



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PURIFICADORA Y ENVASADORA
DE AGUA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS”**

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

MANUEL EDISON ERAZO BENÍTEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de mi tesis.

A la empresa SAYEN embotelladora de agua, por la disponibilidad y apertura para la realización de este proyecto.

Agradezco de forma particular al Ing. Jorge Romero encargado del departamento de EMAPA SD, y al Dr. Héctor Garzón, quienes permitieron realizar la toma de muestras de la red de distribución y, realización de los análisis físico-químico y microbiológico del agua.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, la Escuela de Ingeniería Química y a los Docentes quienes participaron en el desarrollo del presente trabajo; de manera particular a los Ingenieros Hannibal Brito Director de tesis, y Mario Villacrés miembro del tribunal.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres JORGE ERAZO Y PAULINA BENÍTEZ, quienes me dieron la vida, y la oportunidad de forjarme un futuro, a Dios que me ha donado su sabiduría y gracia.

A mi familia, mis hermanos que gracias a su apoyo moral e incondicional confiaron en mí, ayudándome a cumplir con el objetivo de llegar a la meta. Ya que “el éxito depende de uno mismo, ser honesto y recto en tomar la decisión adecuada no errónea”.

MANUEL ERAZO

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Yolanda Díaz

.....

.....

DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Ing. Mario Villacres A.

.....

.....

DIRECTOR DE ESCUELA

Ing. Hannibal Brito M

.....

.....

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Villacres

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Sr. Carlos Rodríguez

.....

.....

**DIRECTOR CENTRO DE
DOCUMENTACIÓN**

HOJA DE RESPONSABILIDAD

Yo **MANUEL EDISON ERAZO BENÍTEZ**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**.

INDICE DE SÍMBOLO Y ABREVIATURAS

INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
L	Litros (L)
mL	Militros (mL)
Kg	Kilogramos (Kg)
g	Gramos (g)
mg	Miligramos (mg)
m ³	Metros cúbicos (m ³)
cm ³	Centímetros cúbicos (cm ³)
cm	Centímetros (cm)
m	Metros (m)
≤	Menor o igual
<	Menor
>	Mayor
%	Porcentaje
L	Longitud (m y cm)
δ	Densidad (g / mL o Kg / m ³)
□	Peso Específico (N / m ³)
W _p	Peso del fluido (N / s)
m	Masa (Kg o g)
g	Gravedad (9,81m / s ²)
F	Fuerza (N)
N	Newton [(Kg*m) / s ²]
a	Aceleración (m /s ²)
A	Área (m ² o pulg ²)

P	Presión Pa o PSI
Pa	Pascal (N / m ²)
π	Pi
\emptyset	Diámetro (pulg, cm o m)
V	Volumen (m ³ , cm ³ o L)
v	Velocidad (m / s)
sg	Gravedad Específica (adimensional)
μ	Viscosidad dinámica [N*s / m ² o kg / (m*s)]
ν	Viscosidad Cinemática (m ² / s)
Q	Caudal (m ³ /s, m ³ /h, m ³ /día)
M	Masa de fluido (Kg o g)
E _P	Energía Potencial (Hp)
Z	Elevación o punto de referencia (m, cm o pies)
E _C	Energía Cinética
h _a	Energía añadida o agregada (m)
h _R	Energía removida o retirada (m)
Σh_f	Sumatorio de todas las pérdidas de energía (m)
H	Carga total (m)
W	Flujo másico (Kg / s)
Hp	Caballos de Fuerza
<i>f</i>	Factor de fricción (a dimensional)
h _{fL}	Perdidas de fricción en los conductos (m)
h _{f_m}	Perdidas de fricción por válvulas y conectores (m)
NRE	Número de Reynold (dimensional)
€	Eficiencia de la bomba (%)

TE	Tamaño Efectivo (mm)
CU	Coefficiente de Uniformidad (a dimensional)
K	Constante de las válvulas y conectores (a dimensional)
ε	Coefficiente de Rugosidad de las Tuberías
k	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
C_D	Coefficiente de Arrastre (a dimensional)
\varnothing_o	Diámetro esférico (m)
A_o	Área Esférica (m ²)
h	Pérdida de Carga a través del lecho (m)

TABLA DE CONTENIDOS

Pp

CARATULA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
INDICE DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	
TABLA DE CONTENIDOS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE GRAFICOS	
INDICE DE FOTOS	
INDICE DE ECUACIONES	
INDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	i
SUMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
ANTECEDENTES.....	iv
JUSTIFICACIÓN.....	v
OBJETIVOS.....	vi
CAPITULO I.....	1
1. Marco Teórico.....	1
1.1. El Agua.....	1
1.1.1. El agua en la tierra.....	1

	Pp
1.1.2. Propiedades del Agua.....	2
1.1.3. Clasificación de las Aguas.....	2
1.1.4. Usos del Agua.....	3
1.2. Purificación del Agua.....	4
1.2.1. Procesos de Purificación.....	4
1.2.2. Potabilización.....	5
1.2.3. Agua Potable.....	5
1.2.3.1. Efecto de Algunas Sustancias Peligrosas.....	7
1.2.4. Calidad del Agua.....	7
1.3. Diseño.....	8
1.3.1. Fases del Proceso de Diseño.....	9
1.3.2. Etapas del Proceso del Diseño.....	9
1.3.2.1. Desinfección del agua en la Cisterna.....	9
1.3.2.2. Mecánica de Fluidos.....	10
1.3.2.2.1. Diferencia entre Líquidos y Gases.....	10
1.3.2.2.2. Propiedades de los Fluidos.....	10
1.3.2.2.3. Rapidez de un Fluido en un Flujo.....	12
1.3.2.2.4. Ecuación de la Continuidad.....	12
1.3.2.2.5. Conservación de la Energía-Ecuación Bernoulli.....	13
1.3.2.2.6. Ecuación General de la Energía.....	14
1.3.2.2.7. Cálculo de Fanning.....	16
1.3.2.2.8. Potencia de la Bomba.....	18
1.3.2.2.9. Eficiencia de la Bomba.....	19
1.3.2.2.10. Número de Reynols.....	19

	Pp
1.3.3. Filtración.....	19
1.3.3.1. Mecánica de Remoción.....	20
1.3.3.2. Descripción de la Filtración.....	20
1.3.3.3. Sistema de Filtración.....	20
1.3.3.4. Número y Tamaño de Filtros.....	20
1.3.3.5. Selección del Medio Filtrante.....	21
1.3.3.6. Lavado de Filtro.....	23
1.3.3.7. Hidráulica de Filtración.....	23
1.3.3.8. Flujo a través de Lechos Expandidos.....	24
1.3.3.9. Tuberías de los Filtros.....	24
1.3.3.10. Filtro Fibra de Vidrio.....	25
1.3.3.11. Multi-válvulas manual modelo 42229.....	25
1.3.3.12. Filtros de Cartuchos.....	26
1.3.4. Ozono.....	28
1.3.4.1. Características del Ozono.....	29
1.3.4.2. Propiedades del Ozono.....	29
1.3.4.3. Formas de Obtener el Ozono.....	29
1.3.4.4. La Acción del Ozono.....	30
1.3.4.5. Ventajas del Ozono.....	30
1.3.4.6. Ozono Perjudicial.....	30
1.3.4.7. Tratamiento del Agua con Ozono.....	31
1.3.4.8. Efectos Principales del Ozono.....	31
1.3.4.8. Tiempo de Contacto del Ozono en el Agua.....	31
1.3.5. Luz Ultravioleta.....	32

	Pp
1.3.5.1. Los Esterilizadores U.V. están Compuestos.....	32
1.3.5.2. Ventajas del U.V.....	32
1.3.5.3. Aplicaciones del U.V.....	33
1.3.5.4. Sistemas U.V.....	33
1.3.5.5. Dosis U.V.....	33
1.3.6. Envasado.....	34
1.3.6.1. Agua Purificada en Botella.....	34
1.3.6.2. Tipos de Aguas Embotelladas.....	34
1.3.6.3. Precauciones.....	34
1.3.6.4. Requisitos una Agua Envasada.....	35
1.3.7. Tanque de Almacenamiento.....	36
CAPITULO II.....	37
2. Parte Experimental.....	37
2.1. Muestreo.....	37
2.2. Metodología.....	37
2.2.1. Métodos y Técnicas.....	38
2.2.2.1. Métodos.....	38
2.2.2.2. Técnicas.....	39
2.2.2.2.1. Análisis Físicos.....	39
2.2.2.2.1.1. Potencial del Hidrogeno.....	39
2.2.2.2.1.2.1 Determinación de la Conductividad.....	40
2.2.2.2.1.3.1 Determinación de la Turbidez.....	41
2.2.2.2.1.4.1 Determinación del Color.....	42
2.2.2.2.1.5.1 Determinación de los Sólidos Totales Disueltos.....	43
2.2.2.2.2 Análisis Químico.....	44

	Pp
2.2.2.2.1.1. Determinación de la Alcalinidad Total.....	44
2.2.2.2.2.1 Determinación de la Dureza Total.....	45
2.2.2.2.3.1. Determinación del Hierro.....	46
2.2.2.2.4.1. Determinación de Cloruros.....	47
2.2.2.2.5.1 Determinación de la Alcalinidad.....	48
2.3. Datos Experimentales.....	49
2.3.1. Diagnóstico.....	49
2.3.2. Datos.....	49
2.4. Datos Adicionales.....	50
2.5. Ubicación de la Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas.....	50
CAPITULO III.....	51
3. Diseño de la Planta Purificadora y envasadora de agua.....	51
3.1. Cálculo de Ingeniería.....	51
3.1.1. Cálculo del Volumen de la Cisterna.....	51
3.1.2. Cálculo de la Presión de la Cisterna.....	51
3.1.3. Cálculo de la Presión Atmosférica de Santo Domingo.....	51
3.1.4. Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento.....	51
3.1.5. Cálculo del Caudal.....	51
3.1.6. Ecuación General de Energía.....	52
3.1.7. Cálculo de la Velocidad.....	52
3.1.8. Cálculo del número de Reynolds.....	52
3.1.9. Cálculo de Fanning.....	52
3.1.10. Cálculo de las cargas.....	52
3.1.11. Cálculo del Flujo Másico.....	53

	Pp
3.1.12. Cálculo de la Potencia de la Bomba.....	53
3.3.13. Calcular el Volumen de NaClO para Adicionar a la Cisterna.....	54
3.3.15 Cálculo para el dimensionamiento de un Filtro.....	54
3.2. Resultados.....	56
3.3. Propuesta.....	57
3.3.1. Dimensionamiento de los Filtros.....	57
3.3.2. Lámparas para la desinfección del agua.....	58
3.4.1. Plano de la Planta.....	59
3.4.2. Diagrama de Flujo del Proceso de Purificación.....	60
3.5. Análisis y Discusión de Resultados.....	60
3.6. Análisis de Costos.....	61
CAPITULO IV.....	62
4. Conclusiones y Recomendaciones.....	62
4.1. Conclusiones.....	62
4.2. Recomendaciones.....	61
BIBLIOGRAFÍA	
LINKOGRAFÍA	
ANEXOS	

INDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO	Pp
1.1.1-1 Representación de la distribución de agua terrestre.....	1
1.3.2.2.6-1. Sistema de Flujo de Fluido.....	14
1.3.3.10-1 Filtros de Fibra de Vidrio.....	25
1.3.3.11-1 Multi-válvulas manual modelo 42229.....	26
1.3.3.12-1 Filtros de Cartuchos Hilado.....	27
1.3.4.3-1 Obtención del Ozono.....	30
1.3.5.6-1 Lámpara UV.....	34

INDICE DE TABLAS

TABLA	Pp
1.1.2-1. Propiedades Físicas del Agua.....	2
1.1.2-2. Propiedades Químicas del Agua.....	2
1.1.4-1. Consumo Aproximado de agua por persona/día.....	3
1.2.3-1. Requisitos Microbiológico del Agua Potable.....	5
1.2.3-2. Requisitos Físicos-Químicos del Agua Potable.....	6
1.3.3.5-1. Clases de Antracita.....	22
1.3.3.9-1. Velocidad de Diseño para Tuberías de Filtros.....	24
1.3.3.10-1. Tamaño y Capacidad de los Filtros Fibra de Vidrio.....	25
1.3.3.12-1. Especificaciones de los Filtros de Cartuchos.....	26
1.3.3.12-2. Cartuchos Aptos para Tratar Agua de Consumo Humano.....	28
1.3.4.2-1. Propiedades Físicas del Ozono.....	29
1.3.5.5-1 Lámparas Ultravioletas.....	33
1.3.6.4-1. Requisitos Físico-Químico del Agua Envasada.....	35
1.3.6.4-2. Requisito Microbiológico del Agua Envasada.....	36
2.1.4-1 Plan de Muestreo.....	37
2.2.2.2.1.1-1 Potencial de Hidrogeno.....	39
2.2.2.2.1.2-1 Determinación de la Conductividad.....	40
2.2.2.2.1.3-1 Determinación de la Turbidez.....	41
2.2.2.2.1.4-1 Determinación del Color.....	42
2.2.2.2.1.5-1 Determinación de los Sólidos Totales Disueltos.....	43
2.2.2.2.2.1-1. Determinación de la Alcalinidad Total.....	44
2.2.2.2.2.2-1. Determinación de la Dureza Total.....	45
2.2.2.2.2.3-1. Determinación del Hierro.....	46

	Pp
2.2.2.2.4-1. Determinación de Cloruros.....	47
2.2.2.2.5-1. Determinación de la Alcalinidad.....	48
2.3-1. Promedio de los Análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos.....	49
2.5-1. Variación de la Presión Atmosférica con la Altura y Temperatura.....	50
3.2-1. Resultados de los Cálculos.....	56
3.3.1-1 Características de los Filtros de Cartuchos.....	57
3.3.1-2. Dimensiones y Características de los Lechos Filtrantes en el Filtro Acero Inoxidable.....	57
3.3.1-3 Dimensiones y Características de sus Lechos Filtrantes de los Filtros Polygrass.....	58
3.6-1. Costos.....	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación	Pp
1.3.2.1-1. Volumen de una Cisterna.....	10
1.3.2.1-2. Gramos de Hipoclorito de Sodio.....	10
1.3.2.1-3. Volumen de Hipoclorito de Sodio.....	10
1.3.2.1-4. Presión del agua en la Cisterna.....	10
1.3.2.2-1. Área de un cilindro.....	11
1.3.2.2-3-1. Caudal de un Fluido.....	12
1.3.2.2-4-1. $M_1=M_2$	13
1.3.2.2-4-2. $M=\delta*v*A$	13
1.3.2.2-4-3. $v_1*A_1 = v_2*A_2$	13
1.3.2.2-5-1. Energía Potencial.....	13
1.3.2.2-5-2. Energía Cinética.....	13
1.3.2.2-5-3. Energía de Flujo.....	13
1.3.2.2-5-4. Energía Total.....	14
1.3.2.2-5-5. Ecuación de Bernulli.....	14
1.3.2.2-6-1. Principio de la Conservación de Energía.....	15
1.3.2.2-6-2. Energía que posee el Fluido por unidad de Peso.....	15
1.3.2.2-6-3. Ecuación General de la Energía.....	15
1.3.2.2-6-4. Ecuación de la sumatoria de las cargas totales.....	15
1.3.2.2-6-5. Perdidas Mayores.....	15
1.3.2.2-6-6. Perdidas Menores por Longitud de Tubería.....	16
1.3.2.2-6-7. Perdidas Menores por Accesorios.....	16
1.3.2.2-7-3. Fannig en Flujo Laminar.....	17
1.3.2.2-7-5. Fannig en Flujo Turbulento.....	18

	Pp
1.3.2.2.7-6. Flujo Másico.....	18
1.3.2.2.8-1. Potencia de la Bomba.....	18
1.3.2.2.11-1. Número de Reynolds.....	19
1.3.3.4-1. Número de Filtros.....	20
1.3.3.4-2. Volumen del Filtro.....	20
1.3.3.4-3. Área total del Filtro.....	21
1.3.3.4-4. Altura Total del Filtro.....	21
1.3.3.5-3. Área de los lechos Filtrantes.....	22
1.3.3.5-4. Longitud de los lechos filtrantes.....	23
1.3.3.7-1. Velocidad Superficial.....	23
1.3.3.7-2. Pérdida de carga del lecho.....	23
1.3.3.7-3. Coeficiente de arrastre.....	23
1.3.3.7-4. Número de Reynolds.....	23
1.3.4.7-1. Determinación del Ozono.....	31
1.3.6.3-1. Total de Botellas producidas.....	35
1.3.6.3-2. Volumen de agua Producida en un Día.....	35
1.3.7-1. Volumen de un Cilindro.....	36
1.3.7-2. Volumen del Cono.....	36
1.3.7-3 Volumen Total del Tanque.....	36

RESUMEN

El agua es considerado uno de los componentes más importantes para la vida, es empleada en un sin número de actividades como: en la industria, agricultura, ganadería, para cada uno se realiza un proceso de tratamiento, luego, de proceder a purificar para el consumo humano, es por ello, que se ha diseñado la planta purificadora y envasadora de agua en Santo Domingo de los Tsachilas.

La metodología utilizada para la realización de la tesis, fue de tipo descriptivo, en la cual, se parte del análisis del agua del sistema de distribución, luego de lo cual, se tabularon los datos y procedió a su análisis para la identificación de las variables de proceso. Con estos datos se realizaron los cálculos de ingeniería y llegó a dimensionar el sistema de purificación del agua, para la cual, se determinó que la potencia de la bomba es de 1,4 Hp; el caudal de filtración de $6E-4 \text{ m}^3/\text{s}$, su velocidad de filtración es 1,18m/s el número de Reynolds es de 29831,3 siendo un flujo turbulento, el volumen de la cisterna y de los filtros polygrass son: $6,84\text{m}^3$ y $0,069\text{m}^3$ respectivamente. Por otro lado, los parámetros analizados al agua envasada se encuentran dentro de la norma NTE INEN 2200-2008.

Se recomienda a la empresa “SAYEN” que implemente esta planta de purificación de agua, así también construir un mini laboratorio para sus respectivos análisis físico-químicos y microbiológicos o llevar sus muestras a un laboratorio certificado por el ministerio, para obtener el permiso de funcionamiento del local en el ministerio de salud pública y el registro sanitario de cada una de las presentaciones.

SUMMARY

Water is considered to be one of the most important components for life; it is used in a number of activities such as in industry, agriculture, livestock; for each one a treatment process is carried out after purifying it for human consumption; this is why a water purifying and bottling plant has been designed in Santo Domingo de los Tsachilas. The methodology used for the thesis was of descriptive type in which it is started from the distribution system water analysis; after that the data were tabulated and their analysis was made for the identification of the process variables. With these data the engineering calculations were conducted and the water purifying system was measured; for this it was determined that the pump power is 4 Hp, the filtration caudal $6E-4m^3/s$, $1,18m/s$ filtration velocity, $29831,3$ Reynold number, being a turbulent flow; the cistern and the polygrass filters are: $6,48m^3$ and $0,069m^3$ respectively. On the other hand, the parameters carried out to the bottled water are within the norm NTE INEN 2200-2008. The enterprise SAYEN is recommended to implement this water purifying plant as well as construct a mini-lab for its corresponding physical, chemical and microbiological analyses or carry its samples to a lab certified by the ministry to obtain the functioning permit of the place at the ministry of public health and the sanitary register of each presentation.

INTRODUCCIÓN

Santo Domingo de los Tsachilas está ubicada en la parte noroccidente de la cordillera de los andes, su clima es trópico-húmedo, su temperatura promedio es de 22,9°C, siendo la cuarta ciudad más poblada, según el último censo nacional realizado en el año 2011; cuenta con 380000 habitantes en la zona urbana, se dedica a la actividad del comercio formal e informal.

EMAPA S.D, es la encargada de suministrar agua potable a la población, mediante un sistema de distribución, esté durante su trayecto desde la planta de tratamiento hasta el usuario, ha sufrido deterioro existiendo fugas, ha cumplido su tiempo de vida.

Para el presente trabajo se utiliza la metodología descriptiva, se toma muestras del sistema de distribución, y llevadas al laboratorio de la planta para sus respectivos análisis físicos-químicos, y microbiológicos, sus resultados son comparados con las normas de calidad NTE INEN 1108-2011, mediante la cual se determinara si cumple con las normas.

Para mejorar las condiciones del agua del sistema de distribución, es necesario someter a una serie de procesos que son: a) Filtración la separación del sólido en suspensión en un líquido; b) Desinfección tiene por finalidad la eliminación de los [microorganismos patógenos](#) contenidos en el [agua](#)

La purificar el agua del sistema de distribución, utilizando filtros de lechos profundo y cartuchos, estos se encargan de remover y frenar los sedimentos, las bacterias y microorganismos patógenos existentes son eliminadas con de ozono y radiación ultravioleta, provocando daño en su molécula de ADN impiden su división celular.

Mediante los procesos de filtración y desinfección, se obtiene agua purificada y envasa apta para el consumo humano libre de cualquier enfermedad, sin alterar la composición física-química y sensorial de la misma. Sus resultados de los análisis obtenidos cumplen con la norma NTE INEN 2200-2008.

ANTECEDENTES

Antes de elaborar el diseño de la planta purificadora y envasadora de agua, se realizó un estudio de mercadeo de quienes consumen agua envasada en la población urbana de Santo Domingo de los Tsachilas, concluyendo que el 65% de la población consume el líquido vital de esta manera; mediante la introducción de una nueva marca de agua llegará al 70% de los habitantes, cumpliendo con todas las necesidades y expectativas de la población.

Santo Domingo cuenta con 380000 habitantes en la zona urbana, de las cuales 300000 personas son los principales consumidores diarios de agua envasada de 500cc. El cálculo promedio mínimo por persona consume 1 litro de agua diario, ya que el ser humano debe consumir diariamente 2 litros de este líquido, teniendo en cuenta que la ciudad cuenta con un clima cálido húmedo, donde su temperatura mínima y máxima oscila entre los 20 y 30°C respectivamente.

Existen aproximadamente 25 envasadoras y comercializadoras de agua, con diferentes presentaciones desde 0,5L-1L-3L y garrafones de 9L; las mismas que lo realizan sin importarles la calidad de la misma, incumpliendo con las normas de calidad NTE INEN 2200-2008.

EMAPA S.D provee de agua potable a la ciudadanía cumpliendo con la normas de calidad NTE INEN 1108-2011, para mejorar las condiciones de esta agua, sea apta para el consumo humano libre de cualquier enfermedad y cumplir con las normas NTE INEN 2200-2008 mediante la purificación es someter a una serie de procesos que son: a) Filtración la separación del sólido en suspensión en un líquido; b) Desinfección es la eliminación de los [microorganismos patógenos](#) contenidos en el [agua](#). Sin alterar la composición física-química y sensorial del agua.

La empresa “SAYEN” se encargará de producir, distribuir y comercializar agua de calidad en diferentes presentaciones, cumpliendo con las normas de calidad NTE INEN 2200-2008, necesidades y expectativas de la ciudadanía.

JUSTIFICACIÓN

En Santo Domingo de los Tsachilas, existen empresas embotelladoras de agua para el consumo humano, las mismas no cuentan con un lugar adecuado, ni con el personal técnico y profesional, incumpliendo con las normas de calidad tanto para agua potable y agua envasada purificada. La mayoría de las envasadoras de agua solo se han encargado de comercializar y lucrarse del producto, sin importarle la salud de la población.

Santo Domingo cuenta con un sistema de distribución de agua potable, que no garantiza sea apta para el consumo humano, debido a que no cumplen con las normas de calidad NTE INEN de 2200-2008.

La población necesita consumir agua envasada purificada apta para el consumo humano libre de cualquier enfermedad y de excelente calidad, para mejorar la calidad y justificar está importancia para el desarrollo de este tema de tesis.

La empresa “SAYEN” tomando en cuenta está necesidad, apoyará, facilitará y justificará, para el diseño de una planta purificadora y envasadora de agua, a través del diagnóstico del estado actual del sistema de distribución del agua potable, como la fuente de suministro, integrando el proceso de filtración y desinfección mediante ozono y ultravioleta, cumpliendo con la norma de calidad NTE INEN 2200-2008.

SAYEN deberá contar con un lugar adecuado, con un personal técnico y profesional, bajo una estricta supervisión de las normas de calidad para dar a la población un producto seguro y confiable.

OBJETIVOS

GENERAL

“Diseño de una Planta Purificadora y Envasadora de Agua para el Consumo en Santo Domingo de los Tsachilas”

ESPECIFICO

- Caracterizar el agua potable de la red de sistema de distribución
- Identificar las variables de proceso
- Realizar el cálculo de ingeniería
- Dimensionar la capacidad de la planta
- Especificar los materiales
- Determinar el Sistema de Control
- Establecer el requerimiento y presupuestario de la planta

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGUA

El agua proviene de la palabra latina *aqua*¹, “es una sustancia formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O); es esencial para la supervivencia de todo ser vivo”. Es un recurso natural indispensable para la vida y para el ejercicio de la mayoría de las actividades humanas. La demanda de agua, son cada vez más escasas en el mundo, poniendo en peligro la supervivencia del hombre, y volviéndose cada vez más difícil su adquisición y mantenimiento para la vida. El agua puede presentarse en tres estados de forma natural, adoptando formas distintas en la tierra:

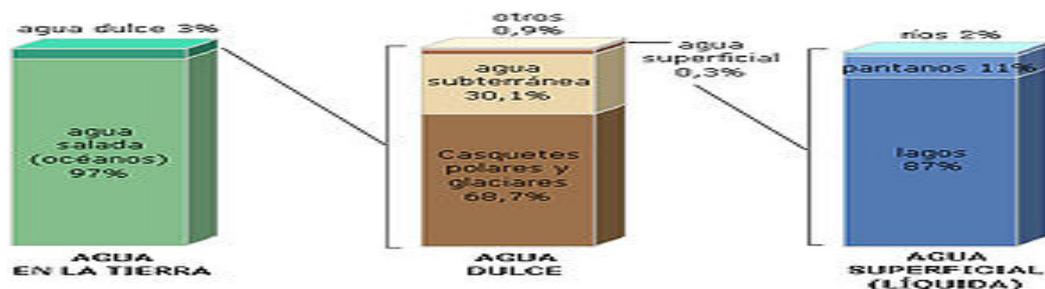
Según su **estado físico**:

- Hielo (estado sólido)
- Agua (estado líquido)
- Vapor (estado gaseoso)

1.1.1. EL AGUA EN LA TIERRA

El hombre consume agua potable y es un elemento fundamental para la vida. Los recursos naturales se han vuelto cada vez más escasos, debido al acelerado crecimiento de la población mundial; por lo que el total del agua presente en el planeta, se vuelve cada vez más insuficiente.

La tierra está cubierta por $\frac{3}{4}$ partes de agua es decir $1386.000.000 \text{ Km}^3$; la misma que un 97 por ciento es agua salada, encontrándose principalmente en los océanos y mares, y sólo el 3 por ciento de su volumen es dulce. De esta última, el 1 por ciento está en estado líquido, el 2 por ciento restante se encuentra en estado sólido en capas, campos y plataformas de hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos.



Gráf. 1.1-1 Representación gráfica de la distribución de agua terrestre²

¹ www.es.wikipedia.org/wiki/Agua

² www.es.wikipedia.org/wiki/Agua

1.1.2. PROPIEDADES DEL AGUA

TABLA 1.1.2-1

Propiedades Físicas

Estado Físico	Líquida, sólida y gaseosa
Apariencia	Incoloro
Sabor	Insípida
Olor	Inodoro
Densidad a 4°C	$1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; 1 g/cm^3
Masa molar	18,01528 <u>g/mol</u>
Punto de fusión	273,15 K (0 °C)
Presión Crítica	217,5 atm
Punto de ebullición	373,15 K (100 °C)
Temperatura Crítica	647,1 K (°C)
Estructura Cristalina	Hexagonal (hielo)
Viscosidad dinámica a 4°C	0,001569 Kg/(m.s)

Fuente: Propiedades del Agua³

TABLA 1.1.2-2

Propiedades Químicas

Acidez (pK _a)	15,74
Es un disolvente Universal	
Combinan con sales para dar	Hidratos
Combinan con los óxidos metales para dar	Ácidos
Momento dipolar	1,85 D

Fuente: Propiedades del Agua⁴

1.1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS⁵

- **Potables.-** Son las aguas que son aptas para el consumo humano.
- **No Potables.-** Son aquellas aguas que no son aptas para el consumo humano.
- **Duras.-** Son las que poseen muchos minerales como Calcio y Magnesio, proceden de fuentes subterráneas. Esta agua se caracteriza por producir muy poca espuma cuando se une con el jabón, y también la cantidad de residuos que quedan en un recipiente cuando el agua se evapora después de ser hervida.
- **Blandas.-** Tiene pocos minerales. Produce mucha espuma cuando se mezcla con el jabón. El agua destilada no es apta para el consumo humano, por no tener ningún mineral.
- **Aguas superficiales.-** Son las procedentes de ríos, lagos, pantanos o el mar. Estas aguas, deben someterse a un tratamiento para eliminar los elementos no deseados, tanto las partículas en suspensión como los microorganismos patógenos.

³ <http://www.monografias.com> Propiedades del Agua;

⁴ <http://rosalexa.galeon.com/aficiones1670459.html>. Propiedades del agua:

⁵ <http://www.botanical-online.com/aguatipos.htm>. Clasificación de las aguas;

- **Aguas subterráneas.-** Proviene de un manantial que surge del interior de la tierra o la que se obtiene de los pozos. Estas aguas presentan normalmente un grado de contaminación inferior a las superficiales, y necesitan ser tratadas.

1.1.4. USOS DEL AGUA

- a) **Para Beber.-** El cuerpo humano está compuesto de un 55% y un 78% de agua, dependiendo de sus medidas y complexión. El cuerpo humano necesita consumir un mínimo de 2 a 3 litros de agua diariamente. La cantidad exacta variará en función del nivel de actividad, temperatura, humedad y otros factores externos.
- b) **Uso Doméstico.-** Se estima que los seres humanos consumen «*directa o indirectamente*» un 54% de agua dulce superficial disponible en el mundo, necesitando para cada actividad más agua de la que realmente debería. En el siguiente cuadro presentamos un cálculo aproximado de consumo de agua por persona/día.

TABLA 1.1.4-1

Consumo Aproximado de agua por Persona/día

Actividad	Consumo de agua
Lavar la ropa	60-100L
Limpiar la casa	15 – 40L
Limpiar la vajilla a máquina	18-50L
Limpiar la vajilla a mano	100L
Cocinar	6-8L
Darse una ducha	35-70L
Bañarse	200L
Lavarse los dientes	30L
Lavarse los dientes (cerrando el grifo)	1,5L
Lavarse las manos	1,5L
Afeitarse	40 – 75L
Afeitarse (cerrando el grifo)	3L
Lavar el coche con manguera	500L
Descargar la cisterna	10-15L
Media descarga de cisterna	6L
Regar un jardín pequeño	75L
Riego de plantas domésticas	15L
Beber	1,5L

Fuente: Agua⁶

⁶ www.es.wikipedia.org/wiki/Agua

- c) **En la Industria.-** Esta necesita agua para múltiples aplicaciones como: calentar, enfriar, producir vapor de agua, como disolvente, materia prima o realizar limpieza. La mayor parte, después de su uso, la elimina devolviéndola nuevamente a los ríos; este factor altera y deteriora negativamente el medio ambiente por los vertidos industriales de metales pesados, sustancias químicas o materia orgánica.
- d) **Como Transmisor de Calor.-** El agua transformada en vapor condensado es un calentador eficiente, que se utiliza en las centrales eléctricas; también el agua es utilizada como refrigerante para bajar las temperaturas en las termoeléctricas.
- e) **Procesamiento de Alimentos.-** La calidad del agua afecta la preparación y procesamiento de los alimentos, debido a la dureza del agua, sales minerales, azúcares
- f) **En la Agricultura.-** La mayor parte del agua se destina a la agricultura, y es utilizada para irrigar los cultivos. La irrigación absorbe hasta el 90% de los recursos hídricos de algunos países en desarrollo.

1.2. PURIFICACIÓN DEL AGUA

La purificación del agua es un problema de las ingenierías civiles, ambientales y químicas que requieren urgente solución. El objetivo del mismo es proveer a toda la sociedad de agua potable, libre de impurezas, materiales indeseables, orgánicos, inorgánicos, que son extraídos mediante la sedimentación y eliminados por la filtración.

1.2.1. PROCESOS DE PURIFICACIÓN⁷

- a) **SEDIMENTACIÓN.-** Consiste en dejar el agua en un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad.
- b) **FILTRACIÓN.-** Es el proceso de separación de un sólido en suspensión a través de un medio poroso (filtro), que retiene al sólido del líquido que puede pasar fácilmente.
- c) **CLORACIÓN.-** El cloro sirve para desinfectar el agua, el más utilizado en la actualidad es el cloro gas que se aplica en las plantas de tratamiento, debido a su contacto con el agua ya que su tiempo de durabilidad es mayor.
- d) **OZONO.-** Es el desinfectante más potente que se conoce. No cambia el sabor ni olor del agua y no deja residuos.
- e) **RAYOS ULTRAVIOLETA (U.V.).-** Es un procedimiento físico, que no altera la composición química, ni el sabor ni olor del agua. La seguridad de la desinfección U.V. está probada científicamente y constituye una alternativa segura, eficaz, económica y ecológica frente a otros métodos de desinfección del agua, como por ejemplo la cloración.

⁷ <http://www.ecologismo.com/2009/07/11/procesos-de-purificacion-del-agua/>

1.2.2. POTABILIZACIÓN

Todas las aguas, tanto superficiales y subterráneas necesitan de tratamiento, previo a la distribución y consumo. El tratamiento de potabilización es físico, químico y microbiológico.

a) Físico

- Eliminación de la turbiedad y color; es decir la eliminación de materias en suspensión, finamente divididas
- Eliminar o reducir la intensidad de los gustos, dependen de la naturaleza del problema como: aireación, carbón activado, uso de cloro u otros oxidantes, como el ozono, etc.

b) Químico

- El tratamiento corrector químico se refiere a la corrección del pH del agua, a la reducción de la dureza, a la eliminación de los elementos nocivos, buscando siempre mejorar la calidad del agua.
- La corrección del pH puede hacerse agregando cal o carbonato de sodio, antes o después de la filtración. La reducción de la dureza, puede hacerse por métodos simples (cal, soda, Zeolita o resinas) o métodos compuestos (cal-soda, cal zeolita, cal-resinas).
- La eliminación de elementos nocivos o bajar los contenidos excesivos de hierro, manganeso, flúor, arsénico o vanadio.

c) Bacteriológico

Se refiere exclusivamente a la desinfección con cloro puro o hipocloritos. Las dosis a utilizarse en base al cloro residual, debe estar entre 0,05 mg/L y 0,1 mg/L.

1.2.3. AGUA POTABLE⁸

El agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano sin riesgo de contraer enfermedades, según las normas de calidad promulgadas por las autoridades internacionales e locales; requisito indispensable que debe tener el agua potable según la norma INEN 1108-2011.

TABLA 1.2.3-1

Requisitos Microbiológicos

Parámetros	Máximo
Coliformes fecales	
• Tubos múltiples NMP/100mL o	<1,1*
• Filtración por membrana UFC/100mL	<1**
Cryptosporidium, número de quistes/100L	Ausencia
Giardi, número de quistes /100L	Ausencia

Fuente: Norma INEN 1108-2011⁹

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable

⁹ Instituto Ecuatoriano De Normalización: Agua Potable Requisito pag 3

TABLA 1.2.3-2

Requisitos Físico-Químico

Parámetros	Unidad	Límite Máximo Permitido
Características Físicas		
Color	Unidades de Color Aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	No Objetable
Sabor	---	No Objetable
Características Inorgánicas		
Antimonio Sb	mg/L	0,02
Arsénico As	mg/L	0,01
Bario Ba	mg/L	0,7
Boro B	mg/L	0,5
Cadmio Cd	mg/L	0,003
Cianuro CN ⁻	mg/L	0,07
Cloro Libre Residual*	mg/L	0,3 a 1,5
Cobre Cu	mg/L	2,0
Cromo Cr (cromo total)	mg/L	0,05
Fluoruro F ⁻	mg/L	1,5
Manganeso Mn	mg/L	0,4
Mercurio Hg	mg/L	0,006
Níquel	mg/L	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/L	50,0
Nitritos NO ₂	mg/L	0,2
Plomo Pb	mg/L	0,01
Selenio Se	mg/L	0,01
Sustancias Orgánicas		
Hidrocarburo policíclicos aromáticos HAP Benzo (a)pireno	mg/L	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/L	0,01
Tolueno	mg/L	0,7
Xileno	mg/L	0,5
Esterino	mg/L	0,02
1,2 dicloroetano	mg/L	0,03
Cloruro de vinilo	mg/L	0,0003
Tricloroetano	mg/L	0,02
Tetracloroetano	mg/L	0,04
Di(2-etilhexil)ftalato	mg/L	0,008
Acrylamida	mg/L	0,0005
Epiclorohidrina	mg/L	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006
1,2 Dibromoetano	mg/L	0,0004

1,4 Dioxano	mg/L	0,05
Acido Nitrotriacético	mg/L	0,2
Plaguicidas		
Isoproturón	mg/L	0,009
Lindano	mg/L	0,002
Pendimetalina	mg/L	0,02
Pentaclorofenol	mg/L	0,009
Dicloroprop	mg/L	0,1
Alacloro	mg/L	0,02
Aldicarb	mg/L	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/L	0,00003
Carbofuran	mg/L	0,007
Clorpirifós	mg/L	0,03
DDT y metabolitos	mg/L	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/L	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/L	0,02
Dimetoato	mg/L	0,006
Endrin	mg/L	0,0006
Terbutilazina	mg/L	0,007
Clordano	mg/L	0,0002
Residuos de Desinfectantes		
Monoloramina	mg/L	3
Subproductos de Desinfección		
2,4,6-triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Totales	mg/L	0,5
Si pasa de 0,5mg/L investigar		
• Bromodiclorometano	mg/L	0,06
• Cloroformo	mg/L	0,3
Acido tricloroacético	mg/L	0,2
Cianotoxinas		
Microcistina-LR	mg/L	0,001

Fuente: Norma INEN 1108-2011¹⁰

1.2.3.1.EFECTOS DE SUSTANCIAS PELIGROSAS EN EL AGUA¹¹

- La presencia de **arsénico** en el agua potable puede ser el resultado de la disolución del mineral, por contaminación industrial o por pesticidas. El arsénico en pequeñas cantidades de 100mg, causa efectos crónicos como: envenenamiento y cáncer.
- La presencia de **zinc, cadmio, plomo** en el agua puede se da al deterioro de las tuberías de **hierro galvanizado**, y por contaminación de desechos industriales.
- La presencia de **romo** en las redes de agua puede producirse por desechos que utilizan las industrias como sales de cromo.

¹⁰ Ibid.

¹¹ <http://potabilizacion-del-agua.oaxaka.net/contaminacion-del-agua.html>

1.2.4. CALIDAD DEL AGUA

Los estándares y objetivos de calidad del agua variarán de acuerdo al uso; si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para animales, uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, entre otros.

Los límites tolerables de sustancias contenidas en el agua pueden variar ligeramente y son normadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), y por los gobiernos locales.¹²

1.3. DISEÑO¹³

Se define como el proceso de búsqueda de una solución en cualquier campo. El verbo "diseñar" se refiere a la creación y desarrollo para producir un nuevo objeto e idear un proyecto útil, que requiere de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas.

El objetivo básico del diseño de una planta purificadora y envasadora de agua es de integrar los procesos y operaciones de manera más que se pueda operar adecuadamente sin interrupción, para satisfacer los requerimientos de calidad del agua envasada; que debe tener máxima confiabilidad y flexibilidad.

Para su diseño se recomienda tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No existe un problema típico de diseño de una planta de purificación.
- El diseño debe considerarse la fuente y el sistema de distribución, si se quiere lograr la "producción económica" de una agua de calidad.
- El ingeniero diseñador debe familiarizarse con todas las normas, leyes y requerimientos oficiales aplicables al proyecto.
- El tipo de tratamiento depende de la calidad de la fuente de suministro y de la calidad deseada en el agua producida.
- Cuando no existe información suficiente sobre la calidad de la fuente, además de un programa de muestras y análisis, debe recogerse información proveniente de plantas en operación y fuentes semejantes en el área.
- En fuentes superficiales la bocatoma o captación debe localizarse en tal forma que provea una adecuada protección contra cualquier fuente de polución.
- La capacidad nominal de diseño de una planta es generalmente mayor que la demanda máxima diaria proyectada para el período de diseño.
- En la selección del período de diseño los componentes de la planta se debe tener en cuenta la vida útil de la estructura y el equipo, la facilidad de expansión, la tasa de crecimiento del área de servicio, la tasa de interés sobre los préstamos, los cambios

¹² http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua

¹³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o>

del poder adquisitivo de la moneda durante el período de deuda y la operación de las estructuras y los equipos durante los años iniciales.

- Es necesario que la planta de purificación pueda operar continuamente con uno o más equipos. Debe usarse la instrumentación esencial.
- Para la localización de la planta se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: área futura de servicio, costo bajo de terreno, ubicación con respecto a la fuente de distribución, topografía, disponibilidad de energía eléctrica, facilidades de acceso, facilidad de disposición de residuos, actitud de la comunidad, defensa civil y protección contra atentados, belleza natural y paisajista.
- Las especificaciones respectivas deben garantizar una construcción económica, pero durable, teniendo en cuenta que las plantas son usadas por muchos años que los de su período de diseño.

1.3.1. FASES DEL PROCESO DE DISEÑO¹⁴

- a) **Observar y analizar** el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
- b) **Planear y proyectar** proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la(s) solución(es).
- c) **Construir y ejecutar** llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos.
- d) **Evaluar**, es necesario saber cuando el diseño estará finalizado.

1.3.2. ETAPAS DEL PROCESO DE DISEÑO

1.3.2.1. DESINFECCIÓN DEL AGUA EN LA CISTERNA

La desinfección implica la desactivación y eliminación de los microorganismos patógenos, evitando la reproducción de bacterias existentes en el agua; este proceso se realiza mediante la aplicación directa de medios químicos como el hipoclorito de sodio líquido.

Los efectos que ocasionan las altas concentraciones de hipoclorito de sodio en el ser humano son: irritabilidad de la garganta, nariz y pulmones, puede causar también intoxicación e incluso la muerte.

La cisterna adopta generalmente la forma de un cubo, su volumen es aproximadamente 7m^3 , en la misma se añade hipoclorito de sodio líquido para evitar la reproducción de bacterias.

¹⁴ Ibid

Factores que influyen por la acción del cloro.- Depende de un sinnúmero de variables, las que se mencionan a continuación:

- a) Naturaleza de los organismos que han de destruirse
- b) Grado de concentración de estos microorganismos
- c) Tiempo de concentración entre el desinfectante y los microorganismo
- d) Concentración y composición del agente o agentes químicos liberados en el agua
- e) Temperatura del agua
- f) Concentración y composición de las impurezas presentes en el agua
- g) pH del agua
- h) Tipos de agua a tratar.

➤ **Determinar el volumen de un cubo (Cisterna)**

$$V = \text{Lado} * \text{Lado} * \text{altura} \quad \text{Ec: 1.3.2.1-1}$$

➤ **Gramos de hipoclorito de sodio**

$$g\text{NaClO} = \text{ppmNaClO} * 1\text{g NaClO} * \text{Volumen (L)} \quad \text{Ec: 1.3.2.1-2}$$

➤ **Densidad del hipoclorito de sodio (NaClO)**

La densidad (δ) del NaClO es 1,21 g/cc al 13%

$$ml\text{NaClO} = \delta x \frac{\%}{100 \text{ solución}} \quad \text{Ec: 1.3.2.1-3}$$

➤ **Cálculo para la presión de la cisterna de agua**

$$\Delta P = \gamma * h \quad \text{Ec: 1.3.2.1-4}$$

1.3.2.2. MECÁNICA DE FLUIDOS¹⁵

Se refiere al comportamiento de fluidos, ya sean estos en reposo o en movimiento. Los fluidos pueden ser líquidos (como agua, aceite, gasolina o glicerina) o gases (como aire, oxígeno, nitrógeno o helio). El proceder de los fluidos afecta la vida cotidiana de diferentes maneras.

1.3.2.2.1. DIFERENCIA ENTRE LÍQUIDOS Y GASES

Cuando un líquido se encuentra en un recipiente se cubre el fondo y los lados, adoptando la forma del mismo. La superficie superior, que está en contacto con la atmósfera por encima de ella, mantiene un nivel uniforme; a medida que el recipiente se va inclinando, el líquido tiende a derramarse, la rapidez con que se derrama dependerá de una propiedad conocida como viscosidad.

¹⁵ <http://erivera-2001.com/files/Introduccion.pdf>

Cuando se tiene un gas en un contenedor cerrado, tiende a expandirse y llenarse completamente el recipiente que lo contiene. Si este se abre, el gas tiende a expandirse y dispersarse del contenedor.

1.3.2.2.2 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS¹⁶

Las propiedades físicas de los fluidos se clasifican en:

- **MASA.-** Es la propiedad de un cuerpo de fluido que se mide por su inercia o resistencia a un cambio de movimiento. Es también una medida de cantidad de fluido.
- **PESO.-** Es la cantidad que pesa un cuerpo, es decir la fuerza con la que es atraído hacia la tierra por gravedad.
- **FUERZA.-** Es peso y es una fuerza, la que un cuerpo ejerce debido esto a la aceleración de la gravedad.
- **PRESIÓN.-** Es la fuerza ejercida sobre un área unitaria de una sustancia.

El área de un cilindro es

$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad \text{Ec:1.3.2.2.2-1}$$

Ø= Diámetro (m)

- **DENSIDAD.-** Es la masa por volumen de una sustancia.
- **PESO ESPECÍFICO.-** Es el peso por volumen de una sustancia.
- **GRAVEDAD ESPECÍFICA.-** Se define de dos maneras:
 - Gravedad específica es el cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad del agua a 4°C.
 - Gravedad específica es el cociente del peso específico de una sustancia entre el peso del agua a 4°C.
- **VISCOSIDAD**

La viscosidad de un fluido es la oposición del mismo a las deformaciones tangenciales; los fluidos tienen baja viscosidad, como por ejemplo el agua, la misma que presenta menos resistencia de un flujo; diferenciándose este con los fluidos de viscosidad alta como los aceites.

¹⁶ <http://www.monografias.com/trabajos12/mecflui/mecflui.shtml#PROPIED>

- a) **VISCOSIDAD DINÁMICA**.- Cuando un fluido se mueve se desarrolla en él una tensión de corte, cuya magnitud depende de la viscosidad del fluido. Está representada con la letra (μ), y sus unidades son N.s/m² o kg/(m.s).
- b) **VISCOSIDAD CINEMÁTICA**¹⁷.- Es el tiempo que se demora en pasar el líquido de un punto hacia otro. Está representada con la letra (ν), sus unidades son m²/s.

La densidad y la viscosidad varía con la temperatura de un fluido, sus valores se encuentran tablas.

1.3.2.2.3.- RAPIDEZ DE UN FLUIDO EN UN FLUJO

Es la cantidad de flujo que fluye en un sistema por unidad de tiempo¹⁸, los mismos que se determinan mediante tres términos que se detallan a continuación:

- **Q**= La rapidez de un flujo de volumen, que pasa por una sección por unidad de tiempo.

$$Q = v/t$$

Ec:1.3.2.2.3-1

Q= Caudal o volumen del fluido (m³/s)

t= Tiempo (s, min, h y día)

v= Velocidad (m/s)

El caudal de un líquido se los determina de la siguiente;

$$Q = v * A$$

Ec: 1.3.2.2.3-2

Q= Caudal o volumen del fluido (m³/s)

A= área de la tubería (m)

v= Velocidad (m/s)

- **W_p**= Es el peso de un fluido que fluye por una sección por unidad de tiempo.
- **m_a**= Es la masa de un fluido que fluye por una sección por unidad de tiempo. (Flujo másico)

1.3.2.2.4 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD¹⁹

Es una ecuación de conservación de la masa, utilizada para calcular la velocidad del flujo de un fluido en un sistema de conductos cerrados. La ecuación de continuidad se la utiliza para relacionar la densidad del fluido, el área de flujo y la velocidad del mismo en dos secciones de un mismo sistema en el que existe un flujo estable; la ecuación es válida para todos los fluidos, ya sean gases o líquidos

¹⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/fluido_oleohidr%C3%A1ulico.

¹⁸ Mott Robert, *Mecánica de Fluidos*, 1990.

¹⁹ <http://español.answers.yahoo.com/question/index?qid=20101115092226AARHYQt>.

$$M_1 = M_2 \quad \text{Ec:1.3.2.2.4-1}$$

$$M = \delta * Q = \delta * v * A$$

$$\delta_1 * v_1 * A_1 = \delta_2 * v_2 * A_2 \quad \text{Ec:1.3.2.2.4-2}$$

δ = Densidad (kg/m³ o g/ml)

v = Velocidad (m/s)

A = Área (cm² o m²)

Si el fluido es un líquido que se encuentra en un tubo es considerado incompresible, porque poseen la misma densidad $\delta_1 = \delta_2$, por lo que se elimina.

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad \text{Ec:1.3.2.2.4-3}$$

$$Q = A.v$$

$$Q_1 = Q_2$$

1.3.2.2.5.- CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA-ECUACIÓN BERNOULLI²⁰

La ecuación de Bernoulli es el movimiento de un fluido que se relaciona con su velocidad, área, volumen y altura que se modifica a causa de la presión que esta ejerce.

Al hablar de conservación de energía no se puede pensarse que la misma pueda ser creada ni destruida sino que esta se transforma en otro tipo. Existen tres tipos de energía que son:

- **ENERGÍA POTENCIAL.-** Está relacionada con su peso y altura (elevación) con relación al nivel de referencia que es:

$$EP = W * Z \quad \text{Ec:1.3.2.2.5-1}$$

- **ENERGÍA CINÉTICA.-** Es la velocidad de un fluido, que se multiplica con el peso del flujo por la gravedad, la misma que se representa así:

$$Ec = \frac{W * v^2}{2 * g} \quad \text{Ec:1.3.2.2.5-2}$$

- **ENERGÍA DE FLUJO.-** Es conocida como energía de presión o trabajo de flujo, la misma que está representada por la cantidad necesaria para mover el elemento del fluido a través de una cierta sección en contra de la presión.

$$E_F = \frac{W * P}{\gamma} \quad \text{Ec:1.3.2.2.5-3}$$

²⁰ <http://es.wikipedia.org>. Daniel Bernoulli (1700 - 1782) fue un matemático, estadístico, físico y médico holandés-suizo, perteneciente a una familia de destacados matemáticos. Destacó no sólo en matemática pura, sino también en las aplicadas. Hizo importantes contribuciones en hidrodinámica y elasticidad. Se le acredita el haber escrito el primer manual de mecánica de fluidos (Hydrodynamica) pero sobre todo el haber enunciado (si bien su forma moderna sería posterior) la Ecuación de Bernoulli, que liga la energía cinética, potencial y la presión de un fluido de forma aproximada y permite facilitar mucho los cálculos.

W = Peso N ($Kg \cdot m/s^2$)
 P = Presión (N/m^2 o Pascal)
 z = Altura (m) o nivel de referencia
 γ = Peso específico del fluido (Kg/m^3)
 v = Velocidad del flujo (m/s)
 g = Gravedad (m/s^2)

La Energía total (E_T) es la suma de todas las energías que poseen el elemento del fluido.

$$E_T = E_F + E_P + E_C \quad \text{Ec:1.3.2.2.5-4}$$

$$E = \frac{WP}{\gamma} + WZ + \frac{Wv^2}{2g}$$

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{W \cdot P_1}{\gamma} + W \cdot Z_1 + \frac{W \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{W \cdot P_2}{\gamma} + W_p \cdot Z_2 + \frac{W \cdot v_2^2}{2 \cdot g}$$

El peso del elemento, W es común a todos los términos y se puede cancelar.

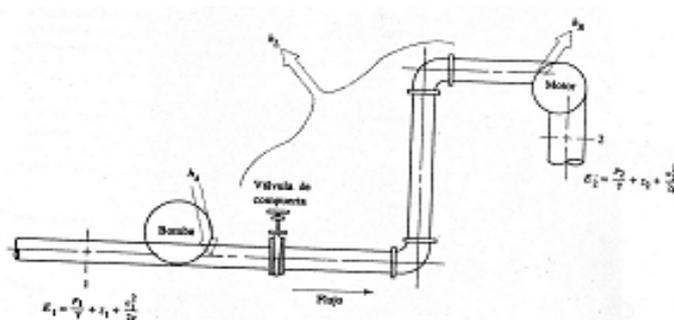
El Z nivel de referencia

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec: 1.3.2.2.5-5}$$

A ésta ecuación se la conoce como Ecuación de Bernoulli.

1.3.2.2.6. ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA

La ecuación general de la energía, es una expansión de la ecuación de Bernoulli, que hace posible resolver problemas en los que se presentan pérdidas y adiciones de energía. La interpretación lógica de la ecuación se puede ver en el gráfico 1.3.2.2.6-1 que representa un sistema de flujo.



Gráf:1.3.2.2.6-1 Sistema de Flujo de Fluido²¹

²¹ Mott. Robert L. Mecánica de Fluidos.

Cada término de la ecuación representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que fluye en el sistema; es de vital importancia describir que la ecuación general de energía esté escrita en la dirección de flujo, esto es desde el punto de referencia, al punto correspondiente.

Los términos E_1 y E_2 especifican la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2 respectivamente. También se muestra en el gráfico las cantidades de energía por unidad de peso que pueden ser: las adiciones, remociones y pérdidas de energía, h_A , h_R y h_L . Para tal sistema, la expresión del principio de conservación de energía es:

$$E_1 + h_A - h_R - h_f = E_2 \quad \text{Ec: 1.3.2.2.6-1}$$

La energía que posee el fluido por unidad de peso es:

$$E = \frac{p}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec: 1.3.2.2.6-2}$$

La ecuación general de la energía es:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_f = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec: 1.3.2.2.6-3}$$

h_a = Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico que puede ser una bomba.

h_R = Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico el mismo que podría ser un motor de fluido o turbina.

h_f = Pérdidas de energía por parte del sistema, debido a fricción en los conductos, o pérdidas menores ocasionada por la presencia de válvulas, conectores y rugosidad de tuberías.

$$\square h_f = h_{fL} + h_{fm}$$

h_{fL} = Pérdida de energía debido a la fricción en los conductos

h_{fm} = Pérdida local de energía debido a la presencia de válvulas y conectores

La siguiente ecuación servirá para determinar la potencia de una bomba, representada de la siguiente manera:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} \pm H_T - h_m - \sum h_f = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec:1.3.2.2.6-4}$$

a) $\square H_T$ = La suma total de todas cargas del Sistema.

b) $\square h_m$ =**Pérdidas mayores**.- Son pérdidas de presión para flujo completamente desarrolladas a través de una tubería horizontal de área constante, que no varían en la altura ni en la velocidad $z_2=z_1$ y $v_1=v_2$.

$$\frac{p_1 - p_2}{\delta} = \frac{\Delta P}{\delta} = H_{\text{mayor}} \quad \text{Ec:1.3.2.2.6-5}$$

c) $\sum hf =$ **Pérdidas Menores**.- Son pérdidas de un flujo al pasar por un sistema de tuberías y por una variedad de conectores en el área; entre estas pérdidas menores tenemos:

- **Tuberías**.- Un fluido en movimiento ofrece una resistencia de fricción al flujo. Parte de la energía del sistema se convierte en energía térmica (calor), el cual se disipa a través de las paredes del conducto en el que el fluido se desplaza. La magnitud de la pérdida de energía depende de las propiedades del fluido, la velocidad de flujo, el tamaño del conducto, la rugosidad de la pared del conducto y la longitud del tubo. Las pérdidas de energía debido a la fricción se expresan por la ecuación de **Darcy-Weisbach**:

$$hf_L = f * \frac{L}{\phi} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec: 1.3.2.2.6-6}$$

hf_L = Pérdida de energía debido a la fricción (m, o pie)

L = Longitud de la corriente de flujo (m o pie)

ϕ = Diámetro del conducto (m o pie)

v = Velocidad de flujo promedio (m/s o pie/s)

f = Factor de fricción (sin dimensión)

K = Coeficiente de resistencia por accesorios y válvulas.

hf_L = Pérdida de energía debido a la magnitud del conducto

- **Accesorios (Válvulas, Codos y otros)**

Son elementos que controlan la dirección o rapidez de flujo de un fluido en un sistema, esto ocasiona que la energía se disipe en forma de calor. Estas pérdidas de energía se presentan cuando hay una restricción, cambio de velocidad de flujo o un cambio en su dirección.

En un sistema grande, las pérdidas de energía se deben a la presencia de válvulas y conectores porque disminuyen la velocidad del fluido en un flujo; por lo general estas pérdidas son menores, con relación a las pérdidas que se ocasionan por fricción en los conductos. Lo dicho anteriormente se puede representar matemáticamente de la siguiente manera:

$$hf_m = K * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec: 1.3.2.2.6-7}$$

1.3.2.2.7. CÁLCULO DE FANNING²²

El factor de fricción de fanning es un número adimensional, que representa el cociente entre el esfuerzo cortante en la pared y las fuerzas de inercia. La función de dicho factor dependerá del tipo de régimen de flujo. Existen diferentes tipos de flujo, entre ellos tenemos:

²² <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jesusf/OP1-001.pdf>

- a) **FLUJO LAMINAR.**- Las pérdidas de energía en este tipo de flujo se calcula a partir de la ecuación de Hagen-Poiseuille.

$$hf_L = \frac{32 \cdot u \cdot L \cdot v}{\gamma \cdot \phi^2} \quad \text{Ec:1.3.2.2.7-1}$$

Al igualar las dos ecuaciones de Darcy-Weisbach con Hagen-Poiseuille se obtiene:

$$f \cdot \frac{L}{\phi} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{32 \cdot u \cdot L \cdot v}{\gamma \cdot \phi^2} \quad \text{Ec:1.3.2.2.7-2}$$

Al despejar f se obtiene

$$f = \frac{64}{N_{RE}} \quad \text{Ec:1.3.2.2.7-3}$$

A través de la Ec:1.3.2.2.7-3 cuando el $N_{RE} < 2000$ se podrá determinar el valor de fanning.

- b) **FLUJO TURBULENTO.**- En conductos circulares resulta más conveniente utilizar la ecuación de Darcy²³ para calcular la pérdida de energía debido a la fricción. No se puede determinar el factor de fricción f , mediante un simple cálculo; esto se debe a que su flujo que es caótico y está cambiando constantemente por la trayectoria de partículas los mismos que forman pequeños remolinos aperiódicos. A través de los datos experimentales se determina el valor de f utilizando el diagrama de Moody²⁴.

El diagrama de Moody se utiliza como ayuda para determinar el valor del factor de fricción f para flujo turbulento. Deben conocerse los valores del número de Reynolds y de la rugosidad relativa. Por consiguiente, los datos requeridos son el diámetro interior del conducto, el material con que el conducto está hecho, la velocidad de flujo, el tipo de fluido y su temperatura, con los cuales se puede encontrar la viscosidad.

Con las experiencias de Nikuradse²⁵, se establece que para flujo turbulento el factor de fricción depende tanto del diámetro de la tubería como la rugosidad relativa del conducto. Esta última es la relación entre el diámetro del conducto y la rugosidad promedio ϵ de la pared del conductor.

²³ Darcy, Welsbach, otros en 1850, dedujeron experimentalmente una fórmula para calcular en un tubo las pérdidas por fricción. <http://fluidos.eia.edu.co/hidráulica/articulosos/flujoentuberias/fricci%C3%B3n/darcy-htm>.

²⁴ **Diagrama de Mody:** Es la representación gráfica en la escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de una tubería. http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de-Mody.

²⁵ **Experimento de Nikuradse:** Su mejor conocido experimento fue publicado en Alemania en 1933. ^[2] Nikuradse cuidadosamente midió la fricción que experimenta un fluido turbulento a medida que fluye por un tubo en bruto. Él utilizó granos de arena de diferentes rugosidades y descubrió que la más áspera la superficie, mayor es la fricción, y por tanto la pérdida de presión. http://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Nikuradse.

Colebrook y White²⁶ comprobaron los resultados de Nikuradse y presentaron la siguiente fórmula empírica para $N_{RE} > 4000$. Es una ecuación de aproximación sucesiva.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,71} + \frac{2,51}{N_{RE} \sqrt{f}} \right) \quad \text{Ec:1.3.2.2.7-4}$$

P.K. Swamee y A.K. Jain propusieron la siguiente ecuación que permite el cálculo directo del valor del factor de fricción. Dentro del intervalo de rugosidad relativa D/ϵ , comprendida entre 1000 y 1×10^6 , y para número de Reynolds que van de 5×10^3 hasta 1×10^8 .

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(D/\epsilon)} + \frac{5,74}{(N_{RE})^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec:1.3.2.2.7-5}$$

El factor de fricción en tuberías lisas con $N_{RE} \leq 10^5$, puede utilizarse la ecuación de Blasius que es:

$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

c) EL FLUJO MÁSIICO

El flujo másico en transporte de fluidos es la diferencia de la masa con relación al tiempo.

$$W = Q \cdot \delta \quad \text{Ec:1.3.2.2.7-6}$$

W=Flujo másico (Kg/s)

Q= Caudal (m^3/s)

δ = Densidad del fluido (kg/m^3)

1.3.2.2.8. POTENCIA DE LA BOMBA

En mecánica de fluidos se considera que la potencia es la rapidez de la energía que está siendo transferida. La unidad de potencia en el SI es el Watt (W) equivale a $1N.m/s$.

$$P_b = \frac{W \cdot H}{75 \cdot \epsilon} \quad \text{Ec:1.3.2.2.8-1}$$

P_b = Potencia de la bomba en HP

W= Flujo másico en (Kg/s)

H= Carga Total (m)

ϵ = Eficiencia de la bomba

²⁶ **La ecuación de Colebrook:** es una ecuación implícita que combina los resultados experimentales de los estudios de la turbulencia del flujo en lisas y rugosas tuberías. Fue desarrollado en 1939 por CF Colebrook. La ecuación se utiliza para resolver iterativamente para el de Darcy-Weisbach f factor de fricción. Esta ecuación se conoce también como la **ecuación de Colebrook-White**. http://en.wikipedia.org/wiki/Darcy_friction_factor_formulae.

$$1\text{HP} = 745,5\text{W} = 550\text{lb-pies/s}$$

1.3.2.2.9 EFICIENCIA DE LA BOMBA²⁷

La eficiencia se define como el cociente entre la potencia entregada por la bomba al fluido y la potencia que recibe la bomba. La eficiencia mecánica de una bomba no solo depende de su diseño, sino también de las condiciones de funcionamiento, de la cabeza total y de la rapidez de flujo. En bombas centrífugas su valor varía entre 50 y 85 %.

A la eficiencia de la bomba se la representa con la letra ϵ .

$$\epsilon = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia puesta en la bomba}} = \frac{P_A}{P_i}$$

1.3.2.2.10 NÚMERO DE REYNOLDS²⁸

El número de Reynolds se relaciona con la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión a dimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos.

El flujo de un fluido por un tubo se divide en dos clases generales: flujo laminar y flujo turbulento, dependiendo de la trayectoria que siguen las partículas individuales del fluido. Cuando estas partículas individuales se desvían considerablemente de la línea recta en el seno del fluido, se forman remolinos que se denominan turbulencias. Empíricamente se ha demostrado que las características del flujo dependen de:

$$N_{RE} = \frac{\varnothing \cdot v \cdot \delta}{\mu} \quad \text{Ec:1.3.2.2.11-1}$$

N_{RE} = El número de Reynolds

v = Velocidad del fluido (m/s)

δ = Densidad del mismo (Kg/m^3)

μ = Viscosidad del fluido ($\text{Kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$)

\varnothing = Diámetro de la tubería (m)

Si $N_{Re} < 2000$ el flujo es laminar y si N_{Re} es > 4000 el flujo es turbulento. N_{Re} es a dimensional eliminando todas las unidades en la ecuación.

1.3.3. FILTRACIÓN

Se define filtración al proceso donde se separa la materia suspendida mediante el paso del agua a través de una capa porosa (generalmente arena o arena y antracita), que mantiene las partículas en suspensión.

²⁷ <http://www.slideshare.net/rposadap/bombas-y-sistemas-de-bombeo>

²⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Reynolds.

1.3.3.1. MECÁNICA DE REMOCIÓN

Es el resultado de la acción conjunta de diferentes acciones físicas, químicas y biológicas ocurrentes en el filtro con mayor o menor intensidad según el filtro y la calidad del agua filtrada; este mecanismo utiliza un filtro que retiene y remueve el material suspendido.

1.3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA FILTRACIÓN

Esta operación consta de 2 etapas que son: filtración y lavado.

- **Filtración.-** Esta es la etapa final de filtración o carrera del filtro cuando los sólidos suspendidos se acumulan, disminuyendo el caudal del agua filtrada, aumentando de esta manera el tiempo de filtración.
- **Lavado o Retrolavado.-** Se utiliza para remover el material suspendido y acumulado dentro del lecho filtrante, recuperando así la capacidad de filtración.

1.3.3.3. SISTEMA DE FILTRACIÓN

- a) Dirección de flujo.- Pueden ser estos de flujo hacia abajo, hacia arriba, o flujo dual.
- b) Tipo de lecho filtrante.- Estos utilizan generalmente un solo medio, arena o antracita; medio dual o antracita, o un lecho mezclado: arena, antracita o granate.
- c) Fuerza impulsadora.- Es utilizada para vencer la resistencia friccional ofrecida por el lecho filtrante, los mismos que se clasifican en filtros de gravedad o de presión.
- d) Tasa de filtración. Para esto se utilizan filtros lentos, los mismos que poseen una capa fina de arena de 1 m, soportada por un lecho de grava de 0.30m.

1.3.3.4. NÚMERO Y TAMAÑO DE FILTROS

En plantas pequeñas el número de filtros es de uno a dos, si existiese suficiente almacenamiento de agua tratada para el lavado del filtro. En plantas grandes es de cuatro. El tamaño máximo de cada filtro dependerá principalmente de la tasa de lavado, del diseño estructural y de la reducción de la capacidad filtrante de la planta. Morrill y Wallace en 1934, sugirieron la ecuación para calcular:

- **El número de filtros.**

$$N = 0,044 \sqrt{Q} \quad \text{Ec: 1.3.3.4-1}$$

Q= Caudal de la planta en m³/d

- **El volumen del filtro**

$$V_F = \pi * r^2 * h \quad \text{Ec: 1.3.3.4-2}$$

V_F = Volumen del filtro
 r = Radio del filtro
 h = Altura del filtro

➤ **Área total del Filtro**

$$At = \frac{Q_{tf}}{Tf}$$

Ec: 1.3.3.4-3

At = área Total del Filtro (m^2)
 Q_{tf} = Caudal Total del Filtro (m^3/h)
 Tf = Tasa de Filtración ($m^3/m^2 \cdot h$)

➤ **Altura Total del Filtro**

$$\text{Área Total del Cilindro} = 2 * \pi * r (h + r)$$

Ec:1.3.3.4-4

π = Pi
 r = Radio del Filtro (m)
 h = Altura del Filtro (m)
 A = Área (m^2)

Despejamos h de la ecuación anterior tenemos

$$h = \frac{A}{2 * \pi * r} - r$$

Ec:1.3.3.4-5

1.3.3.5. SELECCIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

La selección es determinada por la durabilidad requerida, el grado deseado de purificación, duración de la carrera del filtro y la facilidad deseable de su lavado. El material deberá ser durable, capaz de retener la máxima cantidad de sólidos y ofrecer facilidades para limpiarlo con una cantidad mínima de agua.

En una arena gruesa la permeabilidad es mayor en relación a la arena fina, aunque la porosidad y el volumen de vacíos, sea igual.

El tamaño efectivo (**TE**) se define como el tamaño de partícula o del grano en mm, tal que un 10% del material en peso es más pequeño que dicho tamaño, es decir es el tamaño del tamiz en mm. El coeficiente de uniformidad (**CU**) como la relación del tamaño de grano que tiene un 60% más fino.

$$TE = d_{10}$$

Ec: 1.3.3.5-1

$$CU = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{\text{Tamaño partícula del 60\% que pasa}}{\text{Tamaño partícula del 10\% que pasa}} = \frac{d_{60}}{TE} \quad \text{Ec: 1.3.3.5-2}$$

TE= Tamaño efectivo mm

CU= Coeficiente de uniformidad

El (CU) representa la pendiente promedio de la curva granulométrica, en la región comprendida entre los tamaños correspondientes al 60% y al 10% que pasan.

- a) **ARENA.-** Es el medio más usado y más económico. En filtros rápidos la profundidad del lecho es de 60-70cm, el TE de 0,45-0,55 y el CU de 1,2-1,7. La arena debe tener una solubilidad en ácido clorhídrico al 40% en 24 horas menor al 5%, una densidad relativa mayor de 2,5, debe ser limpia y bien gradada, según las normas AWWA B100-53.
- b) **ANTRACITA.-** Según el estándar D 388-84 de las ASTM, se clasifica un carbón como antracítico cuando tiene un carácter no aglomerante y cumple las especificaciones. La antracita para filtros debe ser limpia, dura, con dureza mayor de 2,7 en la escala de MOHS de densidad relativa mayor de 1,4 soluble en ácido menor del 1% y coeficiente de uniformidad menor de 1,7.

TABLA 1.3.3.5-1
Clases de antracita

Grupo	5% Material Volátil
1 Metaantracita	≤ 2
2 Antracita	$> 2 \text{ y } \leq 8$
3 Semiantracita	$> 8 \text{ y } \leq 14$

Fuente: Purificación del agua²⁹

- c) **LECHO DE GRAVA.-** El tamaño y la profundidad de la capa inferior de grava obedecerá del sistema de drenaje usado; así mismo, el tamaño y la profundidad de la capa superior de grava dependerá del tamaño de la capa inferior del medio fino (arena o antracita) que soporte. La profundidad del lecho de grava puede variar de 15 a 60 cm; es común una profundidad de 45cm en filtros rápidos. La grava debe ser dura, redondeada, con una densidad relativa promedio no menor al 2,5.

d) **Área de los lechos Filtrantes**

$$Af = \frac{At}{N}$$

Ec:1.3.3.5-3

Af= Área de los lechos filtrantes (m²)

At = Área total del Filtro (m²)

N = Número Total de Filtros

²⁹ Romero Rojas, Jairo A. *Purificación del Agua*, Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, pp.226-227, Colombia 1997.

e) Longitud de los lechos Filtrantes

$$\text{Área total de los lechos Filtrantes} = 2 * \pi * r (h + r) \quad \text{Ec:1.3.3.5-4}$$

$$\pi = \text{Pi}$$

$$r = \text{Radio del Filtro (m)}$$

$$h = \text{Altura del Filtro (m)}$$

$$A = \text{Área (m}^2\text{)}$$

Despejamos h de la ecuación anterior tenemos

$$h = \frac{A}{2 * \pi * r} - r \quad \text{Ec: 1.3.3.5-5}$$

1.3.3.6. LAVADO DE FILTROS

Consiste en hacer pasar agua a través de un lecho filtrante a una velocidad tal que los granos del medio filtrante se muevan a través del flujo ascensional, frotándose unos con otros y se limpian los depósitos de mugre formados en ellos. El lavado se realiza cuando la carrera de filtración es de 36 horas o fugas de turbiedad, que puede consistir en una fluidización simple con o sin ayuda, lavado con aire o combinado de agua y aire.

1.3.3.7. HIDRÁULICA DE FILTRACIÓN

Para determinar la pérdida de carga en un filtro limpio, obedece a la ecuación ley de Darcy.

$$v = k * \frac{h}{L} \quad \text{Ec: 1.3.3.7-1}$$

h = Pérdida de carga en el lecho, m

L = Profundidad de lecho, m

v = Velocidad superficial m/s

k = Coeficiente de permeabilidad, m/s

La ecuación de Rose³⁰ permite determinar analíticamente la pérdida de carga por fricción a través del lecho de material granular, granos de arena esférica de tamaños uniformes; este tiene una aplicación en el cálculo de pérdida de energía a través de un filtro limpio.

$$h = 1,067 * C_D \frac{1L*v^2}{e^4*d*g} \quad \text{Ec: 1.3.3.7-2}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0,34 \quad \text{Ec: 1.3.3.7-3}$$

$$N_{RE} = \frac{\delta * v * \emptyset}{u} \quad \text{Ec: 1.3.3.7-4}$$

h = Pérdida de carga a través del lecho, m

³⁰ <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/13589/14381>

C_D = Coeficiente de arrastre
 e = Porosidad del lecho (volumen de vacío/volumen del lecho)
 L = Profundidad del lecho, m
 ρ = Densidad del agua, kg/m³
 \emptyset = Diámetro característico de los granos, m
 v = Velocidad de filtración, m/s
 g = Aceleración de gravedad
 N_{RE} = Número de Reynold
 μ = Viscosidad dinámica, Pa.s

13.3.8. FLUJO A TRAVÉS DE LECHOS EXPANDIDOS

Los lechos son usados para remover el material suspendido del agua, la porosidad del lecho cambia continuamente debido a la recolección de partículas en los vacíos del lecho; la pérdida de carga aumenta con el tiempo y la capacidad de flujo del lecho debe ser restablecida periódicamente. La restauración de la capacidad del flujo del lecho se hace mediante el retro lavado.

En filtros rápidos, los mismos que se tapan debido a sus cargas hidráulicas más altas, donde los sólidos penetran profundamente dentro del lecho, la limpieza se hace mediante lavado, en sentido inverso al de flujo, el material acumulado es arrastrado de las partículas por el agua del lavado; el arrastre con aire comprimido antes del lavado hídrico mejora la limpieza y reduce el consumo de agua.

1.3.3.9. TUBERIAS DE LOS FILTROS

Las galerías de las tuberías de los filtros son diseñadas de acuerdo al diseño, construcción y uso de los filtros. Cuando se diseñan filtros convencionales, con lavado por tanque elevado o bombeo, se suministra una galería de tuberías para localizar los tubos, controles, válvulas, bombas y accesorios. Dichas galerías deben ser amplias, bien iluminadas y ventiladas para facilitar el mantenimiento.

TABLA 1.3.3.9-1

Velocidad de Diseño para Tuberías de Filtros

Tubería	Velocidad m/s
Afluente	0,3 – 1,2
Efluente	0,9 – 1,8
Agua de lavado	1,5 – 3,0
Drenaje agua de lavado	0,9 – 2,4
Drenaje agua filtrada	1,8 – 3,6

Fuente: Purificación del agua.³¹

³¹ Ibide

1.3.3.10 FILTROS FIBRA DE VIDRIO

Son filtros de lecho profundo que tienen como finalidad remover sólidos suspendidos en el agua. Esto quiere decir que todo sólido en suspensión (tierra, polen, basuras pequeñas, otros) quedarán retenidos en los filtros para ser desechado por el drenaje en el retrolavado.

Esta función es beneficiosa ya que el agua tratada queda parcialmente libre de sólidos en suspensión, los mismos que afectan la calidad y proceso del agua. Este proceso de filtración es profundo, donde la capa (cama) superior de material filtrante es de mayor tamaño de los fragmentos, después el agua pasa a una capa de menor tamaño de fragmentos y por último pasa por una capa fina de fragmentación que hacen la filtración final.

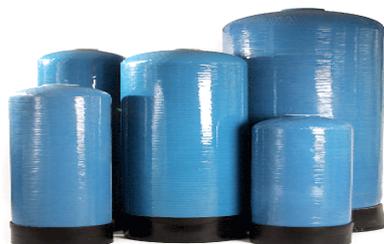
Estas capas tienen diferente densidad, de tal forma que al retrolavarse las capas se acomodan siempre de los fragmentos mayores en la parte superior a fragmentos finos en la inferior.

TABLA 1.3.3.10-1

Los filtros de lecho profundo de acuerdo al tamaño y capacidad de los tanques.

Tamaño en pulgadas	Capacidad en galones/litros	Capacidad en pulgadas
08x35	6,6/25	0,5
08x40	7,8/29,5	0,75
09x48	11,8/44,7	1,0
10x54	16,4/62	1,5
12x52	22,2/48	2,0
13x54	27,5/104	2,5

Fuente: Filtros de Fibra de Vidrio³²



Gráf. 1.3.3.10-1 Filtros de Fibra de Vidrio³³

1.3.3.11 Multi-válvulas manuales modelo 42229

Son válvulas que se utilizan para los filtros de lecho profundo. Marca: Pentair Material: Noryl resistente, Mod: 42229: Conexiones de 1", tubo distribuidor 3/4". Rosca en la base 2.5". Sencillo de operación manual con una sola palanca. Diseñados para aplicaciones individuales de entrada, salida y retro lavado de los filtros simples.

³² www.carbotecnica.info/tanqpolyglass.html

³³ Ibide.



Gráf. 1.3.3.11-1 Multiválvulas³⁴

1.3.3.12 FILTROS DE CARTUCHOS

a) Porta Cartucho.- Estos se pueden utilizar en todo tipo de agua: mar, potable, desmineralizada, para pre y post filtración en ósmosis inversa, de uso doméstico en general, procesador de alimentos, máquinas de refrescos, laboratorios, equipos para hospitales, máquinas de hielo, sistemas de irrigación, laboratorios fotográficos, equipos de enfriamiento. Están diseñados para filtrar altos volúmenes de agua y/o diversos fluidos con contenido de sólidos en suspensión. Instalándolos en paralelo se observará su alta capacidad y rendimiento.

- Fabricados en polipropileno reforzado y acrilonitriloestireno.
- Botón purgador en la tapa para relevar la presión y/o purgar el aire.
- Arosellos de Buna-N y cuerda tipo Acme para evitar fugas.
- Excelentes para usarse con agua, ácidos, aceites, alcoholes y otros fluidos.
- Capacidad de flujo a Conexión de tuberías de 1" y 1 1/2" NPT.
- Tapa moldeada en polipropileno.
- Disponible para cartuchos de 10" y 20" de longitud x 4.5 " de diámetro
- Alto flujo con una mínima caída de presión.
- Calidad aprobada por la "Food and Drug Administration" de los Estados Unidos

TABLA 1.3.3.12-1
Especificaciones para Porta Cartuchos

Modelo	Conexiones		Dimensiones cm.	Peso Kgs.	Presión Máxima			Flujo Máximo	
	cm.	In.			Kgs/cm2.	psi	LMP	GPM	
# 5	0,95	3/8	17,8 X 11,1	0,5	8,5	125	19	5	
# 10	1,9	3/4	31,8 X 13,0	1,4	8,5	125	36	10	
# 20	1,9	3/4	56,8 X 13,0	2,0	8,5	125	75	20	
# 10BB	2,5	1	33,3 X 18,4	2,1	6,1	100	151	40	
# 20BB	3,8	1 1/2	60 X 18,4	4,0	6,1	100	189	50	

Fuente: Filtro de Cartucho Hilado³⁵

³⁴ www.carbotecnia.info/valvulamultivalvula.html

³⁵ : www.criotec-coolers.com

Temperatura máxima 37,7°C (100°F). El flujo máximo y la caída de presión están determinados por el cartucho utilizado y la densidad de fluido.

Estos filtros están diseñados para resolver diversos problemas presentes en el agua como sedimentos, arenas, sarro, cloro, bacterias, otros, para esto contará con distintos cartuchos filtrantes intercambiables.

b) Cartuchos filtrantes

Existe en el mercado una extensa gama de cartuchos filtrantes, fabricados en distintos materiales y tamaños para cubrir cualquier necesidad de filtrado como:

- Sedimentos: arena, barro, arcilla, mugre, etc.
- Carbón activado: eliminan sabor y olor indeseable en el agua, cloro o color, productos químicos orgánicos como los trihalometanos, etc.
- Suavización y desmineralización: ideales para lugares donde se requiere de un bajo volumen de agua suavizada o desmineralizada.
- Remoción de aceite.
- Reducción del hierro.

Hay variedad de modelos, todos aptos para tratar agua de consumo humano. Según la necesidad se dividen en:



Gráf .1.3.3.12-1 Filtro de Cartucho Hilado³⁶

³⁶ Ibide

TABLA 1.3.3.12-2³⁷

Cartuchos Aptos para Tratar Agua de Consumo Humano

Fibra sintética Frena sedimentos	Hilo envuelto Frena sedimentos	Papel plisado Frena sedimentos. De gran rendimiento.
Ret +1,5Micr. Disponible: Normal y Gran Caudal	Ret +20Micrones. Disponible: Normal y Gran Caudal	Ret +50Micrones. Disponible en medida Gran Caudal
Resina / Carbón Purifica y ablanda al agua destinada para beber	Carbón activado con kdf aditivo que mejora el rendimiento del carbón activado e impide el crecimiento de colonias de bacterias en el agua dentro del cartucho.	Malla de acero inoxidable. Para la retención de cualquier tipo de partículas. De alta resistencia mecánica. Soporta altas presiones. Lavable.
Disponible en medida normal	Disponible en medida normal	Ret +250Micrones. Disponible Normal y Gran Caudal.
Carbón activado granulado de clora y retiene sustancias como solventes, amoníaco, aceites, etc. dejando al agua sin sabores u olores desagradables.	Carbón activado en block a las mismas características del granulado se le agrega la retención de sedimentos por estar forrado su interior y exterior con fibra sintética.	Malla textil polyester Retiene partículas y sedimentos. Es lavable. De gran resistencia a los detergentes, sales, hidrocarburos y soluciones ácidas.
Disponible: Normal y Gran Caudal	Disponible: Normal y Gran Caudal	Ret +150Micrones Disponible Normal y Gran Caudal
Resina cationica se usa como ablandador del agua de consumo. Endulza y aligera el sabor del agua. Destinado para baja cantidad de litros/día	Sal polifosfato No permite la formación de incrustaciones por sarro. De gran durabilidad, está destinado para tratar grandes caudales de agua por día.	Malla sintética Retiene partículas y sedimentos, de gran resistencia mecánica, soporta temperatura, hidrocarburos y alta presión.
Disponible: Normal y Gran Caudal	Disponible: Normal y Gran Caudal	Ret +70Micrones Disponible en medida Norma
Cerámico Retiene el 99,99% de las bacterias y parásitos como E. Coli. Vibro Cólera, Salmonella Thipy, Klebsiella Terigina y Shiguella. Destinado para tratar aguas de consumo exclusivamente dado su bajo caudal de 200 litros/hora.	Resina / Carbón/ Sal (triple) Ideal para expendedoras de bebidas y máquinas de café. purifica y ablanda el agua de ingreso al equipo y protege los conductos por incrustaciones (sarro).	Malla de acero inoxidable 20" Para la retención de cualquier tipo de partículas. De alta resistencia mecánica. Soporta altas presiones. Lavable
Ret +0,9Micrones. Disponible en medida Normal	Disponible en medida Normal	Ret +250Micrones

Fuente: Tipos de Filtro de Cartucho³⁸

1.3.4 OZONO³⁹

El aire de nuestra atmósfera terrestre está compuesta de gases en diferentes concentraciones, las mayores de ellas corresponden al nitrógeno y al oxígeno. Para el ser humano lo más

³⁷ Ibide

³⁸ Ibide

³⁹ <http://www.conmutel.com/Biogenerador/Ozono.htm>

importante es el Oxígeno, este gas es incoloro e insípido, y se encuentra en la naturaleza como una molécula compuesta de dos átomos.

El oxígeno es el principal responsable de los procesos de oxidación, combustión y respiración en la naturaleza. Cuando una molécula de oxígeno, por alguna razón aún inexplicable este gana un átomo de oxígeno convirtiéndose en O₃; a esta molécula se la conoce como OZONO y sus características físicas, químicas cambian radicalmente.

Este gas se produce en forma natural en la capa superior de la atmósfera por efecto de la luz solar, el mismo que incide sobre las moléculas de oxígeno. En las capas inferiores de la atmósfera por medio de descargas eléctricas en las tormentas eléctricas se produce una conmutación de motores y un sistema eléctrico, en este principio se basa los sistemas OZONIFICADORES.

1.3.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL OZONO

- Es un gas de poder de oxidación mayor
- Es inestable en el aire que en el agua
- Tiene un olor picante
- A temperatura de presión ambiental el ozono se encuentra en tres formas:
 - a) Gas en grandes concentraciones es de color azul.
 - b) Líquido es de color azul oscuro.
 - c) Sólido es de color rojo oscuro.
- El ser humano al respirar en grandes cantidades se vuelve toxico y puede provocar la muerte.

1.3.4.2. PROPIEDADES DEL OZONO

TABLA 1.3.4.2-1

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso Molecular	47,998
Temperatura de condensación	112°C
Temperatura de Fusión	197,2°C
Temperatura crítica	12,1°C
Densidad	2,144g/L
Densidad (líquida a 182°C)	1,572 gr/cc
Peso del litro de gas (a 0°C y 1 atm)	2144 gr

Fuente: ozono⁴⁰

1.3.4.3. FORMAS DE OBTENER EL OZONO

Existen diferentes formas de obtener el ozono en la industria, el método más generalizado es hacer pasar el aire a través de unos tubos de vidrio con superficies metalizadas dispuestos de forma concéntrica ([ozonizadores](#)), en los que se hace saltar una descarga de alta diferencia de potencial (unos 15 kV) y alta frecuencia (50 Hz) que actúa sobre las moléculas de dióxígeno

⁴⁰ <http://www.tecnozono.com/ozono.htm>

(O₂) provocando la formación del ozono (trioxígeno). De esta manera se obtiene el ozono mezclado con el aire en concentraciones de un 2 % aproximadamente.



Gráf. 1.3.4.3-1. Obtención del Ozono⁴¹

1.3.4.4. ACCIÓN DEL OZONO

- Oxidación directa por pérdida de un átomo de oxígeno.
- Oxidación directa por adición de la molécula de ozono en el cuerpo oxidante.
- Oxidación mediante efecto catalítico que favorece la función oxidante del que acompaña al aire ozonizado.

1.3.4.5. VENTAJAS DEL OZONO

- Eliminación del color, olor y sabor del agua
- Reducción de la turbiedad.
- Contenidos de sólidos en suspensión y las demandas químicas (DQO)
- El ozono es un producto desinfectante, no solo elimina las bacterias patógenas, sino que crea un residual que inactiva a los virus y otros microorganismos que no son sensibles a la desinfección con cloro.
- Es utilizado como agente blanqueante de ceras, aceites y textiles; además el de envejecer el vino y la madera.
- El ozono actúa en la atmósfera como depurador del aire, y sobre todo como filtro de los rayos ultravioleta procedentes del sol. Sin este filtro la existencia de la vida en la tierra sería imposible; de ahí su importancia de la llamada “Capa de Ozono”.
- El uso de ozono es 3000 veces superior y más rápida frente al cloro, permitiendo realizar tratamientos muy efectivos en pocos segundos o minutos.

1.3.4.6. OZONO PERJUDICIAL

- El ozono a concentraciones del 100% es altamente tóxico para el ser humano. El ozono puede afectar a las vías respiratorias, provocando tos, dolor de cabeza o náuseas, entre otros.
- Es altamente tóxico para las plantas. Afecta a las paredes celulares, disminuye la actividad fotosintética y es perjudicial para su crecimiento, provocando una disminución de la vegetación y de la producción agrícola.

⁴¹ <http://www.tecnozono.com/ozono.htm>

1.3.4.7. TRATAMIENTO DEL AGUA CON OZONO

Debido a su alto poder oxidante la desinfección con ozono es superior a la que se consigue mediante un tratamiento con cloro. Con este proceso se elimina virus, bacterias y microorganismo en general. Gracias a su elevado potencial de oxidación se precipitan metales pesados que pueden encontrarse en disolución, eliminando compuestos orgánicos, pesticidas, y todo tipo de olores y sabores extraños que el agua pudiera tener.

1.3.4.8. EFECTOS PRINCIPALES DE OZONACIÓN

- a) **Desinfección e inactivación viral.-** Las bacterias y la inactivación viral se relacionan con la concentración y duración del ozono en el agua en contacto con los microorganismos. Las bacterias como E-coli, Steptococcus tecalis son rápidamente destruidas, por concentraciones de ozono de 0,1mg/L o 0,025mg/L, a una temperatura de 25°C y 30°C al contacto de 15 a 20 segundos. Los virus son más resistentes que las bacterias.
- b) **Oxidación de inorgánicos.-** En el caso del hierro, manganeso, y varios compuestos arsénicos, la oxidación ocurre muy rápidamente; dejando compuestos insolubles que se pueden eliminar fácilmente por medio del proceso de filtración de carbón activado.
- c) **Eliminación de Turbidez.-** La turbidez del agua se elimina por ozonización a través de una combinación de oxidación química y neutralización de cargas. Las partículas de cargas negativas son neutralizadas por el ozono. El ozono además destruye los materiales coloidales por medio de la oxidación de materias orgánicas.
- d) **Eliminación de olores, colores y sabores.-** La oxidación de la materia orgánica metales pesados, sulfuros y sustancias extrañas, produce la supresión de sabores y colores que el agua pudiera obtener, proporcionando una mejora en su calidad y en su aspecto, haciéndola más adecuada para su consumo.

1.3.4.9. TIEMPO DE CONTACTO DEL OZONO EN EL AGUA

La técnica se fundamenta en lograr un tiempo de contacto adecuado del agua, con la cantidad adecuada de ozono; las concentraciones varían de 0,5 a 0,8 mg/L de ozono durante tres o cuatro minutos para conseguir así un agua excepcional y desinfectada, libre de microorganismos patógenos.

Una desinfección efectiva se logra con 0.4 mg/L sostenido por 4 minutos, esto es un CT (concentración en mg/L por tiempo en minutos) de 1,6. La cantidad de ozono requerida para alcanzar estos valores de CT dependerá de la temperatura del agua, pH, de la demanda inicial de ozono y del sistema de contacto. Por lo general, la dosificación de ozono suele ser entre 1 y 2 mg/L al agua.

Determinación de ozono $\text{mg O}_3 = \text{ppm} \cdot \text{V}$

Ec:1.3.4.7-1

1.3.5. LUZ ULTRAVIOLETA

Esterilizadores Ultravioleta para agua (lámpara Ultravioleta).- La desinfección de agua por radiación ultravioleta (UV) es un procedimiento físico, que no altera la composición química, ni el sabor ni el color del agua. La seguridad de la desinfección U.V. está comprobada científicamente, constituyendo una alternativa segura, eficaz, económica y ecológica frente a otros métodos de desinfección del agua.

La radiación U.V. constituye una de las franjas del espectro electromagnético, adquiriendo una mayor energía que la luz visible. La irradiación de los gérmenes presentes en el agua con rayos U.V. provoca una serie de daños en su molécula de ADN, impidiendo su división celular causando su muerte. La longitud de onda germicida de 253,7 nanómetro (nm), altera el material genético (DNA) en la células para que los microbios, virus, mozo, algas y otros microorganismos eliminando así el riesgo de enfermedad.

1.3.5.1. LOS ESTERILIZADORES U.V. ESTÁN COMPUESTOS

- a) Cámara de irradiación
- b) Tubo de cuarzo
- c) Lámpara germicida
- d) Cuadro eléctrico constituido por:
 - Interruptor/ piloto de funcionamiento
 - Indicador visual de avería de cada lámpara
 - Medidor de tiempo de uso

La lámpara UV debería colocarse cerca del punto de distribución, es imperioso que todos los puntos de distribución (tubería) del sistema se instalen sobre la línea fría de agua antes que cualquier línea de distribución. Como precaución, debe existir un regulador de flujo que debería ser instalado antes de cualquier esterilizador, para asegurar que el flujo recomendado por el fabricante no exceda.

El esterilizador UV debería ser el último punto de tratamiento; la única manera positiva para determinar si el esterilizador está funcionando de acuerdo a su diseño, se deberá realizar una prueba microbiológica sobre el abastecimiento de agua.

1.3.5.2. VENTAJAS DEL U.V.

- a) A diferencia del cloro y el ozono, el UV no genera subproducto de desinfección como trihalometanos (THM) y bromatos, que son considerados cancerígenos.
- b) El UV no altera el sabor, olor color y pH del agua
- c) El UV es un equipo compacto, fácil de instalar.
- d) Provee desinfección sin el uso de químicos.
- e) Reduce bacterias, virus y protozoos en un 99,99%.
- f) Mantiene un voltaje estable

- g) Notifica la necesidad de mantenimiento
- h) Fabricado en acero inoxidable 304 pulido
- i) Fácil de operar y de mantener
- j) Proceso de tratamiento inmediato, no necesita tanques de retención.
- k) Es económico, logrando un ahorro en los procesos
- l) Es compatible con cualquier proceso de tratamiento de agua, por ejemplo: osmosis inversa, destilación, intercambio iónico, otros.

13.5.3. APLICACIONES DEL U.V.

- a) Agua de pozo
- b) Agua superficial
- c) Agua municipal
- d) Procesamiento de alimentos
- e) Hospitales
- f) Acuicultura
- g) Electrónicos
- h) Farmacéuticos
- i) Hoteles
- j) Embotelladora de agua

1.3.5.4. SISTEMAS U.V.

Los microorganismos que están expuestos a un sistema ultravioleta mueren, esto se debe a la potencia de la lámpara, calidad del tubo de cuarzo y de la longitud de onda. La dosis UV resultante puede calcularse por el sistema de control, producto de la intensidad UV y del tiempo de exposición.

1.3.5.5. DOSIS ULTRAVIOLETA

La dosis UV es el producto de la intensidad de UV (expresado como energía por unidad de área).

$$\text{DOSIS} = I \cdot T$$

Ec:1.3.5.5-1

Esto es comúnmente expresado como $1 \text{ mJ/cm} = 2 \text{ micro vatio segundo/cm}^2$.

TABLA 1.3.5.5-1
Lámparas Ultravioleta

Modelo	Rango de conexión operación	Conexión	Consumo de energía
SC1	1gpm		12 W
SC2,5	2,5gpm	3/8" FNPT/ 1/2"	16 W
SC4	4gpm	MNP	19 W

Fuente: Lámparas Ultravioleta⁴²

⁴² www.viqua.com

El sistema de desinfección UV es ideal para flujos pequeños y de uso domestico, cuenta con una balastra electrónica integrada de una alarma visual (LED). El reactor UV consta de un diseño de flujo axial, fabricado en acero inoxidable 304.



Graf. 1.3.5.6-1 Lámpara Ultravioleta⁴³

1.3.6 ENVASADO

1.3.6.1. AGUA PURIFICADA EN BOTELLAS

El agua purificada que se envasa en botellas PET de diferentes presentaciones, va de 0,5L a 3L, es un producto que por sus características de consumo se diferencia del producto envasado en garrafones de 19L; este último es de consumo inmediato, mientras que las botellas permanecen más tiempo en el anaquel, necesitando este más cuidado en su proceso.

1.3.6.2. TIPOS DE AGUAS EMBOTELLADAS

Las aguas embotelladas según sus características y proceso de embotellamiento, se clasifican en:

- a) **Aguas manantial.-** Suelen ser aguas potables procedentes de una fuente (en ocasiones de la misma red de distribución de aguas), que han sido sometidas a un proceso de potabilización y filtrado especial, eliminando posibles olores, proporcionándoles un mejor sabor. En ocasiones se le añade anhídrido carbónico.
- b) **Aguas minerales.-** Son aquellas aguas que proceden de un manantial subterráneo protegido, y a diferencia de otros tipos de aguas, presentan una riqueza de minerales.

1.3.6.3. PRECAUCIONES

- a) Las botellas y las tapas deben ser de reciente fabricación.
- b) Las botellas y tapas deben ser bien empacadas y almacenadas en lugares limpios y secos libres de polvo.
- c) Las botellas y tapas deben pasar con aire desionizado antes de ser utilizadas.
- d) Deben ser lavarlas con agua clorada.
- e) Enjuagarlas con la misma agua que se va a envasar, para eliminar cualquier residual de cloro.
- f) Previo al envasado hay que pasarlas por una fuente de luz ultravioleta.
- g) El agua que se va a envasar debe tener una dureza entre 30 y 60 ppm

⁴³ Ibidem.

- h) Vigilar que el sabor sea fresco y agradable al paladar.
- i) Someter el agua a una radiación con luz ultravioleta antes de envasarla, para que se reduzca la cuenta microbiana en su totalidad.
- j) Inyectar ozono al momento del envasado, dejando un residual que proteja el producto en su vida de anaquel por lo menos 6 meses sin problema alguno, el ozono residual se elimina al momento de abrir la botella, para consumir el agua de manera que no quede un residual que cause daños a la salud del consumidor.

Total de botella = # Botellas producidas * en 10 min Ec: 1.3.6.3-1

Volumen de agua producido en un día= # botellas * tamaño * tiempo Ec: 1.3.6.3-2

1.3.6.4. REQUISITOS DEL AGUA ENVASADA

Se considera agua purificada envasada carbonatada o no, a las aguas destinadas al consumo humano que son sometidas a un proceso fisicoquímico de desinfección de microorganismos; el agua es envasada en recipientes herméticos e inviolables, fabricados de material grado alimenticios.

Los requisitos que debe cumplir el agua envasada deben ir acordes con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos previos al proceso de purificación con los requisitos INEN 2200-2008.

TABLA 1.3.6.4-1

Requisito Físicos del Agua Purificada Envasada

REQUISITOS	MÍNIMO	MÁXIMO
Color expresado en unidades de color verdadero (UTC)	----	5
Turbiedad expresado en unidades nefelométricas de turbiedad NTU	---	3
Sólidos totales disueltos expresados en mg/L:		
a) Agua purificada envasada	0	500
b) Agua Purificada mineralizada envasada.	250	1000
pH a 20°C:		
a) No carbonatadas	6,5	8,5
b) Carbonatadas	4,0	8,5
c) Proceso de ósmosis y destilación	5,0	7,0
Cloro libre residual mg/L	0,0	0,0
Dureza, CaCO ₃ , mg/L	--	0,0
Olor y Sabor	Inobjetable	

Fuente: Norma INEN 2200-2008⁴⁴

⁴⁴ INEN; Instituto Ecuatoriano de Normalización, revisión 2008, pp. 2

TABLA 1.3.6.4-2

Requisitos Microbiológicos para muestra unitaria

PARÁMETROS	LÍMITE MÁXIMO
Aerobios mesófilos, UFC/mL	1,0 x 10 ²
Coliformes NMP/100mL	<1,8 (ausencia)
Coliformes UFC/100mL	<1,0 x 10 ⁰ (no detectables)

Fuente: Norma INEN 2200-2008⁴⁵

1.3.7. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Este tanque es de fabricación en acero inoxidable tipo sanitario, sirve para el almacenamiento donde se realiza el llenado mediante inyección de ozono, donde burbujea para luego ser pasada por la lámpara U.V. y ser envasada el agua.

Volumen total del tanque= Volumen de cilindro + volumen del cono

$$V_{\text{cilindro}} = \pi * r^2 * h \quad \text{Ec:1.3.7-1}$$

V_{cilindro} = Volumen de cilindro

r= Radio

h= Altura

π= pi

$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi r^2 h}{3} \quad \text{Ec:1.3.7-2}$$

V_{cono} = Volumen del cono

$$V_{\text{total}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}} \quad \text{Ec: 1.3.7-3}$$

⁴⁵ Ibidem.

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

El muestreo realizado en esta investigación es aleatorio simple, es decir, se tomo la muestra individualmente al ingreso de la cisterna, con una frecuencia de una muestra diaria, pasando un día, por el lapso de tres meses, en el cual, no se están considerando los fines de semana con un total de 30 muestras.

Mediante el muestreo conocer la calidad del agua que llega a diferentes sectores de la ciudad a través del sistema de distribución. La muestra tomada debidamente etiquetada, y durante la manipulación no deberán deteriorarse ni contaminarse durante su transportación al laboratorio de EMAPA S.D, para su respectivo análisis físico-químico y microbiológico; los resultados obtenidos serán comparados con las normas de calidad INEN 1108-2011.

Para esta investigación se toma muestra en el domicilio de la familia Erazo Benítez, ubicada en la cooperativa las Palmas calle Germán Maya y Bolivia casa # 207 esquinera. El método para la recolección fue de la siguiente manera:

TABLA 2.1.4-1

Plan de Muestreo

LUGAR DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO	NUMEROS DE MUESTRAS DIARIAS	TOTAL DE MUESTRAS SEMANAL	TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS
H ₂ O Red Distribución	Lunes, Miércoles y Viernes	1	3	18
H ₂ O Red Distribución	Martes y Jueves	1	2	12

Este proceso de recolección y análisis de la muestra se realizó gracias a la colaboración del Ingeniero Jorge Romero, responsable de la planta de tratamiento y del Dr. Héctor Garzón encargado de efectuar los análisis físico-químico y microbiológico del agua en el laboratorio de la planta EMAPA S.D.

2.2. METODOLOGÍA

Mediante el plan de muestreo de la tabla 2.2.4-1, se detalla el proceso que se realizó para la recolección de las muestras, definiéndose el tiempo de duración, las semanas y los días tanto para la planta como para el domicilio, por el lapso de tres meses.

Las muestras fueron tomadas del sistema de distribución al ingreso de la cisterna por 3 veces a la semana: lunes, miércoles y viernes; en el transcurso de la siguiente semana fueron tomadas 2 veces: martes y jueves, durante tres meses, sin contar los fines de semana.

La recolección se hizo en frascos debidamente esterilizados, los mismos que fueron esterilizados en el laboratorio para sus respectivos análisis. Este proceso se realizó con el

siguiente orden: un frasco se utilizó para el análisis de microbiología como bacterias aeróbicas, coliformes fecales - totales utilizando las técnicas NMP y filtración por membrana al vacío; en el segundo frasco se efectuó el análisis físico-químico como temperatura, turbiedad, conductividad, pH, color, sólidos totales, alcalinidad, dureza total, hierro, cloro libre y cloruros.

2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.2.1 MÉTODOS

Existen dos clases de investigación: los métodos lógicos y los empíricos. Los primeros son todos aquellos que se basan en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis, mientras que los métodos empíricos se aproximan al conocimiento del objeto mediante sus conocimientos directos y el uso de la experiencia, entre ellos se encuentran la observación y la experimentación.

- **El método Descriptivo.-** Se evalúan las condiciones del sistema de distribución del agua de cómo llega al usuario el líquido vital, se realiza los análisis físicos-químicos y microbiológico respectivamente, a través de sus resultados determina si cumple o no con las normas de calidad NTE INEN 1108-2011.

Sus resultados son tabulados, donde se identifican las variables de proceso, que son la filtración y la desinfección, y se precede a realizar los cálculos de ingeniería y dimensionar la planta purificadora de agua, el resultado de los análisis obtenido del producto final del agua purificada envasada cumpliendo con la norma de calidad NTE INEN 2200-2008 apta para el consumo humano 100% pura.

2.2.2.2. TÉCNICAS

2.2.2.2.1. ANÁLISIS FÍSICOS

2.2.2.2.1.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO PH

TABLA 2.2.2.2.1.1-1

SATANDAR METHODS 4500-HB

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
El pH es el parámetro que nos indica la alcalinidad o acidez del agua, en un escala numérica de 1 a 14. Si el agua es ácida el pH es menor de 7, si es igual a 7 es neutro.	<ul style="list-style-type: none">• pHmetro digital• Un vado de precipitación de 250ml	<ul style="list-style-type: none">• Soluciones buffer pH 4 y pH7 y pH10	<ul style="list-style-type: none">• Verificar que el peachimetro este calibrado utilizando las soluciones buffer (el siguiente orden 4,7 y 10 de pH) estas que se encargan de realizar pequeños cambios de su potencial de estado y mantener a este.• Colocar el electrodo dentro del vaso.• Leer directamente el valor en el equipo	Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁴⁶.

⁴⁶ V.A: *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, Ed. Díaz de Santos S.A, USA.

2.2.2.2.1.2-1 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD

TABLA 2.2.2.2.1.2-1

SATANDAR METHODS 2510-HB

CONCEPTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas así como la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Vaso de precipitación de 250ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación. • Colocar el electrodo dentro del vaso • Leer directamente el valor en el equipo en micro ohms xcm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF.⁴⁷

⁴⁷ Ibidem.

2.2.2.2.1.3.1 DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ

TABLA 2.2.2.2.1.3-1

METHODS HACHX 46500-88

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
La turbidez mide la intensidad de color en el agua, este equipo identifica toda impureza finamente dividida, cualquiera que sea su naturaleza, pueden ser de origen inorgánico tales como las arcillas, limos, carbonatos de calcio, sílice, hidróxidos férricos, azufre, etc. O pueden ser de naturaleza orgánica tales como materia vegetal finamente dividida, aceites, grasas, microorganismos.	<ul style="list-style-type: none"> • 2100p Turbidímetro HACH Chemicalcom pany • Celda • Piceta 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua problema • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar en la celda el agua recolectada en el tanque de recepción. Y agua tomada luego del proceso de filtración. • Colocar la celda en el turbidímetro. • Leer directamente el valor según la escala deseada (0..1, 0..10, 0..100NTU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁴⁸.

⁴⁸ Ibidem

2.2.2.2.1.4.1 DETERMINACIÓN DEL COLOR

TABLA 2.2.2.2.1.4-1

METHODS HACHX

CONCEPTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
El color es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color producido por sólidos suspendidos se denomina Color Aparente. Mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denominan color verdadero	<ul style="list-style-type: none">• Colorímetro HACH.• Vaso de precipitación de 250ml	<ul style="list-style-type: none">• Tomar la muestra en un vaso de precipitación y colocar en la celda.• Colocar la rueda colorimétrica de aguas crudas y leer comparativamente.• De la misma manera colocar la rueda colorimétrica para aguas potable y leer que color es comparativamente.• Anotar la lectura directamente.

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁴⁹.

⁴⁹ Ibidem.

2.2.2.2.1.5.1 DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

TABLA 2.2.2.2.1.5-1

METHODS HACH^x

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicada en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 250ml • Electrodo sensible de HACH 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua problema • Agua Destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 200mL de agua problema en el vaso de 250mL. • Color el electrodo para sólidos totales disueltos. • Realizar la lectura del agua. 	Leer directamente el valor de STD.

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁵⁰.

⁵⁰ Ibidem

2.2.2.2.2 ANÁLISIS QUÍMICO

2.2.2.2.2.1.1 DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD TOTAL

TABLA 2.2.2.2.1-1

ESTÁNDAR METHODS 4500-HB

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar los ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH. Depende del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos por los que se puede tomar como una medida directa de la concentración de estos	<ul style="list-style-type: none">• Probeta de 50ml• Pipeta de 1ml• Vaso de precipitación de 250ml• Agitador magnético• Magnetor	<ul style="list-style-type: none">• Agua problema• Anaranjado de metilo• Acido sulfúrico 0.02N	<ul style="list-style-type: none">• Tomar 50ml de muestra• Agregar 4 gotas de anaranjado de metilo• Valor con ácido sulfúrico 0,02N• Leer el valor de titulación	ml valorados por 20

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁵¹.

⁵¹ Ibidem

2.2.2.2.2.1 DETERMINACION DE LA DUREZA TOTAL

TABLA 2.2.2.2.2-1

METHODS HACHX 46500-88

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
La dureza total mide la capacidad del agua para consumir jabón. Las aguas duras son usualmente menos corrosivas que las blandas. Contienen sales de calcio y magnesio que están disueltos generalmente en forma de carbonatos que por calentamientos pueden formar bicarbonatos que son la causa de incrustación en los sistemas de transporte de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 100ml. • Pipeta de 1ml • Vaso de precipitación de 250ml. • Agitador magnético • Magnetor 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra problema • Buffer de dureza • Negro de ericromo T • Solución de EDTA 0,02M 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 50ml de agua • Adicionar 1ml de buffer de dureza. • Agregar una pequeña porción de negro ericromo T. • Valorar con la solución de EDTA. • Leer el valor de la titulación. 	ml valorados por 20

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁵².

⁵² Ibidem.

2.2.2.2.3.1 DETERMINACIÓN DEL HIERRO

TABLA 2.2.2.2.3-1

METHODS HACH^x2165

CONCEPTO	EQUIPO	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
Es un constituyente inorgánico que está presente en las aguas de formación por lo tanto en los lodos provenientes de estas. El óxido de tubos de hierro o acero, también puede aumentar la concentración de materiales disueltos, así como la cantidad total de hierro.	<ul style="list-style-type: none"> Comprobador de color. 	<ul style="list-style-type: none"> Ferover Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar la muestra en la celda y añadir ferover agitar, colocar la celda y el disco de color de comprobador. Realizar la lectura directamente. 	Lectura directa

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁵³.

⁵³ Ibidem.

2.2.2.2.4.1 DETERMINACIÓN DE CLORUROS

TABLA 2.2.2.2.4-1

ESTÁNDAR METHODS

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁCULOS
El cloruro en la forma de iones Cl, es uno de los principales aniones presentes en el lodo. Los mismos que pueden encontrarse en altas concentraciones esto dependen de la formación de la que puede.	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Probeta 100ml • Pipeta 1ml • Vaso de precipitación de 250ml • Agitador magnético • Magnetor • Piceta 	<ul style="list-style-type: none"> • Dicromato de potasio. • Nitrato de plata 0,01N. • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 25ml de muestra de agua problema en un erlenmeyer de 100ml. • Agregar unas gotas de indicador de dicromato de p el cual nos dará una coloración amarilla. • Titular con nitrato de plata hasta cambio de color 	Dígitos 0,5 x factor de dilución.

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁵⁴.

⁵⁴ Ibidem

2.2.2.2.5.1 DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD

TABLA 2.2.2.2.5-1

STANDAR METHODS *2320 B /ASTM 1067

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA	CALCULO
<p>La alcalinidad del agua está constituida por hidróxidos (OH⁻), carbonatos (CO₃²⁻) y bicarbonatos (HCO₃⁻) presentes en el agua y se expresan como partes por millón de CaCO₃ equivalente.</p> <p>La actividad de un ácido o un álcali se mide mediante el valor de pH. En consecuencia, cuanto más activo sea un ácido, menor será el pH y cuanto más activo sea un álcali, mayor será el pH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer • Bureta • Pipeta • Vaso de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 50 ml muestra de agua en el Erlenmeyer. • Adicionar 3 o 4 gotas de anaranjado de metilo. • Titular con ácido sulfúrico 0,02N (ml valorados x 20) hasta obtener un punto final incoloro. 	<p>$TAC = [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-]$</p> <p>Donde:</p> <p>TAC = alcalinidad</p> <p>$[CO_3^{2-}]$ = concentración de iones carbonato</p> <p>$[HCO_3^-]$ = concentración de iones bicarbonato</p> <p>$[OH^-]$ = concentración de iones hidróxidos</p>

Fuente: Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF⁵⁵.

⁵⁵ Ibidem.

2.3. DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. DIAGNÓSTICO

Santo Domingo de los Tsachilas cuenta con un sistema de distribución de agua potable, que en la actualidad y debido a su uso, la misma se encuentra en condiciones no adecuadas para el transporte de agua es decir, cumplió su vida útil, pasando a ser esta obsoleta.

Durante su trayecto el sistema de distribución de agua desde la planta de tratamiento hasta el usuario, existen fugas donde se contamina con la naturaleza y el medio ambiente, alterando sus propiedades físicas-químicas y microbiológicas del agua; estas fugas ocurren en el invierno donde las calles sufren deterioro por causa de la circulación de los automotores.

Existiendo esta contaminación se ha visto la necesidad de realizar una pre filtración, la misma que ayudará a disminuir: los sólidos en suspensión, partículas en suspensión, materia orgánica y microorganismos patógenos presentes en el agua.

Para mejorar la calidad de este líquido vital se ha diseñado y construido filtros de arena y carbón, su función es retener y remover las partículas en suspensión existentes en el agua, y para su proceso de purificación mediante el sistema de desinfección con ozono y radiación ultravioleta si alterar sus propiedades físicas-químicas y sensoriales obteniéndose un agua de calidad libre de cualquier enfermedad 100% pura, cumpliendo con las normas de calidad NTE INEN 2200-2008.

2.3.2. DATOS.

Por el lapso de tres meses se recolectaron muestras de agua realizando los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos en el laboratorio de EMAPA S.A. en Santo Domingo de los Tsáchilas. El promedio de resultados obtenidos son:

TABLA 2.3.2-1

Promedio de los Análisis Físicos-Químico y Microbiológicos

PARÁMETROS	UNIDADES	LIMITES	RED PÚBLICA
pH	-	6,5-8,5	6,0
TURBIEDAD	NTU	2-5	3,2
COLOR	Unidad de color	5-15	7,3
COLORO RESID	mg/L	0,3-1,5	0,8
ALCALINIDAD	mg/L	57,7
DUREZA TOTAL	mg/L	0 -300	31,0
CONDUCTIVIDAD	-	153,3
STD	mg/L	500-1000	61,0
CLORUROS	mg/L	0-200	11,3
COLI TOTAL	NMP/100mL	< 1	0
COLI FECAL	NMP/100mL	<1	0
BACTERIAS	NMP/100mL	15	9,82

Fuente: Laboratorio EMAPA S.D.

2.4. DATOS ADICIONALES

En anexos se encuentran las tablas de los valores de la densidad, peso específico y viscosidad del agua a diferentes temperaturas.

2.5. UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS.

Santo Domingo de los Tsachilas está ubicado en el noroccidente de la cordillera de los Andes, su clima es trópico-húmedo. La capital es Santo Domingo, limitando: al Norte: Provincia de Pichincha y Esmeraldas; al Sur: Los Ríos y Cotopaxi; al Este: Los cantones Quito y Mejía; al Oeste: Manabí.

Se encuentra a una altitud de 656m sobre el nivel del mar, su temperatura media es de 22,9°C; posee un clima subtropical, es la cuarta provincia más poblada a nivel nacional según el último censo realizado en el 2011.

TABLA 2.5-1
Variación de la Presión Atmosférica con la Altura y Temperatura

Elevación (m)	Presión atmosférica estandar (kPa)	Temperatura de ebullición °C
0	101,33	100
1000	89,55	96,3
2000	79,50	93,2
5000	54,05	83,0
10000	26,5	66,2
20000	5,53	34,5

Fuente: Termodinámica⁵⁶.

⁵⁶ Boles Michael A, Cengel Yunus A., *Termodinámica*, Ed. M.G.H, pp 43, Colombia, 1996.

CAPITULO III

3. DISEÑO DE LA PLANTA PURIFICADORA Y ENVASADORA DE AGUA.

El diseño es integrar todos los procesos de operación para satisfacer los requerimientos de calidad del agua envasada, la planta debe tener una máxima confiabilidad, flexibilidad y familiarizarse con todas las normas de calidad INEN.

3.1. CÁLCULOS DE INGENIERÍA

3.1.1. Cálculo del Volumen de la Cisterna de la Ec:1.3.2.1-1

$$V = 1,9\text{m} * 1,8\text{m} * 2,0\text{m}$$

$$V = 6,84\text{m}^3$$

3.1.2. Cálculo de la Presión de la Cisterna

$$\Delta P = \gamma * h = 9,81 \text{ kN/m}^3 * 2\text{m} = 19,62 \text{ kPa}$$

3.1.3. Cálculo de la Presión atmosférica de Santo Domingo de los Tsachilas.

Santo Domingo de los Tsachilas se encuentre a una altura de 656 m.s.n.m corresponde a una presión atmosférica estándar de 94 kpa, se obtiene por interpolación.

3.1.4. Cálculo del Volumen del tanque de Almacenamiento de las Ec:

$$V_{\text{cilindro}} = \pi * r^2 * h \quad 1.3.7-1$$

$$V_{\text{cilindro}} = \pi * (0,3271)^2 * 1,22\text{m}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 0,41\text{m}^3$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi r^2 h}{3} \quad 1.3.7-2$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi * (0,3271)^2 * 0,05}{3}$$

$$V_{\text{cono}} = 0,006\text{m}^3$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}} \quad 1.3.7-3$$

$$V_{\text{total}} = (0,41 + 0,006)\text{m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 0,416\text{m}^3$$

3.1.5. Cálculo del Caudal de la Ec:

$$V_{\text{tanque}} = 0,416\text{m}^3$$

$$\text{Tiempo de llenado} = 12\text{min}$$

$$Q = \frac{V_{\text{tanque}}}{\text{tiempo}} = \frac{0,416\text{m}^3}{12 \text{ min}} * \frac{1\text{min}}{60\text{s}}$$

$$Q = 6\text{E-}4\text{m}^3/\text{s} = 2,16\text{m}^3/\text{h} = 51,84 \text{ m}^3/\text{día}.$$

3.1.6. La Ecuación General de Energía de la Ec: 1.3.2.2.6-3

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + \Sigma H_T - \Sigma h_m - \Sigma h_f = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2 * g}$$

Despejamos ΣH_T , la carga total del sistema.

$$\Sigma H_T = \Sigma h_m + \Sigma h_f + \frac{v_2^2}{2 * g} + (Z - Z)$$

3.1.7. Cálculo de la Velocidad de la Ec:1.3.2.2.3-1

De la ecuación 1.3.2.2.3-1 despejamos y obtenemos la velocidad.

El área de la tubería es

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \phi^2} = \frac{4 * 6\text{E-}4}{\pi (0,0254)^2}$$

$$v = 1,18\text{m/s}$$

3.1.8. Cálculo del Número de Reynolds de la Ec: 1.3.2.2.11-1

$$N_{RE} = \frac{\phi v \delta}{\mu} = \frac{0,0254 * 1,18 * 998,29}{1,003 * 10^{-3}}$$

$$N_{RE} = 29831,3 \text{ El flujo es turbulento}$$

3.1.9. Calculo de Fanning de las Ec: 1.3.2.2.7-6

$$f = 0,3164 \times \text{Re}^{-0,25} = 0,3164 \times 29831,3^{-0,25}$$

$$f = 0,024$$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{\frac{3,7D}{\epsilon} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}}} \right) \right]^2} = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{\frac{3,7 \left(\frac{25,4}{0,001} \right)}{29831,3} + \frac{5,74}{(29831,3)^{0,9}}} \right) \right]^2}$$

de la Ec: 1.3.2.2.7-5

$$f = 0,024$$

3.1.10. Cálculo de las Cargas

a) Cargas Menores por

➤ Longitud de la Ec: 1.3.2.2.6-6

$$hf_L = f x \frac{L}{\phi} x \frac{v^2}{2g} = 0,024 * \frac{8}{0,0254} * \frac{(1,18)^2}{2*9,81}$$

$$hf_L = 0,57\text{m}$$

➤ **Accesorios de la Ec: 1.3.2.2.6-7**

$$hf_m = K \frac{v^2}{2g} = (4 * 0,9 + 2,5) \frac{(1,18)^2}{2*9,81}$$

$$hf_m = 0,433\text{m}$$

b) Cargas Mayores de la Ec: 1.3.2.2.6-5

➤ **Filtro de arena**

$$H_{arena} = \frac{\Delta P}{\delta} = \frac{(18-12)PSI}{\frac{998,29kg}{m^3}} = \frac{6PSI}{\frac{998,29kg}{m^3}} * \frac{\frac{kg}{cm^2}}{1PSI} * \frac{(100cm)^2}{1m^2}$$

$$H_{arena} = 60,10\text{m}$$

➤ **Filtro de carbón de la Ec: 1.3.2.2.6-4**

$$H_{carbón} = \frac{\Delta P}{\delta} = \frac{(12-6)PSI}{\frac{998,29kg}{m^3}} = \frac{6PSI}{\frac{998,29kg}{m^3}} * \frac{\frac{kg}{cm^2}}{1PSI} * \frac{(100cm)^2}{1m^2}$$

$$H_{carbón} = 60,10\text{m}$$

La suma de todas las cargas del sistema es:

$$\Sigma H_T = \Sigma h_m + \Sigma h_f + \frac{v_2^2}{2*g} + (Z - Z) = (60,10+60,10+0,57+0,433+0,071)\text{m}$$

$$\Sigma H_T = 121,27\text{m}$$

3.1.11. Cálculo del Flujo Másico DE LA Ec: 1.3.2.2.7-6

$$W = Q * \delta = 0,0006 * 998,29$$

$$W = 0,6\text{Kg/s}$$

3.1.12. Cálculo de la Potencia de la Bomba DE LA Ec: 1.3.2.2.8-1

$$H_p = \frac{W * H}{75 *} = \frac{0,6 * 121,27}{75 * 0,70} = 1,4 H_p$$

$$H_p = 1,3896 = 1,4 H_p = 2 H_p$$

3.1.13. Calcular el Volumen de NaClO para adicionar a la Cisterna

$$\text{NaClO} = \delta = 1,21 \text{g/ml} = 13\%$$

$$g\text{NaClO} = \text{ppm} * V = \frac{3\text{mg}}{L} * \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} * \frac{1000L}{\text{m}^3} * 6,84\text{m}^3 \quad \text{de la Ec 1.3.2.1-1}$$

$$g\text{NaClO} = 20,52\text{g}$$

$$\frac{g}{\text{ml}} \text{NaClO} = \delta * \frac{g\text{NaClO}}{g\text{sln}} = \frac{1,21\text{gsln}}{\text{ml}} * \frac{13\text{gNaClO}}{100\text{gsln}}$$

$$\text{NaClO} = 0,1573\text{g/ml}$$

$$\text{mlNaClO} = \frac{g\text{NaClO}}{\frac{g\text{NaClO}}{\text{ml}}} = \frac{20,52\text{g}}{0,1573\text{g/ml}} \quad \text{de la Ec: 1.3.2.1-3}$$

$$\text{ml NaClO} = 130\text{ml}$$

3.1.14. Cálculo para el dimensionamiento de un filtro

➤ Cálculo Volúmenes de los Filtros Polygrass

$$V_F = \pi * r^2 * h \quad \text{de la Ec:1.3.3.4-2}$$

$$V = 3,1416 * (0,127)^2 * 0,89 = 0,096\text{m}^3$$

$$V = 0,069\text{m}^3$$

➤ Cálculo del Número de Filtros de la Ec1.3.3.4-1

$$Q = 6\text{E-}4\text{m}^3/\text{s} = 2,16\text{m}^3/\text{h} = 51,84\text{m}^3/\text{d}$$

$$N = 0,044 * \sqrt{Q} = 0,044 * \sqrt{51,84}$$

$$N = 0,3168 = 1$$

Nota: Para plantas pequeñas mínimo son 2 filtros.

➤ Cálculo del Área Total del Filtro de la Ec: 1.3.3.4-3

$$\text{Tasa de filtración} = 1,81\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{h}$$

$$\text{Caudal } 6\text{E-}4\text{m}^3/\text{s} = 2,16\text{m}^3/\text{h}$$

$$A_t = \frac{\text{Caudal total del filtro}}{\text{Tasa de filtración}} = \frac{\frac{2,16\text{m}^3}{\text{h}}}{\frac{1,81\text{m}^3}{\text{m}^2} * \text{h}}$$

$$A_t = 1,193m^2$$

➤ **Cálculo del Área de los lechos Filtrante de cada Filtro**

N = Número de filtros

$$A_f = \frac{\text{Área total del filtro}}{\text{Número de filtros}} = \frac{1,193m^2}{2}$$

$$A_f = 0,60 m^2$$

➤ **Cálculo del Caudal del Filtro (Qf)**

$$Q_f = \frac{\text{Caudal Total del Filtro (Qt)}}{\text{Número de Unidades N}} = \frac{6E - 4 m^3/s}{2}$$

$$Q_f = 3E - 4 m^3/s$$

➤ **Cálculo del Caudal del diseño (Qd)**

Caudal del diseño = Caudal del filtro

➤ **Cálculo de la longitud del filtro**

$$A_t = 2 * \pi * r (h + r)$$

r = Radio del filtro = 0,127m

At = Área total del filtro = 1,193 m² = Área total de un cilindro

Despejamos h de la ecuación anterior y tenemos

$$h = \frac{A_t}{2 * \pi * r} - r = \frac{1,193}{2 * 3,1416 * 0,127} - 0,127$$

$$h = 1,368 m$$

➤ **Cálculo de la altura de los lechos filtrantes**

$$h = \frac{A_t}{2 * \pi * r} - r$$

r = Radio del filtro = 0,127m

Área de los lechos filtrantes es 0,60 m²

Aplicando la fórmula del área total de un cilindro

$$h = 0,62m$$

3.1.15. El número total de botellas en un día de producción de la Ec: 1.3.6.3-1

$$\# \text{ Botella} = \frac{10 \text{ Botellas}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times 16 \text{ h} = 9600 \text{ Botellas}$$

3.1.16. El Volumen Total de Agua Consumida de la Ec: 1.3.6.3-2

$$9600 \text{ ella} * 0,5 \text{ L} = 4800 \text{ L} = 4,8 \text{ m}^3$$

3.2. RESULTADOS

TABLA 3.2-1
Resultados de los Cálculos

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO
Volumen de la Cisterna	m ³	6,84
Presión de la Cisterna	Kpa	19,62
Presión Atmosférica en Sto Dgo	Kpa	94
Volumen del Tanque de Almacenamiento	m ³	0,41
Caudal	m ³ /s	6E-4
Velocidad del fluido	m/s	1,18
# Reynolds	-	29831,3
Fanning	-	0,024
H _{f_L}	M	0,57
H _{f_m}	M	0,433
H arena	M	60,10
H carbón	M	60,10
Flujo Másico	kg/s	0,6
Potencia de la Bomba	Hp	1,4
Volumen de NaClO	mL	130
Volumen de los filtros Polygrass	m ³	0,069
Tasa de Filtración	m ³ /m ² *h	1,81 m ³ /m ² *h
Área Total del Filtro	m ²	1,193
El número de Filtros	m ²	1
El Área de la cama del Filtro	m ²	0,60
Longitud total del Filtro	M	1,37
El número total de envase llenado en 16h	-	9600 botellas
Longitud de la cama del filtro	M	0,63
Volumen total consumido en 9600 botellas	m ³	4,8
El diámetro del filtro polygrass	M	0,254

3.3.PROPUUESTA

3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE LOS FILTROS

a) FILTRO DE CARTUCHO

TABLA 3.3.1-1

Características del los Filtros

DIMENSIONES	TURBIDEZ ≤ 10 NTU	TURBIDEZ ≤ 1 NTU
Modelo	# 5	# 5
Longitud x diámetro	17,8 x 11,1cm	17,8 x 11,1cm
Presión máxima	125PSI	125PSI
Flujo máximo	19 LPM	19 LPM
Cartuchos	1 micra (μ)	0,01 micra (μ)

b) FILTRO DE ACERO INOXIDABLE (Turbidez ≤ 10 NTU)

TABLA 3.3.1-2

Dimensiones del Filtro de Acero Inoxidables

PARÁMETROS	UNIDADES		
Caudal de Entrada (Q)	0,016 m ³ /s		
Longitud del Filtro (L)	0,89m		
Diámetro del filtro (Ø)	0,37m		
Diámetro del orificio de la tubería PVC (Ø)	3,18mm		
Volumen del Filtro (V)	0,096m ³		
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LECHOS FILTRANTES			
PARAMETROS	UNIDADES		
	GRAVA	ARENA	CARBÓN A.
Tamaño de la Partícula TE	5mm	0,45mm	1,5mm
Soluble en HCl	5%	< 5%	< 5%
Gravedad Especifica	2,5	-	-
Profundidad	0,10m	0,40m	0,1m
C.U.	-	1,5	1,7
Densidad Aparente	-	2,5	1,4
Dureza (moh)	-	-	2,7

c) **FILTROS DE FIBRA DE VIDRIO O LECHO PROFUNDO (Turbidez \leq 3NTU)**

TABLA 3.3.1-3

Dimensiones del Filtro (PolyglassPentair)

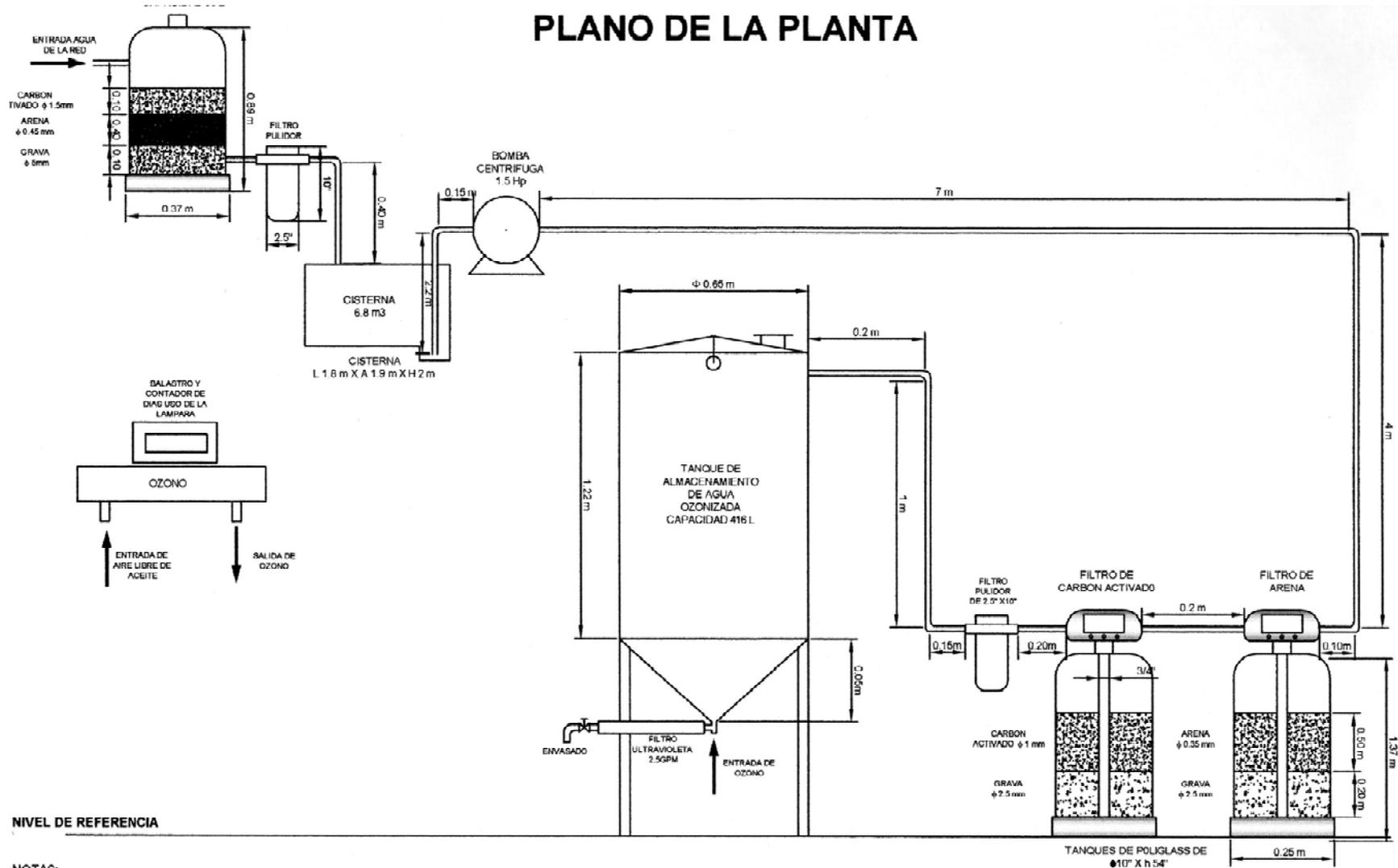
PARÁMETRO	UNIDADES		
	ARENA	CARBÓN A.	
Volumen del Filtro (m ³)	0,069m ³	0,069m ³	
Diámetro (Ø)	10pulg	10pulg	
Longitud (L)	54pulg	54pulg	
Conexiones	1pulg	1pulg	
Tubo Distribuidor	¾"	¾"	
Válvula manual	1pulg	1pulg	
Canastillas	Superior y inferior	Superior y inferior	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LECHOS FILTRANTES			
PARÁMETROS	UNIDADES		
	GRAVA	ARENA	CARBÓN A.
Tamaño de la Partícula	2,5mm	0,35-0,40mm	0,7 -1,0mm
Soluble en HCl	5% maxi	<5%	<5%
Gravedad Especifica	2,5	-	-
Profundidad	0,20m	0,50m	0,50m
CU	-	1,2 - 1,4	1,7
Densidad Aparente	-	2,5	1,4
Dureza (Moh)	-	-	2,7

3.3.2. LÁMPARAS PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA

a) **Lámpara de ozono.**- La capacidad de lámpara de ozonificar el agua debe ser 2,5galones/ min, en la actualidad lo que envasa es de 5L/min, para producir el gas ozono es necesario la ayuda de compresor de aire libre de aceite.

b) **Lámpara UV.** – Igualmente lo dicho anterior está lámpara debe ser igual condiciones, su capacidad debe ser de 2,5 galones/minuto, pensar en el crecimiento de la planta.

PLANO DE LA PLANTA



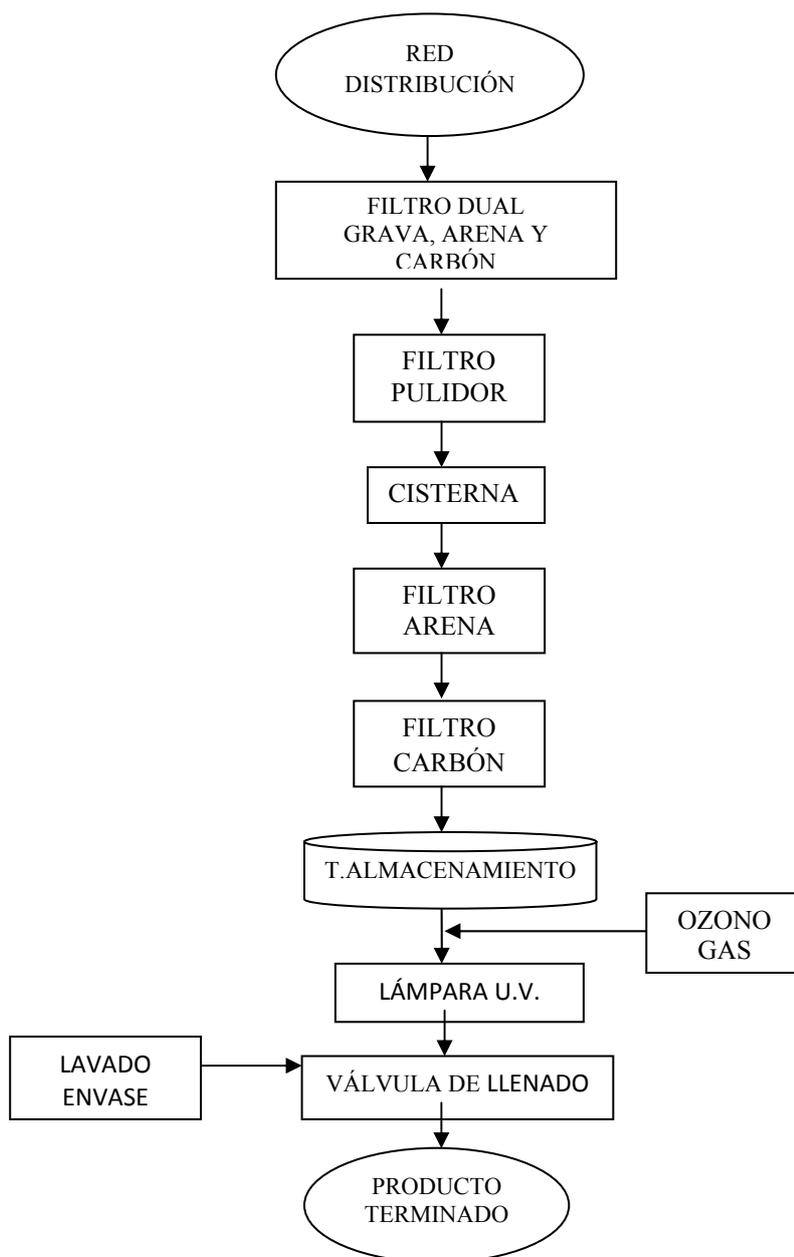
NIVEL DE REFERENCIA

NOTAS:

- La tubería es de acero inoxidable sanitaria de φ 1" calidad farmacéutica y las conexiones son tipo clamp sin presencia de partes roscadas. Las tuberías y los conectores son pulidas tipo N4 rugosidad despreciable.
- Las medidas están indicadas en el plano.

<p align="center">ESPOCH</p> <p align="center">FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA MANUEL ERAZO</p>		<p align="center">DISEÑO DE UNA PLANTA PURIFICADORA Y ENVASADORA DE AGUA</p>	
		<p align="center">DIBUJO: MANUEL ERAZO</p>	
LAMINA:	ESCALA:	FECHA:	
1	SE	align="center">16/03/2012	

3.4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PURIFICACIÓN



3.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

EMAPA. SD se encargar de suministra agua potable a la población mediante su red de distribución, los usuarios que tienen este servicio del líquido vital, lo usan para diferentes actividades, en lo especial para la preparación de sus alimentos y limpieza personal, a esta agua se realiza los análisis físicos-químicos y microbiológicos, los resultados obtenidos están dentro de los límites establecido por las normas de calidad NTE INEN 1108-2011, pero no cumple con la norma de calidad NTE INEN 2200-2008 para agua purificada envasada para el consumo humano.

Para mejorar las condiciones de esta agua del sistema de distribución, y sea apta para el consumo humano, se procede a purificar, utilizando las variables del proceso que son:

- Filtración ayuda a retener los sedimentos, reduce la turbidez, color y eliminación del cloro.
- La eliminación de todos microorganismos presentes en el agua sin alterar su propiedades físicas-químicas y sensoriales, la desinfección se realiza mediante la adición de ozono y radiación ultravioleta.
- Los resultados de los cálculos de ingeniería obtenidos y comparados con los valores teóricos de área y altura de los filtros es el 0,25% de error, a diferencia de las cama de filtración de área y altura de los filtros es del 10% de error.

3.6. ANÁLISIS DE COSTOS

La inversión de la construcción de la planta purificadora y envasadora de agua se detalla a continuación:

TABLA 3.6-1

COSTOS

IMPLEMENTOS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2 Tanques Filtros 10x54	600	1200
2 Válvulas manual Filtro	200	400
2 Distribuidor de fondo	10	20
2 Distribuidor de superficie	10	20
1 Saco de arena	50	50
1 Saco de carbón activado	100	100
1 Equipo ozono y kit	800	800
1 Lámpara U.V.	500	500
1 Tanque de acero Inox	1000	1000
3 Tubos de acero Inox	100	300
Suelda de tubos y acoples	200	200
2 Manómetros	60	180
1 Compresor libre de aceite	200	200
Análisis Físico-Químico y microbiológico	120	120
TOTAL		5100

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El agua potable del sistema de distribución solo cumple la norma de calidad NTE INEN1108-2011, no la norma de calidad NTE INEN 2200-2008 que es para agua purificada envasada, apta para el consumo humano.
- Su flujo es turbulento y no laminar.
- La longitud filtro obtenido en el cálculo de ingeniería es de 1,368m, en el dimensionamiento de la planta es de 1,372m, su porcentaje de error es 0,25%.
- El área de la cama filtrante del filtro obtenida en el cálculo de ingeniería es de 0,60m², en el dimensionamiento de la planta es de 0,66m², su porcentaje de error es 9,1%.
- La altura de la cama filtrante del filtro obtenida en los cálculos de ingeniería es de 0,63m, en el dimensionamiento de la planta es de 0,70m. su porcentaje de error es 10%.
- En 16 horas de producción se envasa 9600 botellas de agua, se consume 4,8m³/d, la capacidad de la cisterna es de 6,8m³/d de agua para ser tratada.
- Los filtros de cartucho con fibra sintética de 0,01micra son de grande ayuda a frenar y retener todos los sedimentos y partículas de carbón, que no son observados a simple vista, es necesario la ayuda de un microscopio.
- La planta purificadora y envasadora de agua necesita de una bomba centrifuga de 1.5 Hp
- La carrera de filtración de un filtro limpio es de 36 horas de producción.
- El número de filtros para la planta es uno, se diseña con dos filtros mínimo, uno de arena y otro de carbón activado.
- El producto final o agua embotellada obtenido, sus resultados del análisis microbiológico, cumple con las normas de calidad INEN 2200-2008, considerándose apta para el consumo humano.
- La presión disminuye en los filtros por los lechos filtrantes.
- Una pre filtración se realiza en el filtro de acero inoxidable ayuda a reducir, sólidos en suspensión, partícula en suspensión, materia orgánica y organismos patógenos presentes en el agua.
- Al existir variación presión en los filtros polygrass se debe llenar de lechos filtrantes del 50 al 60% de volumen de capacidad.
- Para mejorar la calidad de agua del sistema de distribución depende de los lechos filtrantes a) tamaño efectivo, b) coeficiente de uniformidad, c) altura
- La calidad del agua a obtenerse depende del tipo se agua suministrada.
- La cantidad de ozono en forma de burbujas en 100L de agua es de 40mg
- La desinfección total de microorganismos presentes en el agua antes de ser envasada, se realiza primero adicionando ozono y ultimo pasar por una radiación ultravioleta.

4.2. RECOMENDACIONES

- a) Renovar los lechos filtrantes cada año o si el caso lo amerita.
- b) El lugar y durante el envasado del agua, se debe tener las debidas precauciones, cumplir con las normas de buena manufactura, mandil, guantes y otros.
- c) Tomar una o dos muestras de respaldo por cada producción durante el tiempo de 6 meses, a través de un kardex por cada análisis realizado.
- d) Las muestras deben ser analizadas una vez al año en un laboratorio acreditado por la OAE Organización Ecuatoriana de Acreditación, para tener un respaldo legal.
- e) Implementar un mini laboratorio a la mayor brevedad posible, para los análisis correspondientes del agua.
- f) Obtener el permiso de funcionamiento del local, en la Dirección del Ministerio de Pública “MSP”, y realizar los trámites pertinentes para la obtención del Registro Sanitario para cada una de las presentaciones.
- g) Actualizarse periódicas de las norma de calidad INEN 1108-2011 y 2200-2008.
- h) Realizar mantenimiento de la cisterna limpieza, fisura y otros.
- i) Elaborar un plan de mantenimiento de los equipos existentes en la planta purificadora y envasadora de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- BARONA R. Wilson O. *Tesis de grado* “Diseño de una planta para producción de agua apta para el consumo humano en la planta de producción de la familia Sancela S.A.
- BRITO, H. *Texto Básico de Operaciones Unitarias I*. Riobamba: Documento
- BRITO, H. *Texto Básico de Mecánica de Fluidos*. Riobamba: Documento
- CORDOBA CASTILLOS. Jorge. A. *Tesis de grado* “Rediseño de la planta de tratamiento de agua potable “Santa Rosa” en la parroquia de santa rosa de la ciudad de Ambato. 2009 (96T00110 UDCTFC)
- FOX. Robert W y McDONALD. Alan T. *Introducción a la mecánica de fluidos*. Impreso en México en 1995.
- OCON, J y TOJO, G. *Problemas de Ingeniería Química*. Madrid: Aguilar, 1980
- PERRY, R. *Manual del Ingeniero Químico*. 7ma ed. Madrid: McGraw Hill, 2001.
- VIAN Y OCON. *Elementos de Ingeniería Química*. Madrid: Aguilar, 1952
- YUNUS A. Cengel. BOLES Michael A. *Termodinámica*, segunda edición.

LINKOGRAFÍA:

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

- <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/agua.html>
- http://www.aguamarket.com/sql/temas_interes/025.asp
- http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua
- http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable
- <http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml#purific>
- <http://contaminacion-purificacion-agua.blogspot.com/>
- <http://www.ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/lampara-de-Luz-Ultravioleta/lampara-de-Luz-Ultravioleta.htm>
- http://www.ambientum.com/revista/2001_43/2001_43_AGUAS/MINERAL4.htm
- <http://www.nodulo.org/ec/2004/n025p14.htm>
- http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/bebidas/agua/04/Agua_mineral.htm
- http://es.wikipedia.org/wiki/Gasto_m%C3%A1sico;Flujo másico.
- <http://www.carbotecnia.info/tanqpolyglass.html>. Tanques para filtros de fibra de vidrio.
- http://www.gptsachila.gob.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=3
- <http://www.carbotecnia.info/valvulamultivalvula.html>. Multi-válvulas manual mod 42229.

ANEXOS

ANEXO 1

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS CORRESPONDIENTE AL MES DE OCTUBRE DEL 2009

PARÁMETROS	LIMITES PERMISIBLES	UNIDADES	DIAS										
			1	5	7	9	13	15	19	21	23	27	29
pH	6,5	-	7,18	7,12	7,18	7,21	7,20	7,11	7,32	7,12	7,16	7,22	7,17
Turbiedad	2 – 5	NTU	2,0	4,0	3,0	2,0	5,0	3,0	2,0	4,0	3,0	2,0	3,0
Color	5 – 15	Ppm	2,0	3,0	4,0	0,0	6,0	5,0	4,0	10,0	7,0	6,0	8,0
Cloro Residual	0,3 – 1,5	Ppm	1,2	0,4	0,2	1,0	0,4	0,8	0,4	0,8	1,0	1,0	0,8
Alcalinidad	-	ppmCaCO ₃	58,0	58,0	56,0	57,0	56,0	58,0	56,0	58,0	59,0	58,0	60,0
Dureza Total	0 – 300	ppmCaCO ₃	32,0	30,4	28,8	29,6	32,0	32,8	32,0	32,8	32,8	33,6	31,2
Conductividad	-	Us	155,3	151,9	154,9	156,2	158,2	148,3	151,5	150,7	153,6	156,2	154,5
STD	500 – 1000	Ppm	62,2	60,6	62,2	60,1	61,4	59,2	60,7	60,0	61,3	62,6	61,9
Cloruros	250	Ppm	12,8	9,9	9,9	9,9	12,8	11,3	12,8	11,3	12,8	12,8	11,3
Coli Total	< 2	NMP/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coli Fecal	< 2	NMP/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacterias Aeróbicas	15	UFC/100ml	5,0	3,0	10,0	8,0	13,0	9,0	15,0	11,0	12,0	8,0	13,0

ANEXO 2

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS CORRESPONDIENTE AL MES DE NOVIEMBRE DEL 2009

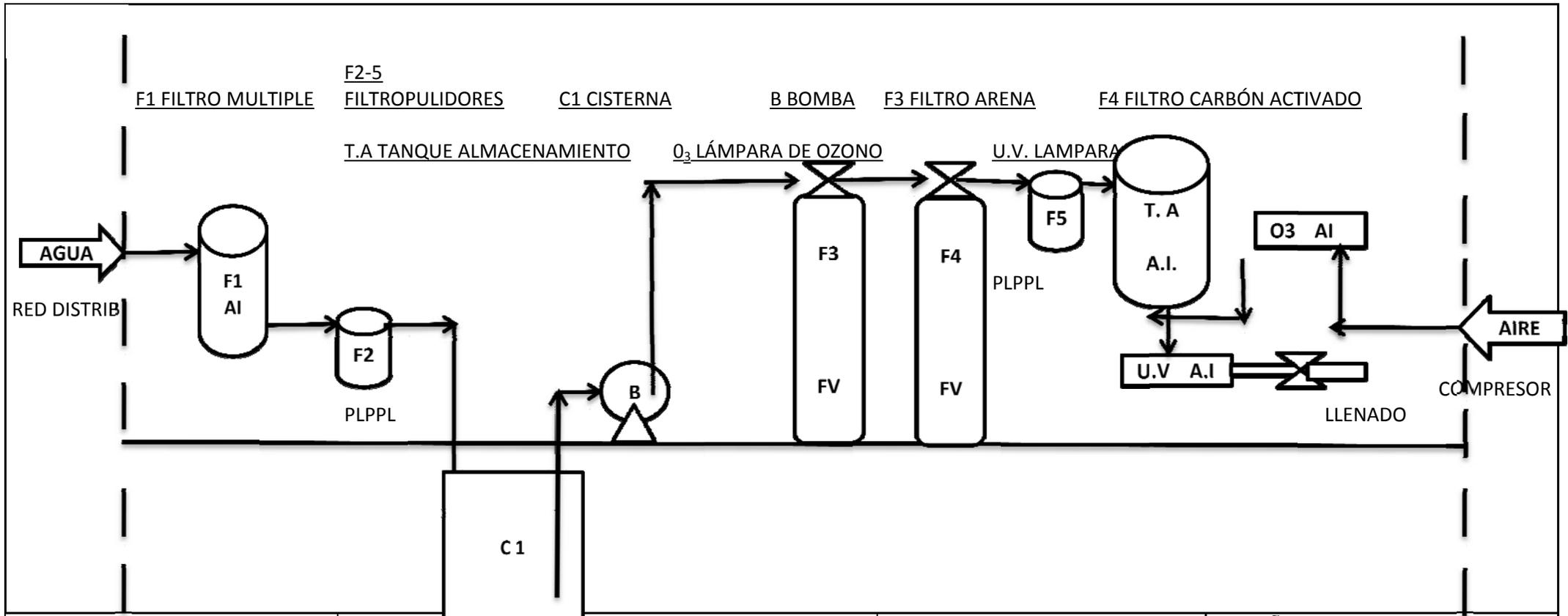
PARÁMETROS	LIMITES PERMISIBLES	UNIDADES	DIAS									
			3	5	9	11	13	17	19	23	25	27
Ph	6,5	-	7,18	7,12	7,18	7,21	7,20	7,11	7,38	7,17	7,21	7,17
Turbiedad	2 – 5	NTU	3,0	4,0	3,0	5,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
Color	5 – 15	ppm	8,0	10,0	7,0	12,0	6,0	7,0	6,0	9,0	10,0	8,0
Cloro Residual	0,3 – 1,5	ppm	1,2	0,4	0,2	1,0	0,4	0,8	0,8	1,0	0,4	0,8
Alcalinidad	-	ppmCaCO ₃	58,0	57,0	57,0	57,0	56,0	58,0	59,0	60,0	56,0	58,0
Dureza Total	0 – 300	ppmCaCO ₃	32,0	30,4	28,8	29,6	32,0	32,0	32,8	31,2	29,6	30,4
Conductividad	-	Us	155,3	151,9	154,9	156,2	158,2	148,3	154,1	154,5	155,2	156,8
STD	500 – 1000	Ppm	62,2	60,6	62,2	60,1	61,4	59,2	62,4	61,9	62,2	60,7
Cloruros	250	Ppm	12,8	9,9	9,9	12,8	11,3	12,8	9,9	11,3	9,9	11,3
Coli Total	< 2	NMP/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coli Fecal	< 2	NMP/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacterias Aeróbicas	15	UFC/100ml	11,0	10,0	14,0	8,0	13,0	6,0	11,0	15,0	12,0	10,0

ANEXO 3

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS CORRESPONDIENTE AL MES DE DICIEMBRE DEL 2009

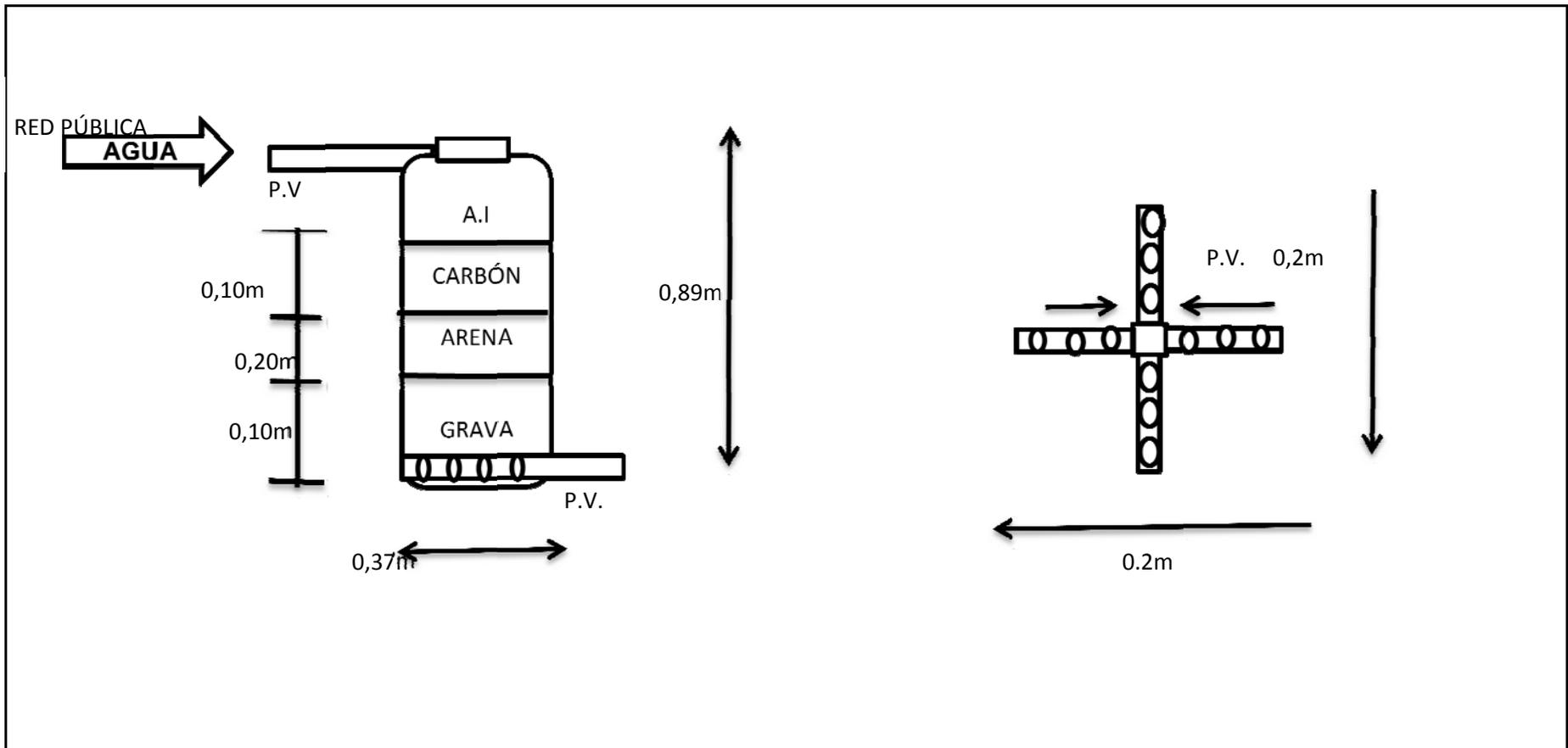
PARÁMETROS	LIMITES PERMISIBLES	UNIDADES	DIAS										
			1	3	7	9	11	15	17	21	23	29	31
pH	6,5-8,5	-	6,9	7,22	7,02	7,20	7,50	7,30	7,07	7,10	7,40	7,14	7,30
Turbiedad	2 – 5	NTU	2,0	3,0	4,0	3,0	5,0	2,0	4,0	4,0	2,0	3,0	5,0
Color	5 – 15	Ppm	5,0	7,0	10,0	12,0	12,0	8,0	10,0	5,0	5,0	8,0	15,0
Cloro Residual	0,3 – 1,5	Ppm	1,2	0,8	1,0	1,0	1,2	0,8	1,0	0,8	0,6	1,0	0,6
Alcalinidad	-	ppmCaCO ₃	58,0	58,0	56,0	57,0	60,0	57,0	57,0	58,0	56,0	60,0	58,0
Dureza Total	0 – 300	ppmCaCO ₃	32,0	30,4	28,8	29,6	31,2	29,6	28,8	30,4	31,22	32,0	32,0
Conductividad	-	Us	152,8	154,0	153,9	150,6	151,8	152,1	154,1	146,1	150,2	150,1	153,1
STD	500 – 1000	Ppm	61,2	61,2	61,4	60,1	60,5	60,8	61,5	58,8	60,0	60,0	61,3
Cloruros	250	Ppm	12,8	9,9	9,9	9,9	11,3	11,3	11,3	9,9	11,3	128,5	12,8
Coli Total	< 2	NMP/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coli Fecal	< 2	NMP/100ml	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bacterias Aeróbicas	15	UFC/100ml	8,0	12,0	5,0	14,0	7,0	10,0	9,0	4,0	10,0	4,0	14,0

ANEXO 4



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE LA PLANTA PURIFICADORA Y ENVASADORA DE AGUA		
A.I. ACERO INOXIDABLES	CERTIFICADO	APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS		
F.V. FIBRA DE VIDRIO	CONSTRUCCIÓN	POR APROBAR	ESCUELA DE INGENIERIA		
PLPPL POLIPROPILENO	PRELIMINAR	INFORMACIÓN	QUIMICA		
			MANUEL ERAZO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA

ANEXO 5

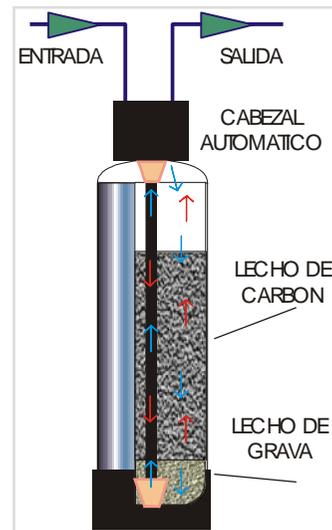


NOTA TUBERIA P.V. ACERO INOXIDABLE A.I.	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA CERTIFICAD APROBADO CONSTRUCCIÓN POR APROBAR PRELIMINAR INFORMACIÓN		ESPOCH FACULTAD CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA Q. MANUEL ERAZO	DIMENSIONAMIENTO FILTRO ACERO INOXIDABLE		
				LAMINA	ESCALA	FECHA

ANEXO 6



Válvulas Manuales



Filtro Polygrass



Canastillas Superior y Inferior

NOTA

TUBERIA P.V.
ACERO INOXIDABLE A.I.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

CERTIFICAD	APROBADO
CONSTRUCCIÓN	POR APROBAR
PRELIMINAR	INFORMACIÓN

ESPOCH

FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA INGENIERÍA Q.
MANUEL ERAZO

DIMENSIONAMIENTO

FILTRO POLYGRASS

LAMINA	ESCALA	FECHA

ANEXO 7



EPMAPA-SD

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
SANTO DOMINGO

Análisis solicitador por: Sr. Manuel E. Erazo Benítez

Fecha de muestreo: 13 de julio de 2011

Fecha de análisis: 13 de julio de 2011

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Lugar de muestreo	# de coliformes totales/100 ml de muestra		# de E. coli/100 ml de muestra	
	Resultado	Límite máximo permitido	Resultado	Límite máximo permitido
Agua de la cisterna. Cooperativa de Vivienda "Las Palmas". Calle Padre G. Maya y Bolivia. Familia. Erazo Benítez.	< 1	< 1	< 1	< 1
Muestra de agua "SAYÉN AGUA". Sin gas. Envase de 500 ml	< 1	< 1	< 1	< 1

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ITEM	MUESTRAS	HORA	pH	Turbiedad NTU	Color Pt-Co	Cloro Residual ppm	Alcal. ppm CaCO ₃	Dureza Ca ppm	Conduct µs	STD ppm	Cl ⁻ ppm
NORMA INEN 1108	LIMITE DESEABLE		6,5	2	5	0,3	-	0	-	500	-
	LIMITE MAXIMO		8,5	5	15	1,5	-	300	-	1000	250
1	Agua de la cisterna. Cooperativa de Vivienda "Las Palmas". Calle Padre G. Maya y Bolivia. Familia. Erazo Benítez.	10:40	7.22	1.72	3	0,0	45	24	102.8	65.8	9.3
2	Muestra de agua "SAYÉN AGUA". Sin gas. Envase de 500 ml	10:55	7.15	1.65	2	0,0	46	24	101.14	67.9	9.3

Dr. Héctor Garzón Jaramillo
CONTROL DE CALIDAD

Av. Tsáchila 698 y Yanuncay. Edificio Centro Comercial "El Gigante". Teléfonos: PBX 2753-357 / 2759-086 www.epmapasd.gob.ec

ANEXO 8

ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRAS DE AGUA

PROCEDENCIA: ING. ROBIN ERAZO
FECHA DE MUESTREO : 10-01-2011
FECHA DE ANALISIS: 10-01-2011

PUNTOS DE MUESTREO	ANALISIS MICROBIOLÓGICO					
	Aerobios Totales ufc/ml	Coliformes totales	Pseudomona aeruginosa.	Escherichia coli	Staphylococcus aureus	Endotoxinas bacterianas UE/ml
1	< 1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	< 0,25 UE/ml

Analizado por:

Martha Galarza
Dra. Martha Galarza
Analista de Control de Calidad

Fecha: 11-01-2011

Revisado por:

Jacqueline Portero
Dra. Jacqueline Portero
Coordinadora de Gestión de Calidad

Fecha: 17-01-2011



NEFROCONTROL S.A.

ANEXO 9

Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas

Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)
0	0,001792	34	0,000734	68	0,000416
1	0,001731	35	0,000720	69	0,000410
2	0,001674	36	0,000705	70	0,000404
3	0,001620	37	0,000692	71	0,000399
4	0,001569	38	0,000678	72	0,000394
5	0,001520	39	0,000666	73	0,000388
6	0,001473	40	0,000653	74	0,000383
7	0,001429	41	0,000641	75	0,000378
8	0,001386	42	0,000629	76	0,000373
9	0,001346	43	0,000618	77	0,000369
10	0,001308	44	0,000607	78	0,000364
11	0,001271	45	0,000596	79	0,000359
12	0,001236	46	0,000586	80	0,000355
13	0,001202	47	0,000576	81	0,000351
14	0,001170	48	0,000566	82	0,000346
15	0,001139	49	0,000556	83	0,000342
16	0,001109	50	0,000547	84	0,000338
17	0,001081	51	0,000538	85	0,000334
18	0,001054	52	0,000529	86	0,000330
19	0,001028	53	0,000521	87	0,000326
20	0,001003	54	0,000512	88	0,000322
21	0,000979	55	0,000504	89	0,000319
22	0,000955	56	0,000496	90	0,000315
23	0,000933	57	0,000489	91	0,000311
24	0,000911	58	0,000481	92	0,000308
25	0,000891	59	0,000474	93	0,000304
26	0,000871	60	0,000467	94	0,000301
27	0,000852	61	0,000460	95	0,000298
28	0,000833	62	0,000453	96	0,000295
29	0,000815	63	0,000447	97	0,000291
30	0,000798	64	0,000440	98	0,000288
31	0,000781	65	0,000434	99	0,000285
32	0,000765	66	0,000428	100	0,000282
33	0,000749	67	0,000422		

ANEXO 10

Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C

www.vaxasoftware.com

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

ANEXO 11

Propiedades del Agua en Función de su Temperatura

Temperatura T [°C]	Densidad ρ _{agua} [Kg/m ³]	Calor específico C _p [J/kg.K]	Viscosidad μ [Pa.s]	Tensión superficial. σ _{agua} [N/m]
0	999.8	421.76	1793x10 ⁻⁶	0.07564
5	1000.0			
10	999.7	419.21	1307x10 ⁻⁶	0.07423
15	999.1			
20	998.2	418.18	1002x10 ⁻⁶	0.07275
25	997.0			
30	995.6	417.84	797.7x10⁻⁶	0.07120
35	994.1			
40	992.2	417.85	653.2x10 ⁻⁶	0.06960
45	990.2			
50	988.1	418.06	547.0x10 ⁻⁶	0.06794
55	985.7			
60	983.2	418.43	466.5x10 ⁻⁶	0.06624
65	980.6			
70	977.8	418.95	404.0x10 ⁻⁶	0.06447
75	974.9			
80	971.8	419.63	354.4x10 ⁻⁶	0.06267
85				
90	965.3	420.5	314.5x10 ⁻⁶	0.06080
95				
100	958.4	421.59	281.8x10 ⁻⁶	0.05891

ANEXO 12

PESO ESPECIFICO DEL AGUA Y FACTORES DE CONVERSION K PARA DIFERENTES TEMPERATURAS

Temperatura (°C)	Peso específico del agua	Factor de Corrección K
10	0.999728	1.002661
11	0.999634	1.002567
12	0.999526	1.002458
13	0.999406	1.002338
14	0.999273	1.002204
15	0.999129	1.002060
16	0.998972	1.001903
17	0.998804	1.001734
18	0.998625	1.001555
19	0.998435	1.001364
20	0.998234	1.001162
21	0.998022	1.000950
22	0.997801	1.000728
23	0.997569	1.000495
24	0.997327	1.000253
25	0.997075	1.000000
26	0.996814	0.999738
27	0.996544	0.999467
28	0.996264	0.999187
29	0.995976	0.998898
30	0.995678	0.998599

ANEXO 13



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

Second Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
AL 01.06-401
CDU: 628.1.033
CIU: 4200
ICS: 13.060.20

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE. REQUISITOS	NTE INEN 1 108:2011 Cuarta revisión 2011-06
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Agua potable.</i> Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.</p> <p>3.1.2 <i>Agua cruda.</i> Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.</p> <p>3.1.3 <i>Límite máximo permitido.</i> Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).</p> <p>3.1.4 <i>UFC/ml.</i> Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.</p> <p>3.1.5 <i>NMP.</i> Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.</p> <p>3.1.6 <i>mg/l.</i> (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p>3.1.7 <i>Microorganismo patógeno.</i> Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.</p> <p>3.1.8 <i>Plaguicidas.</i> Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.</p> <p>3.1.9 <i>Desinfección.</i> Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.</p> <p>3.1.10 <i>Subproductos de desinfección.</i> Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.</p> <p>3.1.11 <i>Cloro residual.</i> Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.</p> <p>3.1.12 <i>Sistema de abastecimiento de agua potable.</i> El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.</p>		

3.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.
 * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
 ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a]pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

(Continúa)

Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002

Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3

Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:		
• Bromodichlorometano	mg/l	0,06
• Cloroformo	mg/l	0,3
Acido tricloroacético	mg/l	0,2

Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
⁽¹⁾ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

(Continúa)

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

(Continúa)

ANEXO 14



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 200:2008
Primera revisión

AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS.

Primera Edición

PACKED PURIFICATE WATER. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas, bebidas no alcohólicas, aguas.
AL 04.04-405
CDU: 614.777.620.113
CIU:4200
ICS: 67.160.20

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS.	NTE INEN 2 200:2008 Primera revisión 2008-08
--	--	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua purificada envasada para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica también a las aguas purificadas mineralizadas envasadas, se excluyen las aguas minerales naturales, las aguas de fuente y las aguas purificadas de uso farmacéutico.

3. DEFINICIONES

3.1 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.

3.2 Agua purificada mineralizada envasada. Se entiende al producto elaborado con agua purificada adicionada de minerales de uso permitido, carbonatada o no y es envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable, fabricados de material grado alimentario.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los cierres de los envases utilizados para el agua purificada deben ser herméticos y garantizar que el envase no ha sido abierto después de llenado y antes de la venta al consumidor.

4.2 Las instalaciones destinadas a la producción y envasado, deben ser apropiadas para excluir toda posibilidad de contaminación; con este objeto y en particular:

- a) las tuberías y los depósitos deben estar contruidos con materiales inertes y de modo tal que impidan el ingreso de sustancias extrañas en el agua;
- b) las instalaciones destinadas al lavado de los envases retornables y las destinadas a producción deben satisfacer los requisitos de Buenas Prácticas de Manufactura y las disposiciones sanitarias vigentes.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Requisitos de materia prima. Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua previa al proceso de purificación debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 1 108.

5.1.2 Requisitos de producto. El agua purificada envasada o el agua mineralizada purificada envasada deben cumplir con los requisitos físicos establecidos en la tabla 1.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas, bebidas no alcohólicas, aguas.

TABLA 1. Requisitos físicos del agua purificada envasada o agua purificada mineralizada envasada

REQUISITOS	Mínimo	Máximo
Color expresado en unidades de color verdadero (UTC)	--	5
Turbiedad expresada en unidades nefelométricas de turbiedad NTU	--	3
Sólidos totales disueltos expresados en mg/l:		
- Agua purificada envasada	--	500
- Agua purificada mineralizada envasada	250	1000
pH a 20°C:		
- no carbonatada,	6,5	8,5
- carbonatada,	4,0	8,5
- proceso de ósmosis y destilación	5,0	7,0
Cloro libre residual, mg/l	0,0	0,0
Dureza, CaCO ₃ , mg/l	-	300
Olor y sabor	inobjetable	

5.1.3 El agua purificada envasada o el agua purificada mineralizada envasada debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para muestra unitaria o de anaquel

	Límite máximo
Aerobios mesófilos, UFC/ml	$1,0 \times 10^2$
Coliformes NMP/100 ml	< 1,8
Coliformes UFC/100ml	< $1,0 \times 10^0$
NOTA: Los valores < 1,8 y < $1,0 \times 10^0$ significan ausencia, o no detectables	

5.1.4 La cantidad máxima de sustancias inorgánicas, orgánicas, elementos radiactivos y de residuos de plaguicidas debe cumplir con lo indicado en la NTE INEN 1 108.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo en planta para la determinación de los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 1 077.

6.1.2 Las muestras en anaquel se tomarán de un mismo lote y en la cantidad que la técnica de análisis lo requiera.

6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 Se aceptará la muestra o los lotes que cumplan con todos los requisitos indicados en esta norma, caso contrario se rechazará.

(Continúa)

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.

8. ENVASADO

8.1 Los envases utilizados deben presentar cierre seguro e inviolable, de modo que no se evidencien pérdidas de su contenido como consecuencia de los procesos propios del transporte y almacenamiento de los mismos.

8.2 Los envases retornables o no retornables y las tapas deben ser de materiales de calidad grado alimenticio, certificados por el fabricante o proveedor.

8.3 Los envases retornables antes de ser nuevamente utilizados deben ser completamente sanitizados.

8.4 El agua purificada envasada se puede comercializar en envases de hasta 20 litros.

9. ROTULADO

9.1 El rotulado del producto debe cumplir con lo establecido en la NTE INEN 1 334-1 y además debe indicar lo siguiente:

- a) En los envases de presentaciones superiores a 10 litros se debe poner la leyenda: "Después de abierto el envase, consúmase dentro de los diez días siguientes".
- b) Si el envase es retornable o no.
- c) El tipo de tratamiento al que ha sido sometida el agua para su purificación.

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 077:1984 *Bebidas gaseosas. Muestreo*
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006 *Agua potable. Requisitos (2da. Revisión)*
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 334-1:2000 *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano – Parte 1 – Requisitos (1ra. Revisión)*

Métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation).

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108 (2R). *Agua potable. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. Quito, 2006.

Code of Federal regulations, *CFR Food and Drug Administration* FDA PART 165—BEVERAGES Subpart B—Requirements for Specific Standardized Beverages 165.110 Bottled water.

Código Alimentario Argentino, CAPITULO XII *Bebidas Hídricas, agua y agua gasificada, agua gasificada* Artículo 983 - (Res N° 494 del 7.07.94).

Internacional Bottled Water Association. *IWWA. Bottled Water Code of Practice*. Revised March, 2005 International Bottled Water Association 1700 Diagonal Road, Suite 650 Alexandria, VA 22314 (703) 683-5213 <http://www.bottledwater.org>

Secretaría de la Salud Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, *Productos y servicios. Agua y Hielo para consumo humano, envasados y a granel*. Especificaciones sanitarias.

FDA Quality Standars, *NSF Certification Services Bottled water program*.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TITULO: AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS. **Código:**
NTE INEN 2 200 **AL 04.04.405**
Primera revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-10-08 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo No. 980131 de 1998-11-11 publicado en el Registro Oficial No. 70 de 1998-11-19 Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Agua Purificada**

Fecha de iniciación: 2006-12-07

Fecha de aprobación: 2007-07-12

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Sergio Vinueza (Presidente del SCT)
Ing. Marcelo Maldonado
Ing. Santiago Gómez
Ing. Arturo Ordóñez

INDUSTRIAL EMBOTELLADORA QUITO S.A.
AGUA PURIFICADA GLUS
AGUA PURIFICADA GLUS
AGUA MANANTIAL, CERVECERÍA ANDINA,
GUAYAQUIL

Ing. Benito Mendoza
Dra. Alexandra Levoyer
Dra. Elizabeth Uribe
Ing. Roberto Núñez
Ing. Marco Solano
Sr. Eduardo Toral
Ing. Richar Casamen
Dra. Virginia Trujillo
Ing. Juan José Vaca

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
INDUQUITO S.A.
THE TESALIA SPRINGS C.O.
PURE WATER GAMAPRODU
CERVECERÍA ANDINA S.A.
SUPERAGUA
HIDRO 2S
DANDELION ORANGINE S.A.
REFRESHMENT PRODUCT SERVICES
ECUADOR

Dra. Raquel Rodríguez
Dra. Ma. Esperanza Berrezueta
Ing. Clara Benavides
Ing. Fabricio Intriago
Ing. Marcelo Gallegos
Dra. Lucía Navas
Dra. Meyra Manzo

TRANSPUREZA S.C.C.
UNIAGUA – UNIVERSIDAD CENTRAL
SUMESA S.A.
AGRICOLA GANADERA REYSAHIWAL
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, QUITO
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE,
GUAYAQUIL

Dra. Loyde Triana

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE,
GUAYAQUIL

Dra. Margarita Ordóñez

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE,
GUAYAQUIL

Ing. María E. Dávalos (Secretaria Técnica)

INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-07-23

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 403 de 2008-08-14

Por Resolución No. 086-2008 de 2008-07-24

ANEXO 15

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No:	0195
ST:	10 – 0100 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	Sr. Manuel Erazo
Atn.	-
Dirección:	Santo Domingo de los Sachilas, Santo Domingo
FECHA:	17 de Febrero del 2010
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2010 / 02/ 10 – 14:20
FECHA DE MUESTREO:	2010 / 02/ 10 – 06:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2010 / 02/ 10 - 2010 / 02 / 17
TIPO DE MUESTRA:	Agua Potable
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 339-10
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Cisterna
ANÁLISIS SOLICITADO:	Análisis físico- químico y microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Manuel Erazo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:26.0 °C. T min.: 21.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Arsénico	PEE/LAB-CESTTA/58 APHA 3030 B, 3112B	mg/L	<0,006	0,01	-
*Hierro	PEE/LAB-CESTTA/35 APHA 3030 B, 3111B	mg/L	<0,01	0,3	-
pH	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500H ⁺	----	7,01	6,5 – 8,5	± 0,15
*Turbiedad	PEE/LAB-CESTTA/43 APHA 2130 B	UTN	0,56	5	-
*Color	PEE/LAB-CESTTA/61 APHA 2120 C	Unidades de color	1	15	-
*Dureza Total	PEE/LAB-CESTTA/40 APHA 2340 C	mg/L	43	300	-
*Alcalinidad	PEE/LAB-CESTTA/41 APHA 2320 B	mg/L	37	-	-
Cloruros	PEE/LAB-CESTTA/15 APHA 4500 Cl ⁻ B	mg/L	<10	250	± 4%
*Nitratos	PEE/LAB-CESTTA/16 APHA 4500- NO ₃ ⁻ E	mg/l	0,9	10	-
*Nitritos	PEE/LAB-CESTTA/17 APHA 4500- NO ₂ ⁻ B	mg/l	0,01	0,0	-
Cloro Residual	PEE/LAB-CESTTA/12 APHA 4500- Cl-G	mg/L	<0,08	0,3 – 1,5	±15%
*Aluminio	PEE/LAB-CESTTA/97 APHA 3030 B, 3111 B	µg/L	<4	-	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS
AMBIENTAL E INSPECCIÓN
LAB-CESTTA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS
Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS

Panamericana Sur Km. 1½

Teléfono: (03) 2 998232

RIOBAMBA - ECUADOR



ENSAYOS

No. OAE LE 2C 06-008

OBSERVACIONES:

- Límites máximos permisibles Norma INEN de Agua Potable.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO