantea la necesidad de diseñar una planta envasadora de agua, pues se desea obtener un beneficio económico y proveer al consumidor de agua envasada de calidad suficiente para ser consumida, garantizando su inocuidad.

1.2. Justificación del proyecto

El tratamiento del agua es un problema de las ingenierías civiles, ambientales y químicas que requieren urgente solución.

Es importante que las personas consuman productos de calidad, pues es considerado un derecho para el bienestar de la salud y su integridad. Así como se menciona en la Constitución (2008): Que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 52 de la Constitución Política de la República del Ecuador, las personas tienen el derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características. (Constitución, 2008)

La constitución de la república del Ecuador se ha preocupado por el bienestar ciudadano y ha promulgado ciertas leyes que promueven la calidad de vida de las personas con bienes y servicios en perfecto estado.

Tomando en consideración las leyes aprobadas en la constitución las organizaciones que regulan la distribución de productos han desarrollado un plan el cual consta de objetivos y metas para desarrollar productos de buena calidad que no afecten a la salud de los individuos. De esta manera RTE INEN (055:2011) menciona que es indispensable que las aguas purificadas y envasadas cumplan con requisitos que ayuden a prevenir riesgos en la salud y vida de las personas.

Por lo mencionado anteriormente el objetivo del mismo es proveer a toda la sociedad de agua libre de impurezas, materiales indeseables, orgánicos, inorgánicos, en este caso se ha visto la necesidad de proporcionar agua tratada y envasada a la población del Cantón Chambo, por el requerimiento de La Junta Administradora de Agua Potable Galten – Guilbut que cuenta con 7 vertientes, que se ha interesado en darle un valor agregado y así proporcionar un mejor servicio y por ende una mejor calidad de vida para sus consumidores, es por este motivo que se ha puesto énfasis en diseñar una planta purificadora y envasadora de agua y de esta manera dar solución a esta problemática.

1.3. Línea base del proyecto

Para la consecución de los objetivos propuestos para este proyecto se analizaron los trabajos desarrollados sobre la calidad del agua, con la información proporcionada se establecieron los métodos y técnicas más adecuados.

1.3.1. Métodos para la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos

A continuación se detallan los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se encuentran establecidos según los métodos INEN.

Tabla 1-1: Métodos físicos para caracterizar el agua de vertientes

PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDAD
pH	NTE INEN-ISO 10523	
Sólidos Totales Disueltos	2 540 Solids Standard Methods	mg/L

Fuente: (INEN, 2017)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Tabla 2-1: Métodos químicos para caracterizar el agua de vertientes

PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDAD
Cloro Libre Residual	NTE INEN 977	mg/L
Dureza Total	NTE INEN 974 C	mg/L

Fuente: (INEN, 2017)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Tabla 3-1: Métodos organolépticos para caracterizar el agua de vertientes

PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDAD
Color	NTE INEN-ISO 7887	UTC
Turbidez	NTE INEN-ISO 7027	NTU
Sabor	Standar Methods No. 2160 B	Inobjetable
Olor	Standar Methods No. 2150 B	Inobjetable

Fuente: (INEN, 2017)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Tabla 4-1: Métodos microbiológicos para caracterizar el agua de vertientes

PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDAD
Aerobios Mesófilos	NTE INEN-ISO 4833	UFC/ml
Coliformes Totales	NTE INEN-ISO 9308-1	FU/100ml

Fuente: (INEN, 2017)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

1.3.2. Metodología

Se realiza la caracterización físico-química y microbiológica de las muestras previamente recogidas que consta de 10 parámetros detallados en la tabla 5-1.

Tabla 5-1: Requisitos físicos, químicos y microbiológicos

No	PARÁMETROS	UNIDAD
1	COLOR	UTC
2	TURBIDEZ	NTU
3	Sólidos Totales Disueltos	Mg/L
4	Ph	
5	Cloro Libre Residual	mg/L
6	Dureza Total	mg/L
7	Sabor	Inobjetable
8	Olor	Inobjetable
9	Aerobios Mesófilos	UFC/ml
10	Coliformes Totales	UFC/100ml

Fuente: Normas INEN 2200, 2008 (Agua Purificada Envasada. Requisitos)
Realizado por: Diana Ruiz. 2017

1.3.2.1. Toma de muestras

Se procede a la toma de una muestra representativa para realizar los análisis en el laboratorio para evaluar sus características.

La toma de la muestra de agua se hizo en un punto específico; esta fue recolectada de un tanque de almacenamiento donde llegan las aguas de las cuatro vertientes cabe recalcar que el agua no estaba clorada al momento del muestreo.

1.3.2.2. Manipulación de muestras

Los análisis realizados fueron físicos, químicos y microbiológicos para los análisis físico-químicos se recogió el agua en envases reciclados de plástico lavados con la misma agua a tratar y para los análisis microbiológicos se hizo la toma en envases esterilizados, evitando con ello la contaminación de la muestra.

1.3.3. Métodos

Para llevar a cabo el presente proyecto se toma de referencia tres métodos los cuales son: método deductivo, método inductivo y método experimental, estos facilitaran la tratabilidad del agua para llevar a cabo el diseño en mención.

➤ Método inductivo

Con este método se llega a conclusiones generales ya que se parte de la hipótesis o antecedentes en particular. Con la ayuda de la observación y el muestreo se hace la caracterización inicial y final tanto físico-químico y microbiológica, al realizar los análisis de laboratorio podemos darnos cuenta de las condiciones del agua y se puede analizar los resultados para dar un tratamiento idóneo al mismo.

➤ Método deductivo

Para el desarrollo del proyecto se inicia con datos generales aprobados como valederos de la caracterización físico-química y microbiológica, estos datos se obtuvieron con las pruebas hechas en el laboratorio que nos dice que el agua no cumplen con los todos los parámetros que indican las normas INEN 2200:08, por lo que se deduce mediante razonamiento lógico los tratamientos extras que se debe dar al agua en el proceso de purificado mediante el uso adecuado de materiales y reactivos para realizar los cálculos concernientes para fijar las variables del proceso.

➤ Método experimental

Este método proporciona datos mediante la manipulación de las variables que intervienen en el proceso. Para esto es necesario hacer una réplica del proceso en el laboratorio y mediante el uso de instrumentos y equipos apropiados analizar el agua purificada, todo esto siguiendo el método científico. Los datos obtenidos tienen como fin validar el proceso más adecuado y eficaz para el Diseño de una planta envasadora de agua que será proporcionado a la Junta Administradora de agua potable Galten – Guilbut.

1.3.4. Técnicas

Para los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados al agua cruda y tratada, se realizó bajo las técnicas que están establecidas en el manual de procedimientos técnicos del Laboratorio de Calidad de agua de la ESPOCH. Basados en el Standar Methods for Examination, Manual de Análisis de Agua y Metodos HACH.

1.3.5. Análisis

Después de realizar la toma de muestras con los métodos y técnicas preestablecidas se realiza los análisis físico-químicos y microbiológicos a las muestras de agua provenientes de vertientes que es la que nos interesa, los resultados obtenidos son tabulados estadísticamente con su respectiva representación gráfica y se procede a comparar con la NTE INEN 2200:08. (AGUA PURIFICADA Y ENVASADA. REQUISITOS)

Los resultados de análisis físico-químicos y microbiológicos del agua son hechos en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua del Municipio del Cantón Chambo, los mismos que se describen a continuación en las tablas 6-1 y 6-2.

Tabla 6-1: Análisis físico-químicos del agua antes del tratamiento realizado en el Laboratorio de control de calidad del agua del Municipio del Cantón Chambo.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES PERMISIBLES
pH	Unidades	6,8	5-7
Color	Pt-Co	<1	<1
Olor	---	No detectable	No detectable
Turbiedad	U.N.T	0,3	3
Temperatura	°C	13,5	-
Solidos Totales	mg/l	119,6	500
Conductividad	µs/cm	223	-
Cloro Residual	mg/L	0	0
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	124	300
Hierro Total	mg/L	0,02	0,3
Nitratos	mg/L	1	50
Sulfatos	mg/L	0	250
Fosfatos	mg/L	0,77	0,3
Manganeso	mg/L	0,011	0,1
Flúor	mg/L	<1	1,5
Amoníaco	mg/L	<1	1

Fuente: Municipio del Cantón Chambo, 2017 (Laboratorio de Control de Calidad del Agua)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Tabla 7-1: Análisis microbiológicos del agua antes del tratamiento realizado en el Laboratorio de control de calidad del agua del Municipio del Cantón Chambo.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES PERMISIBLES
Coliformes Totales	UFC/100ml	2	$1,0 \times 10^0$
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1	<1,8

Fuente: Municipio del Cantón Chambo, 2017 (Laboratorio de Control de Calidad del Agua)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Para ratificar los resultados conseguidos en el laboratorio de control de calidad del agua del Municipio del Cantón Chambo se realizó los análisis en el laboratorio de Servicios Ambientales UNACH certificado, estos resultados se encuentran a continuación en las tablas 8-1 y 9-1 respectivamente.

Tabla 8-1: Análisis físico-químicos del agua antes del tratamiento realizados en el L.S.A UNACH

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES PERMISIBLES
pH	Unidades	7,41	5-7
Conductividad	$\mu\text{s/cm}$	301	-
Turbiedad	FTU-NTU	<0,01	3
Color	Upt-co	<1	5
Olor	---	No detectado	Inobjetable
Sabor	---	No detectado	Inobjetable
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0
Solidos Totales	mg/L	211	500
Dureza Total	mg CaCO_3/L	166	300
Fosfatos	mg/L	0,18	0,3

Fuente: L.S.A UNACH, 2017 (Laboratorio de Servicios Ambientales)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Tabla 9-1: Análisis microbiológico del agua antes del tratamiento realizado en el L.S.A UNACH

PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES PERMISIBLES
Coliformes Totales	UFC/100ml	<2 (Ausencia)	$1,0 \times 10^0$
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<2 (Ausencia)	<1,8

Fuente: L.S.A UNACH, 2017 (Laboratorio de Servicios Ambientales)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Luego de comparar los resultados obtenidos en los laboratorios antes indicados, se encuentran resultados que no son similares por lo que se realizó una nueva caracterización en otro laboratorio y así tener resultados más exactos. Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH los cuales se encuentran desglosados en las tablas 10-1 y 11-1 respectivamente.

Tabla 10-1: Análisis físico-químicos del agua antes del tratamiento realizados en el Laboratorio de Calidad del Agua – ESPOCH

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES PERMISIBLES
Ph	Unidades	6,61	5-7
Conductividad	mg/L	240	-
Turbiedad	U.N.T	0,21	3
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0
Solidos Totales	mg/L	127	500
Fosfatos	mg/L	0,77	0,3

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH
Realizado por: Diana Ruiz.2017

Tabla 11-1: Análisis microbiológicos del agua antes del tratamiento en el Laboratorio de Calidad del Agua – ESPOCH

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES PERMISIBLES
Aerobios Mesófilos	UFC/ml	Ausencia	$1,0 \times 10^2$
Coliformes Totales	UFC/100ml	1	$1,0 \times 10^0$

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH
Realizado por: Diana Ruiz.2017

Después de comparar los resultados que se obtuvieron en los laboratorios se coteja con los límites máximos permisibles de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN2200:08 y se llega a determinar los parámetros que se encuentran fuera de norma siendo estos los fosfatos y coliformes totales.

1.3.6. Tratamientos para el diseño

Para realizar el diseño de la envasadora de agua se realizan una serie de tratamientos que nos ayudara a decidir el proceso más óptimo para llegar a tener agua envasada que cumplan con las normas de agua purificada y envasada de esta manera asegurar la calidad de la misma.

1.3.6.1. Metodología del tratamiento

Tabla 12-1: Tratamiento Físico-Químico

TRATAMIENTO	PROCEDIMIENTO
ZEOLITA NATURAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se coloca en un lecho una cantidad considerable de zeolita. ✓ Se procede a la activación de la zeolita haciéndole un lavado con una solución de cloruro de sodio al 10%. ✓ Luego de la activación de la zeolita se realiza un lavado con agua destilada. ✓ Realizados estos pasos procedemos a pasar la muestra por el lecho que contiene la zeolita activada.
CARBÓN ACTIVADO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se lava el carbón activado varias veces con agua hasta que salga agua cristalina. ✓ Efectuado este proceso se coloca el carbón activado en un lecho y se le hace otro lavado con agua destilada. ✓ Finalmente se hace pasar la muestra por el lecho con carbón activado.
RESINA CATIONICA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se lleva a cabo la activación de la resina colocando una solución de cloruro de sodio al 10% en 100gr de resina catiónica que se encuentra en un lecho. ✓ después de activar su poder de intercambio iónico se hace varios lavados con agua destilada. ✓ Por último se hace circular la muestra que se desea tratar.
HUMEDALES CON PLANTAS TOTORA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recoge las totora y se las lava hasta que el agua salga cristalina ✓ En un recipiente grande y transparente se le hace un orificio con tapón por donde saldrá el agua, se coloca grava donde se siembra las plantas y se lava varias veces con agua destilada. ✓ Se procede a colocar la muestra a tratar y se le deja reposar por 42horas para que las plantas absorban los nutrientes (fosfatos).

<p style="text-align: center;">POLICLORURO DE ALUMINIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En tres vasos de precipitación enumerados se coloca 1L de agua a tratar. ✓ Se prepara una solución de policloruro de aluminio al 10%. ✓ En cada vaso se coloca 1,5ml, 2ml, 2,5ml de la solución respectivamente. ✓ Se lo coloca en un agitador por 2min
<p style="text-align: center;">OSMOSIS INVERSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se incorpora una bomba en la fuente del agua para generar el fenómeno de ósmosis inversa ✓ El agua pasa por un filtro de sedimentos que va reteniendo solidos suspendidos que un maño hasta de 5 micras. ✓ De inmediato pasa por un filtro de carbón activado que da un mejor sabor al agua ✓ Finalmente el agua atraviesa una membrana semipermeable dejando como rechazo solidos totales y otros contaminantes orgánicos e inorgánicos, permitiendo así el paso de moléculas de agua.

Fuente: Laboratorio de calidad de agua – ESPOCH

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Al finalizar cada tratamiento antes mencionados, al agua tratada se le realiza los análisis físico-químicos y microbiológicos. Hacemos una comparación de los resultados que se obtuvieron con los tratamientos usados para saber cuál de estos es el más adecuado, dando así como mejor opción la osmosis inversa; los resultados de esta se muestran en la Tabla 23-3

1.4. Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1. Directos

- Junta Administradora De Agua Potable Galten – Guilbut
- La población del Cantón Chambo

1.4.2. Indirectos

- Proveedores de insumos

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. General

Diseñar una planta envasadora de agua para la Junta Administradora De Agua Potable Galten – Guilbut ubicada en el Cantón Chambo

2.2. Específicos

- Realizar la caracterización físico - química y microbiológica de las agua utilizadas por la Junta Administradora De Agua Potable Galten – Guilbut en base a las normas NTE INEN 2200:2008
- Determinar las variables de proceso que se requieren para el diseño de la planta envasadora de agua.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el respectivo dimensionamiento de la planta envasadora de agua, según los resultados que se obtienen en la caracterización del agua.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización físico-química y microbiológica del agua tratada en base a la norma NTE INEN 2200-2008.
- Determinar el presupuesto requerido para el diseño de la planta envasadora de agua.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización del proyecto

En la Provincia de Chimborazo, en el Cantón Chambo se encuentra ubicada La Junta Administradora De Agua Potable Galten-Guilbut. Está ubicado el noroeste de la provincia. Posee una superficie de 163 km², que representan el 2.5% de la superficie de la provincia de Chimborazo. Los principales cursos de agua que cruzan el cantón son los ríos Chambo, Daldal y Timbul. Cuenta además con la laguna Rocón.

Situada a 8 km de la Ciudad de Riobamba hacia el este, se extiende en las faldas de los montes Quilimas y Cubillín de la Cordillera Oriental. Su altitud va desde los 2.400 a 4.730 msnm, con temperaturas que fluctúan entre 0 – 15° C. Limita al norte, al oeste y al sur cantón Riobamba, al este con Morona Santiago.

De acuerdo con los datos presentados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), del último Censo de Población y Vivienda (2010), realizado en el país, el cantón posee 11885 habitantes, distribuidos entre el área urbana de la cabecera cantonal que posee 4.459 habitantes y el área rural que alberga a 7.426 habitantes.



Mapa 1-3. Ubicación Geográfica del Cantón Chambo
Fuente: Google Maps, 2017

3.2. Ingeniería del Proyecto

3.2.1. Terminología

3.2.1.1. Agua purificada envasada

“Se considera agua purificada envasada, carbonatada o no, a las aguas destinadas al consumo humano que sometidas a un proceso fisicoquímico y de desinfección de microorganismos, cumple con los requisitos establecidos en esta norma y es envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable, fabricados de material grado alimentario.” (INEN, 2008 pág. 1)

3.2.1.2. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se forman por infiltraciones de aguas naturales que por efectos del peso de la gravedad estas ingresan al suelo y a las rocas subyacentes que tienen fisuras y poros. Por muy profundas que estas sean todos los intersticios entre las rocas acaban por llenarse de agua. (Pimienta, 2011)

3.2.1.3. Ósmosis inversa

Esta técnica consiste en invertir el proceso natural de osmosis con el uso de tecnología. El proceso de osmosis inversa requiere de una presión externa, siendo esta superior a la presión osmótica natural, en este proceso el agua con mayor concentración de sólidos disueltos, al estar sometido a una presión mayor, atraviesa la membrana de permeado hacia la zona donde la concentración de sólidos disueltos es menor, obteniéndose con ello un líquido concentrado que es rechazado y un líquido de permeado con una concentración mucho más diluida que la inicial considerándole a esta agua pura. Se debe tomar en cuenta el género del soluto y la concentración que este tenga para poder aplicar la presión adecuada y obtener agua libre de sólidos disueltos y microorganismos no deseados. (Semino, 2015)

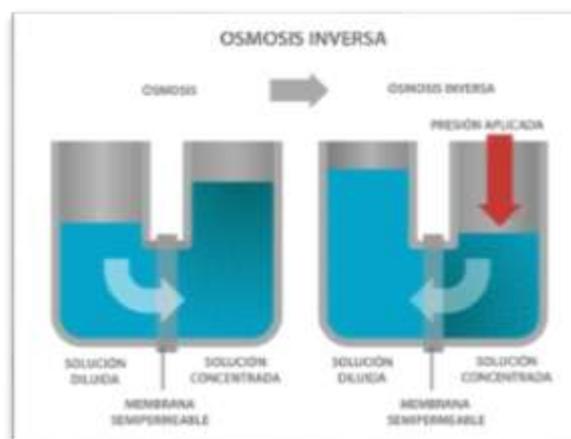


Figura 1-3. Ósmosis inversa

Fuente: (Descalcificador10, 2017)

3.2.1.4. Membrana de Ósmosis

Construidas en poliamida son semipermeables, y cuentan con unos poros de 0,0001 micras, que prácticamente solo dejan pasar agua pura. Eliminando en un porcentaje máximo del 98% cualquier elemento que lleve el agua en disolución.

Básicamente necesita la presión para poder cumplir su misión. Por ese motivo, a mayor cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será la presión que necesita para hacer la separación. Esto se puede ver gráficamente en la siguiente tabla de presiones mínimas, que se pueden ajustar con un regulador de presión. (Hidalgo, y otros, 2013)

Tabla 1-3: Presiones mínimas para que se dé la ósmosis inversa

STD (ppm)	Presión (kgf/cm²)
100 a 200	3,5
200 a 500	3,8
500 a 800	4
800 a 1200	4,3
1200 a 1500	3,5
1500 a 1800	4,8
1800 a 200	5,2

Fuente: Purificar Agua
Realizado por: Diana Ruiz.2017

3.2.1.5. Características físicas, químicas y microbiológicas del agua

Parámetros Físicos

Turbiedad

Es la capacidad que tiene la materia suspendida para obstaculizar el paso de luz. La misma que se expresa en unidades de turbiedad (UNT). Esta es producida por algunas causas como son: la erosión del suelo, contaminación industrial o de desperdicios domésticos. (Sierra, 2011)

Color

Este se encuentra ligado a la turbiedad, pero se lo considera como una característica independiente, éste esta generado por sustancias disueltas y por los coloides provenientes de descargas industriales, disolución de minerales o la descomposición natural de plantas. (Sierra, 2011)

Olor y Sabor

Asociando a sustancias orgánicas presentes en el agua causando rechazo del consumidor, para este análisis no existe un método de cuantificación de estas características por lo que se reporta como presentes o no presentes. (Sierra, 2011)

Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes, ya que afecta a la viscosidad, velocidad de reacción química y sobre todo interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento de aguas. (Sierra, 2011)

Sólidos Totales

Se los encuentra divididos en sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La cantidad y naturaleza de los sólidos que se encuentran en el agua varían ampliamente. En el agua la mayor parte de sólidos se encuentran disueltos estos pueden ser sales o gases. (Sierra, 2011)

Parámetros Químicos

pH

Éste expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, sabiendo que el pH se encuentra en un rango de 0 a 14 y que se lo puede medir con un pHómetro. (Sierra, 2011)

Conductividad

Es un indicativo de las sales disueltas en el agua, ésta mide la cantidad de iones como son Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros, sulfatos. También se dice que es una medida indirecta de los sólidos disueltos. (Sierra, 2011)

Fósforo

Es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, por lo que en la actualidad se ha limitado la cantidad de fósforo que alcanzan las aguas superficiales. Las formas más comunes de encontrar fósforos en el agua son ortofosfato, polifosfato y los fosfatos orgánicos. (Sierra, 2011)

Cloro Libre Residual

A menudo se usa cloro como agente desinfectante en la potabilización de agua. Lo cual deja trazas en el agua luego de eliminar todos los organismos, a esto es a lo que se lo conoce como cloro libre residual. (Sierra, 2011)

Parámetros Microbiológicos

Aerobios mesófilos

Este grupo de microorganismos está formado por bacteria, mohos y levaduras. Los parámetros de ésta nos indica la calidad sanitaria de un alimento, condiciones de higiene y de manipulación de la materia prima. (Sierra, 2011)

Coliformes Totales

La presencia de estos nos muestra que el agua está siendo contaminada con material orgánico de origen fecal producida por humanos o animales. (Sierra, 2011)

3.2.2. Descripción general de un equipo de ósmosis inversa

3.2.2.1. Componentes del equipo

A) Tanques de almacenamiento de agua

Son depósitos de diferentes materiales y tamaños según para el fin destinado que estos tengan, generalmente estos tanques tienen una forma cilíndrica se los utiliza para almacenar o conservar líquidos o gases que se encuentran a una presión ambiente. (Orellana, 2005)



Figura 2-3. Tanque de captación de agua

Fuente: (Rotoplas, 2017)

B) Filtros de arena o de sedimentos

Estos filtros son usados para impedir el paso de impurezas que tengan un tamaño mayor o igual a 30 micras que trae el agua, básicamente estos filtros ayudan a quitar la turbiedad al agua. (Taco, y otros, 2010)



Figura 3-3.Filtro de sedimentos

Fuente: (Aguamerket, 2017)

C) Filtro de carbón activado

El filtro de carbón activado ayuda a eliminar una extensa lista de contaminantes que tiene el agua por el proceso de adsorción. Esta ayuda a purificar, desodorizar y decolorar el agua. (Fluence, 2016)



Figura 4-3. Filtro de carbón activado

Fuente: (Aguamerket, 2017)

D) Ósmosis Inversa

Este proceso utiliza una membrana semipermeable que separa los sólidos disueltos, material orgánico e inorgánico, virus y bacterias del agua. Aplicando una presión extra se obliga al agua pura a través de la membrana, dejando atrás las impurezas. Con la osmosis inversa se puede lograr quitar el 95%-99% de sólidos disueltos y el 99% de todas las bacterias, asegurándonos así tener una agua pura de calidad. (WaterSolution, 2013)



Figura 5-3. Membrana Semipermeable
Fuente: (Aguamerket, 2017)

E) Luz Ultravioleta

La luz ultravioleta es un proceso de desinfección físico muy usado, ya que no utiliza químicos para la eliminación de microorganismos, usa una longitud de onda de 200 a 300 nanómetros para la inactivación de virus, bacterias y protozoos. Se requiere de una dosificación mínima de $1600 \mu\text{w. seg}/\text{cm}^2$. (Wright, y otros, 2012)



Figura 6-3. Esterilizador de rayos ultravioleta
Fuente: (Aguamerket, 2017)

3.2.2.2. Elementos auxiliares que componen un equipo de ósmosis inversa

A) Bomba centrífuga

Las bombas son dispositivos usadas para impulsar, elevar, transferir o comprimir líquidos o gases por medio de un sistema de tuberías.

La bomba centrífuga tiene un rotor de paletas sumergido en el agua, el rotor provee al agua de una velocidad considerable que puede transformarse en presión. (Monje, 2015)



Figura 7-3. Bomba centrífuga

Fuente: (Aguamerket, 2017)

B) Tuberías

Las tuberías forman una de las partes más importantes en la mayoría de industrias ya que por este sistema de tuberías pasa el fluido que puede ser líquido o gas, dependiendo de su aplicación se escoge los diferentes tipos de materiales de los cuales están hechos, estos tienen diferentes diámetros y grosor según las necesidades del sistema. (Martín, y otros, 2016)



Figura 8-3. Tuberías de acero galvanizado

Fuente: (GrupoPROVI, 2017)

C) Codos

Es un accesorio utilizado para cambiar de dirección el flujo de agua según lo requiera el sistema de tuberías, su ángulo varía según la necesidad. (Martín, y otros, 2016)



Figura 9-3. Codos
Fuente: (Facenil, 2017)

D) Te

Se lo conoce también como racor T estas permiten realizar conexiones en tres bandas, los diámetros de estas salidas pueden ser iguales o distintos. (Martín, y otros, 2016)



Figura 10-3. Te roscada
Fuente: (Facenil, 2017)

E) Reducciones

Usadas para disminuir o aumentar el flujo del agua que atraviesan las líneas de tuberías estos accesorios tienen una forma cónica. (Martín, y otros, 2016)



Figura 11-3. Reducciones para tuberías
Fuente: (Facenil, 2017)

F) Válvulas

Es un dispositivo mecánico usado para permitir, cerrar o regular el paso del gas o agua, por medio de una pieza móvil que ayuda a controlar el paso del fluido. Las válvulas consisten de dos partes las cuales son la parte motriz o actuador y el cuerpo. (Martín, y otros, 2016)



Figura 12-3. Válvula de bola
Fuente: (Facenil, 2017)

3.2.3. Diseño del sistema

Para realizar el diseño se analiza cada uno de los componentes que va a conformar el sistema, luego de analizarlos se considera el lugar de salida y destino que va a tener el fluido en este caso agua, se determina el volumen que van a poseer los tanques de almacenamiento (recepción de agua, agua tratada y agua de rechazo), el caudal nominal considerado en el sistema y la capacidad de agua a tratar.

3.2.4. Condiciones del sistema

- El caudal de permeado es de $Q_p=5000$ litros al día.
- La presión requerida para la membrana semipermeable es de un valor aproximado de $3,5 \text{ kgf/cm}^2$ ó $3,4$ bares (Tabla 14-3)
- Factor de recuperación del $Y=70\%$
- El fluido usado es agua a una temperatura aproximada de 14°C
- La densidad del agua a 14°C es $\rho=999,33 \text{ kg/m}^3$
- Viscosidad dinámica del agua a 14°C es $\mu=0,001170 \text{ kg/(m.s)}$
- Peso específico del agua a 14°C es $\gamma= 9790 \text{ N/m}^3$
- La presión atmosférica $101,325 \text{ kPa}$

3.3. Cálculos para el proceso de purificación del agua

3.3.1. Balances de masa

Balance de masa para el flujo de agua y flujo del solvente

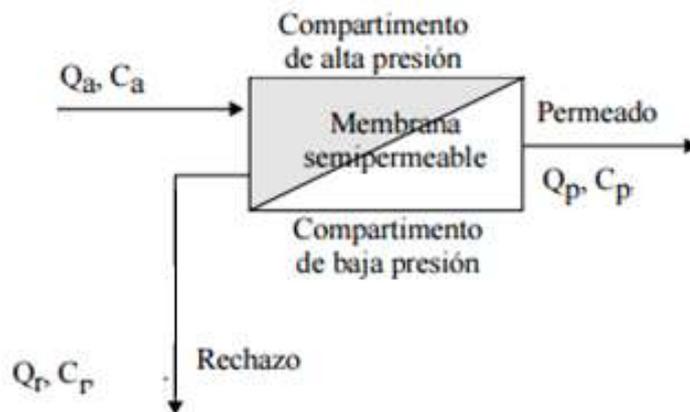


Figura 13-3. Proceso de ósmosis inversa
Fuente: (Fariñas, 2017)

Balance de masa para el flujo de agua

$$Q_a = Q_p + Q_r$$

Ec.1

Balance de masa para el flujo de solvente

$$Q_a C_a = Q_p C_p + Q_r C_r$$

Ec.2

Dónde:

Q_a = Caudal de alimentación

Q_p = Caudal de permeado

Q_r = Caudal de rechazo

C_a = Concentración de soluto en el agua de alimentación

C_p = Concentración de soluto en el permeado

C_r = Concentración de soluto en el agua de rechazo

Cálculos de caudales

Se requiere saber los caudales tanto de alimentación como de rechazo que tiene el sistema teniendo en cuenta que el factor de recuperación de la OI es de un 70%.

Caudal de alimentación

Viene dada por la siguiente ecuación

$$Y = 100 \frac{Q_p}{Q_a}$$

Ec.3

Donde

Q_a = Caudal de alimentación ($m^3/día$)

Q_p = Caudal de permeado ($5m^3/día$)

Q_r = Caudal de rechazo ($m^3/día$)

Y = Factor de recuperación (%)

$$Q_a = \frac{100 * Q_p}{Y}$$

Ec.4

$$Q_a = \frac{100 * 5}{70}$$

$$Q_a = 7,14 m^3/día$$

Caudal de rechazo

$$Q_a = Q_p + Q_r$$

$$Q_r = 7,14 - 5$$

$$Q_r = 2,14 m^3/día$$

Tabla 2-3: Caudales de diseño

Caudales	$m^3/día$
Q_a	7,14
Q_p	5
Q_r	2,14

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Calculo de las concentraciones de soluto

Ya conocido los caudales de diseño podemos calcular las concentraciones de soluto en el permeado y rechazo del agua.

Para el cálculo teórico de las concentraciones de permeado y rechazo usamos los datos (de cada componente), que se obtuvieron al momento de hacer la caracterización del agua, siendo este la concentración en la alimentación (Ca), los cuales se indican en la tabla 17-3 y en la tabla 18-3, se establece el factor de rechazo de sales (R) con un valor del 99.0% dados por el proveedor.

Tabla 3-3: Concentración del agua de alimentación (Ca)

Composición	Concentración (mg/L)
Solidos totales disueltos	119,6
Cloro residual	0
Dureza total	12,4
Hierro total	0,02
Nitratos	1
Nitritos	0,003
Sulfatos	0
Fosfatos	0,77
Manganeso	0,011
Flúor	<1
Amoniaco	<1

Fuente: Municipio del Cantón Chambo, 2017 (Laboratorio de Control de Calidad del Agua)

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Tabla 4-3: Ficha técnica del sistema de osmosis inversa

SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA BW 1	
CANTIDAD DE MEMBRANAS	1
TAMAÑO DE MEMBRANAS	BW 4040 84 ft2 de superficie
TIPO	DOW o TORAY
SUPERFICIE TOTAL MEMBRANAS	84 ft ²
TIPO DE PORTAMEMBRANAS	END PORT 40 x 40 300 PSI
CANTIDAD DE PORTAMEMBRANAS	1
ARREGLO DE MEMBRANAS	1 x 1
CONEXIONES	ACOPLES RÁPIDOS PASS
GFD MÁXIMO	16.5
RETENCIÓN DE SALES	99,0%
BOMBA DE ALTA PRESIÓN	GOULDS GB10 304 SS, 1 HP

FLUJO ALIMENTACIÓN	4 GPM Máximo
FLUJO PRODUCTO	1.1 GPM Máximo
REQUERIMIENTO ELÉCTRICO BOMBA ALTA PRESIÓN	1 HP
BOMBA BAJA PRESIÓN	GOULDS o GRUNDFOS 304 SS
REQUERIMIENTO ELÉCTRICO BOMBA BAJA PRESIÓN	1 HP
DIMENSIONES ESTRUCTURA	0.4 mt L x 0.6 mt W x 1.4 mt H
ESTRUCTURA	ACERO INOXIDABLE 304
MARCO DE TABLERO Y CONTROL	ACERO INOXIDABLE 304
FILTRACIÓN	POLIETILENO
CANTIDAD DE FILTROS	1
CANTIDAD ELEMENTOS	1 PLISADO HARMSCO 1 u
TUBERÍAS ALTA PRESIÓN	PLÁSTICO HP REFORZADA
CONEXIÓN TUBERÍAS	ACOPLES NYLON O PVC
TUBERÍAS BAJA PRESIÓN	PLÁSTICO HP REFORZADA
TOMA MUESTRAS	Cada Portamembranas In/Out
CAUDALIMETROS	Producto Y Rechazo
MANÓMETROS	WIKA Prefiltros, Bombas, Arreglos de Membranas, Sistema CIP
MEDIDORES EN PANEL	TODOS
VÁLVULAS REGULADORAS	DE PRESIÓN Y CAUDAL A.I.
TABLERO ELÉCTRICO	FIBRA DE VIDRIO O A.I.

Fuente: PROQUIMARSA S.A, 2017

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

3.3.2. Concentraciones

Concentración de rechazo

$$Cr = R \frac{Ca}{1 - Y}$$

Ec.5

$$Cr = 0,99 \frac{119,6}{1 - 0,70}$$

$$Cr = 394,68 \text{ mg/L}$$

Tabla 5-3: Concentraciones teóricas de rechazo.

Composición	Cr (mg/L)
Solidos totales disueltos	471,24
Cloro residual	0
Dureza total	491,04
Hierro total	0,0792
Nitratos	3,96
Nitritos	0,01188
Sulfatos	0
Fosfatos	3,0492
Manganeso	0,04356
Flúor	-
Amoniaco	-

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Concentración de permeado

$$Cp = (1 - R) \left(\frac{Ca + Cr}{2} \right)$$

Ec.6

$$Cp = (1 - 0,99) \left(\frac{119,6 + 394,68}{2} \right)$$

$$Cp = 2,57 \text{ mg/L}$$

Tabla 6-3: Concentraciones teóricas del permeado

Composición	Cp (mg/L)
Solidos totales disueltos	2,9512
Cloro residual	0
Dureza total	3,0752
Hierro total	0,000496
Nitratos	0,0248
Nitritos	7,44E-05
Sulfatos	0
Fosfatos	0,019096
Manganeso	0,0002728
Flúor	-
Amoniaco	-

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Número de membranas de osmosis inversa

Para calcular el número de elementos que requiere este proceso se requiere saber el flujo de diseño (JV o GFD) de una membrana de osmosis inversa, este flujo de diseño es la cantidad de agua de permeado, que la membrana genera por pie cuadrado de superficie de membrana por día, expresado (GFD ó l/m^2h).

$$JV = \frac{Qp}{Ne \times A}$$

Ec.7

Donde

JV= Flujo de diseño l/m^2h

Qp= Caudal de permeado m^3

Ne= Número de elementos de ósmosis inversa

A= área de la membrana m^2

En la tabla 21-3 encontramos los valores recomendados, según el tipo de agua a considerar para la ósmosis inversa en este caso agua subterránea.

Tabla 7-3: Flujos de diseño recomendados para distintos tipos de agua

Water Source	Recommended permeate flux
Waste water (SDI<5)	8-12 gfd
Waste water pretreated by UF (SD<3)	10-14gfd
Seawater open intake (SDI<5)	7-10gfd
High salinity well water (SDI<3)	8-12gfd
Surface water (SDI<5)	12-16gfd
Surface water (SDI<3)	13-17gfd
Well water (SDI<3)	13-17gfd
RO/UF permeate (SDI<1)	21-30gfd

Fuente: Technical Manual Reverse Osmosis Membrane, CSM

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

$$JV = 17 \frac{gal}{ft^2 d} \times \frac{3,785l}{1gal} \times \frac{1ft^2}{(0,3048m)^2} \times \frac{1d}{24h} = 28,85 \frac{l}{m^2 h} \approx 29 \frac{l}{m^2 h}$$

En la siguiente formula se relaciona el número de elementos (Ne), el flujo de diseño (JV), y el caudal de permeado (Qp).

$$Ne = \frac{Qp}{JV \times A}$$

$$Ne = \frac{0,21 \times 1000}{29 \times 7,80}$$

$$Ne = 0,92 \approx 1$$

Diseño de filtros

El diseño cuenta con 2 filtros, para este cálculo consideramos un caudal de $0,9 \frac{m^3}{h}$

Área superficial

Según la teoría la velocidad de filtrado depende de la concentración de contaminantes estos valores varían entre 0,1 a 0,9 m/h

$$A_s = \frac{Q}{N \times v_f}$$

Ec.8

Donde

$Q =$ Caudal de diseño $0,9 \frac{m^3}{h}$

$N =$ Número de filtros 2

$v_f =$ Velocidad de filtración $0,85 m/h$

$A_s =$ Área superficial m^2

$$A_s = \frac{0,9}{2 \times 0,85}$$

$$A_s = 0,53 m^2$$

Coefficiente del mínimo costo

Relación que existe entre la longitud y el ancho del filtro, se define por la siguiente ecuación.

$$K = \frac{2 \times N}{N + 1}$$

Ec. 9

Donde

$N =$ Número de filtros 2

$K =$ coeficiente del mínimo costo

$$K = \frac{2 \times 2}{2 + 1}$$

$$K = 1,33$$

Ancho de la unidad

La ecuación usada para este cálculo es

$$B = \frac{(A_s)^{1/2}}{K}$$

Ec.10

Donde

A_s = Área superficial $0,53m^2$

K = coeficiente del mínimo costo $1,33$

B = Ancho de filtro m

$$B = \frac{(0,53)^{1/2}}{1,33}$$

$$B = 0,547m$$

Altura del filtro

Para

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c)$$

Ec.11

Donde

f_s = Factor de seguridad %

C_a = Altura del agua sobrenadante $0,30m$

L_a = Altura de lecho filtrante $0,45m$

C_s = Altura de la capa de soporte $0,30m$

F_c = Altura del drenaje $0,2m$

Z_f = Altura del filtro m

$$Z_f = 1,10(0,30 + 0,45 + 0,30 + 0,20)$$

$$Z_f = 1,38m$$

Los cuales estarán conformados por filtros individuales de $0,69m$

3.3.3. Cálculos y análisis para los tanques de almacenamiento de agua

Los tanques de almacenamiento deben cumplir con características muy importantes dependiendo de la sustancia que van a almacenar en este caso agua para consumo humano, por lo que se ha escogido material de polímeros (HDPE) que nos da las siguientes ventajas:

- Garantiza las características originales del producto (agua)
- No genera color, olores y sabores a la sustancia.
- En este material no hay corrosión ni oxidación.

- Su costo es menor comparado con el acero inoxidable.
- Fácil de instalar y hacer conexiones en cualquier parte del tanque según las necesidades.
- Inhiben la proliferación de bacterias.
- No se necesita mantenimiento.

Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento

Para el dimensionamiento de los tanques usamos la fórmula del volumen de un cilindro.

$$v = \pi r^2 h$$

Ec. 12

Donde

v = Volumen del tanque asumimos la cantidad de agua a almacenar (m^3)

r = Radio se asume un radio de (1m)

h = ? Altura del tanque (m)

Cálculo de la altura del tanque de alimentación

El caudal de alimentación calculado para producir $5m^3$ de agua tratada es de $7,14m^3$, pero consideramos un factor de seguridad de 1,4, que nos garantiza la producción deseada de agua purificada. Por tanto el caudal a considerar será de:

$$Qa = 7,14 + 1,4$$

$$Qa = 9,99m^3$$

$$v = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{9,99}{\pi 1^2}$$

$$h = 3,18m$$

Cálculo de la altura del tanque de agua tratada

$$v = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{5}{\pi 1^2}$$

$$h = 1,59m$$

Cálculo de la altura del tanque de agua de rechazo

$$v = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{2,14}{\pi 1^2}$$

$$h = 0,68m$$

3.3.4. Cálculos de pérdidas de energía en los elementos del sistema

El propósito de calcular las pérdidas de energía es seleccionar de mejor manera la bomba y hacer el correcto dimensionamiento de las líneas de succión y descarga del equipo de esta manera cumplir con los parámetros establecidos.

Ecuación general de energía

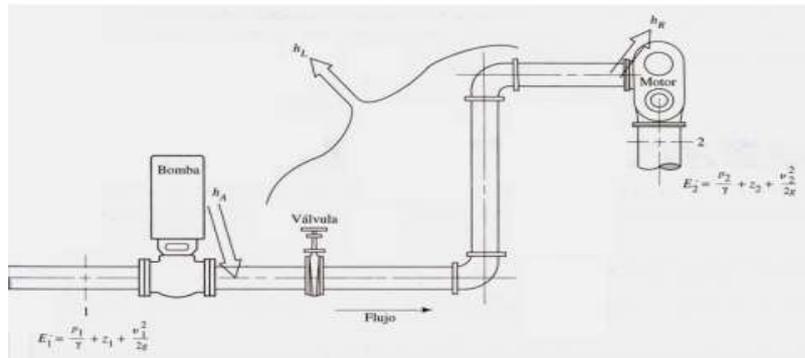


Figura 14-3. Sistema de flujo de un fluido.

Fuente: (MOTT, 2017)

$$E_1 + h_A + h_R - h_L = E_2$$

Ec.13

Dónde:

E_1 = Energía que tiene el fluido por unidad de peso en la sección 1.

E_2 = Energía que tiene el fluido por unidad de peso en la sección 2.

h_A = Energía agregada.

h_R = Energía removida.

h_L = Pérdidas.

Se puede determinar la energía que tiene el fluido con la siguiente ecuación.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A + h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ec.14

Dónde

$\frac{p_1}{\gamma}$ = Presión del tanque de succión dividido para el peso específico en (m.c.a) metros de columna de agua).

$\frac{p_2}{\gamma}$ = Presión del tanque de descarga dividido para el peso específico en (m.c.a).

Z_1 = Punto cero tomado de la superficie del tanque de succión en (m.c.a)

Z_2 = Altura del líquido tomada de la superficie del tanque de succión hasta la superficie del tanque o tubería de descarga (en m.c.a)

$\frac{v_1^2}{2g}$ = Velocidad de succión al cuadrado dividida para el doble de la gravedad en (m.c.a)

$\frac{v_2^2}{2g}$ = Velocidad de descarga al cuadrado dividida para el doble de la gravedad en (m.c.a)

h_A = Energía agregada por la bomba (en m.c.a)

h_R = Energía removida por alguna turbina o elemento mecánico en (m.c.a)

h_L = Perdida total del sistema en (m.c.a)

Cálculos teóricos de pérdidas de energía en el sistema

Análisis de las pérdidas de energía

Para los cálculos teóricos de pérdidas de energía partimos de los datos y las condiciones a las que trabaja el sistema, estos datos se muestran a continuación:

Datos

Q_p = Caudal de permeado (5000 L/día)

ρ = Densidad a 14°C (999,33 kg/m³)

μ = Viscosidad dinámica a 14°C (0,001170 kg/(m.s))

D_s = Diámetro interno de succión de una tubería de diámetro nominal equivalente 1” (0,02660m)

D_d = Diámetro interno de descarga del fluido de una tubería de diámetro nominal equivalente a 1/2” (0,01580m)

Velocidades en el sistema

Para obtener estos datos se analiza de la tabla de velocidades de flujo recomendables para sistemas de fluido, asumiendo los valores de esta para calcular la sección transversal de los tamaños de las tuberías.

Tabla 8-3: Rango recomendado de velocidad en un sistema de fluido

Tipo de servicio	Pie/s	m/s
Línea de succión	2/4	0,6-1,2
Línea de retorno	4/13	1,5-4
Línea de descarga	7/18	2-5.5

Fuente: MOTT, Robert. Mecánica de fluidos. P.262

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

Por tanto:

V_s = Velocidad de succión (0,9m/s)

V_d = Velocidad de descarga (3m/s)

Área transversal de la tubería

La ecuación usada para este cálculo es la del caudal donde se despejara el área.

$$Q = v * A$$

Ec.15

Donde

Q= caudal Generado por el sistema

v= velocidad en la tubería de succión y descarga

A= área de la tubería de conducción del agua

3.3.4.1. Cálculos en la etapa de succión del sistema

Cálculo de la velocidad en la membrana

Se considera un caudal nominal de 15 L/min para la alimentación del sistema ya que la membrana tiene la capacidad de filtrar la cantidad antes dicha, teniendo en cuenta que el área de flujo de la membrana semipermeable es equivalente a $7,80m^2$.

$$Q = v * A$$

Dónde:

Q= Caudal nominal (15 L/min ó $2,5 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$)

A= Área de la membrana ($7,80 m^2$)

v = Velocidad en la membrana ($\frac{m}{s}$)

$$v = \frac{Q}{A}$$
$$v = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{7,80}$$
$$v = 3,20 \times 10^{-5} \frac{m}{seg}$$

Cálculo del área transversal de la tubería succión

$$As = \frac{Q}{v}$$

Ec.16

Dónde:

A_s = Área Transversal de succión (m^2)

Q = Caudal nominal ($2,5 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$)

v_s = velocidad media de succión Tabla 15-3 (0,90m/s)

$$A_s = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{0,90}$$
$$A_s = 2,77 \times 10^{-4} m^2$$

Cálculo del diámetro de succión de la tubería

$$D_s = \sqrt{\frac{A_s \times 4}{\pi}}$$

Ec.17

Dónde:

D_s = Diámetro de la tubería (m)

A_s = Área Transversal de succión ($2,77 \times 10^{-4} m^2$)

$$D_s = \sqrt{\frac{2,77 \times 10^{-4} \times 4}{\pi}}$$
$$D_s = 0,019 m$$

Al analizar los resultados se concluye que la elección más adecuada es estimar un diámetro de entrada ya especificado por la bomba.

En los cálculos siguientes se escogerá el diámetro interno de las tuberías que se encuentren en tablas dependiendo de las necesidades del sistema, en este caso se escogerá tuberías de acero galvanizado cedula 40, ya que en el sistema se encuentran presiones medias, también por sus características que son más resistentes a la corrosión y que evitan la acumulación de minerales que pueden llegar a obstaculizar el paso de agua.

Perdidas mayores

Las pérdidas mayores usualmente vienen dado por la longitud o por la fricción en las tuberías.

Cálculo del área de la tubería de succión

$$A_s = \frac{\pi * D_s^2}{4}$$

Ec.18

$$A_s = \frac{\pi * 0,02660^2}{4}$$

$$A_s = 5,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Cálculo de la velocidad de succión

$$v_s = \frac{Q}{A_s}$$

Ec.19

$$v_s = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{5,56 \times 10^{-4}}$$

$$v_s = 0,45 \text{ m/s}$$

Cálculo de pérdidas de energía en la tubería de succión 1”

$$N_R = \frac{\rho * v_s * D_s}{\mu}$$

Ec.20

Dónde:

N_R = Número de Reynolds

v_s = Velocidad de succión del fluido (0,45m/s)

D_s = Diámetro interno de la tubería de succión (0,02660m)

ρ = Densidad a 14°C (999,33 kg/m³)

μ = Viscosidad dinámica a 14°C (0,001170 N.s/m²)

$$N_R = \frac{999,33 * 0,45 * 0,02660}{0,001170}$$

$$N_R = 10223,91$$

Después de haber calculado el número de Reynolds vemos que este valor nos dice que es un flujo turbulento, sobrepasando el límite de flujo laminar ya que en teoría nos indican los rangos siguientes:

Si $N_R < 2000$ el flujo es laminar

Si $N_R > 4000$ el flujo es turbulento

Cálculo de la rugosidad relativa

Para este cálculo consideramos la rugosidad relativa de acero galvanizado encontrado en tablas que equivale a $\varepsilon = 1,50 \times 10^{-4} \text{ m}$

$$\frac{D_s}{\varepsilon} = \frac{0,02660 \text{ m}}{1,50 \times 10^{-4} \text{ m}}$$

Ec.21

$$\frac{D_s}{\varepsilon} = 177,33$$

Cálculo de factor de fricción en tuberías

Para calcular el factor de fricción ponemos en consideración el número de Reynolds para la sección con flujo turbulento.

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,70 \times \frac{D_s}{\varepsilon}} + \frac{5,74}{N_R^{0,90}} \right) \right]^2}$$

Ec.22

$$f_t = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,70 \times 177,33} + \frac{5,74}{10223,91^{0,90}} \right) \right]^2}$$

$$f_t = 0,039$$

Para las pérdidas mayores en tuberías aplicamos la siguiente fórmula

$$h_l = f_t \times \frac{l_s}{D_s} \times \frac{v_s^2}{2g}$$

Ec.23

Dónde:

h_l = Pérdidas en las tuberías de succión y descarga (m)

l_s = longitud de las tuberías de succión y descarga (m)

v_s = Velocidad de succión del fluido (0,30m/s)

D_s = Diámetro interno de la tubería de succión de diámetro nominal 1" (0,02660m)

g = Gravedad (9,81m/s²)

$$h_{l1} = 0,039 \times \frac{3,26}{0,02660} \times \frac{0,45^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_{l1} = 0,049 \text{ m}$$

3.3.4.2. Cálculos en la etapa de descarga del sistema

Pérdidas menores

Estas pérdidas de energía se producen en los accesorios. Para este cálculo se usa la siguiente fórmula.

$$h_l = kx \frac{v^2}{2g}$$

Ec.24

Dónde:

h_l = Perdidas menores (m)

K= Coeficiente de resistencia de cada elemento

v= Velocidad de flujo en el conducto (m/s)

Cálculo de pérdidas de energía en acoplamiento en la orilla del tanque

Se toma un coeficiente de resistencia de K=0,50 (orilla del tanque) que corresponde a un acople de borde cuadrado.

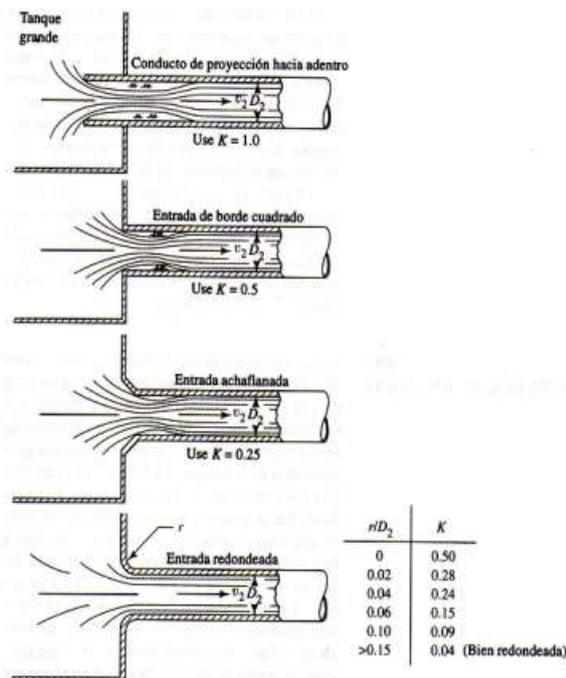


Figura 15-3. Factor de pérdidas en la salida del tanque

Fuente: (MOTT, 2017)

$$h_l = k_{orilla} x \frac{v^2}{2g}$$

Ec. 25

$$h_{l2} = 0,5x \frac{0,45^2}{2x9,81}$$

$$h_{l2} = 5.16x10^{-3}m$$

Cálculos en la etapa de descarga

Para el análisis en la etapa de descarga se considera un caudal nominal 15 L/min y una velocidad de descarga de 3m/s.

Cálculo del área transversal de descarga del sistema.

$$A_d = \frac{Q}{v_d}$$

$$A_d = \frac{2,5x10^{-4}}{3}$$

$$A_d = 8,33x10^{-5}m^2$$

Cálculo del Diámetro de la tubería de descarga

$$D_d = \sqrt{\frac{A_d x 4}{\pi}}$$

$$D_d = \sqrt{\frac{8,33x10^{-5} x 4}{\pi}}$$

$$D_d = 0,01m \text{ ó } 0,39 \text{ plg}$$

Con el resultado obtenido llegamos a concluir que se puede utilizar una tubería de diámetro ½” cedula 40 para la etapa de descarga.

Pérdidas mayores

Cálculos del área de la tubería de descarga

$$A_d = \frac{\pi * D_s^2}{4}$$

$$A_d = \frac{\pi * 0,01580^2}{4}$$

$$A_d = 1,96x10^{-4}m^2$$

Cálculo de la velocidad de descarga

$$v_d = \frac{Q}{A_d}$$
$$v_d = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{1,96 \times 10^{-4}}$$
$$v_d = 1,28 \text{ m/s}$$

Cálculo de pérdidas de energía en la tubería de descarga ½”

$$N_R = \frac{\rho * v_d * D_d}{\mu}$$
$$N_R = \frac{999,33 * 1,28 * 0,01580}{0,001170}$$
$$N_R = 17207,50$$

El resultado de número de Reynolds nos indica que el flujo excede el límite de flujo laminar ya que estos se encuentran en los siguientes rangos:

Si $N_R < 2000$ el flujo es laminar

Si $N_R > 4000$ el flujo es turbulento

Cálculo de la rugosidad relativa

$$\frac{D_s}{\varepsilon} = \frac{0,01580 \text{ m}}{1,50 \times 10^{-4} \text{ m}}$$
$$\frac{D_s}{\varepsilon} = 105,33$$

Cálculo del factor de fricción en tuberías

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,70 \times \frac{D_s}{\varepsilon}} + \frac{5,74}{N_R^{0,90}} \right) \right]^2}$$
$$f_t = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,70 \times 105,33} + \frac{5,74}{17207,50^{0,90}} \right) \right]^2}$$
$$f_t = 0,043$$

Las pérdidas mayores en las tuberías se calcula con la siguiente formula

$$h_l = f_t \times \frac{l_s}{D_s} \times \frac{v_s^2}{2g}$$

$$h_{l3} = 0,043x \frac{5,90}{0,01580} x \frac{1,28^2}{2(9,81)}$$

$$h_{l3} = 1,34\text{m}$$

Perdidas menores

Cálculo de pérdidas de energía en acoplamientos en la orilla del tanque

$$h_l = k_{orilla} x \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{l4} = 0,50x \frac{1,28^2}{2(9,81)}$$

$$h_{l4} = 0,042\text{m}$$

La pérdida total de energía en la orilla de los tanques de descarga (agua purificada y agua de rechazo) es:

$$h_{l4} = 3x 0,042\text{m}$$

$$h_{l4} = 0,13\text{m}$$

Cálculo de las pérdidas en codos de 90°

$$h_{l5} = k_{codos} x \frac{v^2}{2g}$$

$$k_{codos} = \frac{L_e}{D} x f_T$$

Ec.26

Dónde:

$$\frac{L_e}{D} = 30 \text{ obtenido de tablas}$$

f_T = Factor de fricción para tuberías de 1/2" (0,027)

$$k_{codos} = 30 x 0,027$$

$$k_{codos} = 0,81$$

$$h_{l5} = 0,81x \frac{1,28^2}{2x 9,81}$$

$$h_{l5} = 0,068\text{m}$$

Pérdidas totales en codos de 90° es:

$$h_{l5} = 5 x 0,068\text{m}$$

$$h_{l5} = 0,34\text{m}$$

Cálculo de pérdidas en la válvula de bola ½”

Para este te cálculo se toma en consideración la válvula abierta 100%

$$h_{l7} = k_{\text{codos}} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$k_{va} = \frac{L_e}{D} \times f_T$$

Dónde:

$$\frac{L_e}{D} = 150 \text{ obtenido de tablas}$$

f_T = Factor de fricción para tuberías de ½” (0,027)

$$k_{va} = 150 \times 0,027$$

$$k_{va} = 4,05$$

$$h_{l6} = 4,05 \times \frac{1,28^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_{l6} = 0,34m$$

Las pérdidas totales de las válvulas de bolas ½” es:

$$h_{l6} = 3 \times 0,33m$$

$$h_{l6} = 1,01m$$

3.3.4.3. Cuantificación de las pérdidas de energía en la succión y descarga.

Tabla 9-3: Pérdidas de energía en la succión y descarga.

h_{No}	Descripción	h_l (m)
Succión		
h_{l1}	Tubería de succión 1”	0,049
h_{l2}	Acoplamiento del tanque de orilla 1”	$5,16 \times 10^{-3}$
Descarga		
h_{l3}	Tubería de descarga ½”	1,34
h_{l4}	Acoplamiento del tanque de la orilla ½”	0,13
h_{l5}	Codos de 90° de ½”	0,34
h_{l6}	Válvula de bola ½”	1,01
	Pérdidas totales	2,87
	Factor de seguridad 1,5	4,31

Realizado por: Diana Ruiz. 2017

En la tabla anterior se indica los valores de pérdidas de energía por fricción tanto en la succión como en la descarga del sistema sin tomar en cuenta el proceso de ósmosis ya que el equipo cuenta con su propio dispositivo de presión.

3.3.5. Análisis teóricos de la potencia de la bomba

El cálculo teórico de la bomba se lo realiza partiendo de un balance de energía en el que se analiza los siguientes factores con la ecuación general de energía.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A + h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Dónde

$\frac{P_1}{\gamma} = 0$. Ya que el tanque de succión se encuentra abierto a la atmosfera

$\frac{P_2}{\gamma} = 0$. Ya que el tanque de descarga se encuentra abierto a la atmosfera

$Z_1 = 0$. Punto de inicio del sistema, dado desde la superficie del tanque de succión.

$Z_2 =$ Altura del líquido dada desde la superficie del tanque de succión hasta la superficie del tanque o tubería de descarga.

$\frac{v_1^2}{2g} \approx 0$. Se la considera nula ya que el área superficial del tanque es grande.

$\frac{v_2^2}{2g} = ?$ tomando en cuenta la velocidad de descarga.

$h_A = ?$ Energía agregada por la bomba.

$h_R = 0$. Energía removida por alguna turbina o elemento mecánico (no se encuentran en el sistema).

$h_L =$ Perdida total del sistema.

Cálculo de la energía suministrada por la bomba al sistema.

Se parte del balance de energía en los que se obtiene los parámetros siguientes para el sistema dado.

$$h_A = Z_2 + h_L + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ec.27

Donde

$$\frac{v_2^2}{2g} = 0.084$$

$$h_L = 4,31$$

$$Z_2 = 1,77\text{m}$$

$$h_A = 1,77 + 4,31 + 0,084$$

$$h_A = 6,16$$

Cálculo de la potencia agregada al fluido por la bomba

Para este cálculo teórico se usa la siguiente formula.

$$P_A = h_A \times \gamma \times Q$$

Ec.28

Donde

P_A = Potencia agregada al fluido

h_A = Energía suministrada por la bomba al fluido

γ = 9790N/m³ Peso específico del fluido

Q = 2.50x10⁻⁴ $\frac{m^3}{s}$ Caudal de descarga

$$P_A = 6,16 \times 9790 \times 2.50 \times 10^{-4}$$

$$P_A = 15,08 \text{ w}$$

$$P_A = 0,015 \text{ Kw}$$

$$P_A = 0,020 \text{ HP}$$

3.4. Resultados

Tabla 10-3: Tabla de comparación de la composición

Composición	Concentración antes del tratamiento	Concentración de permeado calculado	Concentración de permeado analizado
	Ca (mg/L)	Cp (mg/L)	Cp (mg/L)
Solidos totales disueltos	119	2,9512	27
Cloro residual	0	0	0
Dureza total		3,0752	16
Hierro total	0,02	0,000496	No necesario
Nitratos	1	0,0248	No necesario
Nitritos	0,003	7,44E-05	No necesario
Sulfatos	0	0	0
Fosfatos	0,77	0,019096	0,08
Manganeso	0,011	0,0002728	No necesario
Flúor	<1	-	-
Amoniaco	<1	-	-

Realizado por: Diana Ruiz. 2018

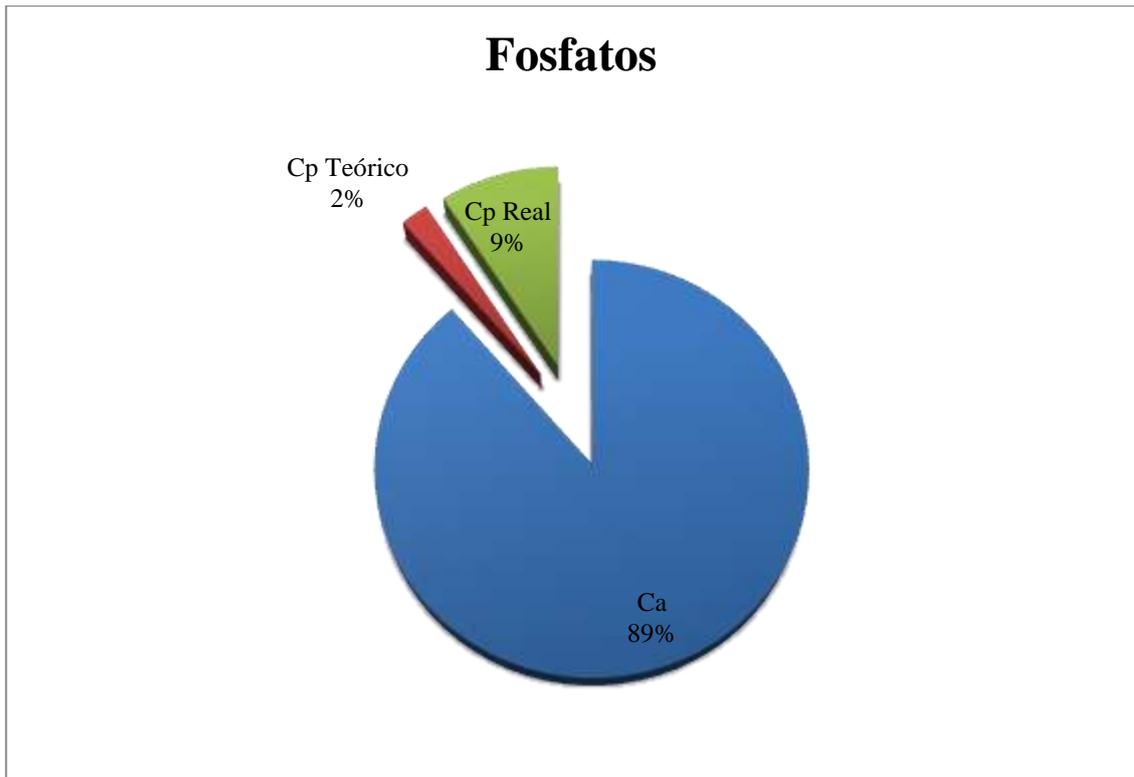


Gráfico 1-3: Comparación de concentraciones de fosfato
Realizado por: Diana Ruiz. 2018

Tabla 11-3: Comparación del análisis microbiológico

PARÁMETROS	RESULTADOS	RESULTADOS	LÍMITES
	PRETRATAMIENTO UFC/100ml	POSTRATAMIENTO UFC/100ml	PERMISIBLES UFC/100ml
Coliformes Totales	1	Ausencia	$1,0 \times 10^0$

Realizado por: Diana Ruiz. 2018

Tabla 12-3: Resultados de los caudales requeridos por el sistema

Caudales	$m^3/\text{día}$
Qa	7,14
Qp	5
Qr	2,14

Realizado por: Diana Ruiz. 2018

Tabla 13-3: Resultados de pérdidas de energía en el sistema

h_{No}	Descripción	h_l (m)
Succión		
h_{l1}	Tubería de succión 1"	0,049
h_{l2}	Acoplamiento del tanque de orilla 1"	$5,16 \times 10^{-3}$
Descarga		
h_{l3}	Tubería de descarga ½"	1,34
h_{l4}	Acoplamiento del tanque de la orilla ½"	0,13
h_{l5}	Codos de 90° de ½"	0,34
h_{l6}	Válvula de bola ½"	1,01
	Pérdidas totales	2,87
	Factor de seguridad 1,5	4,31

Realizado por: Diana Ruiz. 2018

3.5. Discusión

Con los parámetros analizados se busca identificar cuál de estos se encuentra fuera de los límites establecidos en la norma. En este caso se determinó que el parámetro fuera de límite son los fosfatos que tienen una concentración de 0,77mg/L. La posible razón de que estos parámetros se encuentren fuera de norma es que en la zona de las vertientes se realizan actividades agrícolas y ganaderas. Inicialmente se procedió con un tratamiento químico para la disminución de fosfatos cuyos resultados fueron favorables respecto a los parámetros fuera de norma, sin embargo, se observó el aumento de concentración de aluminio y la aparición de cloro. Además, en la revisión de las normativas para aguas purificadas y envasadas se restringe el uso de tratamientos químicos, se realizó una filtración por zeolita en la que la concentración de fosfatos bajó a 0,74mg/L, por lo cual se recomienda el tratamiento de osmosis inversa.

Este tratamiento de osmosis inversa provee una eficiencia del 99% se espera reducir a una concentración de 0.019 mg/L. En la tratabilidad se obtuvo un resultado de 0,08mg/L, si se compara con el valor teórico esperado se aprecia que el valor analizado es más alto que el valor calculado, la razón principal es que el equipo de ósmosis inversa usado para las pruebas no tiene la eficiencia esperada en los cálculos debido a la obsolescencia de los filtros. Es importante el pre-tratamiento del agua que evitara el desgaste acelerado de la membrana de osmosis inversa.

Otro factor importante que se tuvo en cuenta es la presencia de microorganismos en el agua a tratar para ello fue necesario realizar un análisis microbiológico donde se evidencio una escasa presencia de coliformes totales con un valor de 1 UFC/100ml. Este nos indica que al ser una

fuelle de agua subterránea no presenta mucha contaminación. Según las normas NTE INEN 2200-2008 para aguas envasadas y purificadas se establece que en estas no debe existir microorganismo. Para lo cual se utilizó un proceso de desinfección UV con lo que se logró una ausencia total de los microorganismos presentes.

Teniendo en cuenta los tratamientos para purificar el agua el caudal requerido por el sistema es de $7,14m^3/día$ para lograr cumplir con el caudal de permeado solicitado por la JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE GALTEN – GUILBUT que es de $5m^3/día$. La razón por la que se necesita ese caudal de alimentación es que el sistema tiene un porcentaje de rechazo de 30%, lo que se traduce en $2,14m^3/día$ de agua rechazada.

Uno de los criterios más importantes para poder seleccionar una bomba es calcular las pérdidas de energía dentro del sistema que se generan por el uso de accesorios y tuberías dándonos así un total de pérdida de 4,31m considerando un factor de seguridad de 1,5. En estos cálculos no se consideró pérdidas en el proceso de ósmosis inversa ya que este cuenta con su propio sistema de bombeo de un 1 HP de potencia. Con estos valores de las pérdidas se seleccionó una bomba de $\frac{3}{4}$ HP de potencia. La razón de elegir una bomba con esta potencia es debido a que el caudal de permeado requerido por la Junta es bajo.

3.6. Proceso de producción

El diseño de la planta cuenta con una serie de operaciones para llegar a obtener agua purificada estos son:

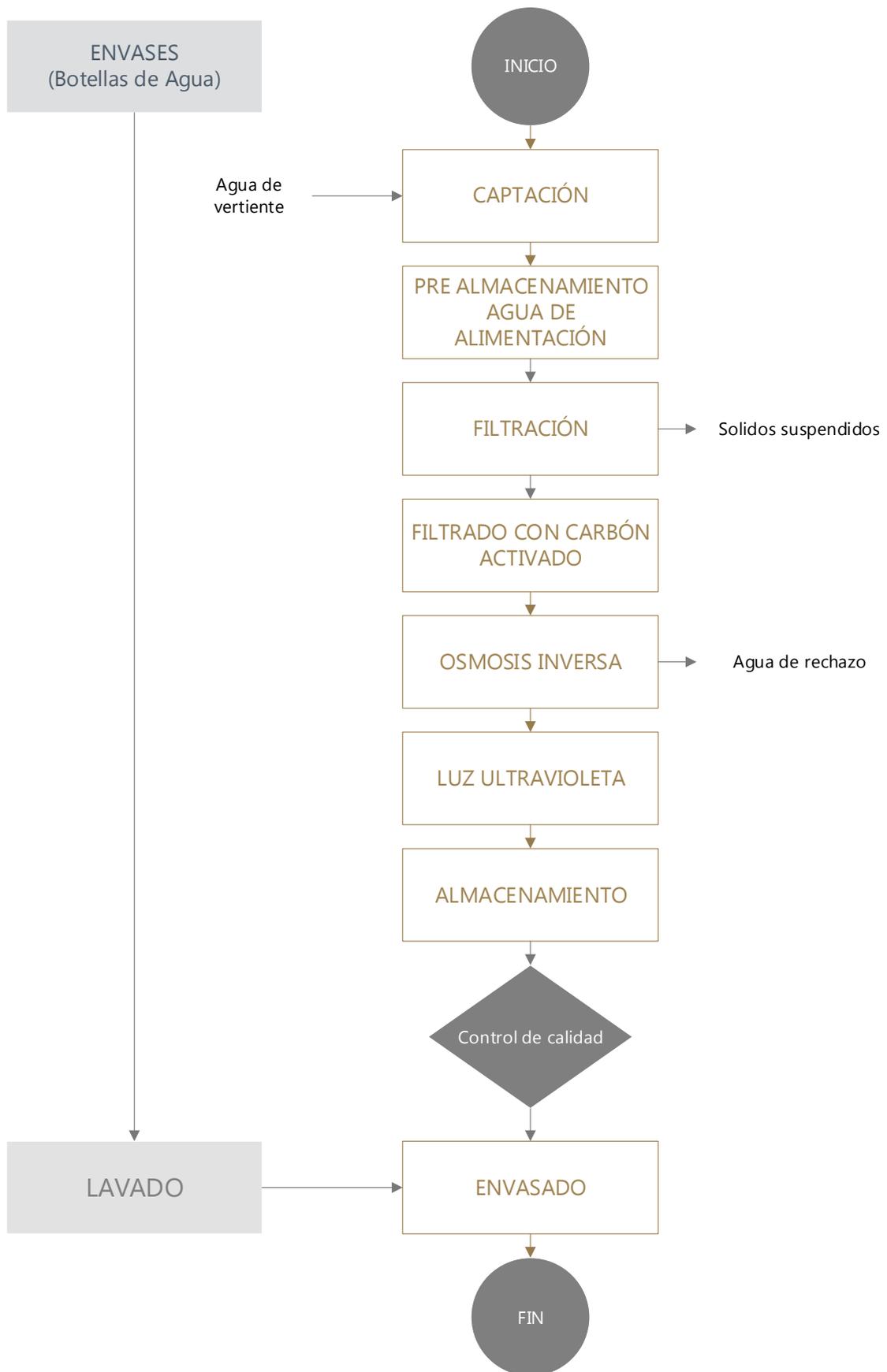


Figura 16-3. Diagrama de proceso
 Realizado por: Diana Ruíz. 2018

3.6.1. Captación

El agua de las vertientes recorre una distancia de aproximadamente 2km que es transportada por tuberías hasta llegar a un tanque con capacidad de $20m^3$, dada que alrededor de las vertientes existe producción agrícola y ganadera puede haber contaminación del agua lo cual requiere un tratamiento.

3.6.2. Almacenamiento de agua de alimentación

El agua pasa a un tanque de almacenamiento fabricado con HDPE, 100% virgen, con una capacidad de 10000L de agua para su posterior tratamiento.

3.6.3. Filtración

El agua es llevada por tuberías de acero galvanizado al equipo de hiperfiltración el cual contiene zeolita que retiene partículas superiores a $5\mu m$ que pueden ser solidos suspendidos en el agua.

3.6.4. Filtros de carbón activado

La etapa de filtración por carbón activado tiene como finalidad eliminar olores y sabores característicos del agua además de disminuir la posible presencia de componentes orgánicos.

3.6.5. Ósmosis Inversa

Este proceso consiste en disminuir considerablemente la presencia de varios componentes vasado en el principio de contacto de dos fluidos a diferente concentración mediante una membrana semi permeable. Este equipo se ayuda bomba de alta presión para generar el fenómeno de ósmosis inversa.

3.6.6. Luz Ultravioleta (UV)

Este equipo es un germicida que evita la futura proliferación de bacterias haciendo uso de radiación electromagnética por debajo del espectro visible.

3.6.7. Pre almacenamiento

El agua purificada es almacenada en un tanque fabricado con HDPE, 100% virgen, el cual tiene una capacidad de 5000L.

3.6.8. Envasado

El envasado se realiza de forma manual en condiciones estériles.

3.7. Requerimiento de equipos

Tabla 14-3: Equipos y sus especificaciones

Etapas	Descripción y características de los elementos
<p data-bbox="413 378 593 409">Hiperfiltración</p> 	<p data-bbox="756 329 1390 409">Es un filtro de sedimentos que tiene un tamaño de 8" x 54" hecho de fibra de vidrio con polietileno.</p> <p data-bbox="756 432 1390 512">El medio filtrante usado es un mineral Aluminio-Silicato.</p> <p data-bbox="756 535 1390 616">La capacidad de retención de partículas es de hasta 5 micras.</p> <p data-bbox="756 638 1390 719">Requiere un flujo máximo de 5,2 GPM y mínimo de 2 GPM.</p>
<p data-bbox="354 920 654 952">Filtro de carbón activado</p> 	<p data-bbox="756 871 1390 952">El tamaño de este filtro es de 8" x 54" formado de fibra de vidrio con polietileno.</p> <p data-bbox="756 974 1390 1008">Su medio filtrante es carbón activado granular.</p> <p data-bbox="756 1028 1390 1153">La retención de partículas se da por adsorción retiene olores, sabor, contaminantes químicos de haberlos, bacterias.</p> <p data-bbox="756 1176 1390 1256">Necesita de un flujo máximo de 5,2 GPM y mínimo de 2 GPM.</p>
<p data-bbox="399 1505 608 1536">Desinfección UV</p> 	<p data-bbox="756 1456 1390 1581">Las medidas de esta es 56,1 cm x 6,4 cm, esta lámpara germicida es hecha de fibra de vidrio endurecida.</p> <p data-bbox="756 1603 1390 1684">La dosificación para la desinfección es de 30 mj/cm3 con un flujo de 6 GPM.</p> <p data-bbox="756 1706 1390 1890">El uso de lámparas UV es una manera económica y sin uso de químicos usados para eliminar un 99,9% de agentes infecciosos como son bacterias, virus y quistes protozoarios.</p>

<p style="text-align: center;">Osmosis inversa</p> 	<p>La membrana de osmosis inversa tiene un área de 84 ft^2.</p> <p>El flujo de alimentación es de 4GPM máximo.</p> <p>Esta membrana es de alto rechazo eliminando sales tales como calcio, sodio, boro, cobre, nitratos, nitratos, fluoruros, sulfatos, fosfatos, bacterias, virus, entre otros.</p>
<p style="text-align: center;">Desinfección UV</p> 	<p>Se requiere de un flujo de 6GPM que pasara por la lámpara germicida.</p> <p>Esta etapa de desinfección es por seguridad y calidad del producto que garantiza que el agua es apta para el consumo humano.</p>
<p style="text-align: center;">Bomba Grundfos MQ-35</p> 	<p>Requerimos una bomba de $\frac{3}{4}$ HP que proporcionará la presión suficiente para transportar el agua desde el tanque de pre almacenamiento hacia el inicio del proceso de purificación.</p> <p>La alimentación de la bomba debe ser de 110V/120V.</p>

Fuente: PROQUIMARSA S.A
Realizado por: Diana Ruiz.2018

3.8. Propuesta Económica

Tabla 15-3: Costos de equipos de osmosis inversa

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT. US \$	PRECIO TOTAL
1	FILTRO FT MEDIA-8 1" IN /OUT, PARA CLARIFICAR AGUA	1,106.44	1,106.44
1	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO FCA 8 1" IN/OUT	1,154.47	1,154.47
1	ESTERILIZADOR STERILIGT S5QPA PARA AGUA INGRESO A OSMOSIS	614.95	614.95

1	SISTEMA BW-1 PARA 790 GAL 12 HORAS	7.728,00	7.728,00
1	ESTERILIZADOR UV, STERILIGHT SC-4 PARA AGUA PRODUCTO DE OSMOSIS INVERSA	417,16	417,16
3	BOMBAS 1 HP 220 V	420.00,00	1.260,00
		SUBTOTAL	12281,02
		I.V.A.	1473,72
		TOTAL US \$	13754,74

Fuente: PROQUIMARSA S.A
Realizado por: Diana Ruiz.2018

Tabla 16-3: Costos de tanques, tuberías y accesorios

Cantidad	Descripción	Precio Unit \$	Precio Total
1	Tubería de succión 1"	74,145	74,15
1	Acoplamiento del tanque de orilla PLMX 1"	5,83	5,83
2	Tubería de descarga ½"	36,910	73,82
2	Acoplamiento del tanque de la orilla PLMX ½"	2,53	5,06
7	Codos de 90° de ½"	0,31	2,17
1	Te HG ½"	0,36	0,36
9	Válvula de bola ½"	3,7	33,3
1	Bomba Grundfos MQ-45	488,00	488,00
1	Tanque Rotoplas 2500	284,41	284,41
1	Tanque Rotoplas 5000	539,02	539,02
1	Tanque Rotoplas 10,000	1258,85	1258,85
		SUBTOTAL	2764,97
		I.V.A.	331,79
		TOTAL US \$	3096,77

Fuente: PROQUIMARSA S.A
Realizado por: Diana Ruiz.2018

CONCLUSIONES

- La caracterización físico química y microbiológica en la muestra de agua en la captación arrojó resultados fuera de rango siendo estos los fosfatos con un valor de 0,77 mg/L y los coliformes totales 1 UFC/100ml, según lo que indica la norma NTE INEN de 2200-2008 para aguas purificadas envasadas.
- La principal variable del proceso es la concentración de fosfatos, la cual debe mantenerse con un valor menor o igual a 0,3 mg/L según la norma para aguas purificadas y envasadas., en base a los cálculos de ingeniería la concentración de permeado alcanzara a 0,019 mg/L, además se considera un caudal de alimentación de 7140L para producir un caudal de permeado de 5000L requeridos por la junta.
- Basándonos en la caracterización del agua se realizó los cálculos de dimensionamiento de la planta envasadora de agua donde se implementarán dos filtros, uno de zeolita en el que se detendrán partículas superiores a 5µm y otro de carbón activado cuya función será eliminar olores, sabores y material orgánico, un equipo de osmosis inversa de una membrana, y un dispositivo de luz ultravioleta para la eliminación la carga microbiana.
- Luego del tratamiento El agua tratada se sometió a análisis físicos químicos y microbiológicos en dos laboratorios los cuales arrojaron los siguientes resultados: Fosfatos 0,08 y ausencia de carga microbiana que se encuentran dentro del rango según lo que pide la norma de aguas purificadas y envasadas.
- Una vez concluido el análisis técnico y los cálculos de ingeniería del proceso, se planteó un presupuesto de \$16851,50 en el que se abarca los equipos y accesorios para el inicio de las actividades de la planta.

RECOMENDACIONES

- A la Junta Administradora De Agua Potable Galten – Guilbut se le recomienda aplicar el proyecto puesto que el gasto de implementación no es exorbitante.
- Se debe realizar mantenimiento a los filtros para alargar la vida útil de la membrada de osmosis inversa.
- Se podría implementar un tanque presurizado en la etapa de lavado de las botellas para generar una presión suficiente que eliminen las impurezas que puedan existir.
- Es recomendable realizar un control continuo de la calidad del agua.
- A mediano plazo se recomienda implementar un laboratorio para el control continuo de la calidad del agua.
- Se recomienda tener en cuenta las buenas prácticas de manufactura al momento de implementar la planta.
- Para evitar la comprar del tanque de agua de rechazo esta se podría enviar directamente al sistema de riego aledaño.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario de Ecuador. Normativa de Control de Aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura. *Resolución 0179*. [En línea] 27 de Junio de 2013. <https://goo.gl/xi0h52>.

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria de Ecuador. Normativa técnica sanitaria unificada para alimentos procesados, plantas procesadoras de alimentos, establecimientos de distribución, comercialización, transporte de alimentos y establecimientos de alimentación colectiva. *RESOLUCIÓN ARCSA-DE-067-2015-GGG*. [En línea] 21 de Diciembre de 2015. <https://goo.gl/nERyZ2>.

Biblioteca Calderas del Norte S.A.. Manómetros. *Calderas del Norte, S.A de CV*. [En línea] 02 de 09 de 2008. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] <http://calderasdelnorte.com.mx/pdfs/manometros.pdf>.

Bird, R. Byron. et.al. *Fenómenos de transporte*. Barcelona : Reverté S.A., 1992. ISBN 84-291-7050-2.

Brito, Hannibal. *Texto Básico de Operaciones Unitarias III*. Riobamba : s.n., 2001. Vol. III.

Constitución de Ecuador. Constitución de la república del Ecuador. *Constitución de la república del Ecuador*. [En línea] 20 de 10 de 2008. [Citado el: 17 de 10 de 2017.] http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal_a/base_legal/A._Constitucion_republica_ecuador_2008constitucion.pdf.

Díaz, Alejandra y Uría, Rosario. *Buenas prácticas de manufactura: una guía para pequeños y medianos agroempresarios*. San José : IICA, 2009. ISSN 1817-7603.

Fluence. ¿Qué es la filtración con carbón activado? [En línea] 06 de 04 de 2016. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-filtracion-con-carbon-activado/>.

Geankoplis, C. J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Mexico : Cecca, 1998.

- Hidalgo, A., et.al.** Caracterización de la membrana NF-97 mediante disoluciones salinas. *Guía de purificadores de agua*. [En línea] 07 de 03 de 2013. [Citado el: 15 de 12 de 2017.] <http://www.guiapurificadoresdeagua.com/osmosis-lo-que-debes-saber/>.
- Ibarra Mirón, Santiago.** Sistemas de planificación y control de la producción (SPCP). *Departamento de Ingeniería Industrial, UCLV*. [En línea] 01 de Marzo de 2005. <https://goo.gl/3vGKYO>.
- INEN. NTE 2200-2008.** Aguas purificadas envasadas requisitos. *Norma Técnica Ecuatoriana*. [En línea] 07 de 04 de 2017. [Citado el: 21 de 11 de 2017.] http://apps.normalizacion.gob.ec/filesserver/2017/nte_inen_2200-2.pdf.
- Kurlat, José.** *Producción de alimentos : recomendaciones para la producción de alimentos*. Tercera. San Martín : INTI, 2011. ISBN 978-950-532-160-5.
- Martín, I, Salcedo, R y Font, R.** Mecanica de fluidos. *Tuverías, válvulas, accesorios*. [En línea] 29 de 01 de 2016. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf.
- McCabe, W. L., Smith, J. C. y Harriott, P.** *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Cuarta. Mexico : McGraw-Hill, 1998.
- Monje, Sofía.** Microsoft Word - BOMBAS. *Bombas*. [En línea] 25 de 03 de 2015. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] <https://es.scribd.com/document/270542745/Bombas>.
- Mott, Robert L.** *Mecánica de Fluidos*. Sexta. México : Pearson Educación, 2006. ISBN 970-26-0805-8.
- Ocon García, Joaquín y Tojo Barreiro, Gabriel. 1970.** *Problemas de Ingeniería Química*. Madrid : Aguilar, 1970. págs. 240-278. Vol. II.
- Orellana, Joego.** Abastecimiento de Agua Potable. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*. [En línea] s.f de s.f de 2005. [Citado el: 03 de 12 de 2017.] https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_05_Abastecimiento_de_Agua_Potable.pdf.
- Perez Grau, Samuel.** Diseño de Procesos Productivos. [En línea] 2010. <https://goo.gl/yLqjn7>.

Perry, Robert H. 1995. *Manual del Ingeniero Químico.* [ed.] Don W. Green. México : McGraw-Hill, 1995. Vol. I.

Pimienta, Jean. *La captación de aguas subterráneas.* Barcelona : Editores Técnicos Asociados, S.A., 2011.

Prezi. Tanques de almacenamiento. [En línea] 13 de 02 de 2016. [Citado el: 12 de 12 de 2017.] <https://prezi.com/q0e75v9pvpve/tanques-de-almacenamiento/>.

Semino, Fiorela. Producción de agua de mesa por osmosis inversa. *Presión osmótica para separar el agua pura de los residuos y bacterias.* [En línea] , 09 de 01 de 2015. [Citado el: 04 de 12 de 2017.] https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2238/ING_550.pdf;sequence=1.

Sierra, Carlos. *Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico.* Medellin : Ediciones de la U, 2011.

Taco, et.al. Recurso agua. *Universidad Tecnológica del Perú.* [En línea] s.f. de s.f. de 2010. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] <https://es.scribd.com/document/43137014/Recurso-Del-Agua-2-UTP>.

Treybal, R. *Operaciones de transferencia de masa.* Segunda. México : McGraw-Hill, 1980.

WaterSolution. Ósmosis Inversa. [En línea] s.f. de s.f. de 2013. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] http://www.watersolutions.com.ec/uio/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=48.

Wright, H.B. y Cairns, W.L. Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta. [En línea] s.f de s.f de 2012. [Citado el: 14 de 12 de 2017.] <https://www.contraplagas.com/images/archivos/conductos.pdf>.

ANEXOS

Anexo A: Análisis fisicoquímico y microbiológico de la muestra de agua

 GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON CHAMBO CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DIRECCION : 18 DE MARZO Y GUIDO CUADRADO Telf. 03-2910172			
REPORTE DE ANALISIS DE AGUA			
DATOS DE LA MUESTRA		ÉPOCA: VERANO	MUESTRA N°. 004
Fuente: Tanque de Distribución		Recolectada por: Egd. Diana Maria Ruiz Hurtado	
Fecha de recolección: 03/02/2017		Hora: 8:30 am Fecha de analisis: 03/02/2017	
Sistema de Agua Potable: JAAP GALTEN-GUILBUT		Tipo de muestra: Agua Cruda	
Localidad: CHAMBO		Dirección: Sector El Tejar	
1) DETERMINACIONES FISICAS			
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADOS
pH	Unidades	6,5 - 8,5	6,8
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15	<1
Color	Unidades de color verdadero (Pt-Co)	5	<1
Olor	-	No Objetable	No Objetable
Turbiedad	U.N.T	5	0,3
Temperatura	°C		13,5
Solidos Totales Disueltos	mg/l	500	119,6
Conductividad	µS/cm	-	223
2) DETERMINACIONES QUIMICAS			
Cloro Residual	mg/L Cl	0,3-1,5	0
Dureza Total RB	mg/L CaCO ₃	26,8	12,4
Hierro Total	mg/L Fe ³⁺	0,3	0,02
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	50	1
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	3	0,003
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁻²	250	0
Fosfatos	mg/L PO ₄ ⁻³	0,3	0,77
Manganeso	mg/L Mn ²⁺	0,1	0,011
Fluor	mg/L F ⁻	1,5	<1
Amoniaco	mg/L NH ₃	1	<1
3) DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS			
COLIFORMES FECALES	U. F. C / 100ml	Ausencia	0
COLIFORMES TOTALES	U. F. C / 100ml	Ausencia	0
ABREVIATURAS	U.F.C. Unidad formadora de colonias		
LIMITE PERMISIBLE	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (quinta revisión) 2014-01		
OBSERVACIONES:	Agua fuera de norma, recibir tratamiento previo el proceso de envasado ya que debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 1108.		
ATENTAMENTE:	 Jhg. María Cargua TÉCNICA DEL AGUA POTABLE		
Nota: El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo Las muestras son receptadas en el laboratorio.			

Anexo B: Análisis microbiológico de la muestra de agua tratada



CÓDIGO: 339-17

CLIENTE: Srta. Diana Ruiz

TIPO DE MUESTRA: Agua tratada mediante rayos UV

FECHA DE RECEPCIÓN: 15 de noviembre del 2017

LOCALIDAD: Junta Administradora de agua potable Galten-Guitbut

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
<i>Coliformes totales</i>	<i>UFC/100ml</i>	<i><1</i>	<i>Ausencia</i>
<i>Coliformes fecales</i>	<i>UFC/100ml</i>	<i><1</i>	<i>Ausencia</i>

** Valores referenciales para aguas de consumo doméstico*

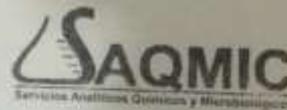
Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. SAQMIC

El resultado de análisis afecta solo la muestra analizada



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

Anexo C: Análisis físico químico de la muestra del agua tratada



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Diana María Ruiz Hurado

Fecha de Análisis: 18/10/2017

Tipo de muestras: Agua de vertiente

Localidad: Jesús del Gran Poder Chambo

CARACTERIZACIÓN TRATABILIDAD

Determinaciones	Unidades	Resultado	Limites s
pH	Unidades	5,8	5-7
Conductividad	µS/cm	14	-
Turbiedad	U.N.T	0,01	3
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0
Sólidos Totales	mg/L	27	500
Dureza Total	mg/L	16	300
Fosfatos	mg/L	0,08	0,3
Aerobios Mesófilos	UFC/100ml	Ausencia	$1,0 \times 10^2$
Coliformes Totales	UFC/100ml	Ausencia	$1,0 \times 10^6$

**Valores referenciales para aguas envasadas purificadas*

Observaciones:

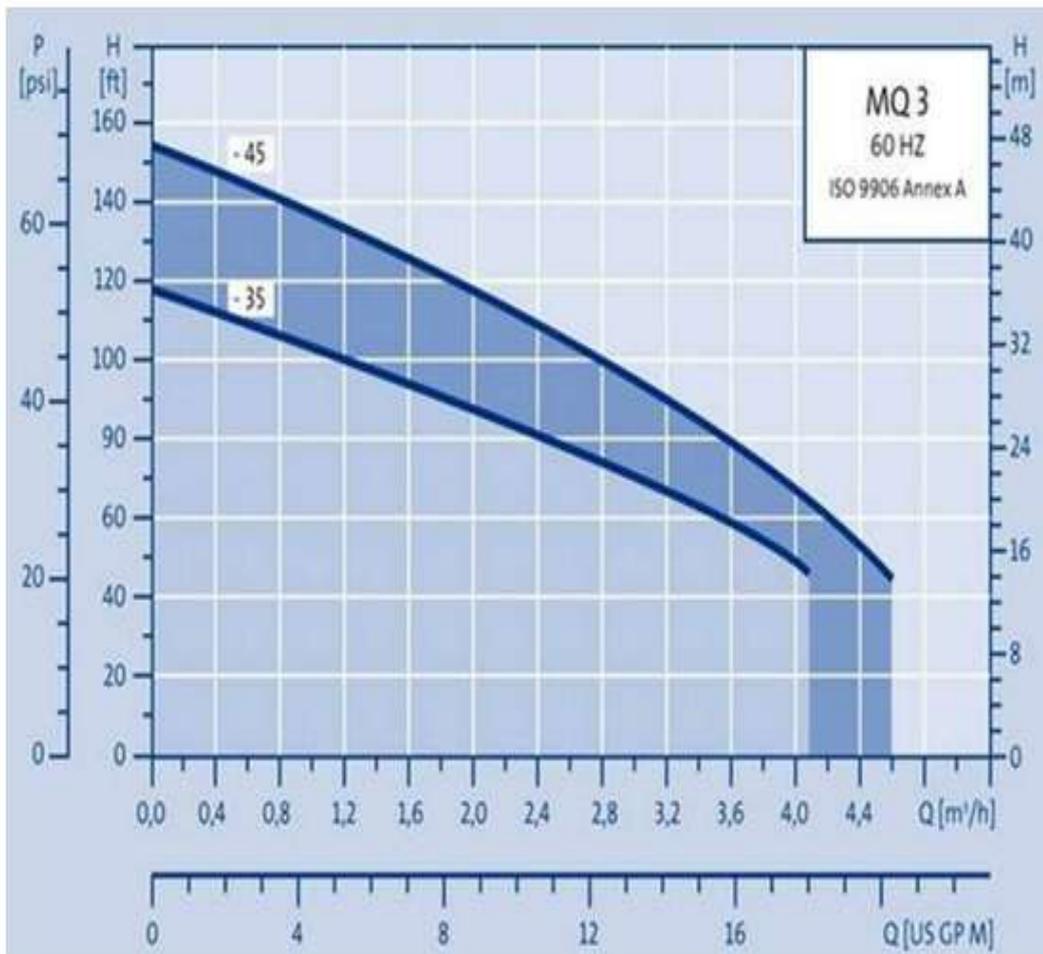
Atentamente,


Dra. Gina Álvarez RCH
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Anexo D: Curva de operación de la bomba

FICHA TÉCNICA

MODELO: MQ-35
POTENCIA: 3/4 H.P.
VOLTAJE: 110V/220V



Anexo E: Proceso de muestreo de la fuente de agua

A.



B.



C.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	MUESTREO EN LAS VERTIENTES DE AGUA		
A. Alrededores de las vertientes de agua B. Tanque de pre almacenamiento del agua de las vertientes C. Muestreo del agua de las vertientes	CERTIFICADO • POR ELIMINAR • APROBADO ☐ POR CALIFICAR • POR APROBAR • PARA INFORMACIÓN •		LAMINA	ESCALA	FECHA
		Realizado por: DIANA RUIZ	01	1:1	23/01/2017

Anexo F: Proceso de análisis de la muestra de agua

A.



B.



C.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA		
A. Preparación de la muestra B. Prueba de conductividad del agua C. Prueba de dureza de agua	CERTIFICADO • POR ELIMINAR • APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR • POR APROBAR • PARA INFORMACIÓN •	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: DIANA RUIZ	LAMINA	ESCALA	FECHA
			02	1:1	24/01/2017

Anexo G: Proceso de caracterización de la muestra de agua

A.



B.



C.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA		
A. Preparación de nitritos B. Prueba de pH C. Prueba de turbiedad del agua	CERTIFICADO • POR ELIMINAR • APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR • POR APROBAR • PARA INFORMACIÓN •		LAMINA	ESCALA	FECHA
		03	1:1	24/01/2017	

Anexo H: Proceso de análisis de la muestra de agua antes y después de la tratabilidad

A.



B.



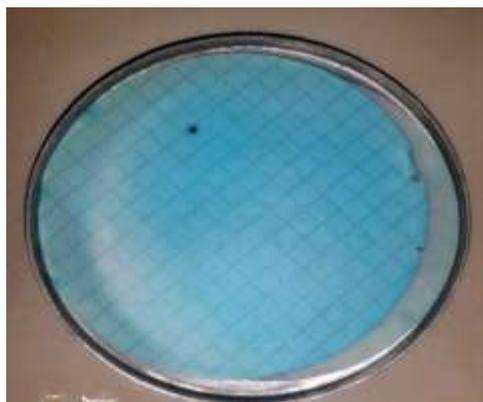
C.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA		
A. Preparación de la prueba de fosfatos B. Prueba de fosfatos en la muestra C. Prueba de fosfatos en la muestra tratada	CERTIFICADO • POR ELIMINAR • APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR • POR APROBAR • PARA INFORMACIÓN •		LAMINA	ESCALA	FECHA
				Realizado por: DIANA RUIZ	04

Anexo I: Tratabilidad y análisis de la muestra de agua

A.



B.



C.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA		
A. Prueba de coliformes totales en la muestra	CERTIFICADO •	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: DIANA RUIZ			
B. Tratamiento UV de la muestra	APROBADO <input type="checkbox"/>		LAMINA	ESCALA	FECHA
C. Prueba de coliformes totales en la muestra tratada	POR APROBAR •		05	1:1	24/01/2017
	POR ELIMINAR • POR CALIFICAR • PARA INFORMACIÓN •				

