



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Facultad de Ciencias
Escuela de Ingeniería Química

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR”.

Tesis de Grado
Previa la obtención del título de:
INGENIERA QUÍMICA

JENNIFFER MARGARITA GIRÓN MORILLO

Riobamba – Ecuador

2014

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por la guía espiritual en mi vida, es quien guía mis pasos y hace de mí una mejor persona.

Y a mí hermosa familia por ser el pilar fundamental y parte esencial en mi vida y el desarrollo de una etapa más que culmina.

AGRADECIMIENTO

A mi Padre Celestial por su inmenso amor y bendiciones, por tener vida, fortaleza y la oportunidad de culminar mis estudios con éxito y satisfacción.

A mis amados padres Edgar y Mirella por el esfuerzo, dedicación y sacrificio, por su amor y amistad incondicional.

A mis hermanos y mi sobrinita Danna por su apoyo y alegría que hacen que el pasar de cada día sea mejor y maravilloso.

A la E.P-EMAPAG por el aval para la realización de la investigación, al ingeniero Raúl Allán responsable de la planta de agua potable CHAQUISHCA por su colaboración.

Al Ing. José Usiña, Director de Tesis y la Ing. Mónica Andrade colaborador de tesis que con sus conocimientos influyeron en la realización de esta investigación.

A mis amigos y a quienes brindaron su contribución y ayuda que de alguna forma fueron parte fundamental para alcanzar los objetivos planteados.

*La forma de lograr nuestras metas está en el hacer
y no en el pensar.*

Thomas S. Monson

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

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA GUANUJO DEL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA BOLÍVAR” de responsabilidad de la señorita Jenniffer Margarita Girón Morillo ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FECHA	FIRMA
Dr. Cesar Ávalos DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE ESCUELA
Ing. José Usiña DIRECTOR DE TESIS
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE TESIS	

“Yo, Jenniffer Margarita Girón Morillo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Jennifer Margarita Girón Morillo

INDICE DE ABREVIATURAS

Nt	Población futura, resultado de la proyección
No	Población al inicio del período
R	Tasa media anual de crecimiento
T	Número de años que se va a proyectar la población
DB	Dotación básica (L/hab*día)
Vac	Volumen de agua consumida (L/día)
Tus	Total de usuarios servidos (habitantes)
DF	Dotación futura de agua (L/hab*día)
FM	Factor de Mayorización
Cmd	Caudal medio diario
Q	Dotación per cápita máxima
N	Población futura
CMD	Caudal máximo diario
K ₁	Coefficiente de variación diaria
CMH	Caudal máximo horario
K ₂	Coefficiente de variación horaria
Q _{captación}	Caudal de captación
Q _{tratamiento}	Caudal de la Planta de Tratamiento
Vr	Volumen de regulación
Vi	Volumen para protección contra incendios
P	Población en miles
Ve	Volumen de emergencia
Vt	Volumen total
At	Área total del aireador
TA	Carga Hidráulica
Q	Caudal de diseño
A _i	Área de aireación
Nt	Número de unidades de aireación
Ntorres:	Número de torres
Sb	Separación entre bandejas
Ab	Ancho de bandejas
Qt	Caudal que ingresa a la torre
T	Tiempo de exposición
H	Altura de la torre
N	Número de bandejas
G	Gravedad
Hv	Altura del vertedero
Ho	Altura de flujo de agua
Ha	Altura de cresta
W	Ancho de la garganta

Hb	Altura de garganta
S	Sumergencia máxima
P ₁	Cantidad inicial de PAC
C ₁	Concentración inicial de PAC
P ₂	Cantidad requerida de PAC
C ₂	Concentración de PAC requerido
V ₁	Volumen de dilución inicial
V ₂	Volumen requerido de agua
C _{Sln}	Concentración de la Solución
Q _D	Caudal de dosificación
Lc	Longitud de canales
A	Área de los canales del floculador
V	Velocidad del fluido
A	Ancho de canales del floculador
Hu	Altura de agua en la unidad
D	Ancho de vueltas del floculador
B	Ancho del floculador
B	Ancho útil de la lámina
Nc	Número de canales
L	Longitud del floculador
Pf	Profundidad del floculador
E	Espesor de las láminas
h ₁	Perdida de carga continua en los canales
N	Coefficiente de Manning
R	Radio medio hidráulico
h ₂	Perdida de carga continua en las vueltas
K	Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas
Hf	Perdida de carga total en el último tramo
G	Gradiente de velocidad
As	Área de sedimentación
CS	Carga superficial de sedimentación
Vos	Velocidad promedio de sedimentación
Θ	Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa
V _{sc}	Velocidad de sedimentación crítica
Sc	Parámetro característico
Lcr	Longitud relativa del sedimentador de alta tasa
Trp	Tiempo de retención en las placas
L	Longitud recorrida a través del elemento
Ts	Tiempo de retención en el tanque de sedimentación
Hs	Altura total del sedimentador
Ls	Longitud del sedimentador
Bs	Ancho del sedimentador
Np	Número de placas por módulo
Ds	Separación entre placas

Ts	Tiempo de retención en el tanque sedimentador
Vd	Volumen del sedimentador
Hp	Altura de placas
Hsp	Altura del agua sobre las placas
Hdp	Altura por debajo de las placas
Sf	Superficie filtrante
Tf	Tasa de filtración
Af	Área de filtración
N	Numero de filtros deseados
bf	Ancho de la unidad de filtración
D	Diámetro de la tubería
V	Velocidad en la tubería
Ltf	Longitud total del filtro
Ao	Área de cada orificio
Qo	Caudal que ingresa a cada orificio
M	Dosificación de HTH

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	I
SUMARY	II
INTRODUCCION	III
ANTECEDENTES.....	IV
JUSTIFICACION.....	VI
OBJETIVOS	VII
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Agua.....	1
1.1.1. <i>Importancia del Recurso Agua</i>	1
1.2. Agua Potable.....	2
1.2.1. <i>Calidad y Cantidad</i>	3
1.2.2. <i>Fuentes de Agua Aprovechables</i>	3
1.3. Aguas Subterráneas.....	4
1.3.1. <i>Tipos de aguas Subterráneas</i>	5
1.3.2. <i>Propiedades de las Agua Subterráneas</i>	6
1.3.3. <i>Caracterización del Agua</i>	7
1.4. Proceso de Potabilización de Aguas Subterráneas.....	12
1.4.1. <i>Aireación</i>	12
1.4.2. <i>Mezcla Rápida</i>	16
1.4.3. <i>Coagulación</i>	24
1.4.4. <i>Floculación</i>	27
1.4.5. <i>Sedimentación</i>	32
1.4.6. <i>Filtración</i>	37
1.4.7. <i>Desinfección del Agua (Cloración)</i>	42
1.5. Diseño.....	45
1.5.1. <i>Generalidades</i>	46
1.5.2. <i>Parámetros de Diseño</i>	46
1.5.3. <i>Población de Proyecto</i>	46
1.5.4. <i>Periodo de Diseño</i>	47
1.5.5. <i>Áreas de Cobertura</i>	48

1.5.6.	<i>Caudales para el Diseño</i>	48
1.5.7.	<i>Caudales para el Diseño</i>	51
1.5.8.	<i>Volúmenes de Reserva</i>	51
CAPITULO II		53
2.	PARTE EXPERIMENTAL	53
2.1.	Muestreo	53
2.1.1.	<i>Localización de la investigación</i>	53
2.1.2.	<i>Método de recopilación de la Información</i>	53
2.1.3.	<i>Recolección de Muestras</i>	53
2.2.	Metodología	54
2.2.1.	<i>Metodología de Trabajo</i>	54
2.2.2.	<i>Tratamiento de Muestras</i>	54
2.2.3.	<i>Equipos Materiales y Reactivos</i>	56
2.2.4.	<i>Métodos y Técnicas</i>	56
2.3.	Datos Experimentales	57
2.3.1.	<i>Descripción de la Situación actual existente en el Sector</i>	57
2.3.2.	<i>Datos</i>	57
CAPITULO III		62
3.	CÁLCULOS DE DISEÑO	62
3.1.	Cálculo Población Futura	62
3.1.1.	<i>Cálculo de la Dotación Básica</i>	62
3.1.2.	<i>Dotación Futura</i>	63
3.1.3.	<i>Calculo del Consumo Medio Diario (cmd)</i>	63
3.1.4.	<i>Cálculo del Consumo Máximo Diario (CMD)</i>	64
3.1.5.	<i>Cálculo del Consumo Máximo Horario (CMH)</i>	64
3.2.	Cálculo de los Caudales de Diseño	64
3.2.1.	<i>Cálculo caudal de captación</i>	64
3.2.2.	<i>Cálculo caudal de la planta de tratamiento</i>	65
3.3.	Cálculo de los Caudales de Reserva	65
3.3.1.	<i>Cálculo del Volumen de Regulación</i>	65
3.3.2.	<i>Cálculo del Volumen contra Incendios</i>	65
3.3.3.	<i>Cálculo del Volumen de Emergencia</i>	66
3.3.4.	<i>Cálculo del Volumen Total</i>	66
3.4.	Consideraciones del Diseño	66

3.4.1.	<i>Cálculos de Ingeniería</i>	67
3.5.	Resultados	99
3.5.1.	<i>Proyección Futura</i>	99
3.5.2.	<i>Resultados Procesos de Potabilización</i>	99
3.5.3.	<i>Resultados de la Prueba de Jarras</i>	102
3.5.4.	<i>Resultados de la Caracterización Física-Química y Microbiológica antes y después del tratamiento de Potabilización</i>	107
3.6.	Propuesta	110
3.7.	Presupuesto General	111
3.7.1.	<i>Presupuesto de Implementación de la Planta de Agua Potable</i>	111
3.7.2.	<i>Presupuesto Medio Ambiental de la Planta de Agua Potable</i>	111
3.7.3.	<i>Presupuesto de Obras Preliminares de la Planta de Agua Potable</i>	112
3.7.4.	<i>Presupuesto del Aireador de Bandejas</i>	112
3.7.5.	<i>Presupuesto de Floculador de flujo Horizontal</i>	113
3.7.6.	<i>Presupuesto de Sedimentador Laminar de Alta Tasa</i>	113
3.7.7.	<i>Presupuesto de Filtro Lento de Arena (FLA)</i>	114
3.7.8.	<i>Costo de Químicos al Día</i>	114
3.7.9.	<i>Costos indirectos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable</i>	115
	CAPITULO IV	116
4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	116
4.1.	Caracterización Físico-Química y Microbiológica Primaria	116
4.1.1.	<i>Test de Jarras</i>	118
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	132
	BIBLIOGRAFIA	133
	ANEXOS	136

INDICE DE ECUACIONES

CAPITULO III

Ecuación 1.	62
Ecuación 2.	62
Ecuación 3.	63
Ecuación 4.	63
Ecuación 5.	64
Ecuación 6.	64
Ecuación 7.	64
Ecuación 8.	65
Ecuación 9.	65
Ecuación 10.	65
Ecuación 11.	66
Ecuación 12.	66
Ecuación 13.	67
Ecuación 14.	67
Ecuación 15.	68
Ecuación 16.	68
Ecuación 17.	69
Ecuación 18.	69
Ecuación 19.	69
Ecuación 20.	70
Ecuación 21.	70
Ecuación 22.	71
Ecuación 23.	71
Ecuación 24.	71
Ecuación 25.	72
Ecuación 26.	72
Ecuación 27.	72
Ecuación 28.	73
Ecuación 29.	73
Ecuación 30.	74
Ecuación 31.	74
Ecuación 32.	74
Ecuación 33.	75
Ecuación 34.	75
Ecuación 35.	75
Ecuación 36.	76
Ecuación 37.	76
Ecuación 38.	77
Ecuación 39.	77
Ecuación 40.	77
Ecuación 41.	78
Ecuación 42.	78
Ecuación 43.	79

Ecuación 44.	79
Ecuación 45.	79
Ecuación 46.	80
Ecuación 47.	80
Ecuación 48.	81
Ecuación 49.	81
Ecuación 50.	81
Ecuación 51.	82
Ecuación 52.	82
Ecuación 53.	83
Ecuación 54.	83
Ecuación 55.	83
Ecuación 56.	84
Ecuación 57.	84
Ecuación 58.	84
Ecuación 59.	85
Ecuación 60.	85
Ecuación 61.	86
Ecuación 62.	86
Ecuación 63.	87
Ecuación 64.	87
Ecuación 65.	87
Ecuación 66.	88
Ecuación 67.	88
Ecuación 68.	88
Ecuación 69.	89
Ecuación 70.	89
Ecuación 71.	90
Ecuación 72.	90
Ecuación 73.	91
Ecuación 74.	91
Ecuación 75.	91
Ecuación 76.	92
Ecuación 77.	92
Ecuación 78.	93
Ecuación 79.	93
Ecuación 80.	93
Ecuación 81.	94
Ecuación 82.	94
Ecuación 83.	95
Ecuación 84.	95
Ecuación 85.	95
Ecuación 86.	96
Ecuación 87.	96
Ecuación 88.	96
Ecuación 89.	97
Ecuación 90.	97
Ecuación 91.	98
Ecuación 92.	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: AIREADOR DE CASCADA	13
Figura 2: AIREADOR DE BANDEJAS	14
Figura 3: VERTEDERO TRIANGULAR DE THOMSON DE 90°	17
Figura 4: MEDIDOR DE CAUDAL PARSHALL	21
Figura 5: FLOCULADOR DE PANTALLA DE FLUJO HORIZONTAL	28
Figura 6: FLOCULADOR DE FLUJO VERTICAL	28
Figura 7: SEDIMENTADOR	33

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2. PROMEDIO SEMANAL DE HIERRO	116
Gráfico 3. PROMEDIO SEMANAL DEL COLOR	117
Gráfico 4. COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ML)	117
Gráfico 5. COLIFORMES FECALES NMP/100 ML	118
Gráfico 6. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 15.320 NTU	119
Gráfico 7. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 28.000 NTU	120
Gráfico 8. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 38.270 NTU	121
Gráfico 9. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 39.330 NTU	122
Gráfico 10. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 45.000 NTU	123
Gráfico 11. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 84.250 NTU	124
Gráfico 12. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 95.680 NTU	125
Gráfico 13. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 130.840 NTU	126
Gráfico 14. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 140.650 NTU	127
Gráfico 15. TEST DE JARRAS – REMOCIÓN DE TURBIEDAD (NTU)	128
Gráfico 16. TEST DE JARRAS – REMOCIÓN DE HIERRO (mg/l)	128
Gráfico 17. TEST DE JARRAS – REMOCIÓN DE COLOR APARENTE (UTC)	129
Gráfico 18. REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)	129
Gráfico 19. REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS.....	8
Tabla 2.	PARÁMETROS FÍSICOS.....	9
Tabla 3.	PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	9
Tabla 4.	PARÁMETROS QUÍMICOS.....	10
Tabla 5.	GRADO DE SUMERGENCIA(S) DE LA GARGANTA.....	22
Tabla 6.	VALORES DE K Y M SEGÚN EL TAMAÑO DE LA GARGANTA W.....	22
Tabla 7.	TIPOS DE COAGULANTES EMPLEADOS.....	25
Tabla 8.	PARÁMETROS RECOMENDADOS DE DOTACIÓN DE AGUA.....	49
Tabla 9.	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	54
Tabla 10.	PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POTABLE....	55
Tabla 11.	EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS.....	56
Tabla 12.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA AL TANQUE RECOLECTOR SECTOR 4 ESQUINAS.	58
Tabla 13.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA AL TANQUE RECOLECTOR SECTOR 4 ESQUINAS.	59
Tabla 14.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA AL TANQUE RECOLECTOR SECTOR 4 ESQUINAS.	60
Tabla 15.	PARÁMETROS DE DISEÑO DE FLA.....	90
Tabla 16.	RESULTADOS PROYECCIÓN FUTURA (2029).....	99
Tabla 17.	RESULTADOS DE TORRES DE AIREACIÓN.....	99
Tabla 18.	RESULTADOS MEZCLADO RÁPIDO.....	99
Tabla 19.	RESULTADOS DE AGENTE COAGULANTE.....	99
Tabla 20.	RESULTADOS DEL FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL.....	100
Tabla 21.	RESULTADOS SEDIMENTADOR LAMINAR DE ALTA TASA.....	100
Tabla 22.	RESULTADOS DE FILTRO LENTO DE ARENA (FLA).....	100
Tabla 23.	RESULTADOS DE LA DOSIFICACIÓN DE HTH.....	101
Tabla 25.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 15.320 NTU.....	102
Tabla 26.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 28.000 NTU.....	102
Tabla 27.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 38.270 NTU.....	103
Tabla 28.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 39.330 NTU.....	103
Tabla 29.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 45.000 NTU.....	104
Tabla 30.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 58.360 NTU.....	104
Tabla 31.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 84.250 NTU.....	105
Tabla 32.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 95.680 NTU.....	105
Tabla 33.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 130.84 NTU.....	106
Tabla 34.	PRUEBAS DE JARRAS A LA TURBIEDAD 140.65 NTU.....	106
Tabla 35.	CARACTERIZACIÓN SECUNDARIA SEMANA 1.....	107
Tabla 36.	CARACTERIZACIÓN SECUNDARIA SEMANA 2.....	108
Tabla 37.	CARACTERIZACIÓN SECUNDARIA SEMANA 3.....	109
Tabla 38.	RESUMEN DE PRESUPUESTO DE PLANTA DE AGUA POTABLE	111
Tabla 39.	PRESUPUESTO AMBIENTAL.....	111
Tabla 40.	PRESUPUESTO OBRAS PRELIMINARES.....	112

Tabla 41. PRESUPUESTO AIREADOR DE BANDEJAS.....	112
Tabla 42. PRESUPUESTO FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL	113
Tabla 43. PRESUPUESTO SEDIMENTADOR LAMINAR	113
Tabla 44. PRESUPUESTO FILTRO LENTO DE ARENA	114
Tabla 45. PRESUPUESTO DE QUÍMICOS AL DÍA.....	114
Tabla 46. COSTOS INDIRECTOS.....	115

ANEXOS

ANEXO 1.....	136
ANEXO 2.....	138
ANEXO 3.....	139
ANEXO 4.....	177
ANEXO 5.....	179
ANEXO 6.....	182
ANEXO 7.....	183
ANEXO 8.....	184
ANEXO 9.....	185
ANEXO 10.....	186
ANEXO 11.....	187
ANEXO 12.....	188
ANEXO 13.....	189
ANEXO 14.....	190
ANEXO 15.....	191
ANEXO 16.....	192
ANEXO 17.....	193

RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamiento de agua potable en la parroquia urbana San Pedro de Guanujo de la Ciudad de Guaranda provincia de Bolívar, para obtener agua de calidad y brindar a la población un abastecimiento de agua óptima y seguro en un 100% de cobertura. En la caracterización físico-química y microbiológica del agua se utilizó los Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales y el Manual de Métodos HACH, realizando los análisis en el laboratorio CHAQUISHCA de la E.P-EMAPAG. La toma de las muestras se efectuó del tanque de recepción y de un grifo domiciliario por 5 días durante 3 semanas, obteniendo concentraciones elevadas de hierro hasta 0.630 mg/L, turbiedad hasta 140.650 NTU y color hasta 28 UTC; y se realizó pruebas necesarias para la dosificación adecuada de coagulante Policloruro de Aluminio (PAC), auxiliar iónico CHEMFLOC, e Hipoclorito de Calcio HTH al emplear equipos y materiales portátiles que simulan el funcionamiento de la planta.

Los resultados logrados de esta investigación para una proyección de vida útil de 15 años reflejan un caudal futuro de tratamiento de 49.113 L/s; una disminución de turbiedad al 99.600 %, hierro al 90.500 % y color al 96.400 %; procesos y operaciones unitarias de Aireación que cuenta con 3 torres y 5 bandejas cada torre, Dosificación de Coagulante PAC y CHEMFLOC, Floculadores de flujo horizontal de 22 m de longitud, 6 m de ancho y 1m de profundidad, Sedimentadores Laminares de 14 m de longitud, 6m de ancho y 2.500m de profundidad, Filtros lentos de arena y grava de 7 m de longitud, 2 m de ancho y 4m de profundidad; y Desinfección empleando HTH.

Se recomienda la implementación de la planta de tratamiento de agua potable en el sector de “Cuatro Esquinas” parroquia San Pedro de Guanujo para obtener agua segura en óptimas condiciones y mejorar la calidad de vida de la población.

SUMMARY

It was designed a potable water treatment plant in the urban parish of San Pedro of Guanujo in Guaranda, Bolivar province, for obtaining quality water and supply the population optimal and safe drinking water in a 100% of covering.

In the physico-chemical and microbiological water characterization were used Standardized Methods for the analysis of Drinking and Waster, and the Methods Manual HACH, performing the analysis in the laboratory CHAQUISHCA EMAPAG EP-(The Municipal Drinking Water and Sewerage Company of Guaranda). The samples were carried out of the Receiving Vessel and a tap house for 5 days during 3 weeks, obtaining high concentrations of iron to 0.630 mg/L, turbidity up to 140.650 NTU, and color with 28 UTC, and necessary tests were performed for the proper coagulant dosing of the Aluminium Polychloride (PAC), CHEMFLOC auxiliary ion, and HTH Calcium Hypochloride using proper machines and portable materials that simulate the operation of the plant.

The results determined a projected lifespan of 15 years of the proposed potable water treatment plant, with a treatment flow of 49.113 L/s; a turbidity decreased to 99.600%, 90.500% iron and color 96.400%; processes and unit operations of Aeration that has 3 towers with 5 trays each tower, Coagulation Dosage PAC and CHEMFLOC, Leaching horizontal flow 22 m long and 6 m wide, high sedimentation rate 14 m long and 6 m wide, slow sand filter and gravel 7 m long and 2 m wide; Desinfection providing HTH.

It is recommended the implementation of the potable water treatment plant in the "Cuatro Esquinas Area" in the parish of San Pedro of Guanujo for obtaining safe water in top condition and improve the quality of life of the population.

INTRODUCCION

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud, por lo que se deben tomar medidas correctivas para disminuir la concentración de elementos contaminantes en el agua de uso cotidiano y mejorar la calidad y vida de la población.

Actualmente la parroquia urbana San Pedro de Guanujo carece de acceso a agua segura; el agua consumida sin tratamiento previo es captada rudimentariamente de la vertiente llamada Chaupipolio una de las estribaciones del volcán Chimborazo, en un tanque de reserva, del cual es conducida a través de tuberías a la población. Al no ser una obra técnica se observa claramente deficiencias en las propiedades del agua.

La Junta Administrativa de Agua del sector central de la parroquia San Pedro de Guanujo del Cantón Guaranda no contiene las herramientas necesarias que coadyuven al mejoramiento de la calidad del agua, y en malas condiciones se capta desde la vertiente hidrográfica Chaupipolio 20 L/s y debido a pérdidas de arrastre por accesorios en el transporte del líquido vital, llega a la parroquia un caudal de 16 L/s; siendo la dotación básica por habitante de 41 472 m³/mes

La E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda tiene la necesidad de diseñar una planta de tratamiento de agua potable que garantice la inocuidad del agua de consumo disminuyendo la concentración de Hierro, Manganeseo, Sulfuro de Hidrogeno, Dióxido de Carbono, Fosfatos, turbiedad, partículas sedimentables, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 y mejorando por ende la calidad de vida de la población.

ANTECEDENTES

San Pedro de Guanujo es una parroquia urbana del cantón Guaranda situada en la provincia de Bolívar en el Ecuador. San Pedro de Guanujo fue parroquia rural desde el 29 de mayo de 1861 hasta su designación como urbana a partir del año 1999. Se encuentra localizada a cinco kilómetros del centro de la ciudad de Guaranda y constituye la puerta de acceso norte de dicho cantón.

Se localiza al norte de Guaranda (Centro Urbano), está asentada en una planicie a una altura de 2923 msnm, con una temperatura promedio de 12 °C, la superficie total es de 363 km². Al norte limita con la parroquia Salinas, al Este con la Cordillera Occidental de Los Andes, al Oeste con las parroquias Julio E. Moreno y Echeandía.⁽¹⁾

Actualmente la parroquia Guanujo abarca aproximadamente 120 comunidades con una población de 7190 habitantes, mismos que no tienen acceso al servicio de agua potable, la parroquia dispone de agua entubada que llega a la misma a través de la vertiente hidrográfica Chaupipolio del Chimborazo y es consumida por sus habitantes sin ningún tratamiento previo.

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, cuyas siglas E.P-EMAPA-G ejerce su acción en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar, tiene como objetivo la prestación de los servicios de alcantarillado y agua potable, la empresa es responsable de la administración, planificación, diseño, construcción, control, operación y mantenimiento de los sistemas para producción, distribución y comercialización de agua potable; así como de la conducción, regulación y disposición final de las aguas residuales de la ciudad, con el fin de preservar la salud de los habitantes y el entorno ecológico y contribuir el mantenimiento de las fuentes hídricas del cantón Guaranda y obtener una rentabilidad social y económica en sus inversiones.

Sobre esta base, la E.P - Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, E.P - EMAPA -G, para cumplir con los objetivos del desarrollo integral de la totalidad de los

¹ RESEÑA HISTORICA DE SAN PEDRO DE GUANUJO, 2013. <http://www.guaranda.gob.ec>

pobladores de la ciudad de Guaranda y del cantón, ante las deficientes condiciones sanitarias del área urbana del cantón, emprendió una serie de acciones, tendientes a lograr un mejor nivel de vida de sus habitantes. Con esta visión, consideró fundamental disponer de eficientes servicios de infraestructura básica, a través del mejoramiento, optimización y ampliación de las estructuras sanitarias de la ciudad, especialmente en lo que tiene relación con los servicios de Agua Potable y Alcantarillado

Dado el rápido crecimiento de la ciudad, las ampliaciones forzadas del sistema de agua potable, el cumplimiento de la vida útil o período de diseño de las instalaciones, la falta del líquido vital en algunos sectores de la ciudad, la incorporación de parroquias dentro de la delimitación urbana, como ejemplo de algunos de los factores importantes que inciden en la urgente decisión, se hace necesario el estudio y la implementación inmediatas de un proyecto integral de agua potable y de alcantarillado, que permita corregir las deficiencias actuales en estos servicios básicos.⁽²⁾

² EMAPA GUARANDA. 2013. <http://www.emapag.gob.ec>

JUSTIFICACION

El agua y el saneamiento son los principales motores para la salud pública. Es esencial y vital para el desarrollo de las actividades e higiene del ser humano.

Para el desarrollo urbano se requiere contar con los recursos hídricos que le permitan entregar a los habitantes el caudal necesario para cubrir sus necesidades diarias, requiriendo cantidades significativas de este elemento de acuerdo al número de pobladores que tengan. Este recurso deberá ser por tanto garantizado en su cantidad y calidad.

En la actualidad el abastecimiento de agua potable insuficiente e inadecuada que implican riesgos, representa un problema constante sobre la salud de la población de la parroquia San Pedro de Guanujo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80% de todas las enfermedades en el mundo en desarrollo, son causadas por la falta de agua limpia y saneamiento adecuado, siendo ésta una de las causas principales de enfermedades y muertes sobre todo en los niños.

La presente investigación busca estudiar, analizar y proponer una alternativa para controlar el nivel de contaminantes presentes en el agua consumida por lo que es necesario el diseño de una planta de tratamiento de agua potable que cuente con todas las etapas, dentro de las cuales tenemos los puntos de recolección, tratamiento, análisis y distribución correctamente establecidos, para lograr el fin propuesto de tal manera que el agua captada reciba un tratamiento adecuado previa su distribución, ya que es necesario para preservar la salud de los habitantes de la zona.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Diseñar una planta de tratamiento de Agua Potable para la Parroquia San Pedro de Guanujo del Cantón de Guaranda provincia Bolívar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua proveniente de la vertiente hidrográfica Chaupipolio, que se consume en la parroquia San Pedro de Guanujo.
- ✚ Identificar los parámetros de calidad del agua que están fuera de los rangos establecidos por la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2006.
- ✚ Establecer las variables de proceso que se requieren para el diseño de la planta de tratamiento.
- ✚ Realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento de potabilización en base a cálculos de ingeniería.
- ✚ Validar el diseño de la planta de tratamiento de agua a través de las pruebas de tratabilidad físico-químico y microbiológicas.
- ✚ Elaborar los planos de la planta de tratamiento de potabilización de agua en base a los procesos y operaciones reportados en el diseño.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Agua

El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal compuesto molarmente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.⁽³⁾

Las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua, el 99.6% de la cual es salada y el 2.4% es dulce y de ésta el 77.9% está congelada en los casquetes polares y glaciares, un 21.4% es agua subterránea y el resto es una fracción muy pequeña que existe en los lagos, ríos y mares interiores.⁽⁴⁾

El agua en ocasiones no se le considera un nutrimento, porque no sufre cambios químicos durante su aprovechamiento biológico; pero es un hecho de que sin ella no se puede llevar a cabo las innumerables transformaciones bioquímicas propias de todas las células activas. Tiene gran número de funciones biológicas, su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal, también interviene en la fotosíntesis y en muchas reacciones químicas y enzimáticas.⁽⁵⁾

1.1.1. *Importancia del Recurso Agua*

El agua es un elemento esencial para la vida, sin ella el hombre no podría existir. Actualmente, la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y de buena calidad es una de

³ ROMERO, Jairo. 2009. Calidad del agua. Pp. 337

⁴ FRANK, N.; KEMMER J.; MCCALLION, J. 1992. Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. TOMO 1. Pp. 1

⁵ BADUI, Salvador. 2006. Química de Alimentos. Pp. 1

las principales necesidades de cualquier población. Por esta razón, la calidad del agua es la rama de la ingeniería que pretende:

- ✓ Diagnosticar los problemas relacionadas con la calidad del agua
- ✓ Relacionar los problemas de calidad con los diferentes usos deseables del agua
- ✓ Juzgar que variables de calidad del agua se necesita controlar y los medios o recursos disponibles para hacerlo. ⁽⁶⁾

1.2. Agua Potable

Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. ⁽⁷⁾

Agua apta, exenta de microorganismos que causen enfermedades, de sustancias químicas que produzcan efectos fisiológicos en el hombre y, además, estéticamente aceptable y adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las Guías son aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Las personas con inmunodeficiencia grave posiblemente deban tomar precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de consumo normalmente no sería preocupante.

El agua potable no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. ⁽⁸⁾

⁶ SIERRA, Carlos. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Pp. 28

⁷ NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2006. Segunda Revisión. Pp. 2

⁸ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2006. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. Pp. 11

1.2.1. *Calidad y Cantidad*

Resulta ser una condición esencial, previa, que condiciona la existencia y el ejercicio de cualquier otro derecho humano, por lo tanto su calidad y cantidad tiene que estar garantizado hacia la población. La calidad del agua puede definirse como la composición físico-químico-microbiológica que la caracteriza y recordado el hecho de que el agua pura no existe en la naturaleza, se habla que un agua es de calidad, cuando sus características la hacen aceptable para un cierto uso, por ejemplo: un agua que no sirve para beber, puede servir para riego.

Y en cuanto a la cantidad, expone que el abastecimiento de agua debe ser suficiente para los usos personales y domésticos, entre los que están incluidos el consumo, saneamiento, preparación de alimentos e higiene personal y doméstica. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, de 50 a 100 litros diarios por persona son suficientes para cubrir las necesidades básicas, estableciendo 20 litros de agua potable por persona como la cantidad mínima por debajo de la cual se entiende que no existe un abastecimiento de agua digno.

1.2.2. *Fuentes de Agua Aprovechables*

Las condiciones hidrológicas relacionadas con la lluvia, con las corrientes de agua y con la infiltración, son factores de mucha importancia en la formación de depósitos de aguas de abastecimiento y en la purificación de estas aguas. Las variaciones de estos factores afectan no sólo la cantidad de agua aprovechable, sino también su calidad.

1.2.2.1. *Aguas Pluviales*

El agua pluvial se compone de lluvia, nieve fundida, granizo, y otros tipos de precipitados atmosféricos. Limpia la atmósfera y transfiere los contaminantes del aire a la lluvia. Por ello, las aguas pluviales a menudo contienen carbonato y sulfatos si se recogen en un área industrial de aire poluto. La lluvia ácida es realmente nociva, y puede afectar al funcionamiento de la planta de tratamiento.

El vapor de agua condensado en nubes o precipitado en forma de lluvia o nieve es prácticamente puro en altitudes muy grandes. A medida que caen, la lluvia y la nieve absorben oxígeno, dióxido de carbono y otros gases del aire, así como polvo, humos y

vapores. La lluvia o la nieve recogen también las bacterias y las esporas vegetales que se encuentran en el aire.⁽⁹⁾

1.2.2.2. *Aguas Superficiales*

Las aguas superficiales se originan en los acuíferos y manan directamente del suelo. Son las de las corrientes naturales como ríos y arroyos; y en relativo reposo en lagos, embalses, mares; y en estado sólido en el hielo y las nieves donde se acumulan en grandes cantidades. Al escurrir por la superficie las corrientes naturales están sujetas a contaminaciones derivadas del hombre y de sus actividades transformándolas en muchos casos en nocivas o impropias para la salud. Su calidad depende también del tipo de suelo y de vegetación.⁽¹⁰⁾

1.2.2.3. *Agua Subterránea*

Son las que penetran por las porosidades del suelo mediante el proceso denominado infiltración. Parte de la lluvia que cae sobre la superficie de la tierra se filtra en el suelo y se torna en agua subterránea. Durante su paso a través del suelo, el agua entra en contacto con muchas sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas.

Algunas de estas sustancias son fácilmente solubles en agua. Otras, como las que causan la alcalinidad y la dureza, son solubles en agua que contiene dióxido de carbono absorbido del aire o de las materias orgánicas en descomposición en la tierra.⁽¹¹⁾

1.3. **Aguas Subterráneas**

Antiguamente se creía que las aguas subterráneas procedían del mar y habían perdido su salinidad al filtrarse entre las rocas. Hoy se sabe que es agua procedente de la lluvia. Las aguas subterráneas forman grandes depósitos que en muchos lugares constituyen la única fuente de agua potable disponible.

⁹ RUSSELL, David. 2012. Tratamiento de aguas, un enfoque práctico. Pp. 10-11

¹⁰ LÓPEZ, Pedro. 2009. Abastecimiento de agua potable. Pp. 18

¹¹ AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 2002. Agua su calidad y tratamiento. Pp. 6 - 7

A veces, cuando circulan bajo tierra, forman grandes sistemas de cuevas y galerías. En algunos lugares regresan a la superficie, brotando de la tierra en forma de fuentes o manantiales. Otras, hay que ir a recogerlas a distintas profundidades excavando pozos.

1.3.1. Tipos de aguas Subterráneas

1.3.1.1. Agua freática

Es la que está contenida entre la superficie de la tierra y la primera capa o estrato impermeable; se encuentra en un lecho permeable en donde se mueve libremente y a la presión atmosférica; está formada por dos zonas una superficial llamada zona de aguas vadosas o zona de aereación y otra zona que continúa hasta el estrato impermeable que se llama zona de saturación.

1.3.1.2. Agua artesisiana

Es la que está contenida entre dos estratos impermeables, no se mueve libremente, esta confinada y tiene una presión diferente a la atmosférica. Esta agua puede aflorar formando manantiales o alimentado cursos de agua o lagos. Al escurrir por las diferentes capas de terreno entra en contacto con sustancias orgánicas e inorgánicas algunas de ellas muy solubles. Por la descomposición de materia orgánica puede contener nitratos o nitritos. Tiene bajo contenido de oxígeno disuelto y alto de CO₂ por lo que disuelve el fierro y el manganeso, sustancias características de estas aguas.⁽¹²⁾

1.3.1.3. Manantiales

El agua subterránea que corre en la parte superior de un estrato impermeable puede salir a la superficie en forma de manantial. Esto sucede generalmente cuando el estrato impermeable aflora debajo de una extensión elevada de material permeable. A veces, los manantiales brotan entre las grietas de las rocas. Las aguas de manantiales provenientes de estratos someros se verán más probablemente afectados por la polución superficial que las aguas profundas. Normalmente, la cantidad de agua que se obtiene en manantiales es limitada y, por lo tanto, este modo de abastecimiento se aprovecha solamente para pequeñas poblaciones.

¹² |IBIDEN| 10. Pp. 18

1.3.1.4. Pozos someros y galerías de filtración

Los pozos someros son los que se forman en depósitos superficiales de material permeable encima de un estrato impermeable. De un modo arbitrario, los pozos someros con más de 15 m de profundidad se califican de “profundos”. Hay pozos someros de gran diámetro abiertos por excavación y los hay de pequeño diámetro abierto por perforaciones y utilizado mediante tubería. Generalmente se extrae el agua por aspiración. Las galerías de filtración, como los pozos someros, se forman en capas someros de terrenos, infiltradas con agua y cerca de corrientes o pantanos.

1.3.1.5. Pozos profundos

Los pozos profundos se excavan o se perforan, según los estratos de la región. Frecuentemente atraviesan capas impermeables antes de alcanzar el estrato acuífero deseado. Generalmente, el terreno de captación para pozos profundos es bastante extenso. Esto significa que el agua subterránea recorrerá largas distancias y tendrá amplio contacto con las formaciones rocosas y con la tierra. Las aguas de pozos profundos tienden a ser, por lo tanto, más intensamente mineralizadas que las aguas provenientes de pozos de poca profundidad.

Las aguas de pozos profundos son totalmente limpias y sin color, pero contienen frecuentemente hierro o manganeso, o ambos. Cuando entran en contacto con el aire, las aguas que llevan hierro o manganeso, aunque estén claras e incoloras al salir de la tierra, se enturbian y se tiñen por óxidos de los minerales.⁽¹³⁾

1.3.2. Propiedades de las Agua Subterráneas

1.3.2.1. Composición

La naturaleza geológica del suelo determina la composición química de las aguas subterráneas. El agua está en constante movimiento con el suelo donde se estanca y recircula, y así se desarrolla un equilibrio entre la composición del suelo y la del agua: por ejemplo, el agua que circula en substrato arenoso o granítico es acidada y tiene menos minerales. Agua que circula en suelos limosos y arcillosos son alcalinas y contienen bicarbonatos.

¹³ |IBIDEN|10. Pp. 8 - 10

1.3.2.2. Características

El agua subterránea en circulación puede ser de gran variación en la composición con la aparición de contaminantes y varios contaminantes. Adicionalmente, las aguas subterráneas son bastante puras desde un punto microbiológico.

- ✓ Turbidez débil
- ✓ Temperatura relativamente constante
- ✓ Composición química constante y generalmente ausencia de oxígeno.
- ✓ Presencia normalmente en gran cantidad de Hierro y Manganeso divalentes en estado disuelto, Dióxido de carbono, Amonio, Ácido Sulfhídrico, Sílice, Nitratos y fuentes ferrobacterias

1.3.2.3. Movimiento

El agua subterráneas se encuentra en movimiento constante, aunque la tasa a la que se mueve es generalmente menor que como se movería en un río porque debe pasar en complicados pasos entre los espacios libres de las rocas. Primero el agua se mueve hacia abajo debido a la caída de la gravedad. También puede moverse hacia arriba porque fluirá de zonas de alta presión a zonas de baja presión.⁽¹⁴⁾

1.3.3. Caracterización del Agua

La caracterización del agua tiene como objeto conocer sus atributos físicos, químicos y microbiológicos con el propósito de definir su aptitud para uso humano. La representación adecuada de los parámetros de caracterización facilita la definición de la calidad del agua para un uso determinado y permite visualizar no sólo los aspectos relacionados con su composición química y microbiológica sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su aprovechamiento.⁽¹⁵⁾

¹⁴ PROPIEDADES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. <http://www.lenntech.es/agua-subterranea/propiedades.htm#ixzz3FnpXTwaI>. 1998.

¹⁵ |IBIDEN| 3. Pp. 346

1.3.3.1. *Parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos*

Para saber que tan pura o qué tan contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua están clasificados en organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos.

Tabla 1: PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS

Parámetros	Descripción
Turbiedad	Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. Como se puede apreciar, la turbiedad tiene desde un origen inorgánico (arcilla, arenas, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto grado de material orgánico (microorganismo, limus, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas. Su presencia disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo de agua, e interfiere en la desinfección.
Color	Aunque está íntimamente ligada a la turbiedad, el color en el agua puede considerarse como una característica independiente. El color está clasificado como color aparente y color verdadero. Color aparente se considera al producido por el material suspendido mientras que color verdadero es el que permanece en el agua después de remover la turbiedad. Su mayor aporte en monitoreo de aguas es la descripción que pueda aportar para el análisis de una muestra o describir las condiciones físicas o estéticas de un cuerpo de agua.
Visibilidad	Se entiende por visibilidad a la interferencia que producen los materiales suspendidos en el agua al paso de la luz. Este parámetro realmente representa la profundidad de la zona fótica, es decir, la zona hasta donde penetra la luz en el agua y puede realizarse fotosíntesis. Es un indicador estético del cuerpo del agua, y como tal se debe medir de manera cualitativa o descriptiva.
Olor y Sabor	Los olores y sabores en el agua están asociados con la presencia de sustancias indeseables. Los olores y sabores objetables se pueden deber a la presencia de plancton, compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia orgánica.

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 55-57.

Tabla 2: PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetros	Descripción
Ph	Origina cambios en la flora y fauna de los cuerpos de agua. Ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como amoniaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, etc.
Temperatura	Las variaciones de este parámetro en las corrientes de agua generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y la flora presente en él; elevan el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el aguay originan las disminución del oxígeno disuelto, lo que conduce a condiciones anaeróbicas de la corriente.
Conductividad	Se mide en $\mu\text{mhos/cm}$ o $\mu\text{S/cm}$. Indica la presencia de sales en forma ionizada, como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc. Permite establecer relaciones e interpretación de resultados con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua.
Sólidos totales, Suspendidos volátiles, Suspendidos disueltos, Disueltos volátiles, Sedimentables.	Las diferentes formas de sólidos propuestos indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico.

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 82-83.

Tabla 3: PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros	Descripción
Coliformes totales	La presencia de Coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales.
Coliformes fecales	Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que las Coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales.

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 82

Tabla 4: PARÁMETROS QUÍMICOS

Parámetros	Descripción
Acidez – Alcalinidad	Estos dos parámetros no pueden considerarse como contaminantes directos o específicos, sino como una medida de los efectos de la combinación de sustancias asociadas a los carbonatos y bicarbonatos. Debido a las variaciones que producen en el PH se generan reacciones secundarias rompiendo el ciclo ecológico en un cuerpo de agua. Ello se expresan como la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3)
Calcio	Son las causas más frecuentes de la dureza y afectan vitalmente las propiedades incrustantes y corrosivas de un agua.
Cianuros	Su presencia tiene un efecto de significación sobre la actividad biológica del sistema. Los organismos causantes de autopurificación de los cuerpos de agua son inhibidos por un contenido de 0,3 mg/L de CN^- . Su toxicidad aumenta cuando se asocia a variables tales como temperatura, ph, OD y la concentración de ciertas sustancias minerales.
Cloruros	Son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, así como de la presencia de sales ionizables.
Dureza	Las aguas duras imposibilitan el efecto adecuado de jabones en las aguas de uso doméstico. Sus valores altos ocasionan incrustación y corrosión en las tuberías o equipos metálicos industriales o redes de acueducto.
Manganeso	En pequeñas cantidades produce manchas muy intensas en porcelanas y muebles sanitarias. Su oxidación posibilita la formación de precipitados, generando turbiedad y disminución de la calidad estética de los cuerpos de agua.
Nitratos	Este parámetro presente en aguas puede causar metahemoglobina (color azul en la piel) en los infantes alimentados con leche preparada. La enfermedad es producida por reducción de los nitratos a nitritos dentro del sistema digestivo de estos niños.
Nitritos	Debido a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma la nitroso-aminas (cancerígenas), debe tener un cuidadoso control.
Sulfatos	Los sulfatos, al mezclarse con iones de calcio y magnesio en aguas de consumo humano, producen un efecto laxante. En aguas residuales al entrar en contacto con el concreto inducen la formación de cristales de sulfato aluminato que originan una expansión de material que destruye su textura. Bajo la acción de materias anaerobias los reducen hasta la

	formación de sulfuros, que luego en condiciones aeróbicas favorecen la formación de ácido sulfúrico, con los problemas de olor y corrosión asociados a estos compuestos.
Arsénico	La contaminación por As aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. Obstaculiza reproducción celular. Los tejidos de muchos organismos lo acumulan, por tanto, sus efectos dañinos pueden durar un tiempo cuando la concentración es baja, pero a pesar de ello es mortal.
Cadmio	Es especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas. Afecta principalmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha). Produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además es un irritante gastrointestinal.
Cobre	Su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO ₂ .
Mercurio	Cuando está presente en agua de consumo una u otra forma invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida, preparada con dicha agua. Debilita progresivamente los músculos, pérdida de la visión, deteriora otras funciones cerebrales, genera parálisis eventual, estado de coma o muerte.
Níquel	En bajas concentraciones es vital para el desarrollo de plantas y animales, pero en elevados valores causan problemas graves en la salud humana.
Plomo	Compuesto tóxico acumulativo en el cuerpo humano. Cuando el agua está contaminada con sales de plomo, se le forma a los peces una película mucosa coagulante, primero sobre las agallas y luego sobre todo el cuerpo, causándoles sofocación.

Fuente: SIERRA, Carlos. Calidad del agua, Evaluación y Diagnostico. Pp. 84-87.

1.4. Proceso de Potabilización de Aguas Subterráneas

Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades.⁽¹⁶⁾

1.4.1. Aireación

La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles.

La aeración se realiza por tres razones:

1) Remoción de gases disueltos:

- Gas carbono presente en el agua en forma natural;
- Gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de los depósitos orgánicos putrescibles o fermentables del fondo de los reservorios;
- Cloro en exceso (proveniente de la supercloración)

2) Introducción del oxígeno del aire en el agua:

- Para oxidar el hierro y el manganeso, cuya remoción se realiza mediante la decantación y filtración (de esta manera también se reduce el sabor debido al hierro y el manganeso)
- Para añadir oxígeno en el agua hervida o destilada.

3) Remoción de sustancias causantes de sabores y olores:

- Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles);
- Gas sulfhídrico;
- Sabores debido al hierro y el manganeso;

¹⁶ . MIHELICIC, James; ZIMMERMAN, Julie. 2011. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño. Pp. 408

- Descomposición de la materia orgánica (quema)

1.4.1.1. Tipos de Aireadores

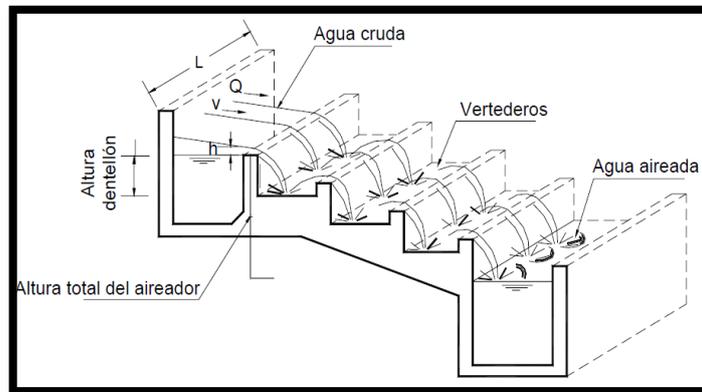
Los sistemas de aireación más difundidos por su fácil operación y mantenimiento son:

- ✓ Aireadores de bandejas
- ✓ Aireadores de cascada

1.4.1.1.1. Aeradores de cascada

Son aireadores en los que la altura adecuada se subdivide en varias caídas para aumentar la cantidad de oxígeno al agua que atraviese por este tipo de estructura o por el contrario reducir el contenido de gases no deseables, los bordes de los peldaños actúan como agujeros los mismos que producen una lámina de agua que beneficia la exposición con el aire.

Figura 1: AIREADOR DE CASCADA



Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

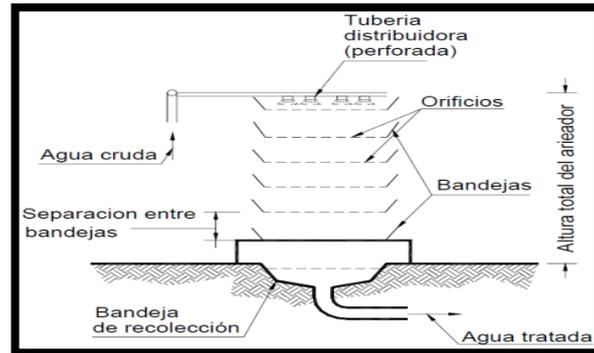
1.4.1.1.2. Aireadores de Bandejas

Consisten en una serie de bandejas con hendiduras o perforaciones o con un fondo de malla de alambre sobre las cuales se distribuye el agua para que caiga en un estanque de recolección. Algunos aireadores de este tipo están dotados de un lecho grueso de trozos de carbón o bolas de cerámica, cuyo espesor varía de 5 a 15 centímetros y que se coloca en las bandejas para lograr mayor eficacia y producir mayor turbulencia. Los lechos gruesos son eficaces, especialmente cuando se utilizan como auxiliares catalizadores de las reacciones de oxidación de hierro y el manganeso (pirolusita).

Pertencen a un sistema de bandejas con perforaciones en su parte inferior ubicadas en forma continua con intervalos de 0.300 a 0.750 m. La entrada de agua es por la parte superior, a

través de una tubería perforada debiendo caer a la primera bandeja y así continuamente. Los orificios con diámetros de 0.005 a 0.001 m con separación de 0.025 m.⁽¹⁷⁾

Figura 2: AIREADOR DE BANDEJAS



Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

Para el diseño de una torre de aireación de bandejas se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a) Altura Total

La altura para la aireación del Hierro se halla entre 2-2.500m, recomendado por el Ingeniero Químico de E.P.-EMAPG, por lo que adoptamos una altura de 2.250m referido a las torres de la planta CHAQUISHCA.

b) Área total del aireador

$$A_t = \frac{Q}{TA}$$

Donde:

At: Área total del aireador, (m²).

Q: Caudal de diseño, (L/s).

TA: Carga Hidráulica, (L/m²× s , dada por la E.P - EMAPA-G).

c) Área de aireación (bandejas)

Asumiendo bandejas cuadradas y el área será el resultado de multiplicar lado por lado.

$$A_i = L \times L = m^2$$

¹⁷ |IBIDEN| 8. Capítulo 8. Pp. 417-420

d) Número de unidades de aireación requerida

$$N_t = \frac{A_t}{A_i}$$

Dónde:

A_t: Área total de aireación

A_i: Área de cada unidad de aireación

e) Número de Torres

$$N_{\text{torres}} = \frac{Q_d}{Q_t}$$

Dónde:

Torres: Número de torres

Q_d: Caudal de diseño (L/s).

Q_t: Caudal que ingresa a la torre (L/s).

f) Separación entre bandejas

Separación entre cada bandeja de 0.300 m. (Referido de las Torres de aireación de la planta de tratamiento de agua Potable del cantón Guaranda).

$$S_b = 0.300 \text{ m}$$

g) Espesor de cada bandeja

El espesor de las bandejas es de 15 cm.

h) Tiempo de exposición (t)

$$t = \sqrt{\frac{2 \times H \times n}{g}}$$

Dónde:

t: Tiempo de exposición, (s)

H: Altura total de la torre, (m)

n: Número de bandejas, (unidades)

g: Gravedad, (9.800m/s²)

i) Cálculo del caudal sobre cada bandeja

$$Q_{\text{bandejas}} = L \times A_{\text{orificio}} \times \sqrt{2 \times g \times h_{\text{lámina}}}$$

Donde:

Q_{bandejas}: Caudal sobre cada bandeja, (L/s).

L: Lado de la bandeja, (m).

A_{orificio}: Área de cada orificio, (m²).

g: Gravedad, (9.8m/s²).

h_{lámina}: Altura de agua sobre las bandejas, (m).

j) Determinación del número de perforaciones

$$N_p = \frac{Q}{Q_{\text{bandejas}}}$$

Donde:

Q= caudal de diseño, (L/s).

Q_{bandejas}: Caudal sobre cada bandeja, (L/s).

N_p: número de perforaciones, (perforaciones).

1.4.2. Mezcla Rápida

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene el propósito de dispersar en forma rápida y uniforme el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos como son: resaltos hidráulicos en canales, canales Parshall, vertederos triangulares, vertederos rectangulares, etc. ⁽¹⁸⁾

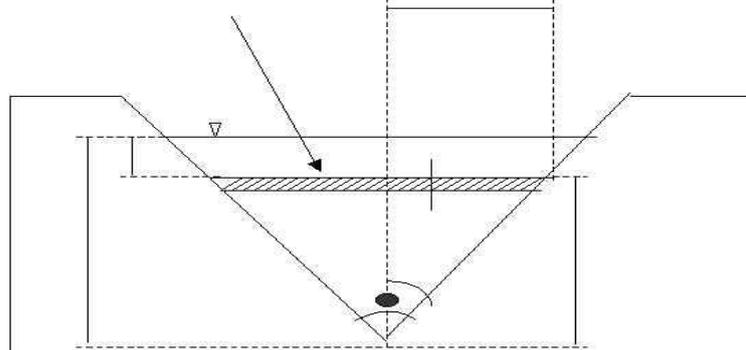
1.4.2.1. Vertederos Triangulares De Thomson De 90°

Para medir pequeños gastos, el vertedero triangular es más preciso que el rectangular, puesto que, para un mismo caudal, los valores de h son mayores.

¹⁸ PURIFICACION DEL AGUA. <http://es.scribd.com/doc/91532895/PURIFICACION-DEL-AGUA>.

Considérese la figura siguiente, en donde se esquematiza el flujo a través de un vertedero triangular, simétrico y de pared delgada, con un ángulo 90° en el vértice de la escotada. ⁽¹⁹⁾

Figura 3: VERTEDERO TRIANGULAR DE THOMSON DE 90°



Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/vertedortriang2/verttriang2.html>

a) Altura del vertedero triangular

$$Q = 1.420H^{5/2}$$

Donde:

Q : Caudal en m³ /s

h : Altura en m.

1.420: Constante adimensional del vertedero

$$h = \left(\frac{Q}{1.420} \right)^{2/5}$$

b) Ancho de la lámina vertiente y ancho del canal

$$L = 2 H$$

Donde:

H: Altura de agua en el vertedero, (m).

L: Ancho de la lámina vertiente y ancho del canal, (m).

c) Caudal promedio unitario

$$q = \frac{Q}{B}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

¹⁹ MARBELLO, Ramiro. Fundamentos de la práctica de laboratorio de hidráulica.

B: altura del canal, (m).

q: Caudal promedio unitario, ($\text{m}^3/\text{s} \times \text{m}$).

d) Altura critica

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

q: Caudal promedio unitario, ($\text{m}^3/\text{s} \times \text{m}$).

g: gravedad, (m^2/s).

h_c: altura critica, (m).

e) Altura al inicio del resalto

$$h_1 = \frac{1.41 \times h_c}{\sqrt{2.56 + \frac{P}{h_c}}}$$

Donde:

P: altura desde el vértice del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo, (m).

h_c: altura critica, (m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

f) Velocidad al inicio del resalto

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

Donde:

q: Caudal promedio unitario, ($\text{m}^3/\text{s} \times \text{m}$).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

V₁: Velocidad al inicio del resalto, (m/s).

g) Número de Froude

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}}$$

Donde:

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

V₁: Velocidad al inicio del resalto, (m/s).

g: gravedad, (m²/s).

F₁: Número de Froude, (m/s).

h) Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \times [\sqrt{1 + 8F_1} - 1]$$

Donde:

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

F₁: Número de Froude.

i) Velocidad al final del resalto

$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

Donde:

q: Caudal promedio unitario, (m³/s × m).

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

V₂: Velocidad al final del resalto, (m/s).

j) Energía disipada en el resalto

$$hp = \frac{(h_2 - h_1)^3}{h_1 \times h_2}$$

Donde:

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

hp: Energía disipada en el resalto, (m).

k) Longitud del resalto

$$Lm = 6(h_2 - h_1)$$

Donde:

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto, (m).

h₁: altura al inicio del resalto, (m).

Lm: Longitud del resalto, (m).

l) Distancia del vertedero a la sección 1

$$L' = 4.3 P \left(\frac{h_c}{P} \right)^{0.9}$$

Donde:

P: altura desde el vértice del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo, (m).

h_c: altura crítica, (m).

L': Distancia del vertedero a la sección 1, (m).

m) Velocidad promedio en el resalto

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Donde:

V₁: Velocidad al inicio del resalto, (m/s).

V₂: Velocidad al final del resalto, (m/s).

V_m: Velocidad promedio en el resalto, (m/s).

n) Tiempo de mezcla

$$T = \frac{L_m}{V_m}$$

Donde:

V_m: Velocidad promedio en el resalto, (m/s).

L_m: Longitud del resalto, (m).

T: tiempo de mezcla, (s).

o) Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

Donde:

T: tiempo de mezcla, (s).

h_p: Energía disipada en el resalto, (m).

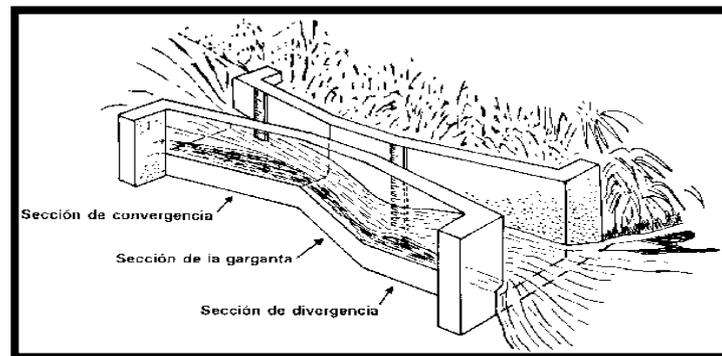
$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta (Anexo 7).

1.4.2.2. Medidores Parshall

El canal Parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales:

- Transición de entrada
- Sección convergente
- Garganta
- Sección divergente

Figura 4: MEDIDOR DE CAUDAL PARSHALL



Fuente: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

En la transición de entrada el piso se eleva sobre la base original del caudal con pendiente suave y las paredes se van cerrando ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente el fondo es horizontal y el ancho va acortando. En la garganta el piso retorna a bajar para terminar con otra pendiente ascendente a la sección divergente.

El medidor de caudal Parshall ofrece varias ventajas como son:

- El agua tiene velocidad suficiente para limpiar los sedimentos.
- Pérdida de carga menor.
- Opera en un rango amplio de flujos.
- Tiene la capacidad de medir tanto como flujo libre como moderadamente sumergido.

(20)

²⁰ MEDIDOR PARSHALL. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf. 2001. Pp. 6; 24.

Para el diseño de un medidor Parshall se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a) **Grado de Sumergencia (m/m):** Para que la unidad no trabaje ahogada debe cumplir la condición de la Tabla 5.

$$S = \frac{H_b}{H_a}$$

Donde:

S: Sumergencia máxima (m/m).

Ha: Altura de agua de la cresta (m).

Hb: Altura de agua de la garganta (m).

Tabla 5: GRADO DE SUMERGENCIA(S) DE LA GARGANTA

Ancho de la garganta(W)		Máxima Sumergencia (Hb/Ha)
Pulgada-pie	M	
3 a 9 pulgadas	0.075-0.229	0.600
1-8 pies	0.305 -2.440	0.700
10-50 pies	3.050-15.250	0.800

Fuente: ARBOLEDA J. 2000. Teoría y Práctica de la purificación de las aguas.

La relación **Ha/W** deberá estar entre 0.400 y 0.800 para que la turbiedad del resalto no penetre en la profundidad dentro de la masa de agua, dejando una capa bajo el resalto en que el flujo se transporta con un mínimo de agitación.

$$H_a/W \approx 0.400 \text{ y } 0.800$$

Tabla 6: VALORES DE K Y M SEGÚN EL TAMAÑO DE LA GARGANTA W

Ancho de la garganta(W)		K	M
Pulgada-Pie	Metros		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.150	1.842	0.636
9"	0.229	1.486	0.633
1'	0.305	1.276	0.657
1.500'	0.460	0.966	0.650
2'	0.610	0.795	0.645
3'	0.915	0.608	0.639
4'	1.220	0.505	0.634
5'	1.525	0.436	0.630
6'	1.830	0.389	0.627
8'	2.440	0.324	0.623

Fuente: CEPIS. 1992. Criterios de Diseño de Plantas Potabilizadoras de Agua. Tomo V

b) Cálculo del Canal Parshall

$$H_o = K \times Q^m$$

Donde:

H_o: Altura de flujo de agua en la sección de medición (m).

Q: Caudal de diseño en m³/s.

K y m: constantes adimensionales se obtienen de la tabla 6.

c) Carga Hidráulica

$$E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

Donde:

E_o: Carga hidráulica disponible, (m).

V_o: Velocidad en la sección de medición, (m/s).

g: Gravedad, (m/s²).

H_o: Altura de agua en la sección de medición, (m).

N: Dimensiones de la canaleta, (ver Anexo 8).

d) La velocidad en la sección de medición

$$V_o = \frac{Q}{H_o \times D^1}$$

Donde:

H_o: Altura de agua en la sección de medición, (m).

D¹: Ancho de la sección de medición, (m). Ver Anexo 8.

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

V_o: Velocidad en la sección de medición, (m/s).

e) Cálculo de Altura de Cresta

$$H_a = \frac{Q^{\frac{1}{1,570x W^{0,026}}}}{(0,3716xW)^{\frac{1}{1,570x W^{0,026}}} \times 3,281}$$

Donde:

H_a: Altura de cresta (m).

Q: Caudal de agua (m³/s).

W: Ancho de la garganta (m).

f) **Cálculo de la altura del agua sobre la garganta**

$$S = \frac{H_b}{H_a}$$

Donde:

S: Sumergencia máxima (m/m).

Ha: Altura de agua de la cresta (m).

Hb: Altura de agua de la garganta (m).

g) **Cálculo de pérdida de carga**

$$P_c = \frac{5.072}{(W + 4.570)^{1.460}} (1 - S) 0.720 \times Q^{0.670}$$

Donde:

Pc: Pérdida de carga (m).

Q: Caudal de agua (m³/s).

W: Ancho de la garganta (m).

S: Sumergencia máxima (m/m).

1.4.3. Coagulación

La coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentra en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por la decantación y la filtración. Tales aglomerados gelatinosos se agrupan y producen los flóculos (floculación).⁽²¹⁾

Cada partícula se encuentra estabilizada por cargas eléctricas negativas sobre su superficie, haciendo que repela las partículas vecinas, como se repelen mutuamente dos polos magnéticos. Ya que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores llamados flóculos, las partículas no se asientan. La coagulación desestabiliza estos coloides al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados.⁽²²⁾

²¹ |IBIDEN| 8. Capítulo 8. Pp. 421

²² |IBIDEN| 4. TOMO III. Capítulo 8. Pp. 1

1.4.3.1. Sustancias Químicas empleadas

Las sustancias químicas empleadas en la coagulación se pueden clasificar en tres categorías:

Tabla 7: TIPOS DE COAGULANTES EMPLEADOS

Coagulante	Ejemplo
Coagulantes	Compuestos de aluminio o de hierro que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas
Alcalinizantes	Cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (sosa cáustica), carbonato de sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.
Coadyuvantes de la Coagulación	Compuestos de arcilla, sílice activada, polielectrolitos, etc., que pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: OMS. 2006. Normas de la calidad de Agua. Capítulo 8, Pp. 421-422

1.4.3.2. Factores que Influyen en la Coagulación.

Es necesario tener en cuenta los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:

- ✓ pH.
- ✓ Turbiedad.
- ✓ Sales disueltas.
- ✓ Temperatura del agua.
- ✓ Tipo de coagulante utilizado.
- ✓ Condiciones de Mezcla.
- ✓ Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- ✓ Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua. ⁽²³⁾

²³ TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACION - FLOCULACION.

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>. Pp. 16

El coagulante empleado es el Policloruro de Aluminio (PAC), y la dosificación del PAC se realiza de la siguiente forma:

a) Calculo de la concentración requerida de PAC

$$\begin{array}{l} C_1 \longrightarrow P_1 \\ C_2 \longrightarrow X = P_2 \end{array}$$

Donde:

P₁: Cantidad inicial de PAC, (Kg)

C₁: Concentración inicial de PAC, (g/L)

P₂: Cantidad de PAC requerido, (Kg)

C₂: Concentración de PAC requerido, (g/L)

b) Calculo del Volumen requerido de agua

$$\begin{array}{l} P_1 \longrightarrow V_1 \\ P_2 \longrightarrow X = V_2 \end{array}$$

Donde:

P₁: Cantidad inicial de PAC, (Kg)

V₁: Volumen de agua de dilución inicial, (L)

P₂: Cantidad de PAC requerido, (Kg)

V₂: Volumen de agua requerido, (L)

c) Concentración de la Solución

$$C_{Sln} = \frac{P_2}{V_2}$$

Donde:

C_{Sln} = Concentración de las solución, (g/L)

d) Caudal de Dosificación

$$Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Sln}} \times Q_d$$

Donde:

Q_D: Caudal de dosificación de PAC, (m³/h)

C_{PAC}: Concentración de PAC, (mg/L)

C_{Sln}: Concentración de la solución, (mg/L)

Q_d: Caudal de diseño, (m³/h)

Transformando m³/h a ml/min para ver el goteo de la solución de PAC. Se afora mediante un vaso de precipitación la cantidad de la solución en ml mediante un cronometro y el volumen resultante será el goteo que se requiere para disminuir la turbiedad.

1.4.4. Floculación

Es el proceso que consiste en agitar el agua tratada con el coagulante durante un determinado tiempo hasta que se formen la aglomeración de partículas y a su vez aumentan de tamaño y adquieren mayor densidad. El floculador es un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta con un tiempo de retención prolongado. Un floculante reúne partículas floculadas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación no sólo incrementa el tamaño de las partículas del floculo, sino que también afecta su naturaleza física.⁽²⁴⁾

Entre los floculadores más conocidos se pueden citar, en primer lugar, las unidades de pantallas de flujo horizontal y vertical.

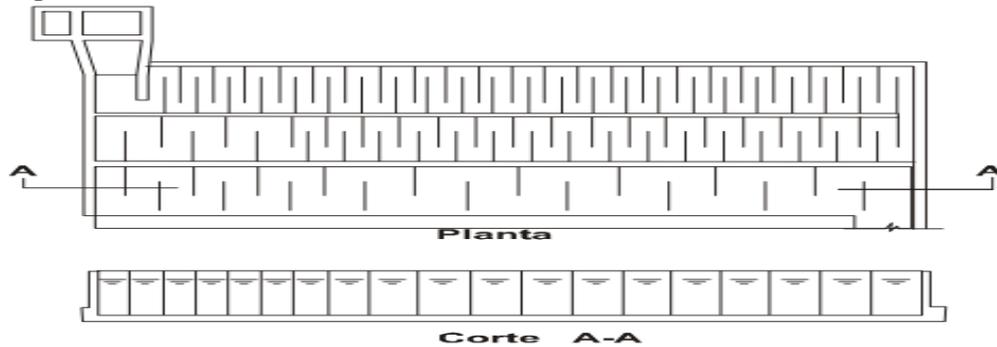
1.4.4.1. Unidades de flujo horizontal

Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo. Se proyectará un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.

Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbesto-cemento u otro material de bajo costo, disponibles en el medio y que no constituya un riesgo de contaminación. De esta manera, se le da mayor flexibilidad a la unidad y se reduce el área construida, disminuyendo por consiguiente el costo de construcción. La unidad puede tener una profundidad de 1.000 a 2.000 metros, dependiendo del material utilizado en las pantallas.

²⁴ |IBIDEN| 4. TOMO III. Capítulo 8. Pp. 4

Figura 5: FLOCULADOR DE PANTALLA DE FLUJO HORIZONTAL.



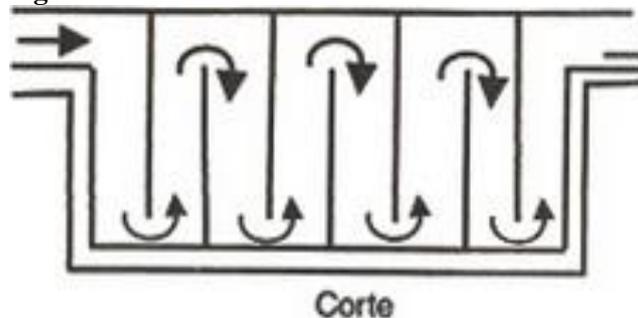
Fuente: FLOCULADORES. http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/ma2_cap3.pdf

1.4.4.2. Unidades de Flujo Vertical

Las unidades de flujo vertical son una solución recomendable para plantas de capacidad mayor de 50 litros por segundo. Se proyectan para profundidades de 3 a 4 metros, por lo que ocupan un área menor que las unidades de flujo horizontal.

En este tipo de unidades el flujo sube y baja a través de canales verticales formados por las pantallas. Es una solución ideal para plantas de medianas a grandes, porque debido a la mayor profundidad que requieren estas unidades, ocupan áreas más reducidas que los canales de flujo horizontal. Otra ventaja importante es que el área de la unidad guarda proporción con respecto a los decantadores y filtros, con lo que resultan sistemas más compactos y mejor proporcionados.⁽²⁵⁾

Figura 6: FLOCULADOR DE FLUJO VERTICAL



Fuente: MIHELIC, J; ZIMMERMAN, J. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño. Pp. 416

²⁵ FLOCULADORES. http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/ma2_cap3.pdf Pp. 91-96; 103-105.

Para el diseño de un floculador de flujo horizontal se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a) Longitud de canales:

$$Lc = V \times T \times 60$$

Donde:

Lc: Longitud de canales, (m).

T: Tiempo de retención, (min).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

b) Área de los canales del floculador:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

A: Área de los canales del floculador, (m²)

Q= Caudal de diseño, (m³/s).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

c) Ancho de canales de floculación

$$a = \frac{A}{Hu}$$

Donde:

a: Ancho de los canales del floculador, (m).

A: Área de los canales del floculador, (m²).

kH: Altura de agua en la unidad, (m).

d) Ancho de las vueltas de la floculación

$$d = 1.5 \times a$$

Donde:

d: Ancho de las vueltas de la floculación, (m).

a: Ancho de los canales de floculación, (m).

e) Ancho del floculador

$$B = 3b + d$$

Donde:

B: Ancho del floculador, (m).

b: Ancho útil de la lámina, (m).

d: Ancho de vueltas de la floculación, (m).

f) Número de canales

$$Nc = Lc / B$$

Donde:

B: Ancho del floculador, (m).

Lc: Longitud de canales, (m).

Nc: Número de canales, (unidades).

g) Longitud del floculador

$$L = (Nc \times a) + (Nc - 1) \times e$$

Donde:

Nc: Número de canales, (unidades).

a: Ancho de los canales de floculación, (m).

e: Espesor de las láminas, (m).

L: Longitud del floculador, (m).

h) Pérdida de carga en las vueltas

$$h_1 = \frac{Kf \times V^2 \times (Nc - 1)}{2 \times g}$$

Donde:

K: Coeficiente de pérdida de carga en las vueltas, (unidades).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

N: Número de canales, (unidades).

g: Aceleración de la gravedad, (m/s²).

h₁: Pérdida de carga en las vueltas, (m).

i) Perímetro mojado de las secciones

$$Pm = 2Hu + a$$

Donde:

Pm: Perímetro mojado de las secciones, (m).

Hu: Altura de agua en la unidad, (m).

a: Ancho de los canales del floculador, (m).

j) Pérdida de la carga en los canales

$$h_2 = \left[\frac{V \times n}{r^{2/3}} \right]^2 \times Lc$$

Donde:

h₂: pérdida de la carga en los canales, (m).

V: Velocidad del fluido, (m/s).

n : coeficiente de Manning, (ver Anexo 9).

r: radio medio hidráulico, (m).

Lc: Longitud de canales, (m).

j-1) Radio medio hidráulico

$$r = \frac{A}{Pm}$$

Donde:

A: Área de los canales del floculador, (m²).

Pm: Perímetro mojado de las secciones, (m).

r: radio medio hidráulico, (m).

k) Perdida de carga total

$$hf = h_1 + h_2$$

Donde:

hf: Pérdida de carga total, (m).

h₂: pérdida de la carga en los canales, (m).

h₁: Pérdida de carga en las vueltas, (m).

l) Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{hf}{T}}$$

Donde:

$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta (Ver Anexo 7).

γ : Peso específico del agua, (N/m³). Ver Anexo 7.

μ : Viscosidad dinámica del agua, (N × s / m²). Ver Anexo 7.

hf: Pérdida de carga total, (m).

T: Tiempo de retención, (s).

G: Gradiente de velocidad, (s⁻¹).

1.4.5. *Sedimentación*

La sedimentación es el proceso en el que la mayoría de las partículas se asentarán por la gravedad dentro de un tiempo razonable y se removerán. Las partículas con densidades más grandes de 1000 Kg/m³ se asentarán finalmente, y las partículas con densidades menores a 1000 Kg/m³ flotarán hacia la superficie del agua.⁽²⁶⁾ El tiempo de retención es de 3 a 6 minutos en los sedimentadores de tubos y de 12 a 25 minutos en sedimentadores de placas.

1.4.5.1. *Sedimentador*

Es un dispositivo que se usa para apartar por gravedad las partículas en suspensión en una masa de agua.

1.4.5.1.1. *Componentes de un sedimentador:*

a) **Zona de Entrada.-** Es la disposición hidráulica de transición que permite una distribución igual del flujo dentro del sedimentador.

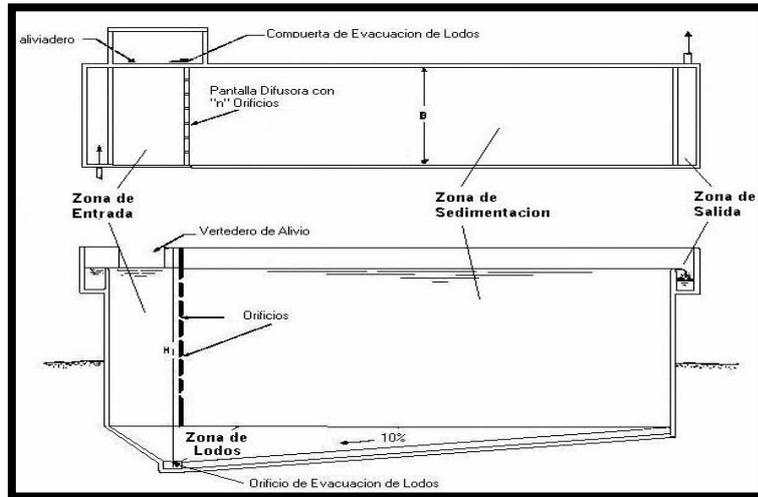
b) **Zona de Sedimentación.-** Consta de un canal rectangular con volumen longitud y medios de flujo adecuados para que se sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos.

c) **Zona de Salida.-** Compuesta por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen el propósito de recolectar el efluente sin alterar la sedimentación de las partículas depositadas.

²⁶ |IBIDEN| 16. Pp.

d) **Zona de recolección de lodos.**- Constituida por una tolva con capacidad para colocar los lodos sedimentados y una tubería y válvula para su evacuación periódica. ⁽²⁷⁾

Figura 7: SEDIMENTADOR



Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

Para determinar el área de la zona de sedimentación se debe tener en cuenta:

a) **Área de sedimentación**

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

Donde:

CS: Carga superficial de sedimentación.

Q: Caudal de diseño.

b) **Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas**

$$v_o = \frac{Q}{As \times \text{Sen}\theta}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño.

As: Área de sedimentación.

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa.

²⁷ |IBIDEN| 8. Capítulo 8. Pp. 440-441

c) Velocidad de sedimentación crítica

$$V_{sc} = \frac{S_c \times v_o}{\text{Sen}\theta + (L \times \text{Cos}\theta)}$$

Donde:

V_{sc}: Velocidad crítica de asentamiento de sedimentación de alta tasa, (m/s).

v_o: Velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación de alta tasa o carga superficial en el área de sedimentación de alta tasa, (m/s).

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa, (°).

S_c: Parámetro característico; igual a 1.000 para sedimentadores de placas paralelas; igual a 4/3 para tubos de sección circular; igual a 11/8 para conductos de sección cuadrada.

c-1) Longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición

$$L_{cr} = L_r - L'$$

Donde:

L_r: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa, en flujo laminar, (m).

L_{cr}: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en flujo laminar, corregida en la longitud de transición L' (adimensional).

c-2) Longitud relativa del sedimentador de alta tasa.

$$L_r = \frac{l}{dp}$$

Donde:

L_r: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa, en flujo laminar, (m).

l: Longitud recorrida a través del elemento (tubo, placa), m.

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas, (m).

c-3) Longitud de transición

$$L' = 0.013 \times Re$$

Donde:

Re: Número de Reynolds (adimensional).

d) Número de Reynolds

$$Re = \frac{v_o \times dp}{\nu}$$

✓ **Viscosidad cinemática**

$$v = \frac{497 \times 10^{-6}}{(T + 42.5)^{1.5}}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds, (adimensional).

v_o: Velocidad promedio del fluido en el sedimentador, (m/d).

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas, (m).

v: Viscosidad cinemática, (m²/s). (Ver Anexo 7)

T: Temperatura del agua, (°C).

e) Tiempo de retención en las placas

$$t_{rp} = \frac{l}{v_o}$$

Donde:

t_{rp} : Tiempo de retención, (min).

l : Longitud recorrida a través del elemento (tubo, placa), (m).

v_o: Velocidad promedio del fluido en el sedimentador, (m/min).

f) Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas

$$v_o = \frac{Q}{A_s \times \text{Sen}\theta}$$

Donde:

v_o: Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas, (m/s)

Q : Caudal de diseño, (m³).

A_s: Área superficial, (m²).

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa.

g) Carga superficial o tasa de sedimentación superficial

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

Donde:

CS: Carga superficial de sedimentación, (m³/m²d).

Q: Caudal de diseño, (m³).

A_s: Área de sedimentación, (m²).

h) Ancho del sedimentador

$$b_s = \sqrt{\frac{As}{5}}$$

Donde:

b_s: ancho del sedimentador, (m).

As: área del sedimentador, (m²).

i) Longitud de sedimentación

$$L_s = \frac{As}{b_s}$$

Donde:

L_s: Longitud de sedimentación, (m).

As: Área de sedimentación, (m²).

b_s: Ancho del sedimentador en m; asumido por el proyectista en función al ancho de placas.

j) Número de placas por módulo

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + ds}{ds + ep}$$

Donde:

N: Número de placas por módulo.

L_s: Longitud de sedimentación, (m).

θ: Ángulo de inclinación de las placas, (°)

ds: Separación entre placas, (m).

ep: Espesor de las placas, (m).

k) Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

$$ts = \frac{V}{Q} = \frac{As \times H_s}{Q}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño, (m³/s).

H_s: Altura total, (m). (valor asumido)

As: Área de sedimentación, (m²).

ts: tiempo de retención en el tanque de sedimentación, (s).

l) Volumen del sedimentador

$$Vd = Ls \times a_s \times h$$

Donde:

Ls: longitud del sedimentador, (m).

a_s: ancho del sedimentador, (m).

h: altura del sedimentador, (m).

1.4.6. Filtración

Aun después de la floculación y la sedimentación quedan sólidos e impurezas presentes en el agua, ya que existen partículas no sedimentables de Floc, el proceso de filtración implica la eliminación de partículas en suspensión, haciendo pasar el agua a través de un lecho filtrante, el cual es una cama de material poroso o granular como por ejemplo arena y antracita, durante que el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión.

(28)

Con el paso del agua a través de un lecho de arena y grava se produce lo siguiente:

- ✓ La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales.
- ✓ La reducción de las bacterias presentes.
- ✓ La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:

- ✓ La acción mecánica de filtrar
- ✓ La sedimentación de partículas sobre granos de arena
- ✓ La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas
- ✓ La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se producen allí (filtro lento).

²⁸ FRANK. SPELLMAN. Manual del Agua Potable. Pág. 227 - 228

1.4.6.1. *Clasificación de los Filtros*

1.4.6.1.1. *Según la tasa o velocidad de filtración*

1.4.6.1.1.1. *Filtros lentos de arena (FLA)*

El tratamiento del agua en una unidad de FLA es el producto de un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física, los cuales interactúan de manera compleja para mejorar la calidad microbiológica del agua.

Los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen arena (con partículas de tamaño efectivo de 0.150 a 0.300 mm) hasta una profundidad de 0.500 a 1.500 m. En estos filtros, en los que el agua bruta fluye hacia abajo, la turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena. Se forma una capa biológica, conocida como *schmutzdecke*, en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente microorganismos. El agua tratada se recoge en sumideros o tuberías situados en la parte baja del filtro. Periódicamente, se retiran y sustituyen los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0.100 a 0.400 m³/ (m²·h).

1.4.6.1.1.2. *Filtros Rápidos*

Los filtros rápidos de arena por gravedad son habitualmente depósitos rectangulares abiertos (habitualmente de menos de 100 m²) que contienen arena de sílice (con granos de 0.500 a 1.000 mm) hasta una profundidad de 0.600 a 2.000 m. El agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El caudal unitario es generalmente de 4 a 20 m³/ (m²·h). El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran periódicamente descolmatando el filtro mediante inyección (a contracorriente) de agua tratada. En ocasiones, la arena se lava previamente con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse.⁽²⁹⁾

1.4.6.1.2. *Según la presión, los filtros rápidos pueden ser de dos tipos:*

- ✓ De presión: cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión (usados en piscinas e industrias)
- ✓ De gravedad, los más comunes.⁽³⁰⁾

²⁹ |IBIDEN|8. Capítulo 1, pp. 149-150

³⁰ |IBIDEN|8. Capítulo 8, pp. 449

Para el diseño de un filtro lento de arena se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Superficie filtrante requerida

$$Sf = \frac{Q}{Tf}$$

Donde:

Q: caudal de diseño (m³/h)

Sf: Superficie filtrante (m²)

Tf: Tasa de filtración (1m³/m²h)

b) Área de filtración

$$Af = \frac{Sf}{n}$$

Donde:

Sf: superficie de filtrante, (m²).

Af: Área de filtración, (m²).

n: número de filtros deseados.

c) Determinación del número de módulos de filtración

$$nf = 0,5 \times \sqrt[3]{Sf}$$

Donde:

nf: Número total de unidades rectangulares operando en paralelo.

Af: Área de filtración, (m²).

d) Determinación del área para cada unidad:

$$Ai = \frac{Af}{nf}$$

Donde:

Af: Área de filtración, (m²).

nf : Número de filtros calculado, (unidades).

Ai: Área para cada área, (m²).

e) Determinación de las dimensiones del filtro:

Para la determinación de longitud y ancho de cada unidad, realizamos los siguientes cálculos:

✓ **Cálculo de la longitud de la pared común por unidad:**

$$af = \left(\frac{2 \times nf \times Ai}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

Donde:

af: longitud de la pared común por unidad, (m).

Ai: Área individual de cada unidad (m²).

nf: Número de filtros calculado, (unidades).

✓ **Cálculo del ancho de la unidad**

$$bf = \left(\frac{(nf + 1)Ai}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

Donde:

bf: ancho de la unidad de filtración,(m).

Ai: Área individual de cada unidad (m²).

nf: Número de filtros calculado, (unidades).

f) Cálculo de la longitud total de pared

$$Ltp = (2 \times bf \times nf) + af \times (nf + 1)$$

Donde:

Ltp: Longitud total de pared, (m).

nf: Número total de unidades de filtración.

bf: Ancho de la unidad, (m).

af: Longitud de pared común por unidad, (m).

g) Cálculo de longitud total mínima de pared

$$Lm = 2 \times af \times (nf + 1)$$

Donde:

Lm: longitud total mínima de pared, (m).

nf: Número total de unidades de filtración.

af: Longitud de pared común por unidad, (m).

c) Tubería de entrada al filtro

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

Donde:

Q_i: Caudal de diseño para cada filtro (m³/s)

v: Velocidad en la tubería (m/s)

D: Diámetro de la tubería, (m)

h) Sistema de drenaje

Los parámetros manejados para el diseño del sistema de drenajes se los demuestran en el Anexos 10.

– **Área de cada orificio**

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A_o: Área de cada orificio, (m²).

D: Diámetro de la tubería, (m).

– **Caudal que ingresa a cada orificio**

$$Q_o = A_o * v_o$$

Donde:

Q_o: Caudal que ingresa, (m³/s).

A_o: Área de cada orificio, (m²).

v_o: Velocidad en el orificio, (m/s).

– **Número de Laterales**

$$\# \text{ Laterales} = n * \frac{L_{tf}}{el}$$

Donde:

L_{tf}: Longitud total del filtro (m)

el: Separación entre laterales (m)

n: número de laterales por lado (unidades)

– **Separación entre orificios**

$$\# \text{orificios/ Laterales} = 2 * \frac{Ll}{e}$$

Donde:

Ll: Longitud de cada lateral (m)

e: Espacio entre orificios (m)

– **Número total de orificios**

$$\# \text{total de orificios} = \# \text{ laterales} * \# \text{ orificios/ Laterales}$$

$$\# \text{total de orificios} = 26 * 100$$

– **Área total de orificios**

$$A_{to} = A_o * \# \text{total de orificios}$$

Donde:

A_{to}: Área total de orificios, (m²).

A_o: Área de cada orificio, (m²).

1.4.7. Desinfección del Agua (Cloración)

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.⁽³¹⁾

1.4.7.1. Métodos de Desinfección

Existen tres productos ampliamente utilizados, para llevar a cabo la cloración de agua potable, dada sus propiedades desinfectantes:

³¹ |IBIDEN| 8. Capítulo 1, pp. 27

- 1.- Cloro Gas.
- 2.- Hipocloritos de Calcio y Sodio.
- 3.- Cal Clorada.

1.4.7.1.1. Cloro Gas

La forma más económica de clorar el agua es empleando gas cloro como germicida. Se suministra en cilindros especiales, bajo presión. Cuando se retira el gas del recipiente, la presión interior disminuye y se pierde calor. Para conservar el calor y la presión, se necesita una fuente de calor externa que puede ser agua o un irradiador en el caso de temperaturas bajas (frío).⁽³²⁾

1.4.7.1.2. Hipocloritos de Sodio y Calcio

1.4.7.1.2.1. Hipoclorito de Sodio

Este se presenta en forma de un líquido que es altamente corrosivo, que posee una densidad aproximada de 1.200 g/cm³. El uso del hipoclorito de sodio es una forma muy conveniente y muy frecuentemente empleada para dosificación de cloro en fuentes pequeñas de suministro de agua potable. Si el volumen de agua a consumir no es muy grande, se prefiere emplear esta forma de cloración, ya que aunque a igual disponibilidad de cloro activo, el costo de desinfección de agua es mayor por el mayor precio del hipoclorito de sodio en comparación con el del gas cloro. Pero la facilidad de manejo del reactivo, la disponibilidad del producto así como de partes y accesorios del equipo de dosificación, son lo que hacen muy conveniente el uso de este agente de desinfección.

1.4.7.1.3. Hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio es una de las formas en las cuales el cloro se encuentra como producto sólido con un porcentaje en peso de 65% aproximadamente. Para su empleo debe disolverse en agua, donde es muy soluble, y así es posible agregar la solución resultante empleando una bomba peristáltica, de manera similar a como se hace con el hipoclorito de sodio.

³² |IBIDEN| 8. Capítulo 8, Pp. 486-487; 489

También es posible agregar este reactivo por medio de un clorador o dosificador de pastillas. En este tipo de dosificadores una fracción del volumen de agua a desinfectar pasa por el clorador y entra en contacto con las pastillas. Se forma una solución de hipoclorito de calcio que se inyecta a la corriente de agua que fluye y el control de dosificación de cloro se efectúa por medio de válvulas del clorador de pastillas. Este tipo de cloradores son útiles y muy empleados para comunidades rurales y zonas marginadas donde no se cuenta con energía eléctrica, ya que no requieren de bomba para control de la dosis de cloro para desinfección del agua.

1.4.7.1.4. Cal Clorada

Polvo blanco con una proporción de 25 a 30 % de cloro disponible. Cuando se almacena en un lugar seco y frío se pierde poco cloro, pero cuando el lugar se húmedo y caliente, se deteriora rápidamente. Se utiliza en instalaciones pequeñas, en casos de emergencia, fábricas y piscinas, con una solución de hasta 2.500 ppm de cloro disponible.⁽³³⁾

Para la desinfección del agua hacemos uso del hipoclorito de calcio (HTH) y para su dosificación empleamos las siguientes ecuaciones:

a) Dosificación de HTH lb/día

$$m = 0.012 \times Q_d \times C$$

Donde:

0.012: constante adimensional

Q_d: Caudal de diseño en (gpm)

C: Concentración de HTH

b) Volumen de HTH

$$V = \frac{m}{\rho_{HTH}}$$

Donde:

m: Cantidad de HTH, (kg/día)

ρ_{HTH} : Densidad de HTH, (kg/L)

³³ |IBIDEN| 8. Capítulo 8, Pp. 490

c) Volumen de HTH al 65%

$$\begin{array}{l} V \longrightarrow 8.5\% \\ X = V_1 \longrightarrow 65\% \end{array}$$

Donde:

V: Volumen de HTH, (L)

V₁: Volumen (solución madre, L)

d) Volumen de agua requerida para diluir la solución madre

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Donde:

V₁: Volumen (solución madre, L)

C₁: concentración de la dosificación de HTH, (mg/L)

V₂: Volumen de agua para diluir la solución madre, (L)

C₂: concentración de HTH (mg/L)

e) Volumen total de la solución

$$V_T = V_1 + V_2$$

Donde:

V₁: Volumen (solución madre, ml)

V₂: Volumen de agua para diluir la solución madre, (L)

Transformando L/día a ml/min para ver el goteo de la solución de HTH. Se afora mediante un vaso de precipitación la cantidad de la solución de HTH en ml mediante un cronometro y el volumen resultante será el goteo que se requiere para desinfectar el agua tratada.

1.5. Diseño

El diseño es una actividad creativa que tiene como objetivo establecer las cualidades multifacéticas de los objetos, procesos, servicios y sus sistemas en sus ciclos de vida completos.⁽³⁴⁾

³⁴ DISEÑO. <http://es.scribd.com/doc/14435351/Concepto-de-Diseno>

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Pedro de Guanujo, mejorando la calidad del agua empleada que cumpla los requisitos establecidos en la normas de calidad NTE INEN 1108:2006

1.5.1. Generalidades

Es necesario lograr una integración de los procesos de tratamiento de agua con la rentabilidad económica y lograr satisfacer los requerimientos de calidad del agua potable. La capacidad normal de diseño de una planta va a ser mayor que la demanda máxima diaria proyectada al periodo de diseño, que en este caso será para 15 años. Además es necesario que la planta de tratamiento pueda operar continuamente con uno o más servicios de mantenimiento.

Las especificaciones de construcción deben garantizar una construcción económica pero durable, tomando en cuenta que los sistemas de tratamiento son usados por muchos años.

El paso inicial para efectuar un proyecto, es la realización de un estudio de factibilidad técnico, económico y financiero, cuyo objetivo primordial es justificar la elaboración del proyecto, garantizando que su ejecución se efectúe mediante un análisis de todos los actores técnicos, sociales, económicos, financieros, políticos y culturales que intervienen.

1.5.2. Parámetros de Diseño

Los parámetros para el diseño deben estar bien definidos en el desarrollo de todas las actividades:

1.5.3. Población de Proyecto.

La población de proyecto, también denominada “población futura”, es la cantidad de habitantes que se pretende tengan servicio al terminar el periodo económico de diseño del proyecto de la planta de agua potable que se va a realizar.

Existen varios métodos por medio de los cuales se puede calcular la población de proyecto, siendo algunos de ellos, Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, Malthus, Crecimiento por Comparación, Ajuste por Mínimos Cuadrados.

1.5.4. Período de Diseño.

Es el tiempo que se supone la obra estará trabajando al 100% de su capacidad. El periodo de diseño, está ligado a los aspectos económicos, por lo que no se deben desatender los aspectos financieros. Esto tiene como consecuencia que el ingeniero, trate de diseñar las obras modularmente para que la construcción de los sistemas se vaya realizando conforme se requiera, por lo cual se recomienda que el periodo de diseño sea generalmente de cinco años, exceptuando las obras que no se puedan modular.

Los periodos de diseño de los diferentes componentes del sistema se determinarán considerando los siguientes factores:

Vida útil de las estructuras y equipos.

- Grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura.
- Crecimiento poblacional.
- Economía de escala.

Los periodos para el diseño máximos recomendables, son los siguientes

- Capacidad de las fuentes de abastecimiento: 15 años
- Obras de captación: 15 años
- Pozos: 15 años
- Plantas de tratamiento de agua de consumo humano, reservorio: 20 años.
- Tuberías de conducción, impulsión, distribución: 15 años
- Equipos de bombeo: 10 años
- Caseta de bombeo: 15 años

Se ha proyectado para satisfacer las necesidades de una población en estudio la planta de agua potable durante un lapso de tiempo de 15 años, denominado periodo de diseño, lo

adecuadamente extenso para solucionar las necesidades de servicio, pero que a la vez no represente grandes inversiones iniciales que imposibiliten su ejecución.

1.5.5. Áreas de Cobertura

El área de cobertura dirigida al 100%, en el sector de la parroquia urbano San Pedro de Guanujo, determinándose según la caracterización efectuada por la EP.-EMAPAG, para la facturación, brindando el servicio a 1 438 usuarios.

1.5.6. Caudales para el Diseño

1.5.6.1. Población Actual

De acuerdo al censo poblacional realizado en el 2011 por INEC, la parroquia San Pedro de Guanujo tiene una población de 7 190 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional de 1.95%.

1.5.6.2. Población Futura

Para obtener los datos de la población futura empleamos en método de grafico que es un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial, supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo, pero en número absoluto, las personas aumentan en forma creciente. El crecimiento geométrico se describe a partir de la siguiente ecuación:

$$N_t = N_0 (1 + r)^t$$

Donde:

N_t: Población futura (de diseño).

N₀: Población actual.

R: Tasa media de crecimiento poblacional.

t: Tiempo de diseño.

1.5.6.3. Dotación Básica

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros. / habitante-día.

$$D_B = \frac{V_{ac}}{T_{us}}$$

Donde:

D_B: Dotación Básica (L/hab*día)

V_{ac}: Volumen de agua consumida (L/día)

T_{us}: Total de usuarios servidos (habitantes)

*Apreciación E.P-EMAPAG cada usuario representa a 5 habitantes.

1.5.6.4. Dotación de Agua

Esta es la revisión del consumo futuro, en el cual influyen muchos factores como el clima, tamaño de la ciudad, grado de industrialización que influye en la demanda de agua, para lo cual la OMS recomienda los siguientes parámetros.

Tabla 8: PARÁMETROS RECOMENDADOS DE DOTACIÓN DE AGUA

Población (habitantes)	Clima	
	Frío	Cálido
2 000 – 10 000	120	150
10 000 – 50 000	150	200
50 000	200	250

Fuente: Organización Mundial de la Salud

1.5.6.4.1. Dotación futura

Para obtener la Dotación futura se debe multiplicar la dotación Básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que incluye los consumos comerciales, institucionales e industriales. El Factor de Mayorización recomendado por la E.P.- EMAPA-G es de: 1.180.

$$DF = 1.180 \times DB$$

Donde:

FM: Factor de Mayorización.

DB: Dotación Básica.

1.5.6.4.2. Consumo medio diario (cmd.)

El consumo medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio. La expresión que define el consumo medio es la siguiente:

$$\text{cmd} = \frac{q * N}{86.400}$$

Donde:

cmd: Consumo medio diario, en L/s

N: Población futura, hab.

q: Dotación per cápita máxima, en L/hab/día

86.400: Segundos/día, s/d

1.5.6.4.3. Consumo máximo diario (CMD).

Este consumo también se utiliza para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente de abastecimiento, el equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regularización y almacenamiento. Este consumo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{CMD} = k \times \text{cmd}$$

Donde:

CMD: Consumo máximo diario, en L/s

K: Coeficiente de variación diaria, adimensional (1.300 según la E.P.-EMAPA-G)

cmd: consumo medio diario, en L/s

1.5.6.4.4. Consumo máximo horario (CMH).

El consumo máximo horario, es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este consumo se utiliza, para calcular las redes de distribución, en algunos casos se utiliza también para líneas de conducción, y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{CMH} = K \times \text{CMD}$$

Donde:

CMH: Consumo máximo horario, en L/s

K: Coeficiente de variación horaria, adimensional (1.600 según la E.P.-EMAPA-G)

CMD: Consumo máximo diario, en L/s

1.5.7. Caudales para el Diseño

El dimensionamiento de la red de abastecimiento debe efectuarse para garantizar un suficiente suministro en cualquier circunstancia hay que tener en cuenta el caudal de captación, de conducción los volúmenes de reserva.

1.5.7.1. Caudal de captación

La estructura de la captación se la diseñará con una capacidad equivalente a 1.5 veces el consumo máximo diario (CMH), del mismo modo se lo utilizará como el caudal de conducción (Qconducción)

$$Q_{\text{captación}} = 1.500 \times \text{CMD}$$

1.5.7.2. Caudal de la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento se diseñará para un caudal equivalente a 1.100 veces el caudal máximo diario (CMD)

$$Q_{\text{tratamiento}} = 1.100 \times \text{CMD}$$

1.5.8. Volúmenes de Reserva

El tanque se dimensiona en base al consumo medio diario y la ley de las demandas de la ciudad, además se debe contemplar en el dimensionamiento un volumen extra de almacenamiento para cubrir cualquier demanda de emergencia, que por sugerencia de la E.P.-EMAPA-G será de un 25%, el volumen de reserva estará compuesto de volumen de regulación, volumen de emergencia y volumen contra incendios.

1.5.8.1. Volumen de Regulación

Es el volumen necesario para regular las aguas de acuerdo con los objetivos.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_r = 0.250 \times \text{cmd}$$

Donde:

V_r: Volumen de regulación en m³.

cmd: Consumo medio diario.

1.5.8.2. *Volumen contra Incendios*

Las dotaciones que se deben considerar en la extinción de incendios se establecen en función de la acumulación de materiales combustibles que se produzcan en las diferentes áreas de los asentamientos urbanos. Se recomienda que el caudal contra incendios necesario, sea obtenido con la siguiente expresión.

$$V_i = 100 * \sqrt{p}$$

Donde:

p: Población en miles.

1.5.8.3. *Volumen de Emergencia*

Para las poblaciones mayores a 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia.

$$V_e = 0,25 \times V_r$$

1.5.8.4. *Volumen Total*

El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia y el volumen para incendios.

$$V_t = V_r + V_i + V_e$$

Donde:

V_r= Volumen de regulación

V_i= Volumen contra incendios

V_e= Volumen de emergencia

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Muestreo

2.1.1. Localización de la investigación

El desarrollo de la presente investigación para el Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable se realizó en el sector de “Cuatro Esquinas” ubicada en la parroquia urbana San Pedro de Guanujo de la ciudad de Guaranda provincia de Bolívar.

2.1.2. Método de recopilación de la Información

Los métodos empleados para el desarrollo de la presente investigación son la recopilación y análisis de documentos, como también la observación directa, permitiendo compararlos con los datos obtenidos en el desarrollo del proyecto para el dimensionamiento y diseño de la planta de tratamiento del agua potable.

2.1.3. Recolección de Muestras

La toma de muestras se las efectuó de acuerdo al cronograma establecido en el proyecto e inmediatamente se las traslado al laboratorio de la planta “Chaquishca” donde se ejecutó el análisis de las muestras, evitando que se alteren las características físico- químicas, microbiológicas. Se tomaron muestras de tipo sistemático simple, las muestras fueron tomadas de la captación de las aguas Subterráneas, del tanque de recepción y de un grifo domiciliario durante 3 semanas.

Tabla 9: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Lugar de muestreo	Días de muestreo semanal	Número de muestras diarias	Total de muestras en la semana
CAPTACIÓN	5	1	5
TANQUE DE RECEPCIÓN	5	1	5
DOMICILIARIA	5	1	5
TOTAL DE MUESTRAS EN EL MES			15

Realizado: por Jenniffer Girón

2.2. Metodología

2.2.1. Metodología de Trabajo

Para la realización de la presente investigación se trabajó con muestras diarias de agua cruda, durante 5 días por tres semana en el mes, las mismas que se recolectaron con los respectivos cuidados y requerimientos que se debe tener para la realización de su caracterización físico-química y microbiológica en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable “CHAQUISCHA”.

2.2.2. Tratamiento de Muestras

Se tomó 5 muestras semanales de los diferentes puntos de muestreo, en las que se realizó la caracterización físico-química y microbiológica que consta de 33 parámetros especificados en el cuadro siguiente:

Tabla 10: PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POTABLE

No	PARÁMETRO	UNIDAD
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
1	Color	UCV
2	Turbiedad	NTU
3	Olor	---
4	Sabor	---
5	Ph	---
6	Sólidos Totales Disueltos	mg/L
SUSTANCIAS INORGANICAS		
7	Aluminio	mg/L
8/9	Amonio (Salicílico / Nessler)	mg/L
10	Bario	mg/L
11	Bromo	mg/L
12	Cianuro	mg/L
13	Cloruros	mg/L
14	Cobalto	mg/L
15	Cobre	mg/L
16	Cromo IV	mg/L
17	Cromo Total	mg/L
18	Dureza	mg/L
19	Fluoruros	mg/L
20	Fosfatos	mg/L
21	Hierro	mg/L
22	Manganeso	mg/L
23	Molibdeno	mg/L
24	Níquel	mg/L
25	Nitratos	mg/L
26	Nitritos	mg/L
27	Plata	mg/L
28	Plomo	mg/L
29	Sulfatos	mg/L
30	Zinc	mg/L
31	Trihalometanos	mg/L
MICROBIOLÓGICOS		
32	Coliformes totales	NMP/100ml
33	Coliformes fecales	NMP/100ml

Fuente: Norma INEN 1108: 2006, Segunda Edición

2.2.3. Equipos Materiales y Reactivos

Tabla 11: EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none">- Balanza Analítica- Baño María- Colorímetro- Conductímetro- Equipo de Jarras- Espectrofotómetro HACH- Estufa- Fotómetro- Incubadora- pH-metro- Reverbero- Turbidímetro	<ul style="list-style-type: none">- Buretas- Erlenmeyer- Film protector- Peras- Pinzas- Pipetas- Probetas- Tubos de ensayo- Vasos de precipitación- Matraz	<ul style="list-style-type: none">- Reactivos HACH- Indicadores PAN (0,3% y 0,1%)- Solución EDTA- Solución Buffer- Solución de Tiocianato de mercurio- Solución Férrica- Indicador Cianuro alcalino- Spands- Agua Destilada- Soluciones amortiguadoras de pH4, pH7- Colorante negro de Eriocromo T (indicador)

Realizado por Jenniffer Girón

2.2.4. Métodos y Técnicas

2.2.4.1. Métodos

Los métodos utilizados para esta investigación están adaptados al manual “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); y el manual de Métodos HACH.

La descripción de los métodos y técnicas utilizadas en esta investigación se las puede encontrar en el ANEXO 1, 2 y 3.

2.3. Datos Experimentales

2.3.1. *Descripción de la Situación actual existente en el Sector*

La parroquia San Pedro de Guanujo de la ciudad de Guaranda actualmente no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, se abastece del agua proveniente de la vertiente Chaupipolio una de las estribaciones del Volcán Chimborazo, el agua es captado y dirigida a un reservorio, distribuyéndose directamente a la población mediante tuberías de PVC.

2.3.2. *Datos*

2.3.2.1. *Caracterización de Agua Captada*

Para la caracterización del agua captada se tomó las muestras de agua cruda en la captación de las aguas subterráneas, del tanque de almacenamiento y de un grifo domiciliario, durante tres semanas, cinco días a la semana. Demostrando con estos resultados los problemas de dureza, turbiedad y presencia bacteriana que se evidencian.

Para establecer la calidad de agua de la vertiente se realizó una caracterización físico-química y microbiológica, donde los datos obtenidos se los muestran en las siguientes tablas, indicando los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos establecidos reportados en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006.

Tabla 12: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA AL TANQUE RECOLECTOR SECTOR 4 ESQUINAS

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA 1 MONITOREADA				
		07-abr	08-abr	09-abr	10-abr	11-abr
COLOR	UTC	5.000	1.000	1.000	8.000	10.000
TURBIEDAD	NTU	15.320	0.350	0.540	38.270	84.250
Ph	.....	7.520	6.980	7.120	7.090	6.5700
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	190.650	197.960	201.650	133.400	180.570
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	110.75	94.650	106.580	63.500	86.420
TEMPERATURA	° C	13.560	13.850	14.560	15.460	15.640
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.000	1.150	1.200	1.800	1.700
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.005	0.005	0.006	0.008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.650	0.520	0.840	0.680	0.540
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	2.000	4.000	1.000	1.000
FLUORUROS (F)	mg/L	0.490	0.520	0.500	0.420	0.480
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.320	0.450	0.600	0.380	0.400
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.068	0.054	0.042	0.0380	0.062
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.007	0.006	0.008	0.006	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.050	0.040	0.040	0.050	0.030
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	52.000	46.000	38.000	40.000	54.000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.009	0.007	0.009	0.008	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.920	0.740	0.520	0.860	0.640
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.007	0.009	0.008	0.008	0.009
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.008	0.008	0.009	0.009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.150	0.180	0.220	0.200	0.170
BROMO (Br)	mg/L	1.950	2.450	2.340	2.850	1.920
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.240	0.300	0.280	0.340	0.260
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	15.000	10.000	15.000	10.000	13.000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	80	100	34	42	52
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	34	54	12	46	32

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPA-G

Tabla 13: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA AL TANQUE RECOLECTOR SECTOR 4 ESQUINAS

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA 2 MONITOREADA				
		14-abr	15-abr	16-abr	17-abr	18-abr
COLOR	UTC	15.000	20.000	1.000	16.000	28.000
TURBIEDAD	NTU	28.000	45.000	0.540	39.230	95.680
pH	.....	7.120	7.060	7.250	7.620	6.890
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	210.640	184.670	214.680	190.230	208.520
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	114.850	90.470	100.270	80.670	110.680
TEMPERATURA	° C	14.650	14.230	14.860	14.310	14.970
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.050	1.070	1.120	1.270	0.980
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.008	0.007	0.009	0.008	0.009
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.550	0.620	0.740	0.480	0.610
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.020	0.020	0.010	0.010	0.020
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1.000	1.000	2.000	2.000	1.000
FLUORUROS (F)	mg/L	0.490	0.520	0.500	0.420	0.480
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.470	0.520	0.390	0.490	0.450
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.058	0.064	0.058	0.074	0.052
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.006	0.008	0.009	0.009	0.008
COBRE (Cu)	mg/L	0.040	0.070	0.050	0.030	0.050
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	46.000	64.000	52.000	48.00	62.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.007	0.009	0.008	0.006	0.007
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.850	0.640	0.720	0.950	0.820
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.006	0.008	0.006	0.006	0.005
COBALTO (Co)	mg/L	0.008	0.007	0.007	0.007	0.008
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.250	0.340	0.410	0.290	0.220
BROMO (Br)	mg/L	2.130	1.650	2.570	2.080	2.670
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.360	0.450	0.310	0.450	0.270
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.009	0.008	0.007	0.008	0.008
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	20.000	18.000	21.000	17.000	15.000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	100	80	64	120	64
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	52	48	62	74	42

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 14: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA AL TANQUE RECOLECTOR SECTOR 4 ESQUINAS

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA 3 MONITOREADA				
		21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr
COLOR	UTC	1.000	8.000	16.000	1.000	15.000
TURBIEDAD	NTU	0.540	58.360	130.840	0.350	140.650
pH	.....	6.890	7.120	7.080	7.250	7.370
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	180.250	173.420	200.890	204.970	180.600
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	120.380	115.620	120.080	128.640	110.640
TEMPERATURA	° C	14.120	13.580	13.960	14.090	14.270
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0.980	1.080	1.160	1.570	1.340
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.008	0.008	0.007	0.008	0.009
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.710	0.620	0.780	0.640	0.620
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.020	0.020	0.010	0.010	0.020
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	1.000
FLUORUROS (F)	mg/L	0.56	0.74	0,39	0,44	0,52
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.450	0.580	0.630	0.490	0.520
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.082	0.074	0.045	0.056	0.076
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.007	0.007	0.009	0.007	0.009
COBRE (Cu)	mg/L	0.030	0.050	0.040	0.005	0.030
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	42.000	50.000	48.000	44.000	46.000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.850	0.760	0.700	0.880	0.760
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.007	0.009	0.009	0.007	0.007
COBALTO (Co)	mg/L	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.220	0.200	0.190	0.260	0.280
BROMO (Br)	mg/L	2.120	1.180	2.090	2.170	2.160
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.300	0.270	0.350	0.480	0.290
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	17.000	12.000	14.000	18.000	16.000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	70	85	46	71	82
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	41	62	17	23	47

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

2.3.2.2. Prueba de Jarras para la turbiedad

Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes.⁽³⁵⁾

³⁵ |IBIDEN| 23. Pp. 39

Para realizar las pruebas de jarras utilizamos el coagulante Policloruro de aluminio (PAC) y CHEMFLOC 932, un floculante aniónico con la finalidad de acelerar el proceso de floculación. Para realizar las pruebas con el test de jarras se inició con valores de turbiedad de 15.320 NTU como valor mínimo y con un máximo de 140.650 NTU, resultados obtenidos de la caracterización físico-química realizada previamente. Los resultados del test de jarras reportados a diferentes concentraciones de PAC y CHEMFLOC se evidencian en las tablas 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34.

2.3.2.3. Caracterización físico-química y microbiológica del agua después de realizar las pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio.

Para los parámetros fuera de los límites máximos permisibles reportados en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006 de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales se simuló a nivel de laboratorio los procesos de aireación, floculación y sedimentación (test de jarras), filtración y desinfección, realizando el análisis físico-químico y microbiológico al agua tratada se obtuvo eficientemente una disminución de las concentraciones de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales por debajo de los límites máximos permisibles establecidos, los cuales se evidencian en las tablas 35, 36, 37.

CAPITULO III

3. CÁLCULOS DE DISEÑO

En base a los análisis realizados al agua consumida por los habitantes de la parroquia San Pedro de Guanujo se determinó que es necesario el diseño de una planta de tratamiento de agua potable que mejore la calidad del líquido vital y que cumpla con los parámetros establecidos en la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión.

3.1. Cálculo Población Futura

$$\text{Ecuación 1.} \quad N_t = N_o \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

Datos

N_o: Población Actual: 7 190, habitantes

r: Tasa de crecimiento anual: 1.950% según el INEC

t: Tiempo de diseño: 15 años

$$N_{2029} = 7\,190 \left(1 + \frac{1.950}{100}\right)^{15}$$

$$N_{2029} = 9\,605 \text{ habitantes}$$

3.1.1. Cálculo de la Dotación Básica

$$\text{Ecuación 2.} \quad DB = \frac{V_{ac}}{T_{us}}$$

Datos:

V_{ac}: Volumen de agua consumida: 41 472m³/mes (EP-EMAPAG 2014):

T_{us}: Total de usuarios servidos: 1 438 usuarios (EP-EMAPAG 2014):

*Apreciación E.P- EMAPAG cada usuario representa a 5 habitantes.

$$DB = \frac{41\,472 \text{ m}^3/\text{mes}}{1\,438 \text{ usuarios}} = 28.800 \text{ m}^3/\text{mes} * \text{hab}$$

$$DB = \frac{28.800 \text{ m}^3}{\text{mes} * \text{hab}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ usuario}}{5 \text{ habitantes}}$$

$$DB = 192 \text{ L/hab} * \text{día}$$

3.1.2. Dotación Futura

$$\text{Ecuación 3.} \quad \mathbf{DF = FM \times DB}$$

Datos:

FM: Factor de Mayorización: 1.180 según la E.P.-EMAPAG

DB: Dotación Básica: 192 L/hab*día

$$DF = 1.180 \times 192 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$DF = 226.560 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}$$

3.1.3. Calculo del Consumo Medio Diario (cmd)

$$\text{Ecuación 4.} \quad \mathbf{cmd = \frac{q \times N}{86400}}$$

Donde:

N: población futura: 9 605 habitantes

q: Dotación per cápita máxima: 226.560 L/hab/día

86400: Segundos/día, s/d

$$cmd = \frac{9\,605 \text{ hab} \times 226.560 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}}{86\,400 \text{ seg/día}}$$

$$cmd = 25.186 \text{ L/s}$$

3.1.4. *Cálculo del Consumo Máximo Diario (CMD)*

$$\text{Ecuación 5. } \text{CMD} = k \times \text{cmd}$$

Donde:

k: Coeficiente de variación diaria: 1.300 según E.P-EMAPAG.

cmd: consumo medio diario: 25.186 L/s

$$\text{CMD} = 1.300 * 25.186 \text{ L/s}$$

$$\text{CMD} = 32.742 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.1.5. *Cálculo del Consumo Máximo Horario (CMH)*

$$\text{Ecuación 6. } \text{CMH} = k_2 \times \text{CMD}$$

Datos:

K₂: Coeficiente de variación horaria, adimensional: 1.600 según la E.P-EMAPAG.

CMD: Consumo máximo diario: 32.742 L/s

$$\text{CMH} = 1.600 * 32.742 \text{ L/s}$$

$$\text{CMH} = 52.387 \text{ L/s}$$

3.2. *Cálculo de los Caudales de Diseño*

3.2.1. *Cálculo caudal de captación*

$$\text{Ecuación 7. } Q_{\text{Captación}} = k_3 * \text{CMD}$$

Datos:

CMD: 32.742 L/s

k₃: 1.500 según E.P-EMAPAG

$$Q_{\text{Captación}} = 1.500 \times 32.742$$

$$Q_{\text{Captación}} = Q_{\text{Conducción}} = 49.113 \text{ L/s}$$

3.2.2. *Cálculo caudal de la planta de tratamiento*

$$\text{Ecuación 8.} \quad Q_{\text{tratamiento}} = k_4 * \text{CMD}$$

Datos:

CMD: 32.742 L/s

k₄: constante adimensional: 1.100 según E.P-EMAPAG

$$Q_{\text{tratamiento}} = 1.100 \times 32.742$$

$$Q_{\text{tratamiento}} = 36.016 \text{ L/s}$$

3.3. *Cálculo de los Caudales de Reserva*

3.3.1. *Cálculo del Volumen de Regulación*

$$\text{Ecuación 9.} \quad V_r = 0.250 * \text{cmd}$$

Datos:

cmd = Consumo medio diario: 2176.070 m³

$$V_r = 544.018 \text{ m}^3$$

3.3.2. *Cálculo del Volumen contra Incendios*

$$\text{Ecuación 10.} \quad V_i = 100 * \sqrt{p}$$

Datos:

V_i: Volumen para protección contra incendios expresado en m³

p: Población en miles

$$V_i = 309.920 \text{ m}^3$$

3.3.3. *Cálculo del Volumen de Emergencia*

$$\text{Ecuación 11.} \quad \mathbf{Ve = 0.250 * Vr}$$

Datos:

Vr: Volumen de regulación: 544.018 m³

$$Ve = 0.25 * 544.018 \text{ m}^3$$

$$Ve = 136.004 \text{ m}^3$$

3.3.4. *Cálculo del Volumen Total*

$$\text{Ecuación 12.} \quad \mathbf{Vt = Vr + Vi + Ve}$$

Datos:

Vr = 544.018 m³

Vi = 309.920 m³

Ve = 136.004 m³

$$Vt = 544.018 \text{ m}^3 + 309.92 \text{ m}^3 + 136.004 \text{ m}^3$$

$$Vt = 989.942 \text{ m}^3$$

3.4. **Consideraciones del Diseño**

En base a los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua se puede establecer un tratamiento indispensable para que el líquido sea apto para el gasto de las personas y se puede establecer de un proceso convencional para potabilizar el líquido vital.

3.4.1. Cálculos de Ingeniería

3.4.1.1. Cálculo del Aireador de bandejas

El proceso de aireación será diseñado para un caudal de 49.113 L/s y este proceso permite que se oxide el Hierro así como los sulfatos con una eficiencia del 70-80%.

3.4.1.1.1. Área Total

$$\text{Ecuación 13.} \quad \text{At} = \frac{Q}{\text{TA}}$$

Donde:

At: Área total del aireador (m²)

Q: Caudal de diseño: 49.113 L/s

TA: Carga Hidráulica: 2.94 L/sm², dada por la E.P-EMAPAG)

$$\text{At} = 17 \text{ m}^2$$

3.4.1.1.2. Dimensionamiento de la torre de aireación

Se debe tomar en cuenta que las especificaciones para una torre de aireación está recomendada por la guía técnica de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones generada por el Ministerio de Servicios y obras públicas.

3.4.1.1.2.1. Altura Total

La altura recomendada para la aireación del Hierro por E.P-EMAPAG para una eficiencia del 90% es de 2.250m de altura.

3.4.1.1.2.2. Área de aireación

Asumiendo bandejas cuadradas de 1m de lado.

$$\text{Ecuación 14.} \quad \text{Ai} = \text{L} \times \text{L} = \text{m}^2$$

Datos:

L: Lado de cada bandeja 1 m

$$\text{Ai} = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$$

3.4.1.1.2.3. *Número de unidades de aireación requerida*

Ecuación 15.
$$N_t = \frac{A_t}{A_i}$$

Datos:

At: Área total de aireación: 17 m²

Ai: Área de cada unidad de aireación: 1 m²

$$N_t = \frac{17\text{m}^2}{1\text{m}^2}$$

$$N_t = 17$$

3.4.1.1.2.4. *Número de bandejas*

El número de bandejas recomendado es de 15 unidades

3.4.1.1.2.5. *Número de Torres*

Ecuación 16.
$$N_{\text{torres}} = \frac{Q_d}{Q_t}$$

Datos:

Qd: Caudal de diseño 49.113 L/s

Qt: Caudal que ingresa a la torre 14.640 L/s.

$$N_{\text{torres}} = \frac{49.113\text{ L/s}}{14.640}$$

$$N_{\text{torres}} = 3.350 \approx 3$$

Para el diseño se demanda 3 torres de aireación con 5 bandejas en cada torre con el propósito de que toda el agua pase por este proceso.

3.4.1.1.2.6. *Separación entre bandejas*

Separación entre cada bandeja de 300 cm.

$$S_b = 0.300\text{ m}$$

3.4.1.1.2.7. *Ancho de cada bandeja*

El ancho de cada bandeja es de 15 cm.

$$ab = 0.150 \text{ m}$$

3.4.1.1.2.8. *Tiempo de exposición (t)*

Ecuación 17.
$$t = \sqrt{\frac{2 \times H \times n}{g}}$$

Datos:

H: Altura total de la torre: 2.250 m

n: Número de bandejas: 5

g: Gravedad: 9.800m/s²

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 2.250\text{m} \times 5}{9.800\text{m/s}^2}}$$

$$t = 1.515 \text{ s}$$

3.4.1.1.2.9. *Área de cada orificio*

Ecuación 18.
$$A_{\text{orificio}} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Datos:

D: diámetro del orificio: 0.006 m.

$$A_{\text{orificio}} = \frac{\pi \times 0.006^2}{4}$$

$$A_{\text{orificio}} = 2.830 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

3.4.1.1.2.10. *Cálculo del Caudal sobre cada bandeja*

Ecuación 19.
$$Q_{\text{bandejas}} = L \times A_{\text{orificio}} \times \sqrt{2 \times g \times h_{\text{lámina}}}$$

Datos:

L: Lado de la bandeja: 1 m.

g: Gravedad: 9.800m/s.

h_{lámina}: Altura de agua sobre las bandejas: 0.14 m.

A_{orificio}: Área de cada orificio: $2.830 \times 10^{-5} \text{m}^2$.

$$Q_{\text{bandejas}} = 1 \times 2.83 \times 10^{-5} \text{m}^2 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.14}$$

$$Q_{\text{bandejas}} = 4.688 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{bandejas}} = 0.050 \text{ L/s}$$

3.4.1.1.2.11. *Número de perforaciones*

Ecuación 20.
$$N_p = \frac{Q}{Q_{\text{bandejas}}}$$

Datos:

Q: caudal de diseño: 49.113 L/s.

Q_{bandejas}: Caudal sobre cada bandeja: 0.050 L/s.

$$N_p = \frac{49.113}{0.050}$$

$$N_p = 983 \text{ perforaciones}$$

Se podrá disponer en cada bandeja de 1m^2 , 32 filas de 32 orificios dando un total de 1024 orificios

3.4.1.2. *Dimensionamiento del Vertedero triangular*

3.4.1.2.1. *Cálculo de la Altura del Vertedero triangular*

Ecuación 21.
$$Q = 1.420 H^{5/2}$$

Datos:

Q: Caudal en m^3/s ($0.049 \text{ m}^3/\text{s}$)

H: Altura de agua en el vertedero (m)

$$H = \left(\frac{Q}{1.420} \right)^{2/5}$$

$$H = 0.260 \text{ m}$$

3.4.1.2.2. *Ancho de la lámina vertiente y ancho del canal*

$$\text{Ecuación 22.} \quad L = 2 H$$

Datos:

H: Altura de agua en el vertedero: 0.260 m.

$$L = 2 \times 0.260$$

$$L = 0.520 \text{ m}$$

3.4.1.2.3. *Caudal promedio unitario*

$$\text{Ecuación 23.} \quad q = \frac{Q}{B}$$

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.049 m³/s.

B: altura del canal: 0.350 m.

$$q = \frac{0.049}{0.350}$$

$$q = 0.140 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$$

3.4.1.2.4. *Altura critica*

$$\text{Ecuación 24.} \quad h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Datos:

q: Caudal promedio unitario: 0.140 m³/s × m.

g: gravedad: 9.800 m²/s.

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0.140^2}{9.800}}$$

$$h_c = 0.126 \text{ m}$$

3.4.1.2.5. *Altura al inicio del resalto*

Ecuación 25.
$$h_1 = \frac{1.41 \times h_c}{\sqrt{2.56 + \frac{P}{h_c}}}$$

Datos:

P: altura desde el vértice del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: 1.00 m.

h_c: altura crítica: 0.126m.

$$h_1 = \frac{1.410 \times 0.126}{\sqrt{2.560 + \frac{1}{0.126}}}$$

$$h_1 = 0.055 \text{ m}$$

3.4.1.2.6. *Velocidad al inicio del resalto*

Ecuación 26.
$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

Datos:

q: Caudal promedio unitario: 0.140 m³/s × m.

h₁: altura al inicio del resalto: 0.055m.

$$V_1 = \frac{0.140}{0.055}$$

$$V_1 = 2.545 \text{ m/s}$$

3.4.1.2.7. *Número de Froude*

Ecuación 27.
$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}}$$

Datos:

h₁: altura al inicio del resalto: 0.055m.

V₁: Velocidad al inicio del resalto: 2.545m/s.

g: gravedad: 9.800 m²/s.

$$F_1 = \frac{2.545}{\sqrt{9.800 \times 0.055}}$$

$$F_1 = 3.467$$

3.4.1.2.8. *Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto*

Ecuación 28.
$$h_2 = \frac{h_1}{2} \times [\sqrt{1 + 8F_1} - 1]$$

Datos:

h₁: altura al inicio del resalto: 0.055m.

F₁: Número de Froude: 3.467

$$h_2 = \frac{0.055}{2} \times [\sqrt{1 + 8(3.467)} - 1]$$

$$h_2 = 0.120 \text{ m}$$

3.4.1.2.9. *Velocidad al final del resalto*

Ecuación 29.
$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

Datos:

q: Caudal promedio unitario: 0.140 m³/s × m.

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.120 m.

$$V_2 = \frac{0.140}{0.120}$$

$$V_2 = 1.166 \text{ m/s}$$

3.4.1.2.10. *Energía disipada en el resalto*

$$\text{Ecuación 30.} \quad \mathbf{h_p} = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 (h_1 \times h_2)}$$

Datos:

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.120 m.

h₁: altura al inicio del resalto: 0.055m.

$$h_p = \frac{(0.120 - 0.055)^3}{4 (0.055 \times 0.120)}$$

$$h_p = 0.010 \text{ m}$$

3.4.1.2.11. *Longitud del resalto*

$$\text{Ecuación 31.} \quad \mathbf{L_m} = 6(h_2 - h_1)$$

Datos:

h₂: Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.120m.

h₁: altura al inicio del resalto: 0.055m.

$$L_m = 6(0.120 - 0.055)$$

$$L_m = 0.390 \text{ m}$$

3.4.1.2.12. *Distancia del vertedero a la sección 1*

$$\text{Ecuación 32.} \quad \mathbf{L'} = 4.300 \mathbf{P} \left(\frac{h_c}{P} \right)^{0.900}$$

Datos:

P: altura desde el vértice del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: 1 m.

h_c: altura crítica: 0.126 m.

$$L' = 4.300 (1) \left(\frac{0.126}{1} \right)^{0.900}$$

$$L' = 0.666 \text{ m}$$

3.4.1.2.13. *Velocidad promedio en el resalto*

Ecuación 33.
$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Datos:

V₁: Velocidad al inicio del resalto: 2.545 m/s.

V₂: Velocidad al final del resalto: 1.166 m/s.

$$V_m = \frac{2.545 + 1.166}{2}$$

$$V_m = 1.855 \text{ m/s}$$

3.4.1.2.14. *Tiempo de mezcla*

Ecuación 34.
$$T = \frac{L_m}{V_m}$$

Datos:

V_m: Velocidad promedio en el resalto: 1.855 m/s.

L_m: Longitud del resalto: 0.390 m.

$$T = \frac{0.390}{1.855}$$

$$T = 0.210 \text{ s}$$

3.4.1.2.15. *Gradiente de velocidad*

Ecuación 35.
$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

Datos:

T: tiempo de mezcla: 0.210 s.

h_p: Energía disipada en el resalto: 0.010m.

$\sqrt{\gamma/\mu}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta: 2920.010 (ver Anexo 7)

$$G = 2920.010 \times \sqrt{\frac{0.010}{0.210}}$$

$$G = 0.637 \text{ s}^{-1}$$

3.4.1.3. *Diseño de Medidor de Caudal Parshall*

3.4.1.3.1. *Cálculo de la altura de flujo de agua (Ho)*

Ecuación 36. **Ho = K × Q^m**

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.049 m³/s

K: Constante adimensional: 1.276 (ver tabla 6)

m: Constante adimensional: 0.657 (ver tabla 6)

$$Ho = 1.276 \times 0.049^{0.657}$$

$$Ho = 0.175 \text{ m}$$

3.4.1.3.2. *Cálculo de la altura de cresta (Ha):*

Ecuación 37. **Ha = $\frac{\frac{1}{Q^{1.570 \times W^{0.026}}}}{(0.372 \times W)^{\frac{1}{1.570 \times W^{0.026}}} \times 3.281}$**

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.049 m³/s

W: Ancho de la garganta: 0.305m (tabla 6)

$$Ha = \frac{0.049^{\frac{1}{1.570 \times 0.305^{0.026}}}}{(0.372 \times 0.305)^{\frac{1}{1.570 \times 0.305^{0.026}}} \times 3.281}$$

$$Ha = 0.176 \text{ m}$$

3.4.1.3.3. *Cálculo de la altura de garganta (Hb): tomando*

Ecuación 38. $H_b = S \times H_a$

Datos:

W: Ancho de la garganta: 0.305m (ver Tabla 6.)

S : Sumergencia máxima: 0.700 m/m, (ver Tabla 5).

$$H_b = 0.700 \times 0.175$$

$$H_b = 0.123$$

Verificación de condición: $\frac{H_a}{W} \approx 0.400$ y 0.800

$$\frac{0.175}{0.305} = 0.574 \text{ Se cumple la condición}$$

3.4.1.3.4. *Cálculo de pérdida de carga*

Ecuación 39. $P = \frac{5.072}{(W + 4.570)^{1.460}} (1 - S)0.720 \times Q^{0.670}$

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.049 m³/s.

W = Ancho de la garganta: 0.305 m (ver Tabla 6.)

S = Sumergencia máxima: 0.700 m/m (ver Tabla 5.)

$$P = \frac{5.072}{(0.305+4.570)^{1.460}} (1 - 0.700)0.720 \times 0.049^{0.670}$$

$$P = 0.014 \text{ m}$$

3.4.1.3.5. *La velocidad en la sección de medición:*

Ecuación 40. $V_0 = \frac{Q}{H_0 \times D^1}$

Datos:

H₀: Altura de agua en la sección de medición: 0.175 m.

D¹: Ancho de la sección de medición: 0.845 m. (Dato asumido ver Anexo 8)

Q: Caudal de agua: 0.049 m³/s.

$$V_0 = \frac{0.049}{0.175 \times 0.845}$$

$$V_0 = 0.330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.4.1.3.6. *Carga Hidráulica disponible*

Ecuación 41.
$$E_0 = \frac{V_0^2}{2g} + H_0 + N$$

Datos:

V₀: Velocidad en la sección de medición: 0.330 m/s.

g: Gravedad: 9.800 m/s².

H₀: Altura de agua en la sección de medición: 0.176 m.

N: Dimensiones de la canaleta: 0.229 m ver (Dato asumido Anexo 8.).

$$E_0 = \frac{0.330^2}{(2 \times 9.800)} + 0.176 + 0.229$$

$$E_0 = 0.410 \text{ m}$$

3.4.1.4. *Determinación de Agente Coagulante*

Mediante una simple regla de tres obtenemos la cantidad de PAC a emplear en base a consideraciones que se establecen a continuación:

3.4.1.4.1. *Calculo de la cantidad requerida de PAC*

Ecuación 42.
$$\begin{array}{l} C_1 \longrightarrow P_1 \\ C_2 \longrightarrow X = P_2 \end{array}$$

Datos:

P₁: Cantidad inicial de PAC: 25 Kg

C₁: Concentración inicial de PAC: 0.015 g/L

C₂: Concentración de PAC requerido: 0.005g/L

$$P_2 = \frac{25 \times 0.005}{0.015}$$

$$P_2 = 8.330 \text{ kg}$$

3.4.1.4.2. *Calculo del Volumen requerido de agua*

Ecuación 43.
$$\begin{array}{ccc} P_1 & \longrightarrow & V_1 \\ P_2 & \longrightarrow & X = V_2 \end{array}$$

Datos:

P₁: Cantidad inicial de PAC: 25 Kg

V₁: Volumen de dilución inicial: 200 L

P₂: Cantidad de PAC requerido: 8.330 Kg

$$V_2 = \frac{8.330 \times 200}{25}$$

$$V_2 = 66.640 \text{ L}$$

3.4.1.4.3. *Concentración de la Solución*

Ecuación 44.
$$C_{Sln} = \frac{P_2}{V_2}$$

Datos:

V₂: Volumen de dilución requerido: 66.640 L

P₂: Cantidad de PAC requerido: 8330 g

$$C_{Sln} = \frac{8330}{66.640}$$

$$C_{Sln} = 125 \text{ g/L}$$

3.4.1.4.4. *Caudal de Dosificación*

Ecuación 45.
$$Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Sln}} \times Q_d$$

Datos:

C_{PAC}: Concentración de PAC: 0.005 g/L

C_{Sm}: Concentración de la solución: 125 g/L)

Q_d: Caudal de diseño: 176.806 m³/h)

$$Q_D = \frac{0.005}{125} \times 176.806$$

$$Q_D = 7.072 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

Transformando m³/h a ml/min para ver el goteo de la solución de PAC.

$$7.072 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 117.871 \text{ mL/min}$$

3.4.1.5. *Dimensionamiento del Floculador de flujo Horizontal*

El objetivo es de asegurar el esparcimiento del coagulante en todo el volumen de agua cruda, el coagulante en este caso es Policloruro de aluminio y el Auxiliar Aniónico, debe aplicarse sobre la sección de manera adecuada que permita que se mezclen los componentes.

3.4.1.5.1. *Longitud de canales*

Ecuación 46. $L_c = V \times T \times 60$

Datos:

T: Tiempo de retención: 15 min. (Valor asumido).

V: Velocidad del fluido: 0.150 m/s.

$$L_c = 0.150 \times 15 \times 60$$

$$L_c = 135 \text{ m}$$

3.4.1.5.2. *Área de los canales del floculador:*

Ecuación 47. $A = \frac{Q}{v}$

Datos:

Q: Caudal de agua: 0.049 m³/s.

V: Velocidad del fluido: 0.150 m/s.

$$A = \frac{0.049}{0.150}$$

$$A = 0.327 \text{ m}^2$$

3.4.1.5.3. *Ancho de canales del floculador*

$$\text{Ecuación 48.} \quad a = \frac{A}{H_u}$$

Datos:

A: Área de los canales del floculador: 0.327 m².

Hu: Altura de agua en la unidad: 0.900 m.

$$a = \frac{0.327 \text{ m}^2}{0.900 \text{ m}}$$

$$a = 0.363 \text{ m}$$

3.4.1.5.4. *Ancho de vueltas del floculador*

$$\text{Ecuación 49.} \quad d = 1.500 \times a$$

Datos:

a: Ancho de los canales de floculación: 0.363 m.

$$d = 1.500 \times 0.363$$

$$d = 0.545 \text{ m}$$

3.4.1.5.5. *Ancho del floculador*

$$\text{Ecuación 50.} \quad B = 3b + d$$

Datos:

b: Ancho útil de la lámina: 0.825 m. (constante establecida)

d: Ancho de los canales de floculación: 0.545 m.

$$B = (3 \times 0.825) + 0.545$$

$$B = 3.02 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

3.4.1.5.6. *Número de canales*

Ecuación 51.
$$N_c = \frac{L_c}{B}$$

Donde:

B: Ancho del floculador: 3 m.

L_c: Longitud de canales: 135 m.

$$N_c = \frac{135}{3}$$

$$N_c = 45 \text{ unidades}$$

3.4.1.5.7. *Longitud del floculador*

Ecuación 52.
$$L = (N_c \times a) + (N_c - 1) e$$

Datos:

N_c: Número de canales: 45 unidades.

a: Ancho de los canales de floculación: 0.363 m.

e: Espesor de las láminas: 0.12 m.(valor asumido)

$$L = (45 \times 0.363) + (45 - 1) \times 0.12$$

$$L = 21.615 \text{ m} \approx 22 \text{ m}$$

3.4.1.5.8. *Perímetro mojado de las secciones del tramo*

Ecuación 53. $P = 2Hu + a$

Datos:

Hu: Altura de agua en la unidad: 0.900 m.

a: Ancho de los canales de floculación: 0.363 m.

$$P = (2 \times 0.900) + 0.363$$

$$P = 2.163$$

3.4.1.5.9. *Radio medio hidráulico*

Ecuación 54. $r = \frac{A}{P}$

Datos:

A: Área de los canales del floculador: 0.327 m².

P: Perímetro mojado de las secciones: 2.163 m.

$$r = \frac{0.327}{2.163}$$

$$r = 0.151 \text{ m}$$

3.4.1.5.10. *Perdida de carga continua en los canales*

Ecuación 55. $h_1 = \left[\frac{n \cdot V}{r^{2/3}} \right]^2 * L_c$

Datos:

V: Velocidad del fluido: 0.150 m/s.

n : coeficiente de Manning: 0.013 (Anexo 10)

r: radio medio hidráulico: 0.151 m.

Lc: Longitud de canales: 135 m.

$$h_1 = \left[\frac{0.013 \cdot 0.150}{0.151^{2/3}} \right]^2 \times (135)$$

$$h_1 = 0.006 \text{ m}$$

3.4.1.5.11. *Perdida de carga continua en las vueltas*

Ecuación 56.
$$h_2 = \frac{K \times V^2 (N_c - 1)}{2g}$$

Datos:

K: Coeficiente de pérdida de carga en las vueltas: 2 unidades.

V: Velocidad del fluido: 0.150 m/s.

N_c: Número de canales: 45 unidades.

g: Aceleración de la gravedad: 9.800 m/s².

$$h_2 = \frac{2 \times (0.150)^2 \times (45 - 1)}{2 \times 9.800}$$

$$h_2 = 0.101 \text{ m}$$

3.4.1.5.12. *Perdida de carga total en el último tramo*

Ecuación 57.
$$h_f = h_1 + h_2$$

Datos:

h₂: pérdida de la carga en los canales: 0.101 m.

h₁: Pérdida de carga en las vueltas: 0.006 m.

$$h_f = 0.006 + 0.101$$

$$h_f = 0.107 \text{ m}$$

3.4.1.5.13. *Gradiente de velocidad*

Ecuación 58.
$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{h_f}{T}}$$

Datos:

T: temperatura del agua de 15°C.

$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$: Relación peso específico y viscosidad absoluta: 2 920.010 (Ver Anexo 8.)

hf: Pérdida de carga total: 0.107 m.

T: Tiempo de retención: 15 min.

G: Gradiente de velocidad, (s⁻¹).

$$G = 2920.0100 \sqrt{\frac{0.107}{15 \times 60}}$$

$$G = 31.839 \text{ s}^{-1}$$

3.4.1.6. Dimensionamiento del Sedimentador Laminar de alta Tasa

Los criterios para el respectivo análisis del sedimentador laminar son las siguientes: la característica crítica de funcionamiento (Sc) es 1.00 para láminas paralelas, ángulo inclinado de 60°C para facilitar que los lodos sedimentados se deslicen hacia el fondo del tanque, la separación entre cada placa ira desde 5 a 8 cm, la carga superficial (Cs) recomendada es de 60 a 300 m³/m²d, el tiempo de residencia debe ser menor a 15 min, número de Reynolds debe ser menor a 500.

3.4.1.6.1. Área de sedimentación

$$\text{Ecuación 59.} \quad CS = \frac{Q}{As}$$

Datos:

CS: Carga superficial de sedimentación: 95 m³/m²d. (Valor asumido).

Q: Caudal de diseño: 0.049 m³/s.

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

$$As = \frac{0.049}{95}$$

$$As = 44.667\text{m}^2 \approx 45 \text{ m}^2$$

3.4.1.6.2. Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas

$$\text{Ecuación 60.} \quad v_o = \frac{Q}{As \times \text{Sen}\theta}$$

Datos:

Q: Caudal de diseño: 0.049 m³/s.

As: Área de sedimentación: 45 m².

θ: Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60° respecto a la horizontal.

$$v_o = \frac{0.049 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{45 \text{ m}^2 \times \text{Sen}60^\circ}$$

$$v_o = 1.260 * 10^{-3} \text{ m/s} \approx 0.126 \text{ cm/s}$$

3.4.1.6.3. *Longitud relativa del sedimentador*

Ecuación 61. $L_r = \frac{l}{dp}$

Datos:

l: Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1.200 m. (valor asumido)

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0.06 m. (valor asumido)

$$L_r = \frac{1.200 \text{ m}}{0.06 \text{ m}}$$

$$L_r = 20 \text{ m}$$

3.4.1.6.3.1. *Número de Reynolds*

Ecuación 62. $Re = \frac{v_o \times dp}{\nu}$

Datos:

Se trabaja con una temperatura del agua de 15°C

v_o: Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: 1.403 × 10⁻³ m/s.

dp: Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0.060 m. (valor asumido)

ν: Viscosidad cinemática: 1.139 × 10⁻⁶ m²/s. (Dato asumido Anexo 8)

$$Re = \frac{1.260 \times 10^{-3} \times 0.060}{1.139 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 66.374$$

3.4.1.6.4. *Longitud de transición*

$$\text{Ecuación 63.} \quad L' = 0.013 \times Re$$

Datos:

Re: Número de Reynolds: 66.374

$$L' = 0.013 \times 66.374$$

$$L' = 0.863 \text{ m}$$

3.4.1.6.5. *Longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición*

$$\text{Ecuación 64.} \quad L_{cr} = L_r - L'$$

Datos:

L_r: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa: 20 m

L': Longitud de transición: 0.863 m

$$L_{cr} = 20 - 0.863$$

$$L_{cr} = 19.137 \text{ m}$$

3.4.1.6.6. *Velocidad de sedimentación crítica*

$$\text{Ecuación 65.} \quad V_{sc} = \frac{S_c \times v_o}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)}$$

Datos:

S_c: Parámetro característico; igual a 1.0 para sedimentadores de placas paralelas.

v_o: Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: 121.219 m/día.

θ Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60° respecto a la horizontal.

L_{cr}: Longitud relativa del sedimentador de alta tasa: 19.137 m

$$V_{sc} = \frac{1 \times 121.219}{\text{Sen}60^\circ + (19.137 \times \text{Cos}60^\circ)}$$

$$V_{sc} = 11.617 \text{ m/d} \approx 0.013 \text{ cm/s}$$

3.4.1.6.7. *Tiempo de retención en las placas*

Ecuación 66.
$$t_{rp} = \frac{l}{v_o}$$

Datos:

l : Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1.200 m.(Valor asumido).

v_o: Velocidad promedio del fluido en el sedimentador: $1.403 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

$$t_{rp} = \frac{1.200}{1.403 \times 10^{-3}}$$

$$t_{rp} = 855.310 \text{ s} \approx 14.255 \text{ min}$$

3.4.1.6.8. *Tiempo de retención en el tanque de sedimentación*

Ecuación 67.
$$t_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s \times H_s}{Q}$$

Datos:

Q: Caudal de diseño: $0.049 \text{ m}^3/\text{s}$.

H_s: Altura total: 2.500 m (asumido)

A_s: Área de sedimentación: 40.413 m^2 .

$$t_s = \frac{40.413 \times 2.500}{0.049}$$

$$t_s = 2\,057.144 \text{ s} \approx 34.286 \text{ min}$$

3.4.1.6.9. *Ancho del sedimentador*

Ecuación 68.
$$b_s = \sqrt{\frac{A_s}{5}}$$

Datos:

As: área del sedimentador: 40.413 m².

$$b_s = \sqrt{\frac{40.413}{5}}$$

$$b_s = 2.843 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

3.4.1.6.10. *Longitud de sedimentación*

Ecuación 69. $L_s = \frac{A_s}{b_s}$

Datos:

As: Área de sedimentación: 40.413 m².

bs: Ancho del sedimentador: 2.843 m.

$$L_s = \frac{40.413}{2.843}$$

$$L_s = 14.215 \text{ m} \approx 14 \text{ m}$$

3.4.1.6.11. *Número de placas por módulo*

Ecuación 70. $N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + ds}{ds + ep}$

Datos:

Ls: Longitud de sedimentación: 14.215 m.

θ: Ángulo de inclinación de las placas: 60°

ds: Separación entre placas: 0.060 m.

ep: Espesor de las placas: 0.010 m.

$$N_p = \frac{(14.215 \times \text{Sen}60) + 0.060}{0.060 + 0.010}$$

$$N_p = 176.722 \approx 177 \text{ placas}$$

3.4.1.6.12. *Volumen del sedimentador*

Ecuación 71. $Vd = Ls \times a_s \times h$

Datos:

Ls: longitud del sedimentador: 14 m.

as: ancho del sedimentador: 3 m.

h: altura del sedimentador: 2.500 m.

$$Vd = 14 \times 3 \times 2.500$$

$$Vd = 105 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento de altura:

Hsp: Altura del agua sobre las placas: 0.450 m (asumido)

Hp: Altura de placas (1.200 x Sen 60°): 1.040 m

Hdp: Altura por debajo de las placas: 1.010 m (asumido)

3.4.1.7. *Dimensionamiento de Filtros Lento de Arena y Grava*

Los filtros han sido planteados para un caudal de 0.049 m³/s y con una turbiedad mínima de 15.320 NTU. El lecho filtrante estará compuesto de grava y arena.

Tabla 15: PARÁMETROS DE DISEÑO DE FLA

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Altura de agua sobrenadante	1.500	m
Profundidad del medio filtrante (arena)	1.500	m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	1.000	m
Granulometría del medio filtrante	0.500	mm

Realizado por Jenniffer Girón

3.4.1.7.1. *Superficie filtrante requerida*

Ecuación 72. $Sf = \frac{Q}{Tf}$

Datos:

Q: caudal de diseño: 176.806 m³/h

Tf: Tasa de filtración (0.400 m³/m²h) asumido

$$Sf = \frac{176.806 \text{ m}^3/\text{h}}{0.400 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}}$$

$$Sf = 442.015 \text{ m}^2$$

3.4.1.7.2. *Área de filtración*

Ecuación 73. $Af = \frac{St}{n}$

Datos:

Sf: Superficie filtrante requerida: 442.015 m²

n: número de filtros deseados: 3 unidades.

$$Af = \frac{442.015}{3}$$

$$Af = 147.340 \text{ m}^2$$

3.4.1.7.3. *Determinación del número de módulos de filtración*

Ecuación 74. $nf = 0.5 \times \sqrt[3]{Af}$

Datos:

Af: Área filtrante: 147.340 m².

$$nf = 0.5 \times \sqrt[3]{147.340}$$

$$nf = 2.640 \approx 3 \text{ unidades}$$

3.4.1.7.4. *Determinación del área de cada unidad*

Ecuación 75. $A_i = \frac{Af}{nf}$

Datos:

Af: Área de filtración: 147.340 m².

nf : Número de filtros calculado: 3 unidades.

$$A_i = \frac{147.340}{3}$$

$$A_i = 49.113 \text{ m}^2$$

3.4.1.7.5. *Determinación de las dimensiones del filtro*

3.4.1.7.5.1. *Determinación de la longitud de la unidad*

Ecuación 76.
$$a_f = \left(\frac{2 \times nf \times A_i}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

Datos:

Ai: Área de la unidad: 49.113 m².

nf: Número total de unidades de filtración: 3

$$a_f = \left(\frac{2 \times 3 \times 49.113}{2 \times 3} \right)^{0.5}$$

$$a_f = 7 \text{ m}$$

3.4.1.7.5.2. *Cálculo para el ancho de la unidad*

Ecuación 77.
$$b_f = \left[\frac{(nf+1) \times A_i}{2 \times nf} \right]^{0.5}$$

Datos:

Ai: área de unidad filtrante: 49.113 m².

nf: Número total de unidades de filtración: 3 unidad.

$$b_f = \left[\frac{(3 + 1) \times 49.113}{2 \times 3} \right]^{0.5}$$

$$b_f = 5.722 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$$

$$b_f = 2 \text{ m c/u}$$

3.4.1.7.5.3. *Cálculo de la longitud total de pared*

Ecuación 78.
$$L_{t_p} = (2 \times b_f \times n_f) + a_f \times (n_f + 1)$$

Datos:

nf: Número total de unidades de filtración: 3unidad.

b_f: Ancho de la unidad: 6 m.

a_f: longitud de filtración : 7 m.

$$L_{t_p} = (2 \times 6 \times 3) + 7 \times (3 + 1)$$

$$L_{t_p} = 64 \text{ m}$$

3.4.1.7.5.4. *Cálculo de longitud total mínima de pared*

Ecuación 79.
$$L_m = 2 \times a_f \times (n_f + 1)$$

Datos:

nf: Número total de unidades de filtración: 3 unidad.

a_f: Longitud de pared común por unidad: 7 m.

$$L_m = 2 \times 7 \times (3 + 1)$$

$$L_m = 56 \text{ m}$$

3.4.1.7.5.5. *Tubería de entrada al filtro*

Ecuación 80.
$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

Datos:

Q_i: Caudal de diseño para cada filtro (0.016 m³/s)

v: Velocidad en la tubería (2m/s) asumido

D: Diámetro de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.016)}{2 * \pi}}$$

$$D = 0.100\text{m} \approx 100 \text{ mm}$$

3.4.1.7.6. Sistema de drenaje

Para la estructura de salida de los filtros utilizaremos una tubería de 100 mm perforada a través de la cual se almacenará el agua filtrada.

Los parámetros manejados para el diseño del sistema de drenajes se los demuestran en el Anexo j:

3.4.1.7.6.1. Diámetro de los orificios laterales

Tomando en cuenta los parámetros de diseño asumimos que:

$$D = 8\text{mm}$$

3.4.1.7.6.2. Área de cada orificio

$$\text{Ecuación 81.} \quad A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Datos:

D: Diámetro de la tubería: 0.0065 m.

$$A_o = \frac{\pi * (0.008)^2}{4}$$

$$A_o = 5.020 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

3.4.1.7.6.3. Caudal que ingresa a cada orificio

$$\text{Ecuación 82.} \quad Q_o = A_o * v_o$$

Datos:

v_o : Velocidad en el orificio: 3 m/s. (Valor asumido Anexo 10).

A_o : Área de cada orificio: $5.020 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

$$Q_o = 5.020 * 10^{-5} \times 3$$

$$Q_o = 1.510 * 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$$

3.4.1.7.6.4. *Numero de laterales*

Ecuación 83. $\# \text{ Laterales} = n \times \frac{L_{tp}}{el}$

Datos:

L_{tp}: Longitud total del filtro: 64 m

el: Separación entre laterales: 1m. (Valor asumido Anexo 10)

n: número de laterales por lado: 2 (valor asumido)

$$\# \text{ Laterales} = 2 * \frac{64}{1}$$

$$\# \text{ Laterales} = 128$$

3.4.1.7.6.5. *Separación entre orificios*

Ecuación 84. $\# \text{orificios/ Laterales} = 2 * \frac{Ll}{e}$

Datos:

Ll: Longitud de cada lateral: 3m (valor asumido)

e: Espacio entre orificios: 0.075m (valor asumido)

$$\# \text{orificios/ Laterales} = 2 * \frac{3}{0.075}$$

$$\# \text{orificios/ Lateral} = 80$$

3.4.1.7.6.6. *Número total de orificios*

Ecuación 85. $\# \text{total de orificios} = \# \text{laterales} * \# \text{ orificios/Laterales}$

Datos:

Laterales = 128

#orificios/ Lateral =80

$$\#total \text{ de orificios} = 128 * 80$$

$$\#total \text{ de orificios} = 10\ 240$$

3.4.1.7.6.7. *Área total de orificios*

Ecuación 86. $A_{to} = A_o \times \#total \text{ de orificios}$

Datos:

Ao: Área de cada orificio: $5.020 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

#total de orificios: 10 240 orificios.

$$A_{to} = (5.020 \times 10^{-5} \text{ m}) \times 10\ 240$$

$$A_{to} = 0.514 \text{ m}^2$$

3.4.1.7.6.8. *Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0.0015-0.005)*

Ecuación 87. $\frac{A_{to}}{A_f}$

Datos:

Ato: Área total de orificios: 0.514 m^2 .

Af: Área de filtración: 147.340 m^2 .

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0.514}{147.340}$$

$$\frac{A_{to}}{A_f} = 0.003 \text{ si cumple}$$

3.4.1.8. *Desinfección con Hipoclorito de Calcio*

3.4.1.8.1. *Cantidad de HTH lb/día*

Ecuación 88. $m = 0.012 \times Q_d \times C$

Datos:

0.012: Constante adimensional

Q: Caudal de diseño, 794.980 gpm

C: Concentración de HTH: 1.200 mg/L recomendado por E.P-EMAPAG

$$m = 0.012 \times 794.980 \times 1.200$$

$$m = 11.448 \text{ lb/día HTH} \approx 5.200 \text{ kg/día HTH}$$

3.4.1.8.2. *Volumen de HTH*

Ecuación 89. $V = \frac{m}{\delta}$

Datos:

m: Cantidad de HTH: 5.200 Kg/día

ρ_{HTH} : Densidad de HTH: 0.8 kg/L

$$V = \frac{5.200}{0.800}$$

$$V = 6.5 \text{ L/día}$$

3.4.1.8.3. *Volumen de HTH al 65%*

Ecuación 90. $V \rightarrow 8.500\%$
 $X = V_1 \rightarrow 65\%$

Datos:

V: Volumen de HTH: 6.500 L/día

$$V_1 = \frac{6.500 \times 65\%}{8.500\%}$$

$$V_1 = 49.700 \text{ L} + 6.500 \text{ L}$$

$$V_1 = 56.200 \text{ L}$$

3.4.1.8.4. *Volumen de agua requerida para diluir la solución madre*

Ecuación 91. $C_1V_1 = C_2V_2$

Datos:

V1: Volumen, solución madre: 56.200 L

C1: concentración de la dosificación de HTH: 1.200mg/L)

C2: concentración de HTH: 0.65 mg/L

$$V_2 = \frac{1.200 * 56.200}{0.650}$$

$$V_2 = 103.750 \text{ L}$$

3.4.1.8.5. *Volumen total de la solución*

Ecuación 92. $V_T = V_1 + V_2$

Datos:

V1: Volumen (solución madre: 56.200L)

V2: Volumen de agua para diluir la solución madre: 103.750 L

$$V_t = 103.750 + 56.200$$

$$V_t = 159.950 \text{ L}$$

Transformando L/día a ml/min para ver el goteo de la solución de HTH.

$$159.950 \frac{\text{L}}{\text{día}} * \frac{1000\text{ml}}{1\text{L}} * \frac{1 \text{ día}}{24\text{h}} * \frac{1\text{h}}{60\text{min}}$$

$$Q_D = 111 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

3.5. Resultados

3.5.1. Proyección Futura

Tabla 16: RESULTADOS PROYECCIÓN FUTURA (2029)

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Población Futura	Nt	9 605	habitantes
Dotación Básica	DB	192	L/hab*día
Dotación Futura	DF	226.560	L/hab*día
Consumo medio diario	Cmd	25.186	L/s
Consumo máximo diario	CMD	32.742	L/s
Consumo máximo horario	CMH	52.387	L/s
Caudal De Captación	Qcaptación	49.113	L/s

Realizado por Jenniffer Girón

3.5.2. Resultados Procesos de Potabilización

Tabla 17: RESULTADOS DE TORRES DE AIREACIÓN

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área total del aireador	At	17	m ²
Altura Total	H aireador	2.250	m
Área de cada bandeja	A bandeja	1	m ²
Número de bandejas	N bandejas	15	unidades
Separación entre bandejas	Sb	0.300	m
Ancho de cada bandeja	Ab	0.150	m
Número de torres	N torres	3	torres
Tiempo de exposición	T	1.515	s

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 18: RESULTADOS MEZCLADO RÁPIDO

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Altura del vertedero triangular	H	0.260	m
altura de cresta	Ha	0.176	m
altura de garganta	Hb	0.123	m
pérdida de carga	P	0.014	m
Velocidad en la sección de medición	Vo	0.330	m
Carga Hidráulica	Eo	0.410	m

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 19: RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE AGENTE COAGULANTE

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Concentración de PAC	C _{PAC}	0.005	g/L
Cantidad de PAC a diluir	P _{n2}	8.330	Kg
Volumen de agua para diluir	V ₂	66.640	L
Caudal de dosificación	Q _D	117.871	mL/min

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 20: RESULTADOS DEL FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área de canales	A	0.327	m ²
Longitud de canales	L _c	135	m
Ancho de canales	A	0.363	m
Ancho de vueltas del floculador	D	0.545	m
Ancho del Floculador (c/u)	B	3	m
Longitud del Floculador (c/u)	L	22	m
Profundidad del floculador	Pf	1	m
Número de canales	N	45	unidades
Perdida de carga continua en los canales	h ₁	0.006	m
Perdida de carga continua en las vueltas	h ₂	0.101	m
Perdida de carga total	Hf	0.107	m
Gradiente de Velocidad	G	31.839	s ⁻¹

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 21: RESULTADOS SEDIMENTADOR LAMINAR DE ALTA TASA

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área de Sedimentación	As	45	m ²
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	Vo	0.126	cm/s
Velocidad de sedimentación crítica	Vsc	0.014	cm/s
Longitud del Sedimentador (c/u)	Ls	14	m
Ancho del Sedimentador (c/u)	Bs	3	m
Tiempo de retención en las placas	t _{rp}	855.310	s
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	Ts	2057.144	S
Número de placas	Np	177	placas
Volumen del Sedimentador	Vd	105	m ³
Dimensionamiento:			
Altura del agua sobre las placas	Hap	0.450	m
Altura de placas	Hp	1.040	m
Altura por debajo de las placa	Hdp	1.010	m

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 22: RESULTADOS DE FILTRO LENTO DE ARENA (FLA)

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Profundidad del medio filtrante (arena)	P arena	1.500	m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	P grava	1.000	m
Altura de agua Sobrenadante	h agua	1.500	m
Granulometría del medio filtrante	Gf	0.500	mm
Superficie filtrante	Sf	442	m ²
Número de filtros	Nf	3	Unidades
Área de Filtración	Af	147.340	m ²
Área de cada unidad	Ai	49.113	m ²
Longitud de filtración	af	7	m
Ancho total de filtración	bf	6	m
Diámetro de la tubería al ingreso	D	100	mm
Diámetro de la tubería a la salida	Ds	65	mm

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 23: RESULTADOS DE LA DOSIFICACIÓN DE HTH

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Cantidad de HTH	m	11.448	lb/día
Volumen de HTH (Solución madre)	V ₁	56.200	L
Volumen de agua	V ₂	103.750	L
Volumen total de la solución	V _t	159.950	L
Caudal de dosificación	Q _D	111	ml/min

Realizado por Jenniffer Girón

3.5.3. Resultados de la Prueba de Jarras

Tabla 24: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 15.320 NTU

TURBIEDAD 15.320 NTU						
Conc. Auxiliar	Conc. PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux. (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.500	1.590	2.420	3.060
0.800	0.010	2.000	1.000	0.900	1.220	0.150
0.800	0.010	3.000	1.500	2.090	3.350	3.220
0.800	0.010	4.000	2.000	2.220	3.780	3.370
0.800	0.020	1.000	0.500	2.360	4.250	3.520
0.800	0.020	2.000	1.000	2.500	4.750	3.680
0.800	0.020	3.000	1.500	2.640	5.290	3.830
0.800	0.020	4.000	2.000	2.790	5.850	3.980
0.800	0.030	1.000	0.500	2.940	6.470	4.140
0.800	0.030	2.000	1.000	3.090	7.100	4.290
0.800	0.030	3.000	1.500	3.240	7.780	4.440
0.800	0.030	4.000	2.000	3.400	8.510	4.600
0.800	0.040	1.000	0.500	3.560	9.260	4.750
0.800	0.040	2.000	1.000	3.720	10.050	4.900
0.800	0.040	3.000	1.500	3.900	10.910	5.060
0.800	0.040	4.000	2.000	4.120	11.950	5.210

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P – EMAPAG

Tabla 25: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 28.000 NTU

TURBIEDAD 28.000 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	2.910	1.510	5.320
0.800	0.010	2.000	1.250	4.410	3.310	5.880
0.800	0.010	3.000	1.750	1.270	1.080	0.280
0.800	0.010	4.000	2.250	6.040	5.920	6.160
0.800	0.020	1.000	0.750	4.310	2.890	5.320
0.800	0.020	2.000	1.250	4.570	3.110	5.040
0.800	0.020	3.000	1.750	4.830	3.330	4.760
0.800	0.020	4.000	2.250	5.100	3.570	4.480
0.800	0.030	1.000	0.750	5.370	3.810	4.200
0.800	0.030	2.000	1.250	5.640	4.060	3.920
0.800	0.030	3.000	1.750	5.930	4.330	3.640
0.800	0.030	4.000	2.250	6.220	4.600	3.360
0.800	0.040	1.000	0.750	6.510	4.880	3.080
0.800	0.040	2.000	1.250	6.810	5.180	2.800
0.800	0.040	3.000	1.750	7.110	5.480	2.520
0.800	0.040	4.000	2.250	7.430	5.790	2.240

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 26: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 38.270 NTU

TURBIEDAD 38.27 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	1.450	5.090	7.650
0.800	0.010	2.000	1.250	1.450	4.920	8.040
0.800	0.010	3.000	1.750	1.560	5.150	9.180
0.800	0.010	4.000	2.250	1.350	4.310	8.420
0.800	0.020	1.000	0.750	1.320	4.090	8.800
0.800	0.020	2.000	1.250	1.220	1.460	0.540
0.800	0.020	3.000	1.750	0.870	2.700	4.590
0.800	0.020	4.000	2.250	1.000	2.890	4.980
0.800	0.030	1.000	0.750	1.210	3.250	5.740
0.800	0.030	2.000	1.250	1.380	3.440	6.250
0.800	0.030	3.000	1.750	1.570	3.610	6.820
0.800	0.030	4.000	2.250	1.780	3.730	7.400
0.800	0.040	1.000	0.750	1.990	3.790	7.970
0.800	0.040	2.000	1.250	2.220	3.780	8.550
0.800	0.040	3.000	1.750	2.460	3.690	9.120
0.800	0.040	4.000	2.250	2.720	3.530	9.700

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 27: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 39.330 NTU

TURBIEDAD 39.330 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	1.570	3.920	7.470
0.800	0.010	2.000	1.250	1.560	3.740	7.080
0.800	0.010	3.000	1.750	1.540	3.540	6.690
0.800	0.010	4.000	2.250	1.510	3.320	6.290
0.800	0.020	1.000	0.750	1.480	3.100	5.900
0.800	0.020	2.000	1.250	1.430	2.870	5.510
0.800	0.020	3.000	1.750	0.890	1.680	0.590
0.800	0.020	4.000	2.250	1.500	3.740	7.870
0.800	0.030	1.000	0.750	1.490	3.570	8.260
0.800	0.030	2.000	1.250	1.460	3.350	8.650
0.800	0.030	3.000	1.750	1.450	3.190	9.050
0.800	0.030	4.000	2.250	1.420	2.970	9.440
0.800	0.040	1.000	0.750	1.380	2.750	9.830
0.800	0.040	2.000	1.250	1.330	2.530	10.230
0.800	0.040	3.000	1.750	1.270	2.290	10.620
0.800	0.040	4.000	2.250	1.210	2.060	11.010

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 28: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 45.000 NTU

TURBIEDAD 45.000 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	6.840	5.810	3.600
0.800	0.010	2.000	1.250	5.670	4.760	3.150
0.800	0.010	3.000	1.750	4.590	3.810	12.600
0.800	0.010	4.000	2.250	3.600	2.950	9.000
0.800	0.020	1.000	0.750	2.700	2.190	1.800
0.800	0.020	2.000	1.250	1.890	1.510	1.350
0.800	0.020	3.000	1.750	2.050	1.620	23.400
0.800	0.020	4.000	2.250	1.800	1.330	0.360
0.800	0.030	1.000	0.750	1.700	1.680	11.250
0.800	0.030	2.000	1.250	1.680	1.680	7.650
0.800	0.030	3.000	1.750	1.660	1.670	7.200
0.800	0.030	4.000	2.250	1.620	1.650	20.250
0.800	0.040	1.000	0.750	1.580	1.620	6.300
0.800	0.040	2.000	1.250	1.520	1.580	5.850
0.800	0.040	3.000	1.750	1.460	1.530	11.250
0.800	0.040	4.000	2.250	1.390	1.470	4.950

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 29: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 58.360 NTU

TURBIEDAD 58.360 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	3.370	6.410	5.600
0.800	0.010	2.000	1.250	3.340	6.020	13.420
0.800	0.010	3.000	1.750	3.310	5.630	4.090
0.800	0.010	4.000	2.250	3.270	5.230	8.750
0.800	0.020	1.000	0.750	3.230	4.850	4.200
0.800	0.020	2.000	1.250	3.200	4.470	4.260
0.800	0.020	3.000	1.750	3.150	4.100	8.750
0.800	0.020	4.000	2.250	3.110	3.730	4.380
0.800	0.030	1.000	0.750	1.310	2.480	0.290
0.800	0.030	2.000	1.250	4.710	8.010	5.540
0.800	0.030	3.000	1.750	4.700	7.530	14.590
0.800	0.030	4.000	2.250	4.700	7.050	7.000
0.800	0.040	1.000	0.750	4.690	6.570	14.590
0.800	0.040	2.000	1.250	4.680	6.090	5.780
0.800	0.040	3.000	1.750	4.670	5.610	20.130
0.800	0.040	4.000	2.250	4.650	5.120	5.890

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 30: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 84.250 NTU

TURBIEDAD 84.25 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	12.550	23.840	8.260
0.800	0.010	2.000	1.250	10.120	18.220	6.570
0.800	0.010	3.000	1.750	3.940	6.700	2.530
0.800	0.010	4.000	2.250	11.580	18.530	7.330
0.800	0.020	1.000	0.750	3.500	5.260	2.190
0.800	0.020	2.000	1.250	3.280	4.590	2.020
0.800	0.020	3.000	1.750	8.980	11.680	5.480
0.800	0.020	4.000	2.250	2.800	3.360	1.690
0.800	0.030	1.000	0.750	4.530	4.980	2.700
0.800	0.030	2.000	1.250	5.440	5.440	3.200
0.800	0.030	3.000	1.750	1.310	1.470	0.510
0.800	0.030	4.000	2.250	5.960	10.140	4.970
0.800	0.040	1.000	0.750	6.350	9.530	4.890
0.800	0.040	2.000	1.250	8.020	10.430	5.730
0.800	0.040	3.000	1.750	10.740	11.820	7.160
0.800	0.040	4.000	2.250	10.510	9.460	6.570

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 31: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 95.680 NTU

TURBIEDAD 95.680 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	3.400	3.600	1.440
0.800	0.010	2.000	1.250	4.400	7.210	2.680
0.800	0.010	3.000	1.750	6.980	6.770	3.730
0.800	0.010	4.000	2.250	6.270	6.650	6.600
0.800	0.020	1.000	0.750	4.430	3.010	3.540
0.800	0.020	2.000	1.250	4.020	3.140	7.180
0.800	0.020	3.000	1.750	5.020	5.310	9.470
0.800	0.020	4.000	2.250	3.220	3.470	1.720
0.800	0.030	1.000	0.750	3.390	3.730	2.200
0.800	0.030	2.000	1.250	5.530	5.480	3.640
0.800	0.030	3.000	1.750	4.970	4.670	2.390
0.800	0.030	4.000	2.250	1.500	2.280	0.480
0.800	0.040	1.000	0.750	3.190	6.030	5.550
0.800	0.040	2.000	1.250	4.420	6.810	6.600
0.800	0.040	3.000	1.750	6.490	6.360	7.460
0.800	0.040	4.000	2.250	8.730	5.060	9.090

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P – EMAPAG

Tabla 32: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 130.84 NTU

TURBIEDAD 130.840 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	20.020	13.610	111.210
0.800	0.010	2.000	1.250	14.460	12.580	85.050
0.800	0.010	3.000	1.750	12.350	9.260	77.200
0.800	0.010	4.000	2.250	10.210	6.530	68.040
0.800	0.020	1.000	0.750	9.160	6.230	65.420
0.800	0.020	2.000	1.250	7.650	5.970	58.880
0.800	0.020	3.000	1.750	6.750	6.010	56.260
0.800	0.020	4.000	2.250	6.040	4.590	54.950
0.800	0.030	1.000	0.750	4.980	4.880	49.720
0.800	0.030	2.000	1.250	4.120	3.790	45.790
0.800	0.030	3.000	1.750	3.350	2.850	41.870
0.800	0.030	4.000	2.250	2.660	2.550	37.940
0.800	0.040	1.000	0.750	1.410	1.400	23.550
0.800	0.040	2.000	1.250	1.940	4.920	0.650
0.800	0.040	3.000	1.750	9.890	5.740	70.650
0.800	0.040	4.000	2.250	7.120	6.260	88.970

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

Tabla 33: PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS QUE PRESENTARON VARIACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA TURBIEDAD 140.65 NTU

TURBIEDAD 140.650 NTU						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.800	0.010	1.000	0.750	17.520	58.800	125.180
0.800	0.010	2.000	1.250	15.910	54.470	122.370
0.800	0.010	0.800	1.750	10.970	50.160	91.420
0.800	0.010	4.000	2.250	10.370	45.870	94.240
0.800	0.020	1.000	0.750	8.160	41.600	81.580
0.800	0.020	2.000	1.250	8.100	37.350	90.020
0.800	0.020	3.000	1.750	7.540	33.120	94.240
0.800	0.020	4.000	2.250	6.300	28.910	90.020
0.800	0.030	1.000	0.750	4.890	24.720	81.580
0.800	0.030	2.000	1.250	3.310	20.550	66.110
0.800	0.030	3.000	1.750	1.970	16.400	49.230
0.800	0.030	4.000	2.250	2.030	12.270	67.510
0.800	0.040	1.000	0.750	1.940	8.160	97.050
0.800	0.040	2.000	1.250	1.010	4.070	101.270
0.800	0.040	3.000	1.750	1.490	3.830	0.560
0.800	0.040	4.000	2.250	2.320	7.150	21.100

Realizado por Jenniffer Girón

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P - EMAPAG

3.5.4. Resultados de la Caracterización Física-Química y Microbiológica antes y después del tratamiento de Potabilización.

Tabla 34: CARACTERIZACIÓN SECUNDARIA SEMANA 1 (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS)

PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	07-abr		10-abr		11-abr	
COLOR	UTC	15	5.000	1.000	8.000	1.000	10.000	1.000
TURBIEDAD	NTU	5	15.320	35,000	38.270	0.540	84.250	0.510
pH	.....	6.50 - 8.50	7.520	7,120	7.090	7.210	6.570	7.160
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	190.650	98,250	133.400	92.610	180,570	109.200
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1 000	110.750	42.630	63.500	38.520	86,420	54.360
TEMPERATURA	° C	.....	13.560	13.090	15.460	12.650	15,640	14.820
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	50	1.000	0.950	1.800	1.130	1.700	0.960
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.20	0.006	0.006	0.006	0.006	0.008	0.006
F OSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	.....	0,650	0,650	0,680	0,580	0,540	0,450
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	200	2,000	1,000	1,000	0,960	1,000	0,680
FLUORUROS (F)	mg/L	1.50	0,490	0,360	0,420	0,350	0,480	0,420
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.30	0,320	0,090	0,380	0,070	0,400	0,050
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.40	0,068	0,015	0,038	0,010	0,062	0,016
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.05	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007
COBRE (Cu)	mg/L	2	0,050	0,040	0,050	0,020	0,030	0,020
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	300	52,000	50,000	40,000	36,000	54,000	48,000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.25	0,009	0,009	0,008	0,007	0,008	0,006
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	250	0,920	0,850	0,860	0,740	0,640	0,620
NIOQUEL (Ni)	mg/L	0.07	0,007	0,007	0,008	0,008	0,009	0,006
COBALTO (Co)	mg/L	0.20	0,006	0,006	0,009	0,006	0,009	0,009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.01	< 0.010	<0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	3	< 0.100	<0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.05	< 0.020	<0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.07	< 0.020	<0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.70	0,150	0,340	0,200	0,180	0,170	0,230
BROMO (Br)	mg/L	6.00	1,950	1,920	2,850	2,450	1,920	2,650
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.07	0,240	0,260	0,340	0,270	0,260	0,350
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,05	0,008	0,009	0,009	0,007	0,009	0,007
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	15,000	10,000	10,000	7,000	13,000	11,000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	< 1**	80	< 1**	42	< 1**	52	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 1**	34	< 1**	46	< 1**	32	< 1**

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 35: CARACTERIZACIÓN SECUNDARIA SEMANA 2 (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS)

PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	14-abr		15-abr		17 abr		18-abr	
COLOR	UTC	15	15.000	1.000	20.000	1.000	16.000	1.000	28.000	1.000
TURBIEDAD	NTU	5	28.000	0.280	45.000	0.360	39.230	0.590	95.680	0.480
pH	.....	6.50 - 8.50	7.120	7.230	7.060	6.980	7.620	7.080	6.890	7.160
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	210.640	97.520	184.670	85.610	190.230	95.420	208.520	110.650
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1 000	114.850	41.620	90.470	38.260	80.670	37.460	110.680	45.600
TEMPERATURA	° C	.....	14,650	14,690	14,230	15,780	14,310	15,860	14,970	15,120
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	50	1,050	1,000	1,070	0,940	1,270	0,980	0,980	0,920
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.20	0,008	0,007	0,007	0,007	0,008	0,007	0,009	0,008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	.....	0,550	0,550	0,620	0,540	0,480	0,350	0,610	0,450
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	0,020	0,020	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	200	1,000	1,000	1,000	0,650	2,000	1,000	1,000	1,000
FLUORUROS (F)	mg/L	1.50	0,490	0,380	0,520	0,470	0,420	0,320	0,480	0,320
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.30	0,470	0,080	0,520	0,070	0,490	0,050	0,450	0,090
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.40	0,060	0,010	0,060	0,020	0,070	0,010	0,050	0,010
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.05	0,006	0,006	0,008	0,008	0,009	0,009	0,008	0,006
COBRE (Cu)	mg/L	2	0,040	0,020	0,070	0,050	0,030	0,030	0,050	0,040
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	300	46,000	32,000	64,000	46,000	48,000	24,000	62,000	46,000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.25	0,007	0,005	0,009	0,007	0,006	0,006	0,007	0,004
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	250	0,850	0,720	0,640	0,500	0,950	0,250	0,820	0,680
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.07	0,006	0,004	0,008	0,003	0,006	0,005	0,005	0,003
COBALTO (Co)	mg/L	0.20	0,008	0,007	0,007	0,005	0,007	0,008	0,008	0,006
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.01	< 0,010	<0,010	< 0,010	<0,010	< 0,010	<0,010	< 0,010	< 0,010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	3	< 0,100	<0,100	< 0,100	<0,100	< 0,100	<0,100	< 0,100	< 0,100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.05	< 0.020	<0.020	< 0.020	<0.020	< 0.020	<0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.07	< 0.020	<0.020	< 0.020	<0.020	< 0.020	<0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.70	0,250	0,250	0,340	0,360	0,290	0,220	0,220	0,160
BROMO (Br)	mg/L	6.00	2,130	2,000	1,650	1,060	2,080	3,160	2,670	1,980
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.07	0,360	0,290	0,450	0,320	0,450	0,430	0,270	0,170
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,05	0,009	0,009	0,008	0,0080	0,008	0,007	0,008	0,005
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	20,000	12,00	18,000	10,000	17,000	6,000	15,000	7,000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	< 1**	100	< 1**	80	< 1**	120	< 1**	64	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 1**	52	< 1**	48	< 1**	74	< 1**	42	< 1**

Realizado por Jenniffer Girón

Tabla 36: CARACTERIZACIÓN SECUNDARIA SEMANA 3 (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS)

PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	22-abr		23-abr		25-abr	
COLOR	UTC	15	8,000	1,000	16,000	1,000	15,000	1,000
TURBIEDAD	NTU	5	58,360	0,290	130,840	0,650	140,650	0,560
Ph	.....	6.50 - 8.50	7,120	6,950	7,080	7,160	7,370	7,050
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	173,420	92,640	200,890	113,570	180,600	96,450
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1 000	115,620	38,640	120,080	41,690	110,640	39,700
TEMPERATURA	° C	.....	13,580	13,970	13,960	14,250	14,270	15,900
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	50	1,080	0,940	1,160	0,870	1,340	1,060
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.20	0,008	0,006	0,007	0,005	0,009	0,010
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	.....	0,620	0,410	0,780	0,640	0,620	0,450
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	.....	0,020	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	200	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
FLUORUROS (F)	mg/L	1.50	0,740	0,430	0,390	0,380	0,520	0,480
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.30	0,580	0,060	0,630	0,060	0,520	0,060
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.40	0,074	0,008	0,045	0,008	0,076	0,010
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.05	0,007	0,007	0,009	0,006	0,009	0,010
COBRE (Cu)	mg/L	2	0,050	0,030	0,040	0,020	0,030	0,020
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	300	50	24	48	36	46	38
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.25	0,008	0,006	0,007	0,005	0,008	0,006
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	250	0,760	0,540	0,700	0,640	0,760	0,640
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.07	0,009	0,007	0,009	0,009	0,007	0,005
COBALTO (Co)	mg/L	0.20	0,007	0,005	0,008	0,005	0,007	0,007
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.01	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	3	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.05	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.07	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.70	0,200	0,200	0,190	0,120	0,280	0,190
BROMO (Br)	mg/L	6.00	1,180	0,650	2,090	0,960	2,160	2,060
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.07	0,270	0,120	0,350	0,240	0,290	0,230
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,05	0,009	0,006	0,009	0,007	0,008	0,01
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	12	6	14	10	16	12
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	< 1**	85	< 1**	46	< 1**	82	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 1**	62	< 1**	17	< 1**	47	< 1**

Realizado por Jenniffer Girón

3.6. Propuesta



3.7. Presupuesto General

3.7.1. Presupuesto de Implementación de la Planta de Agua Potable

Tabla 37: RESUMEN DE PRESUPUESTO DE PLANTA DE AGUA POTABLE

DESCRIPCION	P.T.
PRESUPUESTO MEDIO AMBIENTAL.-	16 047.60
PRESUPUESTO OBRAS PRELIMINARES.-	12 990.56
PRESUPUESTO AIREADOR.-	7 877.02
PRESUPUESTO SEDIMENTADOR.-	30 285.90
PRESUPUESTO FLOCULADOR HORIZONTAL	19 030.96
PRESUPUESTO FILTRO LENTO DE ARENA.-	36 282.93
PRESUPUESTO DE QUIMICOS AL AÑO	8 841.90
TOTAL DE PRESUPUESTO	131 356.87
SON: CIENTO TREINTA Y UN MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y SEIS CON, 87/100, DOLARES AMERICANOS.	
ESTOS VALORES NO TIENEN IVA.	

Realizado por Jennifer Girón

3.7.2. Presupuesto Medio Ambiental de la Planta de Agua Potable

Tabla 38: PRESUPUESTO AMBIENTAL

COD	RUBRO DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	150.00	0.05	6.91
2	BATERÍAS SANITARIAS PORTÁTIL (ALQUILER 2 UNIDADES) INCLUYE INST. Y DESINSTALACIÓN	MES	2.00	275.39	550.77
3	RÓTULOS AMBIENTALES DE 1.20X0.80 TIPO PEDESTAL	U	4.00	213.66	854.65
4	CERRAMIENTO PROVISIONAL YUTE + DESMONTAJE	M	220.00	29.96	6591.32
5	TACHOS METÁLICOS PARA ALMACENAR DESECHOS)	U	6.00	75.48	452.87
6	CINTA DE SEÑALIZACIÓN	M	100.00	36.31	3630.99
7	CHARLAS DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL (MANEJO AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL)	U	2.00	384.47	768.94
8	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD TIPO PEDESTAL 0,60X0,60	U	8,00	50,40	403,18
9	SEÑALETICA INTERIOR FOTOLUMINISCENTE EN ACRÍLICO DE 30X20CM	U	25,00	9,05	226,24
10	EXTINTOR POLVO QUÍMICO ABC, 5 KG (PQS)	U	1,00	97,32	97,32
11	BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS	U	1,00	102,88	102,88
12	LETRERO INFORMATIVOS DE OBRA DE 3X6M	U	1,00	282,45	282,45
13	CHARLAS DE SOCIALIZACIÓN/CONCIENCIACIÓ N Y EDUCACIÓN AMBIENTAL A LA COMUNIDAD	U	1,00	841,58	841,58
14	AFICHES INFORMATIVOS	U	100,00	4,50	450,42

15	TRÍPTICOS INFORMATIVOS A4 A COLOR	U	200,00	3,94	787,08
				TOTAL	\$ 16.047,60

**SON: DIEZ Y SEIS MIL CUARENTA Y SIETE, 60/100, DOLARES AMERICANOS
ESTOS VALORES NO INCLUYEN IVA.**

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.3. *Presupuesto de Obras Preliminares de la Planta de Agua Potable*

Tabla 39: PRESUPUESTO OBRAS PRELIMINARES

COD	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	LIMPIEZA Y DESBROCE	m ²	1262,43	0,22	279,79
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN GENERAL DE LA OBRA	m ²	1262,43	0,71	895,58
3	BODEGA DE OBRA	m ²	36,00	171,70	6181,37
4	TRANSPORTE DE MAQUINARIA IDA Y VUELTA	GLOBAL	1	\$ 5.633,82	5633,82
				TOTAL	\$ 12.990,56
SON: DOCE MIL NOVECIENTOS NOVENTA, 56/100, DOLARES AMERICANOS					
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.4. *Presupuesto del Aireador de Bandejas*

Tabla 40: PRESUPUESTO AIREADOR DE BANDEJAS

RUBRO	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION CON MAQUINA.	M3	24,85	2,12	52,66
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	10,30	7,03	72,46
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	14,55	4,35	63,24
4	TRAZADO Y REPLANTEO.	M2	22,00	0,75	16,41
5	HORMIGÓN SIMPLE f _c =180 KG/CM2 EN REPLANTILLO	M3	0,44	247,43	108,87
6	HORMIGÓN SIMPLE f _c =210 KG/CM2	M3	10,35	216,71	2242,92
7	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1250,00	2,59	3236,13
8	INVERT H.S 140 KG/CM2	M3	1,00	167,79	167,79
9	TUBERIA PVC Ø 3"	ML	3,44	18,18	62,55
10	TUBERIA PVC 150mm PARA DRENAJE.	ML	5,30	64,71	342,94
11	H.SIMPLE F _C = 180 KG/CM2	M3	0,55	212,33	116,78
12	GRAVA (6 - 13 mm); (13 - 19 mm) ; (19 -25 mm)	M3	2,40	87,61	210,26
13	MAMPOSTERIA E= 15 CM	M2	20,00	13,20	264,00
14	ENLUCIDO VERTICAL	M2	80	11,50	920,00
				TOTAL	\$ 7.877,02

SON: SIETE MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SIETE, 02/100. DOLARES AMERICANOS

ESTOS VALORES NO CONTEMPLAN IVA.

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.5. Presupuesto de Floculador de flujo Horizontal

Tabla 41: PRESUPUESTO FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL

RUBRO	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION CON MAQUINA.	M3	154,00	2,12	326,36
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	10,30	7,03	72,46
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	14,55	4,35	63,24
4	TRAZADO Y REPLANTEO.	M2	154,00	0,75	114,89
5	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ KG/CM2 EN REPLANTILLO	M3	15,40	247,43	3810,36
6	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=210$ KG/CM2	M3	30,80	216,71	6674,58
7	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM2	KG	2670,00	2,59	6912,38
8	VERTEDERO DE EXEDENCIAS	U	2,50	146,65	366,63
9	INVERT H.S 140 KG/CM2	M3	1,00	167,79	167,79
10	TUBERIA PVC Ø 3"	ML	3,44	18,18	62,55
11	TUBERIA PVC 150mm PARA DRENAJE.	ML	5,30	64,71	342,94
12	H.SIMPLE $F_c= 180$ KG/CM2	M3	0,55	212,33	116,78
				TOTAL	\$ 19.030,96
SON: DIEZ Y NUEVE MIL TREINTA, 96/100. DOLARES AMERICANOS					
ESTOS VALORES NO CONTEMPLAN IVA.					

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.6. Presupuesto de Sedimentador Laminar de Alta Tasa

Tabla 42: PRESUPUESTO SEDIMENTADOR LAMINAR

RUBRO	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION CON MAQUINA	M3	294,00	4,18	1228,29
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	31,00	6,55	203,20
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	263,00	6,67	1753,68
4	TRAZADO Y REPLANTEO DE SEDIMENTADOR	M2	98,00	0,75	73,11
5	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ KG/CM2 EN REPLANTILLO, $E = 10$ CM	M3	9,80	222,41	2179,61
6	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=210$ KG/CM2 PARA SEDIMENTADOR	M3	47,75	222,21	10610,50
7	ACERO DE REFUERZO DE REFUERZO $FY = 4200$ KG /CM2	KG	1737,16	2,59	4497,34
8	TUBERIA DE DRENAJE ACERO 150 mm (INCLU ACCESORIOS)	ML	24,00	185,68	4456,34
9	PLANCHAS FERRO-CEMENTO	U	122,00	43,31	5283,82
				TOTAL	\$ 30.285,90

SON: TREINTA MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCO CON, 90/100, DOLARES AMERICANOS
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.7. Presupuesto de Filtro Lento de Arena (FLA)

Tabla 43: PRESUPUESTO FILTRO LENTO DE ARENA

RUBRO	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION CON MAQUINA.	M3	155,09	10,60	1643,36
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	57,14	0,00	0,00
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	97,95	3,40	332,69
4	TRAZADO Y REPLANTEO.	M2	52,50	0,75	39,17
5	HORMIGÓN SIMPLE f _c =180 KG/CM2 EN REPLANTILLO	M3	5,25	289,74	1521,15
6	HORMIGÓN SIMPLE f _c =210 KG/CM2 PARA FLA	M3	37,00	310,55	11490,28
7	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	2050,30	2,59	5308,03
8	VERTEDERO DE EXEDENCIAS	M3	1,25	211,62	264,53
9	INVERT H.S 140 KG/CM2	M3	0,50	167,79	83,89
10	TUBERIA PVC Ø 2" PERFORADA PARA DRENAJE.	ML	30,00	19,05	571,42
11	TUBERIA PVC Ø 3" PARA DRENAJE.	ML	19,54	45,34	886,03
12	CANAL ,H.SIMPLE F _C = 180 KG/CM2	M3	0,68	227,71	154,16
13	ARENA MODULO DE FINURA 2.3	M3	124,95	111,95	13988,20
				TOTAL	\$ 36.282,93

SON: TREINTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y DOS CON, 93/100, DOLARES AMERICANOS

LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.8. Costo de Químicos al Día

Tabla 44: PRESUPUESTO DE QUÍMICOS AL DÍA

QUÍMICOS	CANTIDAD DE QUIMICO A UTILIZAR (kg/día)	PRECIO DE QUIMICO POR kg (USD)	PRECIO DE QUÍMICO POR DÍA (USD)	PRECIO DE QUÍMICO POR AÑO (USD)
Hipoclorito de Calcio (HTH)	5.200	4	20.800	7 591.900
Policloruro de Aluminio (PAC)	1.370	0.900	1.233	450
Auxiliar Aniónico (CHEMFLOC)	0.274	8	2.192	800
TOTAL			24.220	8 841.900

Realizado por Jenniffer Girón

3.7.9. Costos indirectos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

Tabla 45: COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCION	UND	CANT	P.U.	P.T.
MONTO GENERAL DE OBRA				1 200 00.00
INDIRECTOS DE OFICINAS CENTRALES				
GASTOS DE PERSONAL OFICINA				
GERENTE GENERAL	MES	12,00	2.500,00	30.000,00
SECRETARIA	MES	12,00	500,00	6.000,00
INGENIERO SUPERVISOR	MES	12,00	1.200,00	14.400,00
DIBUJANTE 1	MES	12,00	500,00	6.000,00
DIBUJANTE 21	MES	12,00	500,00	6.000,00
MENSAJERO	MES	12,00	300,00	3.600,00
CONSERJE	MES	12,00	300,00	3.600,00
GASTOS OPERATIVOS DE OFICINA				
ALQUILER	MES	12,00	500,00	6.000,00
SERVICIO ELECTRICO	MES	12,00	120,00	1.440,00
SERVICIO AAPP	MES	12,00	50,00	600,00
SERVICIO INTERNET	MES	12,00	50,00	600,00
SERVICIO TELEFONICO	MES	12,00	40,00	480,00
PAPELERIA	MES	12,00	200,00	2.400,00
MOVILIZACION	MES	12,00	300,00	3.600,00
GASTOS TOTALES DE OFICINA				84.720,00
INDIRECTOS DE OFICINAS OBRA				
GASTOS DE PERSONAL OFICINA DE OBRA				
INGENIERO RESIDENTE	MES	12,00	1.500,00	18.000,00
AYUD. RESIDENTE	MES	12,00	1.000,00	12.000,00
TOPOGRAFO	MES	12,00	800,00	9.600,00
CADENERO 1	MES	12,00	450,00	5.400,00
CADENERO 2	MES	12,00	450,00	5.400,00
MACHETERO	MES	12,00	300,00	3.600,00
MENSAJERO	MES	12,00	300,00	3.600,00
CONSERJE	MES	12,00	300,00	3.600,00
GASTOS OPERATIVOS DE OFICINA				
PAPELERIA	MES	12,00	300,00	3.600,00
MOVILIZACION	MES	12,00	500,00	6.000,00
GAS TOS TOTALES DE OFICINA DE OBRA				70.800,00
PORCENTAJE INDIR. DE OFICINA				7.06%
PORCENTAJE INDIR. DE OFICINA DE OBRA				5.90%
PORCENTAJE FIANZAS				5.00%
PORCENTAJE UTILIDADES				10.00%
PORCENTAJE TOTALES DE INDIRECTOS				27.96%

Realizado por Jenniffer Girón

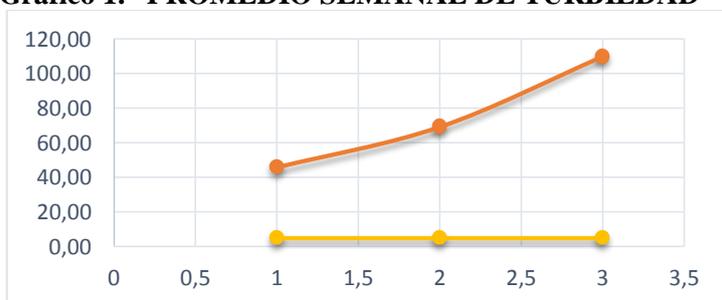
CAPITULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Caracterización Físico-Química y Microbiológica Primaria

Mediante la caracterización físico-química y microbiológica del agua captada durante tres semanas, con una frecuencia de cinco días a la semana, se determinó valores de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales (gráficos 1, 2, 3, 4 y 5) que se encontraban fuera de los límites máximos permisibles de acuerdo la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión, como se puede observar en las Tablas 12, 13, 14, mientras que los otros parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Gráfico 1. PROMEDIO SEMANAL DE TURBIEDAD



Semana	Promedio
1	45.950
2	69.300
3	109.950

Lim. máx.	—
Turbiedad	—

En la gráfica 1. se puede observar los valores del promedio semanal de turbiedad que se encuentran fuera de los límites máximos de la Normativa, con un límite máximo de 5 NTU.

Gráfico 1. PROMEDIO SEMANAL DE HIERRO

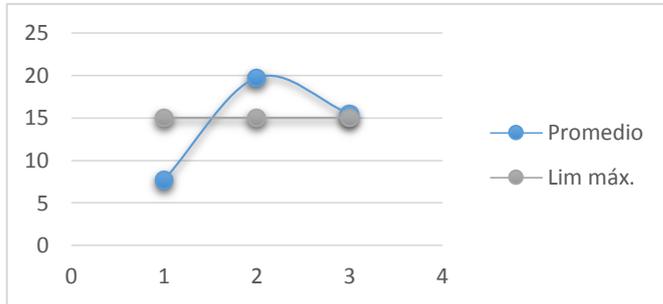


Semana	Promedio
1	0.540
2	0.580
3	0.670

Hierro T.	—
Lim. máx.	—

En el gráfico 2. se puede observar los valores del promedio semanal de hierro total disuelto que se encuentran fuera del límite máximo de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 con un límite máximo de 0.300 mg/l

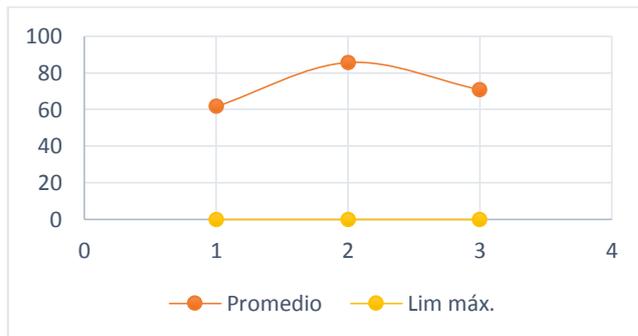
Gráfico 2. PROMEDIO SEMANAL DEL COLOR



Semana	Promedio
1	8
2	20
3	16

En el gráfico 3. se puede observar que en la primera semana los valores del promedio de color aparente presente en el agua cruda se encuentran dentro de las especificaciones, mientras en la semana 2 y 3 estos valores se encuentran fuera de las especificaciones de la norma establecida NTE INEN 1 108:2006 con límite máximo de 15 UTC.

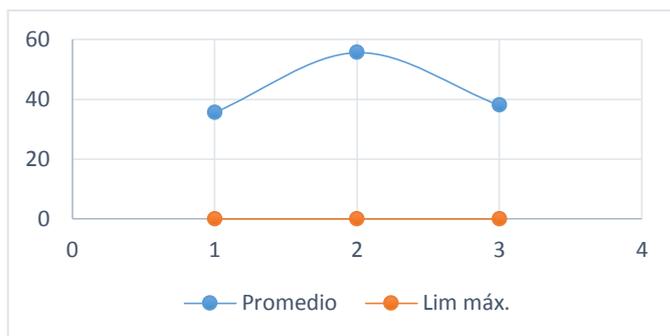
Gráfico 3. COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ML)



Semana	Promedio	Lim máx.
1	61.600	<1**
2	85.600	<1**
3	70.800	<1**

En el gráfico 4. se puede observar los valores del promedio semanal de coliformes totales que se encuentran fuera del límite máximo de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 con un límite máximo de <1** NMP/100 ML.

Gráfico 4. COLIFORMES FECALES NMP/100 ML



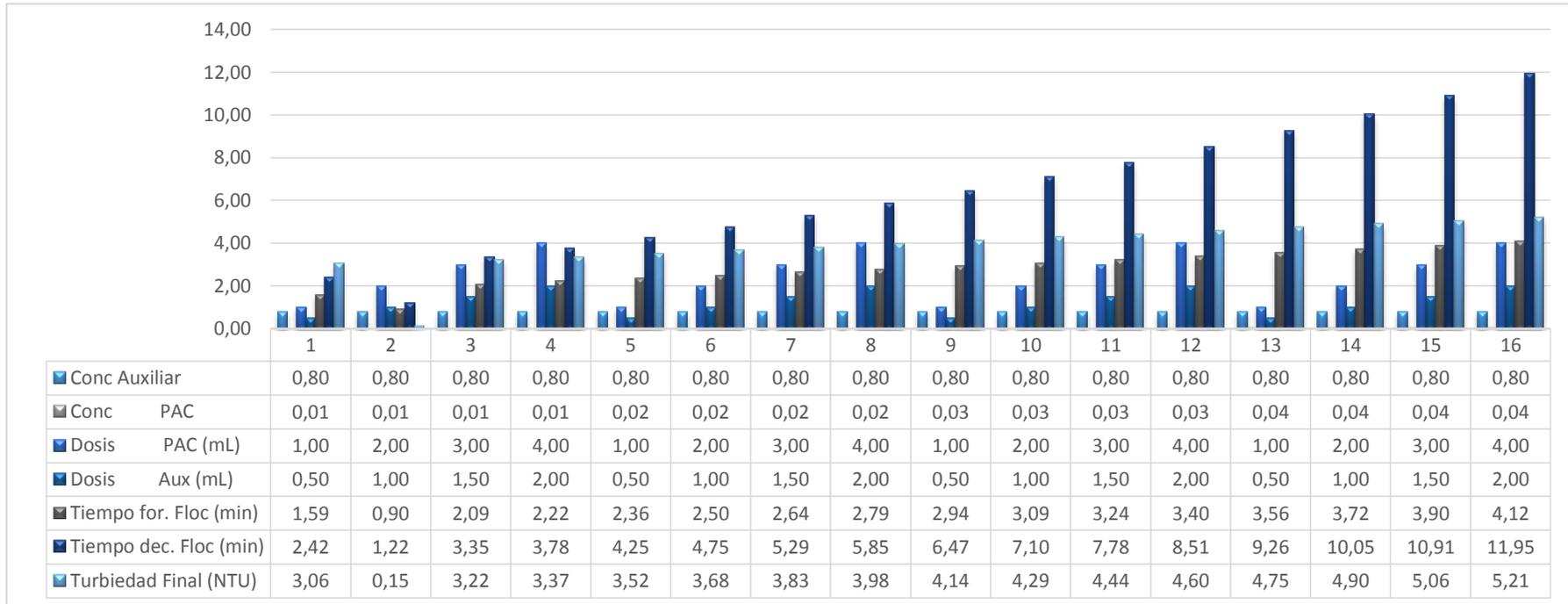
Semana	Promedio	Lim máx.
1	35.600	<1**
2	55.600	<1**
3	38	<1**

En el gráfico 5. se puede observar los valores del promedio semanal de coliformes fecales que se encuentran fuera del límite máximo de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 con un límite máximo de <1** NMP/100 ML.

4.1.1. Test de Jarras

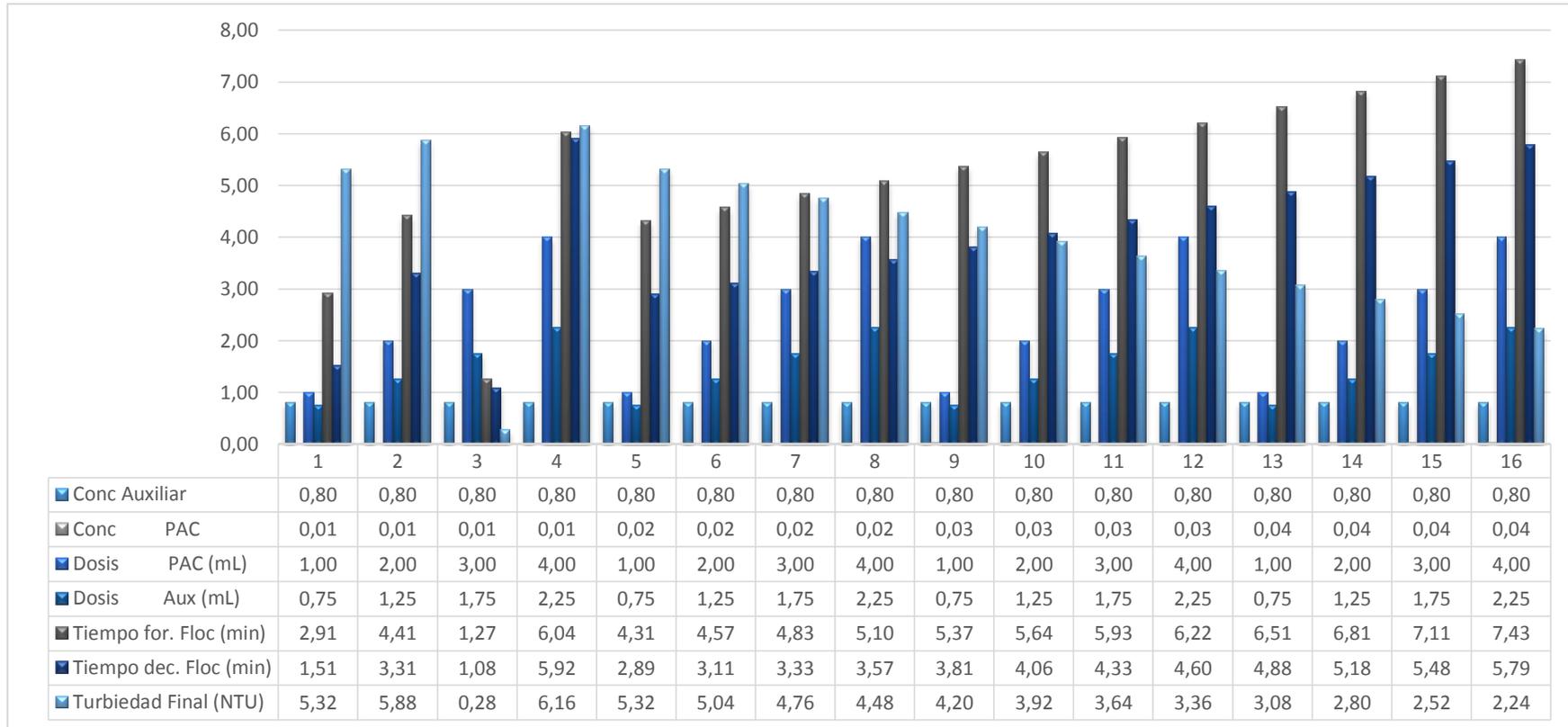
Debido a la presencia variable de concentraciones elevadas de hierro, turbiedad, color aparente, coliformes totales y coliformes fecales en el agua de análisis se realizó el test de jarras para determinar la dosificación correcta y exacta del Policloruro de aluminio (PAC) y del auxiliar aniónico (CHEMFLOC), agentes coagulantes proporcionados por la E.P-EMAPAG y posterior a ello se efectuó la desinfección empleando hipoclorito de calcio HTH, obteniendo agua libre de dichas concentraciones.

Gráfico 5. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 15.320 NTU



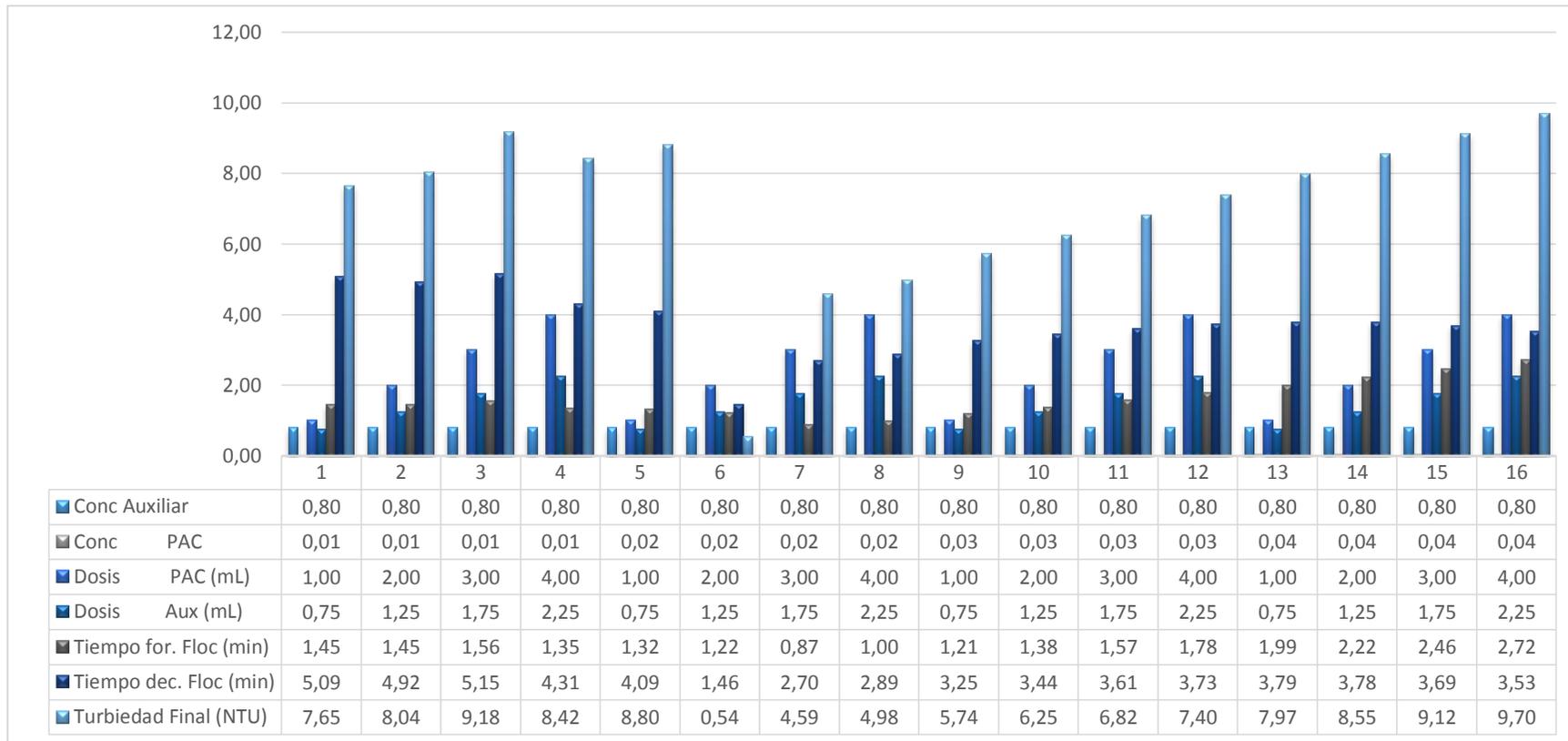
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 15.320 se determinó que al dosificar 2ml de PAC a una concentración de 0.010 y 1ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, se obtuvo un porcentaje de remoción de 99%, con un tiempo de formación del floculo de 0.900 min y un tiempo de caída del floculo de 1.220 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.150 NTU**, siendo este el más óptimo de las pruebas empleados.

Gráfico 6. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 28.000 NTU



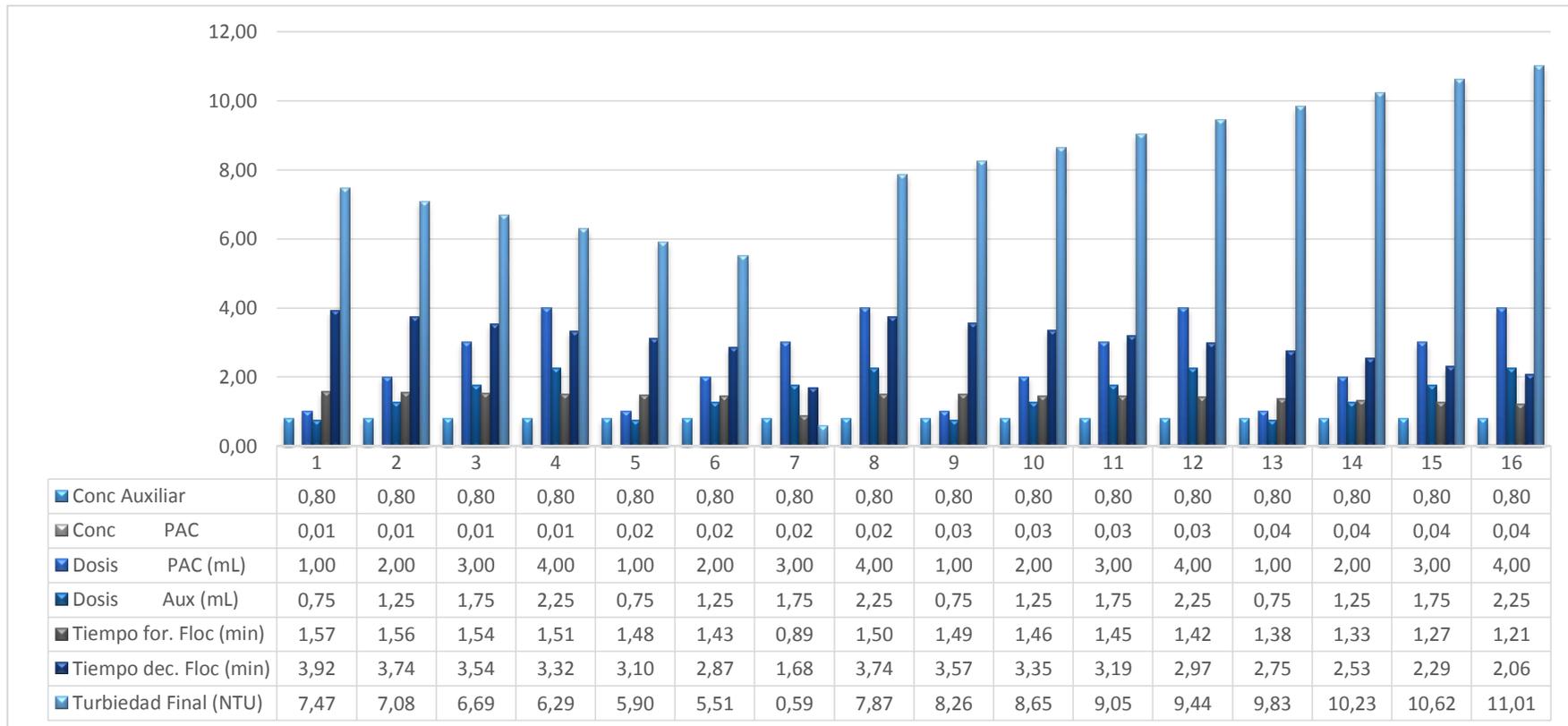
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 28 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99%, al dosificar 3ml de PAC a una concentración de 0.010 y 1.750ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.270 min y un tiempo de caída del floculo de 1.080 min, disminuyendo así la turbiedad a **0.280 NTU**.

Gráfico 7. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 38.270 NTU



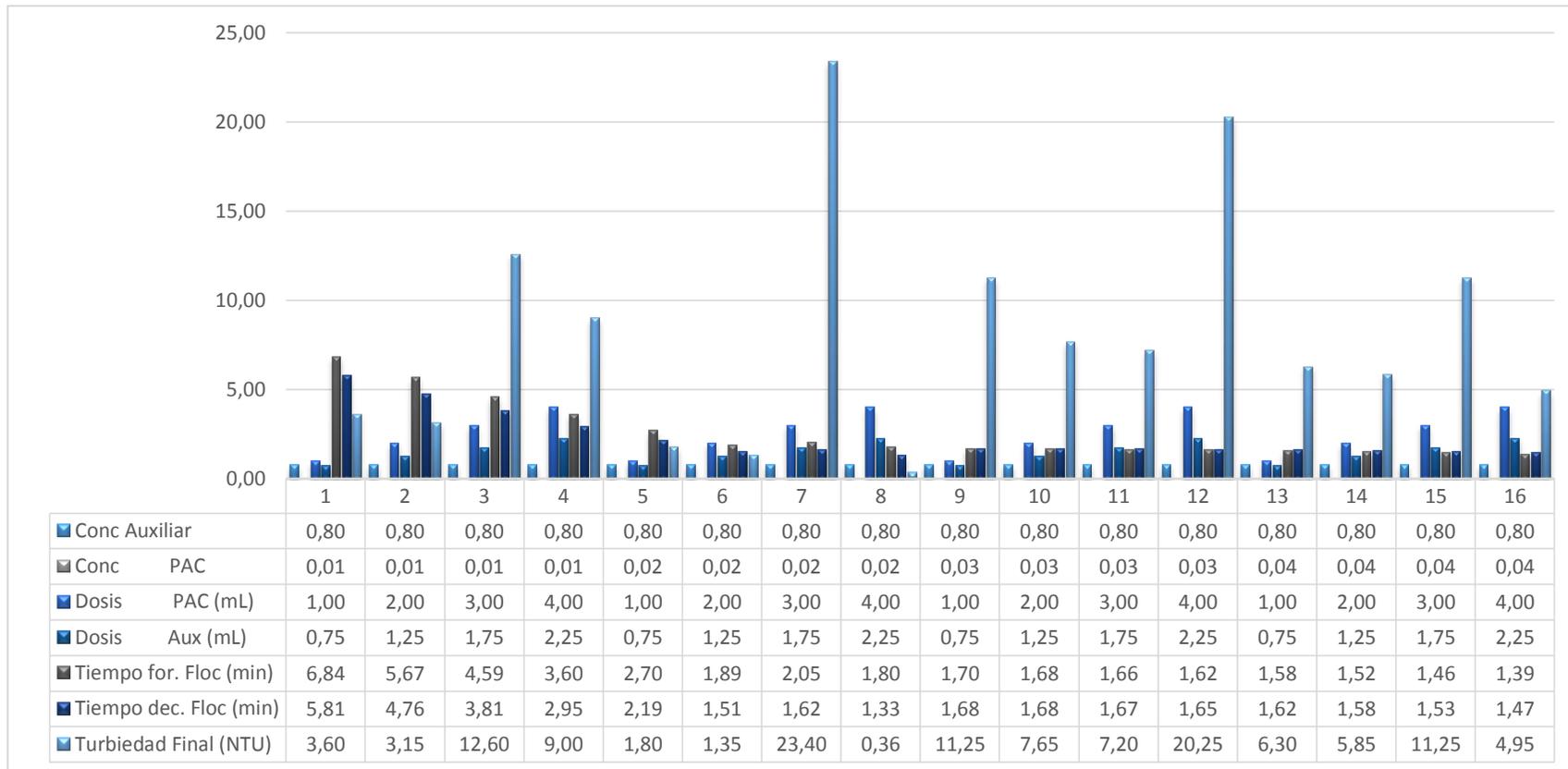
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 38.270 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de remoción de 98.60%, al dosificar 2ml de PAC a una concentración de 0.02 y 1.25ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.22 min y un tiempo de caída del floculo de 1.46 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.54 NTU**.

Gráfico 8. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 39.330 NTU



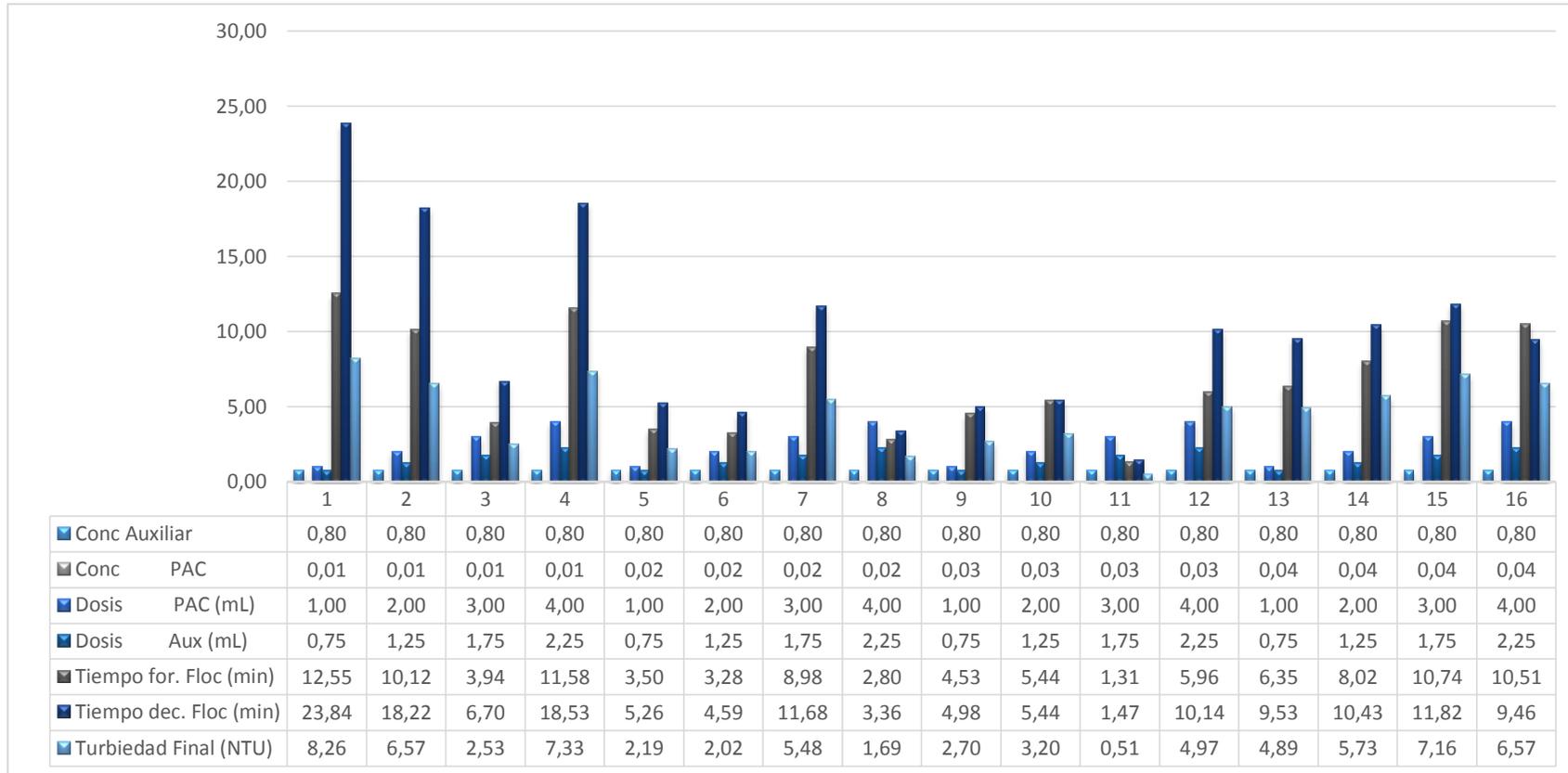
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 39.330 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 98.500 %, al dosificar 3ml de PAC a una concentración de 0.02 y 1.75ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 0.89 min y un tiempo de caída del floculo de 1.68 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.59 NTU**.

Gráfico 9. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 45.000 NTU



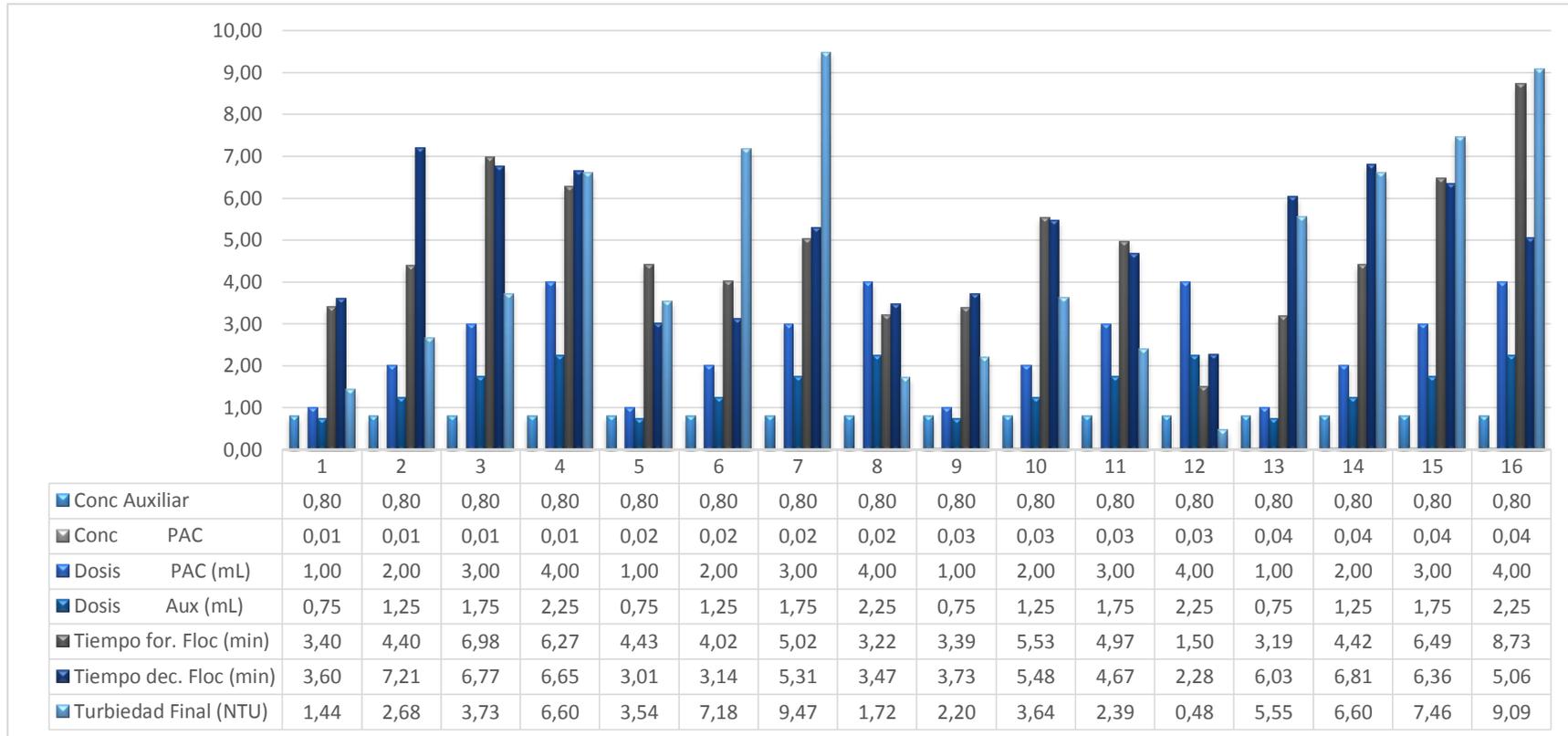
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 45.000 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.200%, al emplear 4ml de PAC a una concentración de 0.020 y 2.250 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.800 min y un tiempo de caída del floculo de 1.330 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.360 NTU**.

Gráfico 10. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 84.250 NTU



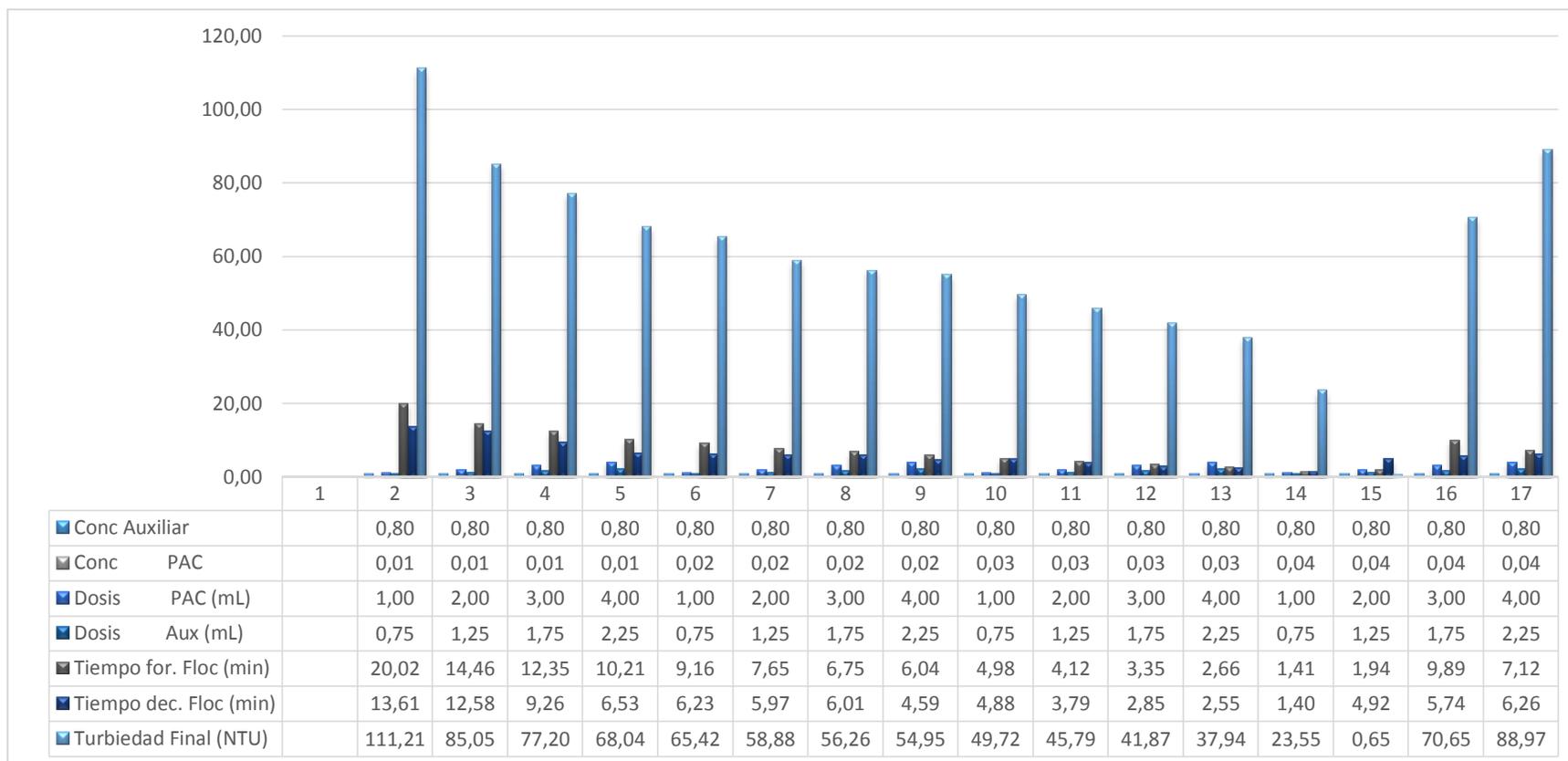
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 84.250 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de remoción de 98.600%, al emplear 3ml de PAC a una concentración de 0.030 y 1.750 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, con un tiempo de formación del floculo de 1.310 min y un tiempo de caída del floculo de 1.470 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.510 NTU**.

Gráfico 11. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 95.680 NTU



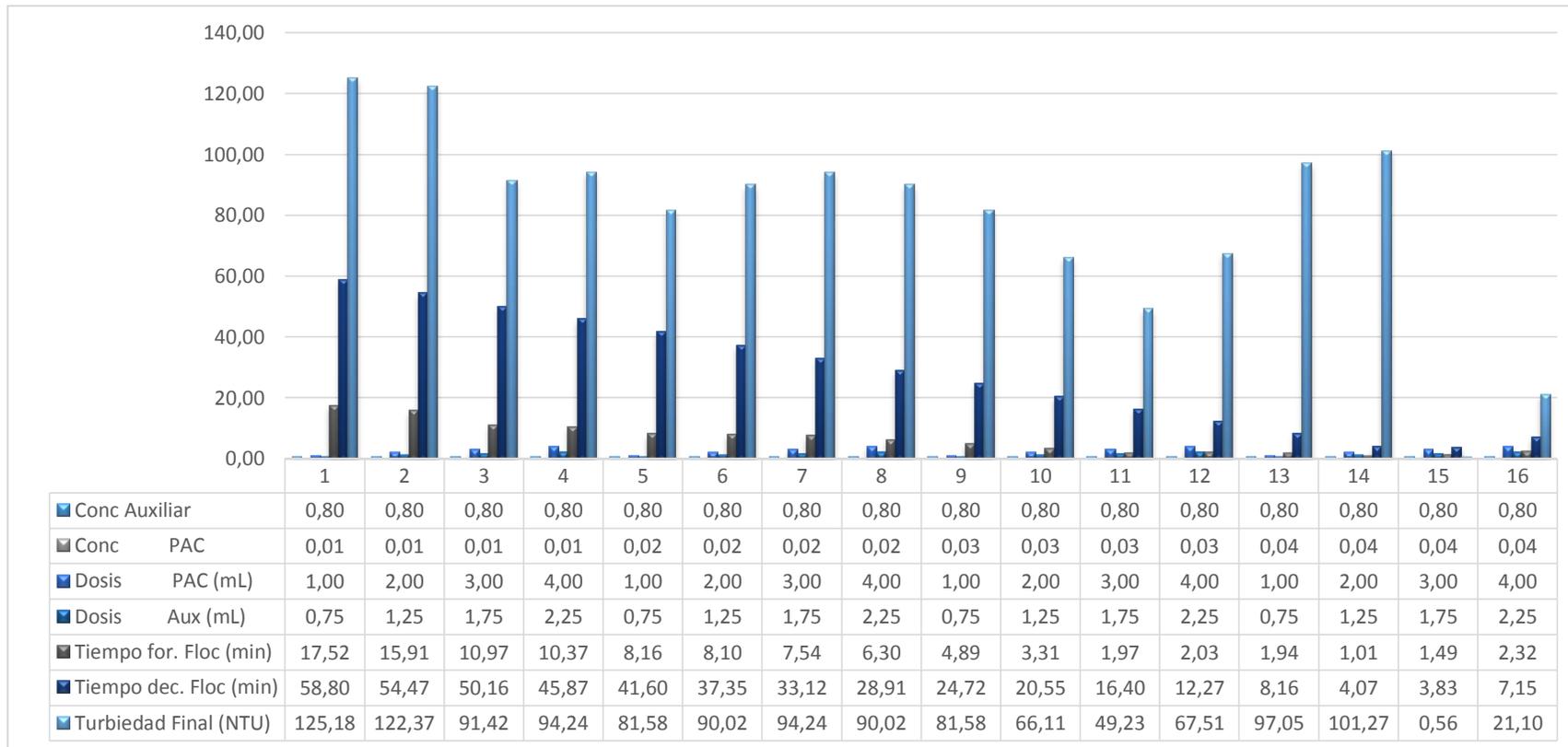
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 95.680 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de remoción de 98.600%, al dosificar 4ml de PAC a una concentración de 0.030 y 2.250ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, con un tiempo de formación del floculo de 1.500 min y un tiempo de caída del floculo de 2.280 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.480 NTU**.

Gráfico 12. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 130.840 NTU



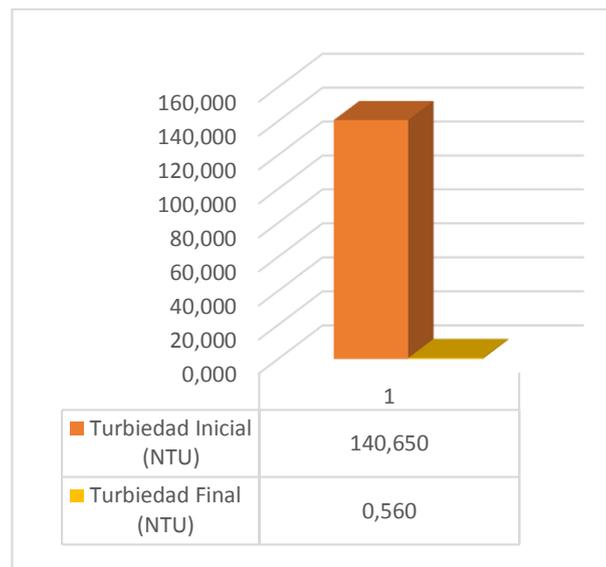
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 130.840 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.500%, al emplear 2ml de PAC a una concentración de 0.040 y 1.250ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.940 min y un tiempo de caída del floculo de 4.920 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.650 NTU**.

Gráfico 13. TEST DE JARRAS – TURBIEDAD 140.650 NTU



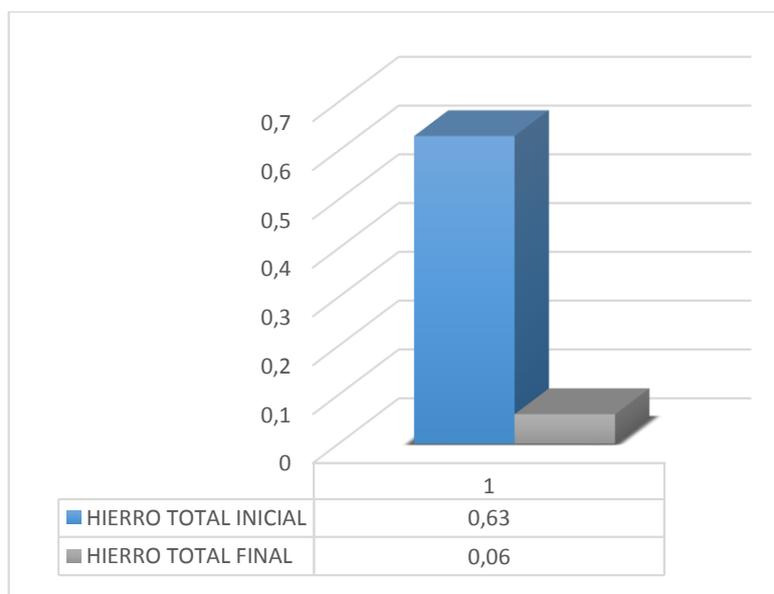
En este test de jarras efectuado a las muestras que presentaron una turbiedad de 140.650 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.600%, al dosificar 3ml de PAC a una concentración de 0.040 y 1.750ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.800, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.490 min y un tiempo de caída del floculo de 3.830 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.560 NTU**.

Gráfico 14. TEST DE JARRAS – REMOCIÓN DE TURBIEDAD (NTU)



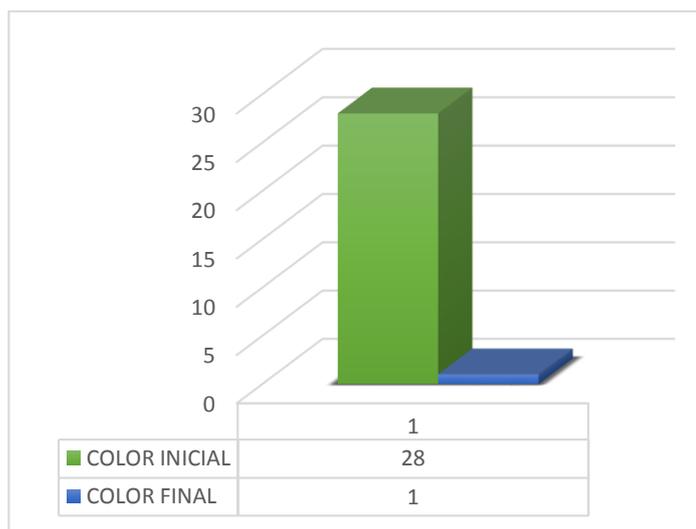
En la gráfica 15, podemos observar la eficiencia del Policloruro de aluminio (PAC) y del auxiliar aniónico CHEMFLOC agentes coagulantes, permitiendo obtener para el valor máximo de turbiedad de 140.650 NTU una disminución a 0.560 NTU con un porcentaje de remoción de la turbiedad del 99.600%.

Gráfico 15. TEST DE JARRAS – REMOCIÓN DE HIERRO (mg/l)



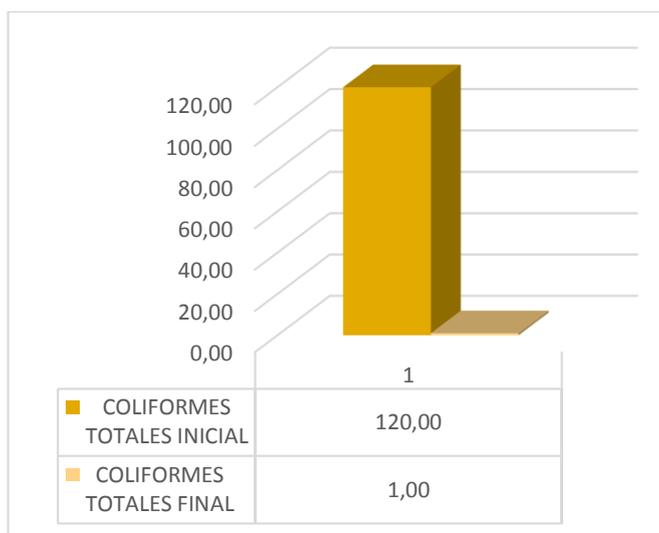
En la gráfica 16, podemos observar la eficiencia de los agentes coagulantes y simulando el proceso de aireación, obtenemos porcentajes de remoción de hierro disuelto del 90.500%, disminuyendo así la dureza presente en el agua y manteniendo las concentraciones por debajo de los límites máximos permisible reportados en la Norma NTE. INEN 1108:2006

Gráfico 16. TEST DE JARRAS – REMOCIÓN DE COLOR APARENTE (UTC)



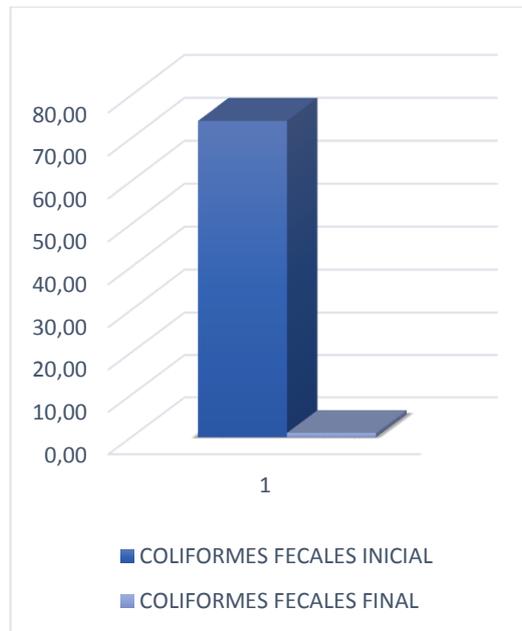
En la gráfica 17, se observa la eficiencia del Policloruro de aluminio (PAC) y del auxiliar aniónico CHEMFLOC agentes coagulantes, permitiendo obtener para valores de color aparente máximo tomado en días de lluvia de 28 UTC causados por los sólidos totales disueltos, un porcentajes de remoción del 96.400%, resultando valores por debajo de los límites máximos permisibles de 1 Unidad de Color Verdadero (UTC) especificados en la Norma NTE INEN 1108:2006.

Gráfico 17. REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)



En la gráfica 18, se observa eficacia del Hipoclorito de Calcio (HTH), permitiendo obtener para un valor máximo de 120 NMP/100 mL una disminución de concentración al 1 NMP/100 mL, ausencia total de colonias con un porcentaje de remoción del 99% encontrándose dentro de las especificaciones de la Normativa.

Gráfico 18. REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)



En el gráfico 19, se observa que mediante las pruebas de tratabilidad realizadas a nivel de laboratorio se obtuvo para valores de coliformes fecales de 74 NMP/100 mL una disminución de concentración a 1 NMP/100 mL con un porcentaje de remoción del 99% demostrando ausencia total de colonias y cumpliendo con las especificaciones reportadas en la Normativa.

CONCLUSIONES

- ✚ En base a los parámetros de calidad para el agua potable establecidos en la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 se identificó mediante la caracterización físico-química y microbiológica que el agua proveniente de la vertiente hidrográfica Chaupipolio posee concentraciones de hierro disuelto hasta 0.630 mg/L, turbiedad hasta 140 NTU, color aparente hasta 28 UTC, coliformes totales hasta 120 NMP/100 ml y coliformes fecales hasta 74 NMP/100 ml, hallándose fuera de los límites máximos permisibles para el consumo.
- ✚ Las variables empleadas en el diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Pedro de Guanujo son La Proyección Futura (Población Futura, Dotación Básica, Dotación Futura, Consumo Medio diario, Caudal Máximo diario, Caudal máximo horario, Caudal de Captación) y Procesos de Potabilización (Aireación, Mezcla Rápida, Floculador de flujo horizontal, Sedimentador Laminar, Filtro Lento de arena y grava, Desinfección)
- ✚ Después de realizar las pruebas de tratabilidad físico-químico y microbiológicas al agua tratada previamente se logró disminuir las concentraciones de hierro a 0.068 mg/L, turbiedad a 0.470 NTU, color 1 a UTC, coliformes totales a <1** NMP/100 ml y coliformes fecales a <1** NMP/100 ml, cumpliendo con los requisitos específicos de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006.
- ✚ En base a los cálculos de ingeniería reportados en el resultado del diseño se realizaron los planos de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Pedro de Guanujo ubicada en el sector de “Cuatro Esquinas” visible en el ANEXO 17.

RECOMENDACIONES

- ❖ Aplicar el estudio realizado implementando la planta de tratamiento de agua potable en el sector de “Cuatro Esquinas” parroquia San Pedro de Guanujo, para obtener un abastecimiento de agua óptimo y seguro para el consumo y desarrollo de sus actividades.
- ❖ Periódicamente realizar los análisis físicos-químicos y microbiológicos del agua de la fuente de captación con el objeto de llevar un registro analítico que permita determinar los posibles contaminantes.
- ❖ El proceso de operación y mantenimiento de la planta dependen de la manipulación de los registros.
- ❖ Para el caudal de diseño se recomienda el uso del vertedero triangular de pared delgada ya que es más preciso para la medición de un amplio rango de caudal que los vertederos rectangulares.
- ❖ Llevar un correcto uso del material de vidrio de laboratorio como la manipulación de los químicos empleados en el análisis del agua.
- ❖ El Policloruro de Aluminio (PAC) es altamente cáustico y su contacto puede causar quemaduras e irritación en piel y ojos. Cuando se lo maneje, debe utilizarse ropa protectora como guantes, botas, pantalones y delantales de goma, así como antiparras (anteojos protectores) y máscaras faciales.
- ❖ El Hipoclorito de Calcio HTH es un fuerte oxidante, por lo que se debe evitar contacto con fuego, calor, ácidos, grasas y otros materiales combustibles; mantener en un lugar frío, seco y cerrado con tapa. Cuando se lo maneje use equipo de protección personal adecuado.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Agua su calidad y tratamiento. 2. ed., DF - México. McGraw-Hill. 2002, pp. 6 - 7.

BADUI, Salvador. Química de Alimentos. 4. ed., Pearson Educación. Naucalpan de Juárez Edo de México - México. 2006, pp. 1

DISEÑO. Scribd. 2009, pp. 2

<http://es.scribd.com/doc/14435351/Concepto-de-Diseno>

2014-05-15.

ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN. Norma Técnica Ecuatoriana – Requisitos para el agua Potable INEN 1108., Segunda Revisión. Quito – Ecuador. 2006, pp. 3 - 6.

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA. Emapa Guaranda. 2013.

<http://www.emapag.gob.ec>

2014-02-01

FLOCULADORES. PDF. 2013, pp. 91-96; 103-105.

http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap3.pdf

2014-04-01.

FRANK, N.; KEMMER, John. Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. 2. ed., Naucalpan de Juárez - México. McGraw-Hill. 1992. TOMO I, pp. 1; 4-6. TOMO III, pp. 1; 4.

LÓPEZ, Pedro. Abastecimiento de agua potable., DF - México. Instituto Politécnico Nacional. 2009, pp. 8-10; 18

MEDIDOR PARSHALL. PDF. 2001, pp. 6; 24
http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf.
2014-04-05.

MIHELICIC, James. ; ZIMMERMAN, Julie. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño., DF – México. Alfaomega. 2011, pp. 408; 416; 422.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Tratamiento de Agua. Normas de agua potable. 3. ed., 2006. Capítulo 1, pp. 11; 27; 147 – 150. Capítulo 8, pp. 417-422; 440-441; 449; 486-490.
www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf
2014-02-15.

PURIFICACION DEL AGUA, Scribd. 2014
<http://es.scribd.com/doc/91532895/PURIFICACION-DEL-AGUA>.
2014-04-10

PROPIEDADES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, Lenntech. 1998
<http://www.lenntech.es/agua-subterranea/propiedades.htm#ixzz3FnpXTwaI>. 1998.
2014.-04-11

RESEÑA HISTORICA PARROQUIA SAN PEDRO DE GUANUJO. Gobierno Autónomo Descentralizado. 2013
<http://www.guaranda.gob.ec>
2014-03-15

ROMERO, Jairo. Calidad del Agua. 3. ed., Bogotá - Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009, pp. 337; 346

RUSSELL. DAVID. Tratamiento de aguas, un enfoque práctico., Barcelona-España. Reverté S.A. 2012, pp. 10-11

SIERRA, Carlos. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico., Medellín - Colombia. Universidad de Medellín. 2011, pp. 28; 55-57; 82-87

SPELLMAN, Frank.; DRINAN, J. Manual del Agua Potable. Zaragoza -España. Acribia. 2004, pp. 227 – 228

TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACION.FLOCULACION. PDF. 2013, pp. 14; 39

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

2014-04-28.

VERTEDEROS TRIANGULARES. VARELA, Francy. 2011

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/vertedortriang2/verttriang2.html>

2014-02-10

ANEXOS

ANEXO 1.

DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Determinación	Método	Descripción
Recolección de muestras		Recoger 3 tipos de muestras (Agua captada, agua tratada, agua de la red de distribución)
Color	Comparativo	Observación a través del comparador de color.
Turbiedad	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
Ph	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Solidos Totales Disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Conductividad	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
Aluminio	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra en un tubo de inversión, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Amonio Nessler	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Dureza	Volumétrico	50 ml de muestra + 1ml solución tampón para dureza+ una pizca de negro de Eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02N

Fluoruro Manganeso Amonio Salicílico	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, y 10 ml de agua destilada para el blanco, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Bario Cloro total Cobalto Cromo Total Hierro Molibdeno Nitratos Trihalometanos totales Bromo Cloruros Cobre Cromo IV Fosfatos Manganeso Nitritos Sulfatos Níquel	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Plata Zinc Plomo Cianuro	Fotómetro	Colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Coliformes totales/ Coliformes fecales	Sembrado	Esterilizar el equipo microbiológico de filtración, Tomar 50ml de la muestra y filtrar, añadir el reactivo y sembrar a la temperatura correspondiente.

Fuente: Autor

ANEXO 2

TÉCNICAS UTILIZADAS RECOLECCION DE MUESTRAS STÁNDAR MHETODS *1060 C

FUNDAMENTOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio. Capacidad de 1000ml y 100ml.	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 1000ml.

* STANDARD METHODS 1060, Edición 17

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA STANDARD METHODS *2550 B

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio.	Termómetro en escala centígrada	Introducir el bulbo del termómetro en la muestra. Esperar unos segundos hasta estabilizar el nivel de mercurio.		$K = 273,15 + C$ <p>Donde:</p> <p>K=temperatura en escala absoluta</p> <p>C=temperatura en escala centígrada</p>

*STANDARD METHODS 2550, Edición 1

ANEXO 3.

MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL CONTROL DEL TRATAMIENTO DE AGUAS

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Definición	La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de la corriente eléctrica. Para Establecer una comparación de las propiedades conductoras de diferentes materiales, existe un patrón denominado “Conductividad Eléctrica Específica” que se define como la conductividad de un cubo de sustancia, de un centímetro de lado. El agua químicamente pura ostenta una conductividad eléctrica muy baja, significando esto que es un buen aislante, sin embargo con la adición de una pequeña cantidad de minerales disueltos, el agua se vuelve conductiva. La conductividad es la inversa de la resistividad, por tanto $\sigma=1/\rho$, y su unidad es el S/m (siemens por metro) o $\Omega^{-1}\cdot m^{-1}$. Los valores de la conductividad específica de las aguas subterráneas se reportan en millonésimas de mhos o micromhos. La conductividad de una solución de agua, de materia mineral, aumenta conforme a la temperatura
	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> – Conductímetro
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Vasos de precipitación – Agua destilada – Muestra de agua – Limpiadores
	Procedimiento	<p>Es aconsejable operar con el material de vidrio rigurosamente limpio y lavado antes de su uso con agua destilada.</p> <ul style="list-style-type: none"> – En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua. – Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. – Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. – Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura. – Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.
Cálculos	La conductividad del agua que nos da directamente.	
COLOR	Definición	Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Colorímetro
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Agua destilada – Muestra de agua

		<ul style="list-style-type: none"> - Limpiadores - Cubetas
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo. - Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo. - Proceder a medir en el instrumento.
	Cálculos	Los datos del color real del agua se indican directamente en el colorímetro, en caso de sobrepasar las lecturas, el valor será multiplicado por la constante indicada luego de la respectiva dilución de la muestra filtrada.
POTENCIAL HIDROGENO	Definición	El potencial hidrógeno (pH) se define como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno. Como la escala es logarítmica, la caída en una unidad de pH es equivalente a un aumento de 10 veces en la concentración de H ⁺ . El pH es una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.
	Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Solución Buffer pH 4 (caducidad fijada por el fabricante) - Solución Buffer pH 7 (caducidad fijada por el fabricante) - Agua destilada. - Muestra de agua
	Equipo y Materiales de Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> - Potenciómetro - 2 vasos de vidrio - Limpiadores
	Determinación de pH en una muestra de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ. - Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla. - Registre el valor. - Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar.
	Cálculos	El valor de pH que nos da directamente el equipo.
TURBIDEZ	Definición	La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales. La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez.

Alcance y Aplicación		Este procedimiento clasifica la turbidez de las muestras asignándoles un valor en NTU para representar la turbidez. Este valor es la proporción de la luz reflejada a un ángulo de 90° de una fuente contra la luz transmitida directamente a través de la muestra. Hay también una corrección hecha por la luz "forward scattered". Esta ayuda reduce los errores causados por algunos colores y celdas de vidrio. Si las muestras son demasiado turbias para el análisis directo, es posible obtener los resultados por diluciones precisas y multiplicando los resultados por el factor de dilución. ⁽³⁶⁾
Equipo		– Turbidímetro 2100 P
Materiales		– Cubetas de vidrio – Limpiadores – Aceite de silicona – Muestra de agua
Antes de comenzar		– Siempre mueva las burbujas de las muestras en las celdas, pues no se obtendrán lecturas aceptables. – Suave calentamiento se usará como último recurso para eliminar las burbujas. – Si solo hay unas pocas partículas grandes, no reporte valores de estas partículas. – Muestras con valores muy altos de NTU deben ser diluidas con agua filtrada en la misma proporción y determinar su valor multiplicando por el factor de dilución. – Asegúrese de lavar las celdas con al menos dos volúmenes de la muestra antes de usar la celda para otra medida. – No use las celdas para almacenamientos largos de la muestra.
Procedimiento		Después de una calibración o los chequeos de calibración son aceptables, las muestras pueden correrse siguiendo lo siguiente: – Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo. – Cuidadosamente elimine cualquier residuo en el exterior de las cubetas usando toallas de papel con trazas de aceite de silicona. Las muestras con distribuciones de partículas grandes o desiguales deben leerse promediando las lecturas mínimas y máximas. Es preferible tener una muestra más uniforme, pero este método se usará si no hay otra forma de preparar la muestra. – Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar READ , esperar que se estabilice el instrumento. – Registrar el valor.

		No almacene las muestras en las celdas. Después de usar lave con un solvente adecuado y luego con agua destilada. Almacene las celdas invertidas.
	Cálculos	El valor que nos da directamente el equipo.
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	Definición	Este parámetro indica la cantidad de sales disueltas en el agua y está relacionada con la tendencia corrosiva o incrustaciones del agua. Se determina por métodos gravimétricos o por conductividad eléctrica y se expresa en ppm o mg/L.
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Conductímetro – Electrodo
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Vasos de precipitación – Agua destilada – Muestra de agua – Limpiadores
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. – Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (STD) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura. – Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.
	Cálculos	Los sólidos Totales del agua que nos da directamente.
	Definición	El cloro se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. Cuando el agua se ha tratado con Cloro de hipoclorito de calcio (HTH) o cloro gas, para ayudar a la desinfección es necesario regular la dosificación y determinar la cantidad de cloro residual, para garantizar la desinfección de bacterias y virus. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos.
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales Reactivos y	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo, 10ml – Pipeta – Limpiadores – Muestra de agua

CLORO TOTAL	Antes de comenzar	Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no pueden conservarse para un futuro análisis. Si la prueba sale de los límites, diluir la muestra con un volumen conocido de agua sin demanda de cloro y de buena calidad y repetir la prueba. Debido a la dilución puede producirse una pérdida de cloro. Multiplicar el resultado por el factor de dilución. En presencia de cloro aparecerá un color rosa, después de la adición del reactivo DPD.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 80 cloro L&T PP. – Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas. – Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo Chlorine Total-DPD. Agitar con rotación durante 20 segundos. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comienza un tiempo de reacción de 3 minutos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cl₂. – Dentro de los 3 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cl₂.
	Cálculos	Los mg/ L Cl ₂ que aparecen en la pantalla.
	Definición	Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud. Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales. Los peces son especialmente sensibles a este elemento y se ven indirectamente afectados cuando, al actuar el cobre como alguicida, elimina la capacidad de captación de oxígeno del agua y disminuye el OD a concentraciones tan pequeñas que ya no es posible el desarrollo de estas especies. La presencia del cobre en el agua está relacionada principalmente con la corrosión de las cañerías en la vivienda, la erosión de depósitos naturales, entre otros
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de cobre CuVer 1 en polvo – Pipeta – Limpiadores

COBRE	Antes de comenzar	<p>La determinación de cobre total requiere digestión previa.</p> <p>Antes del análisis ajustar el pH de las muestras conservadas con ácido a 4-6 con solución de hidróxido de potasio 8,0 N.</p> <p>Si hay cobre presente, se formara un color violeta si la muestra se mezcla con el reactivo. El polvo no disuelto afectara a la precisión.</p> <p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra efectuar un ajuste del blanco de reactivo.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 135 Cobre Bicin. - Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo CuVer 1 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 2 minutos. - Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cu. - Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cu.
	Cálculos	<p>Los mg/ L Cu que aparecen en la pantalla.</p>
CROMO HEXAVALENTE	Definición	<p>El Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos. No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/L de Cr (VI) en el agua. El cromo metálico y los derivados del cromo (VI) usualmente son de origen antropogénico. La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles. Estos complejos pueden permanecer en suspensión y ser incorporados a los sedimentos. La proporción de cromo (III) es directamente proporcional a la profundidad de los sedimentos. En teoría, el cromo (VI) puede resistir en este estado en aguas con bajo contenido de materia orgánica, mientras que con el pH natural de las aguas, el cromo (III) formará compuestos insolubles, a menos que se formen complejos. Se desconoce la proporción relativa de cromo (III) y cromo (VI) en las aguas. Los compuestos de cromo (VI), que son fuertes agentes oxidantes, tienden a ser irritantes y corrosivos. Se ha demostrado que el cromo (VI) es carcinógeno para los seres humanos</p>

	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo cromo ChromaVer 3 en polvo – Limpiadores – Muestra de agua
	Antes de comenzar	<p>En caso de que hubiese una concentración de cromo elevada, se tomará un precipitado. Diluir la muestra. Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p> <p>Las muestras finales son muy ácidas. Neutralizar hasta pH 6-9 con una solución de patrón de hidróxido sódico y echar al desagüe por su eliminación. Productos químicos y soluciones para análisis deben descartarse de acuerdo a los reglamentos nacionales pertinentes.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 90 Cromo hex. – Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo. Agitar con rotación para mezclar. – En presencia de cromo hexavalente, aparecerá un color violeta. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos. – Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. – Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Cr⁶⁺. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Cr⁶⁺.
	Cálculo	El resultado mg/L Cr ⁶⁺ . que aparecerá directamente en la pantalla.
	Definición	La dureza del agua se define como la presencia de Sales de Calcio, Magnesio expresados como Carbonato de Calcio. Sin embargo deberán incluirse otros cationes metálicos que produzcan dureza si estos están en cantidades significativas. El método empleado para la determinación de la dureza total, dureza cálcica y magnésica es el método complexométrico utilizando la sal sódica del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) en presencia del indicador (negro cromo T). Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos. Un agua dura puede formar

DUREZA		depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Matraces de 125 ml – Buretas de 50 ml – Pipeta de 1-10 ml
	Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Solución EDTA (0.02 N)</u> Se pesan 3.721 g de sal disódica del ácido etilendiaminotetracético y se disuelve a 1 litro de agua destilada. – <u>Indicador negro de eriocromo T</u> Se pesan 0.4 g de negro eriocromo T y se diluye en alcohol absoluto a 96° Gl, obtenemos una solución al 0.4%. – <u>Solución Buffer</u> Se pesan 10 g de ácido Bórico y se diluye a 100 ml con agua destilada, esta solución se lleva a un pH 10-12 con NaOH al 40%. Esta solución es el tampón.
	Validación de los Reactivos	Preparar una solución estándar de Cloruro de magnesio (CL ₂ Mg) pesando aproximadamente 0.228 g, diluir a un litro de agua destilada, a partir de esta solución preparamos soluciones estándares que contengan concentraciones que van entre 10-30-50-80-100 ppm. Procedemos a determinar la dureza de estas soluciones. Si el resultado está dentro de +/- 2.5 % del valor nominal del estándar se pueden continuar utilizando los reactivos, caso contrario se desechan y se preparan nuevos reactivos. Los estándares se preparan una vez cada mes y se determina la dureza cada semana.
	Procedimiento	– Tomar 50 ml de muestra, adicionamos 1 ml de solución tampón, agitar lentamente para que se mezcle, luego adicionamos unas gotas de indicador negro eriocromo T, si la coloración de la muestra es un rojo vino, procedemos a titular con la solución EDTA hasta cambio de coloración azul, indica que el agua tiene presencia de Sales de Calcio y Magnesio. por lo que la dureza es 0.0 ppm, también podemos afirmar que el agua es ablandada.
	Cálculo	<p>Se expresa como ppm de CaCO₃ mediante la siguiente fórmula:</p> $\text{ppm CaCO}_3 = V * F$ <p>Donde: V= ml gastados de EDTA en la titulación F=17.1 Factor utilizado.</p>

		<p><u>Dureza cálcica.</u></p> <p>El método que se utiliza es el mismo que para dureza total que es el método complexométrico. Para reportar los datos utilizamos la misma fórmula de dureza total, obteniendo los resultados en ppm de Ca CO₃ procedemos a realizar una relación en 100 g de Ca CO₃ donde obtendremos 40 g de Ca⁺⁺. En el resultado obtenido de calcio tenemos y reportamos en ppm de Ca⁺⁺.</p>
FLORUROS	Definición	<p>Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0,8 a 1,2 mg/L). Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes (“fluorosis dental”) y dañar la estructura ósea. La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural. Los minerales inorgánicos que contienen fluoruro tienen muy diversas aplicaciones industriales, como la producción de aluminio. Pueden liberarse al medio ambiente fluoruros procedentes de rocas que contienen fosfato empleadas en la fabricación de fertilizantes fosfatados; estos depósitos de fosfato contienen un 4% de flúor aproximadamente.</p>
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> – Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Solución de reactivo SPANDS – Agua destilada – Muestra de agua – Pipeta volumétrica de 2 ml – Soporte universal – Limpiadores – Termómetro 10 a 100 °C
	Antes de comenzar	<p>La muestra y el agua destilada deben estar a una misma temperatura (± 1 °C). Para obtener mejores resultados medir el volumen de reactivo SPANDS lo más preciso posible. El reactivo SPANDS es tóxico y corrosivo</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 190 Fluoruro. – Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. – Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 1 minutos. – Dentro del 1 minuto después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de las cubetas (la muestra preparada y el blanco) y colocar las cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.

		<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L F⁻. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L F⁻, proceder a registrar en valor.
	Cálculo	El resultado mg/L F ⁻ que aparecerá directamente en la pantalla.
FOSFORO	Definición	Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos. Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etcétera. Para una buena interpretación de la presencia de fosfatos en las fuentes de aguas crudas, es recomendable la diferenciación analítica de las especies químicas existentes en ellas. La fuente principal de los fosfatos orgánicos son los procesos biológicos. Estos pueden generarse a partir de los ortofosfatos en procesos de tratamiento biológico o por los organismos acuáticos del cuerpo hídrico. Otra fuente importante de fosfatos en las aguas superficiales son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales.
	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml - Sobres de reactivo de fosfato PhosVer 3 en polvo - Tapón para cubeta - Limpiadores - Muestra de agua
	Antes comenzar de	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p> <p>En presencia de fosfato aparecerá un color azul.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 490 P react. PV. - Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo PhosVer 3 en polvo. Tapar la cubeta inmediatamente y agitar vigorosamente durante 30 segundos para mezclar. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos. Si la muestra fue sometida a digestión mediante el procedimiento de digestión para ácido persulfato, dejar 10 minutos de tiempo de reacción. - Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.

		<ul style="list-style-type: none"> - Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L PO₄³⁻. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L PO₄³⁻.
	Cálculo	El resultado mg/L PO ₄ ³⁻ que aparece directamente en la pantalla.
HIERRO	Definición	El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos organoférricos y, en casos raros, como sulfuros. Este metal en solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales Reactivos y	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml - Sobres de reactivo de hierro FerroVer en polvo - Tapón para cubeta - Limpiadores - Muestra de agua
	Antes comenzar de	La determinación de hierro total necesita digestión previa. Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 265 Hierro FerroVer. - Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. - Añadir el contenido de un sobre de hierro FerroVer en polvo., agitar, con rotación, para mezclar. - Después de añadir en reactivo se formará un color anaranjado si existe hierro. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador.

		<ul style="list-style-type: none"> - (Las muestras que contienen de óxido de hierro visible dejarlas reaccionar al menos 5 minutos.) - Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. - Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Fe. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Fe.
	Cálculos	El resultado en mg/L Fe que aparecen directamente en la pantalla
MANGANESO	Definición	El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. Comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II), y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles. En concentraciones mayores a 0,15 mg/L, las sales disueltas de manganeso pueden impartir un sabor desagradable al agua. La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado.
	Equipo	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml - Sobres de ácido ascórbico en polvo - Solución indicadora PAN 0.1% - solución de reactivo de cianuro alcalino - Agua destilada - Muestra de agua - Tapón para cubeta - Limpiadores
	Antes de comenzar	<p>Lavar todos los artículos con solución de ácido nítrico en la proporción de 1 a 1. Volver a lavar con agua destilada.</p> <p>La solución alcalina de cianuro contiene cianuro. Estas soluciones deberán ser recogidas para su eliminación como residuo peligroso. Asegúrese que las soluciones de cianuro son almacenadas en una solución cáustica con un pH>11 para prevenir el escape de gas de hidrógeno de cianuro. Consultar en una ficha de seguridad de materiales (MSDS) actual las instrucciones de seguridad de manipulación y eliminación.</p>

	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 290 Manganeso RB PAN. – Para preparar el blanco, llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. – Preparar la muestra; llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10ml con muestra. – Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo. Tapar las cubetas e invertir con cuidado para disolver el polvo. – Añadir 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar. En algunas muestras puede tomarse una solución turbia. La turbidez deberá disiparse en el paso siguiente. – Añadir 12 gotas de solución indicadora PAN 0.1%, a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar. – Si hay manganeso presente, la muestra preparada producirá un color anaranjado. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comenzará un tiempo de reacción de 2 minutos. – Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L Mn – Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Mn.
	Cálculos	El valor de mg/L Mn que aparece directamente en la pantalla.
NITRATO	Definición	Los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO ₃) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.
	Equipo	– Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de NitraVer 5 en polvo – Limpiadores – Muestra de agua
	Antes de comenzar	Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.

		<p>Después de disolverse el nitraVer 5 quedará un sedimento de metal no oxidado, que no afectara a los resultados.</p> <p>Este método es sensible a la técnica de agitación influyen a la forma del color. Para obtener resultados de la máxima precisión efectuar ensayos sucesivos en una solución patrón de 10 mg/L de nitrato-nitrógeno. Ajustar el tiempo y la técnica de agitación para conseguir el resultado correcto.</p> <p>Lavar la cubeta inmediatamente después de usarla para eliminar todas las partículas de cadmio ya que las muestras preparadas contendrán cadmio.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 355 N Nitrito RA PP. - Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta cuadrada, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 5 en polvo. Tapar la cubeta. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comenzará un tiempo de reacción de 5 minutos. En presencia de nitrato aparecerá un color ámbar. - Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.0mg/L NO₃-N. - En el transcurso de un minuto desde que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L NO₃-N.
	Cálculo	El valor de mg/L NO ₃ -N que aparece en la pantalla.
	Definición	Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO ₂) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la

NITRITO		concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.
	Equipo	– Espectrofotómetro DR 280
	Materiales y Reactivos	– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de NitraVer 3 en polvo, 10ml – Limpiadores – Muestra de agua
	Antes de comenzar	Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 371 N Nitrito RB PP. – Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas. – Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 3. Agitar la cubeta con rotación, para mezclar. En presencia de nitrito aparecerá un color rosa. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 20 minutos. Durante este tiempo efectuar los siguientes pasos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.000mg/L NO₂-N. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L NO₂-N.
	Cálculo	El valor de mg/L NO ₂ -N que aparece en la pantalla.
	Definición	Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.

SULFATOS	Equipo	– Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Procedimiento	– Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate . – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo SulfaVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero , la pantalla indicará: 0 mg/L SO ₄ ²⁻ . – Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición . El resultado aparecerá en mg/ L SO ₄ ²⁻
	Cálculo	Los mg/ L SO ₄ ²⁻ que aparecen en la pantalla.
ALUMINIO	Definición	El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas. Todas las aguas contienen aluminio. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución. Algunos estudios epidemiológicos han investigado la posible relación entre el aluminio en el agua y la Enfermedad de Alzheimer. Estos muestran resultados muy diversos, sobre todo por la dificultad de corregir todos los muchos factores que influyen en el resultado
	Equipo	– Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de Ácido Ascórbico, AluVer 3, Bleaching 3 en polvo – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores

	Antes de comenzar	La determinación de aluminio total requiere una digestión previa. Lavar los artículos de vidrio con ácido clorhídrico 6.0 N o con agua destilada antes de usarlos, para evitar los contaminantes absorbidos en el vidrio.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 10 Aluminio, Alumin. – Colocar 50 mL de agua de la muestra en un matraz , añadir el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo, tapar el matraz e invertir despacio varias veces para disolver el polvo, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo de aluminio AluVer 3 en polvo, en presencia de aluminio se formará un color rojo – naranja, seleccionar el temporizador y pulsar OK, invertir el tubo repetidamente durante un minuto para disolver el polvo, si existe polvo sin disolver se obtendrán resultados erróneos (Solución A). – Para preparar el blanco, llenar la cubeta cuadrada, con 10 ml de la solución A y añadir el contenido de un sobre de reactivo Bleaching 3 en polvo, presionar el temporizador y pulsar OK, agitar con rotación enérgicamente durante 30 segundos. Esta solución debería adquirir un color anaranjado de claro a medio. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comenzará un período de reacción de 15 minutos. – Preparar la muestra: Llenar la cubeta cuadrada con 10 mL de la solución A, limpiar bien el exterior de la cubeta. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Al³⁺ – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Al³⁺
	Cálculo	Los mg/ L Al ³⁺ que aparecen en la pantalla.
BARIO	Definición	El bario es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias. Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales, pero el bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. El bario tiene ocurrencia natural en el agua ambiente, comprendiendo esto a las aguas subterráneas y a las superficiales. A esta ocurrencia basal, definida por las condiciones geoquímicas locales, se le adiciona la resultante de aportes antropogénicos. Estos comprenden la deposición de material particulado emitido a la atmósfera, proveniente de fuentes tales como la extracción y procesamiento de minerales de bario y la combustión de combustibles fósiles, y el vertido de líquidos residuales de actividades industriales que involucran la producción o la utilización de compuestos de bario.
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de BariVer 4 – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores

	<p>Antes de comenzar</p>	<p>Para obtener resultados más precisos, determinar un valor de blanco de reactivo para cada nuevo lote de reactivos. Siga el procedimiento que utiliza agua desionizada agua en lugar de la muestra. Restar el valor del blanco de reactivo de los resultados finales o realizar un blanco de reactivos ajustar. Filtrar las muestras de agua altamente coloreadas o turbias utilizando un funnel1 y documento1 filtro. Grandes cantidades de color o turbidez pueden interferir y causar lecturas altas.</p> <p>Inmediatamente después de cada prueba, limpiar la celda de muestra con jabón, agua, y un cepillo para evitar la formación de una película dentro de la celda de muestra.</p>
	<p>Procedimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 20 Barium. - Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo BariVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. - Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Ba²⁺. - Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Ba²⁺.
	<p>Cálculo</p>	<p>Los mg/ L Ba²⁺ que aparecen en la pantalla.</p>
	<p>Definición</p>	<p>Los bromatos en el agua potable son indeseables debido a que se sospecha que pueden tener un efecto carcinógeno sobre humanos. Los únicos organismos que desarrollan tumores con bromato de potasio, también desarrollaron tumores con carbonato de potasio. No se ha observado que el bromato de sodio produzca tumores en organismos, lo cual ha sido ampliamente demostrado.</p>
	<p>Equipo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro DR 2800
	<p>Materiales y Reactivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml - Sobres de reactivo de DPD Total - Pipeta - Muestra de agua - Limpiadores

BROMO	Antes de comenzar	Analizar las muestras inmediatamente. No conservar para su posterior análisis. Para obtener resultados más precisos, determinar un valor de blanco de reactivo para cada nuevo lote de reactivos. Siga el procedimiento que utiliza agua desionizada agua en lugar de la muestra. Restar el valor del blanco de reactivo de los resultados finales o realizar un blanco de reactivos ajustar. Si la muestra se vuelve amarilla temporalmente después de la adición de reactivos, diluya una muestra nueva y repita la prueba. Una ligera pérdida de bromo puede ocurrir debido a la dilución.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 50 Bromine. - Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo DPD Total en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 3 minutos. - Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Br₂. - Dentro de los 3 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Br₂.
	Cálculo	Los mg/ L Br ₂ que aparecen en la pantalla.
CIANUROS	Definición	El cianuro se encuentra generalmente combinado con otros productos químicos formando compuestos. Ejemplos de compuestos simples de cianuro son el ácido cianhídrico, el cianuro de sodio y el cianuro de potasio. El cianuro puede ser producido por ciertas bacterias, hongos y algas, y ocurre en un sinnúmero de alimentos y plantas.
	Equipo	- Fotómetro PF - 12
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Tubos de test de Cianuro 08 - 1 x NANOFIX, R₂ - 500 µl, R₃ - Pipeta de émbolo con puntas - Limpiadores
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Abrir el tubo de test de Cianuro 08. Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 4 y 10) y colocar 1x NANOFIX, R₂, agitar y posteriormente colocar 500 µl, R₃ y agitar. - Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 10 min.

	Cálculo	Los mg/ L CN ⁻ que aparecen en la pantalla.
CLORUROS	Definición	La presencia de cloruros en el agua subterránea se debe fundamentalmente a la contaminación de la actividad agrícola. Dicha contaminación se produce generalmente mediante procesos difusos como por ejemplo el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas.
	Equipo	– Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Solución férrica y Solución de tiocianato de mercurio – Agua destilada – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	Antes de su análisis, filtrar las muestras turbias con un embudo y un filtro de papel medianamente rápido. Tanto la muestra como el blanco contendrán mercurio (D009) en una concentración regulada como residuo peligroso por la Federal RCRA [Resource Conservation and Recovery Act / Ley Federal sobre la Conservación y Recuperación de Recursos]. Productos químicos y soluciones para análisis deben descartarse de acuerdo a los reglamentos nacionales pertinentes.
	Procedimiento	– Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 70 Cloruro . – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar. – Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 2 minutos. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero , la pantalla indicará: 0 mg/L Cl ⁻ . – Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Medición . El resultado aparecerá en mg/ L Cl ⁻ .
	Cálculos	Los mg/ L Cl ⁻ que aparecen en la pantalla.

COBALTO	Definición	Se encuentra distribuido con amplitud en la naturaleza y forma, aproximadamente, el 0.001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre, en comparación con el 0.02% del níquel. La cantidad excesiva de cobalto produce déficit de hierro y cobre (el efecto tóxico = efecto de desplazamiento): aumenta la cantidad de hojas cloróticas, que luego se tornan necróticas y terminan marchitándose.
	Equipo	– Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de EDTA en polvo – Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo – Solución del indicador PAN 0.3 % – Agua destilada – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra, respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco. (Véase el manual de instrucciones para obtener información adicional sobre el "Uso de un blanco de reactivo").</p> <p>Si la temperatura de esta muestra es inferior a 10 °C (50 °F), caliéntela hasta la temperatura ambiente antes de realizar el análisis.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 110 Cobalto. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. – Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 3 minutos, durante la formación del color, el color de la solución del análisis puede variar de verde a rojo oscuro, dependiendo de la composición química de la muestra. El blanco debería presentar un color amarillo. – Luego del periodo de reacción añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, tapar las cubetas con cuidado y agitar para disolver el polvo. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.

		<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Co. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Co.
	Cálculo	Los mg/ L Co que aparecen en la pantalla.
CROMO TOTAL	Definición	El cromo es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente o cromo III y las cromo hexavalente o cromo VI.
	Equipo	– Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo ácido en polvo – Sobres de ChromaVer 3 en polvo – Sobres de reactivo cromo 1 – Sobres de reactivo cromo 2 – Placa caliente – Baño maría y gradilla – Cubetas de 25 mL. – Agua destilada – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra, respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco. (Véase el manual de instrucciones para obtener información adicional sobre el "Uso de un blanco de reactivo").</p> <p>Utilizar dediles para manipular las cubetas de análisis calientes.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 100 Cromo Total. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta circular de 25 ml con agua de la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo cromo 1, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, posteriormente colocar en un baño de agua hirviendo por el lapso de 5 minutos, luego de este tiempo retirar la muestra preparada y enfriar la cubeta hasta 25 °C utilizando agua corriente, una vez enfriada la muestra añadir un sobre de reactivo cromo 2 en polvo a la cubeta, tapar la cubeta e invertir para mezclar, luego añadir el contenido

		<p>de un sobre de reactivo ácido en polvo en la cubeta, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, posteriormente añadir el contenido de un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo a la cubeta, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos, durante el tiempo de reacción llenar la cubeta cuadrada de una pulgada con 10 mL de la solución preparada de 25 mL. - Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua de la muestra. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Cr. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Cr.
	Cálculo	Los mg/ L Cr que aparecen en la pantalla.
MOLIBDENO	Definición	Basado en experimentación animal, el molibdeno y sus compuestos son altamente tóxicos. Se ha informado de alguna evidencia de disfunción hepática con hiperbilirubinemia en trabajadores crónicamente expuestos a una planta soviética de molibdeno y cobre. Las características principales fueron dolores de la articulación de las rodillas, manos, pies, deformidades en las articulaciones, eritemas, y edema de las zonas de articulación.
	Equipo	- Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml - Sobres de reactivo molibdeno MolyVer 1 en polvo - Sobres de reactivo molibdeno MolyVer 2 en polvo - Sobres de reactivo molibdeno MolyVer 3 en polvo - Sobres de reactivo cromo 2 - Pipeta - Muestra de agua - Limpiadores
	Antes de comenzar	<p>Para obtener resultados de mayor precisión, determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Filtrar las muestras turbias con un filtro de papel y un embudo.</p> <p>Una vez añadidos los reactivos, la presencia del molibdeno provocará la aparición de un color amarillo.</p>
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 320 Molibdeno RA. - Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de 10 mL con agua de la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo molibdeno MolyVer 1, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, luego

		<p>añadir un sobre de reactivo molibdeno MolyVer 2 en polvo a la cubeta, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo molibdeno MolyVer 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos. – Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua de la muestra. – Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. – Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Mo⁶⁺. – Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Mo⁶⁺.
	Cálculo	Los mg/ L Mo ⁶⁺ que aparecen en la pantalla.
NIQUEL	Definición	<p>El níquel se encuentra en la corteza terrestre en distintas formas minerales, variando su concentración entre 1 mg/kg, en areniscas, y 2000 mg/kg, en rocas ígneas ultramáficas.</p> <p>La ocurrencia de níquel en los ecosistemas acuáticos resulta de la meteorización de rocas y Suelos y de aportes de origen antrópico. En el suelo, el níquel se asocia a partículas de arcilla, generando redes cristalinas de silicatos de aluminio, forma complejos con materia orgánica o fracciones arcillosas y también puede estar presente en la solución del suelo como ion libre o en formas complejas.</p>
	Equipo	Espectrofotómetro DR 2800
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Sobres de reactivo de EDTA en polvo – Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo – Solución del indicador PAN 0.3 % – Agua destilada – Pipeta – Muestra de agua – Limpiadores
	Antes de comenzar	La concentración de cobalto puede determinarse con la misma muestra preparada en este procedimiento, seleccionando el programa Hach 110.
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> – Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 340 Níquel PAN. – Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar.

		<ul style="list-style-type: none"> - Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar. - Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 15 minutos, durante la formación del color, el color de la solución del análisis puede variar de verde a rojo oscuro, dependiendo de la composición química de la muestra. El blanco debería presentar un color amarillo. - Luego del periodo de reacción añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, tapar las cubetas con cuidado y agitar para disolver el polvo. - Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. - Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Ni. - Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/ L Ni
	Cálculo	Los mg/ L Ni que aparecen en la pantalla.
PLATA	Definición	La plata es un elemento bastante escaso. Algunas veces se encuentra en la naturaleza como elemento libre (plata nativa) o mezclada con otros metales. Sin embargo, la mayor parte de las veces se encuentra en minerales que contienen compuestos de plata. Los principales minerales de plata son la argentita, la cerargirita o cuerno de plata y varios minerales en los cuales el sulfuro de plata está combinado con los sulfuros de otros metales. Aproximadamente tres cuartas partes de la plata producida son un subproducto de la extracción de otros minerales, sobre todo de cobre y de plomo.
	Equipo	- Fotómetro PF – 12
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Tubos de test de Plata - Reactivo plata R₂ - Reactivo plata R₃ - Pipeta de émbolo con puntas - Limpiadores
	Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Abrir el tubo de test de Plata. Colocar 0.5 mL de reactivo plata R₂, añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 3 y 9) y disolver completamente los reactivos. Añadir 0.5 mL de R₃, cerrarlo y mezclar. - Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 10 min.
	Cálculo	Los mg/ L Ag ⁺ que aparecen en la pantalla.

PLOMO	Definición	<p>Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas.</p> <p>La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales zinc y en pequeñas cantidades con el cobre, cadmio, hierro, etc.</p> <p>Sin embargo, el plomo también se encuentra presente en los desagües domésticos, que al descargar en los cursos naturales de agua o en las aguas marinas, modifica substancialmente la reproducción de invertebrados marinos y cambios neurológicos y de la sangre en los peces. Todos estos factores llevan al impacto en el equilibrio del ecosistema en el largo plazo por la presencia contaminante del plomo.</p>
	Equipo	– Fotómetro PF – 12
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Tubos de test de Plomo 5 – Tubo de test con 5 mL de Plomo 5 R₂ – Tubo de NANOFIX Plomo 5 R₃ – Tubo de test se solución neutra “NULL” – Embolo con puntas – Limpiadores
	Procedimiento	<p><i>Procedimiento A:</i> no están presentes otros iones (p. ej. Calcio) Valor de medición A Abrir el tubo de test. Añadir 0.2 ml de R₂ y mezclar. Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 3 y 6), cerrar y mezclar. Limpiar el tubo de ensayo por la parte exterior y medir después de 3 min.</p> <p><i>Procedimiento B:</i> con posibles interferencias de otros iones (p. ej. Calcio) Valor de medición B Llevar la muestra A al fotómetro y regular éste a cero. Abrir la muestra A. añadir 1 NANOFIX R₃, cerrar y mezclar. Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 3 min.</p>
	Cálculo	Los mg/ L Pb que aparecen en la pantalla.
ZINC	Definición	<p>El cuerpo humano contiene aproximadamente 2.3 g de cinc, el cinc tiene valor alimenticio como elemento traza. Sus funciones incluyen principalmente procesos enzimáticos y réplica de ADN. La hormona insulina contiene cinc y desempeña un papel fundamental en el desarrollo sexual. Un consumo inferior a 2-3 g, previene las deficiencias y sus efectos. El cuerpo humano sólo absorbe del 20-40% del cinc presente en la comida, así que mucha gente bebe agua mineral rica en cinc. Los síntomas causados por la carencia</p>

		del cinc son la pérdida del gusto y la falta de apetito. Puede afectar al sistema inmunológico y enzimático de los niños.
	Equipo	– Fotómetro PF – 12
	Materiales y Reactivos	– Tubos de test de Zinc 4 – Tubo de test con 5 mL de Zinc 4 R ₂ – 3 g de Zinc 4 R ₃ – Cuchara de medición 85 mm – Pipeta de émbolo con puntas – Limpiadores
	Procedimiento	– Abrir el tubo de test de Zinc 4. Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 3 y 10) y disolver completamente los reactivos. Añadir 200 µL (= 0.2 mL) de R ₂ , cerrarlo y mezclar. – Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 1 min.
	Cálculo	Los mg/ L Zn que aparecen en la pantalla.

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

COLIFORMES FECALES	Descripción general	Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es <i>Escherichia</i> , pero algunos tipos de bacterias de los géneros <i>Citrobacter</i> , <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i> también son termotolerantes. <i>Escherichia coli</i> se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β-glucuronidasa. <i>E. coli</i> está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de <i>E. coli</i> , puede haber microorganismos ambientales.
	Valor como indicador	Se considera que <i>Escherichia coli</i> es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de <i>E. coli</i> ; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que <i>E. coli</i> . <i>Escherichia coli</i> (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, <i>E. coli</i> es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Cámara Incubadora - Equipo de Filtración
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas de filtro 0.47 - Medio de cultivo Lauryl Sulfato - Cajas Petri - Limpiadores - Alcohol antiséptico 70^oGl - Pinza - Termómetro - Cronómetro - Metanol - Pads adsorbentes - Reverbero - Muestra de agua - Medidor de medio de cultivo - Tubo de grasa lubricante - Esferográfico - Lente de aumento - Pipetas plásticas Pasteur - Destornillador
	Preparación del medio bacteriológico dentro del laboratorio	<p>A. Para 200 pruebas, disolver los 38.1 g del medio de cultivo Lauryl Sulfato, para filtro de membrana, MLSB (suministrado en un envase pre pesado) en 500 ml de agua, en un frasco o vaso.</p> <p>B. Calentar la mezcla para asegurar que el polvo esté completamente disuelto, pero no hervir.</p> <p>C. Poner el medio en frascos de 50 ml y asegurar que no contengan residuos de MLSB de otras preparaciones o agentes de limpieza.</p> <p>D. Colocar las tapas de las botellas pero dejarlas levemente sueltas- no cerradas herméticamente.</p> <p>E. Esterilizar las botellas en una autoclave, a 121 °C por 10 minutos, o poner las botellas en una olla a presión y mantener la presión de vapor por 15 minutos. Remover las botellas, dejar enfriar, ajustar las tapas y almacenar en un sitio fresco y en la oscuridad.</p> <p>F. Para 10 pruebas usar el equipo medidor de medio (MMD) como se indica en la sección 601.6.</p>

Equipo para medir medio de cultivo (MMD)		<p>G. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p> <p>H. Cuando el pad está completamente saturado, proceder a retirar el exceso de medio MLSB.</p>
		<p>A. Si alrededor de 10 análisis son solamente requeridos, el MMD puede ser utilizado.</p> <p>B. Hervir al menos 100 ml de agua limpia por al menos 2 minutos para esterilizarla y dejarla enfriar.</p> <p>C. El MMD está pre esterilizado. Tomar una cuchara del medio de cultivo del frasco de stock con la espátula azul y colocar en la botella plástica, mantener la cuchara en la boca de la botella sin tocarla. Poner el contenido de la cuchara con medio de cultivo dentro de la botella limpia de plástico.</p> <p>D. Repetir el procedimiento de arriba hasta que 10 cucharadas del medio de cultivo han sido colocadas en la botella.</p> <p>E. Poner el agua caliente en la botella y sellar la tapa fuertemente.</p> <p>F. Agitar la botella de tal manera que el medio de cultivo se disuelva completamente.</p> <p>G. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	Preparación del medio de cultivo en el campo	<p>A. Colocar una membrana en el equipo de filtración.</p> <p>B. Escoger el agua más limpia disponible, por ejemplo. Agua lluvia, agua filtrada, o si es necesario, agua cruda reposada en un recipiente toda la noche. No usar agua clorada. Hervir el agua al menos 2 minutos, tapar y dejar enfriar. Filtrar 200 ml de agua a través de la membrana (2x100 ml). Si el agua es turbia, más de una membrana puede ser requerida. Preparar un total de 500 ml de agua filtrada.</p> <p>C. Chequear que el pH del agua preparada está en el rango de 6.5 a 8.0. En casos especiales el pH del agua filtrada no puede estar dentro de este rango, entonces ajustar el pH usando una solución diluida de hidróxido de sodio (para subir el pH), o ácido clorhídrico diluido (para bajar el pH).</p> <p>D. Añadir el contenido de un recipiente pre pasado de 38.1 g de Medio de Cultivo para filtración por membrana Lauryl Sulfato (MLSB) a los 500 ml de agua preparada y calentar para ayudar a la disolución.</p> <p>E. Colocar los MLSB disuelto en los frascos de polipropileno de 50 ml</p>

		<p>F. Tapar las botellas y ajustar firmemente.</p> <p>G. Poner las botellas llenas en una olla a presión y hervir por 15 minutos. Asegurar que las botellas no estén en contacto con el fondo de la olla a presión</p> <p>H. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<p>Uso del medio de cultivo</p>	<p>El medio de cultivo preparado debe permanecer estable de 6 a 8 semanas. Sin embargo, si éste presenta signos de contaminación, por ejemplo, color amarillento, turbio, etc., descartarlo.</p> <p>Idealmente para reducir la posibilidad de contaminación, usar la botella con medio de cultivo diariamente y usar una nueva para cada siguiente día. Sin embargo esto no es posible, entonces la botella debe ser resellada inmediatamente y el medio de cultivo debe ser reutilizado por ebullición en un baño de agua por 15 minutos.</p> <p>Limpia completamente las botellas vacías antes de re usarlas. Los residuos deben ser retirados con agua caliente; con un poco de detergente; enjuagar varias veces con agua limpia, secar y almacenar en un medio limpio, con sus respectivas tapas.</p> <p>El MLSB en solución puede ser aplicado a los Pads 6 horas antes de muestreo, si se almacenó en un medio frío. Este procedimiento puede reducir el número de operaciones en el campo.</p> <p>El MLSB en polvo es almacenado en condiciones frías y secas para mantener un tiempo de vida de 5 años.</p>
	<p>Procedimiento antisépticos</p>	<p>Higiene general y procedimientos son de mucha importancia y cuidados extras que deben ser tomados en cuenta cuando se sale del laboratorio (en el campo).</p> <p>Todo debe estar limpio y esterilizado, particularmente en las siguientes superficies:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interior del vaso de muestreo - Interior del tubo de filtración - Filtro de membrana y porta Pads - Superficie superior del soporte de membranas - Interior de las cajas petri - Porta pad y dispensados de Pads, y pinza. <p>Secar la unidad de filtración y el vaso de muestreo usando papel suave y limpio.</p>

		<p>Poner 1 ml de metanol en el vaso de muestreo y uniformizar en el fondo (El metanol puede ser almacenado en botellas Plásticas)</p> <p>Poner el vaso de muestra en la posición normal lejos de cualquier solución inflamable.</p> <p>Usando un encendedor, prender el metanol. Mantener el metanol encendido por un tiempo, luego invertir la unidad de filtración en el vaso de muestra.</p> <p>Esperar al menos 5 minutos para asegurar que el vaso de muestra y la unidad de filtración estén estériles. El metanol se quema anaeróbicamente para formar el formaldehído que asegura una esterilización completa.</p> <p>Descartar alguna solución residual.</p> <p>Los procedimientos de esterilización deben ser realizados inmediatamente antes del muestreo y después de filtrar cada muestra.</p> <p>Cajas petri de aluminio reusables o cajas petri de plástico pre esterilizadas pueden ser usadas. Si son las de aluminio, estas deben ser esterilizadas por ebullición después de su uso. Después de la esterilización, asegurar que las cajas estén secas.</p> <p>Otros métodos de esterilización pueden ser utilizados, incluyendo el auto clavado, o colocando las cajas petri en un horno convencional a 300 C por 30 minutos.</p> <p>Los Pads son suministrados estériles en cartuchos de 100. Un dispensador estéril es suministrado para colocar los Pads en las cajas petri. Es preferible dispensar los Pads antes de iniciar el muestreo, de esta forma el dispensador puede estar ajustado al cartucho y permanecer limpio y estéril. Si es necesario dispensar los Pads en el campo, pero se debe tener mucho cuidado de no contaminar el dispensador y cartucho.</p> <p>Inmediatamente que los Pads de cartucho se han terminado, uno nuevo debe ser ajustado al dispensador. No dejar el dispensador sin cartucho y si no está disponible un dispensador usar una pinza estéril.</p> <p>Antes de manipular el filtro de membrana con la pinza, esta debe estar flameada para esterilizarla; mantener la punta de la pinza en la llama por 5 segundos y dejar enfriar antes de manipular la membrana.</p>
	<p>Procesamiento de muestras para</p>	<p>Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo</p> <p>Dispensar un pad en la caja petri estéril y saturar con MLSB</p>

	<p>análisis de coliformes.</p>	<p>Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base</p> <p>Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva.</p> <p>Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.</p> <p>Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml.</p> <p>Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana</p> <p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración.</p> <p>Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración</p> <p>Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p> <p>Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.</p> <p>Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C</p>
	<p>Conteo de coliformes y registro de resultados.</p>	<p>Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 C (alta) y/o 37 C (baja)</p> <p>Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.</p> <p>Colocar las cajas petri en una superficie plana.</p>

		<p>Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo. Ignorar aquellas colonias que no son de color amarillo, Por ejemplo, rosadas o transparentes.</p> <p>Una vez que en número de colonias amarillar ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Registrar los resultados.</p>
COLIFORMES TOTALES	Descripción General	<p>El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de Bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima β-galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros <i>Escherichia</i>, <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i>, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como <i>Serratia</i> y <i>Hafnia</i>. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una repropagación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.</p>
	Valor como indicador	<p>El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas. El análisis de los coliformes totales, como indicador de desinfección, es mucho más lento y menos fiable que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.</p>
	Equipos	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Incubadora – Equipo de filtración
	Materiales y Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> – Membranas de filtro 0.47 – Reactivo m-COLI BLUE 24* BROTH – Cajas Petri de aluminio – Limpiadores – Alcohol antiséptico 70ºGl – Pinzas – Termómetro

		<ul style="list-style-type: none"> - Cronómetro - Metanol - Pat adsorbente - Muestra de agua - Esferográfico - Lente de aumento - Tubo de grasa lubricante - Pipetas plásticas Pasteur - Destornillador
	<p>Preparación del medio Bacteriológico en laboratorio.</p>	<p>Para 200 pruebas, disolver los 38.1 g del medio de cultivo Lauryl Sulfato, para filtro de membrana, MLSB (suministrado en un envase pre pesado) en 500 ml de agua, en un frasco o vaso.</p> <p>Calentar la mezcla para asegurar que el polvo esté completamente disuelto, pero no hervir.</p> <p>Poner el medio en frascos de 50 ml y asegurar que no contengan residuos de MLSB de otras preparaciones o agentes de limpieza.</p> <p>Colocar las tapas de las botellas pero dejarlas levemente sueltas- no cerradas herméticamente.</p> <p>Esterilizar las botellas en una autoclave, a 121 C por 10 minutos, o poner las botellas en una olla a presión y mantener la presión de vapor por 15 minutos. Remover las botellas, dejar enfriar, ajustar las tapas y almacenar en un sitio fresco y en la obscuridad.</p> <p>Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p> <p>Cuando el pad está completamente saturado, retirar el exceso de medio MLSB.</p> <p>Si alrededor de 10 análisis son solamente requeridos, el MMD puede ser utilizado.</p>
	<p>Equipo para medir medio de cultivo (MMD)</p>	<p>Hervir al menos 100 ml de agua limpia por al menos 2 minutos para esterilizarla y dejarla enfriar.</p> <p>El MMD está pre esterilizado. Tomar una cuchara del medio de cultivo del frasco de stock con la espátula azul y colocar en la botella plástica, mantener la cuchara en la boca de la botella sin colocarla. Poner el contenido de la cuchara con medio de cultivo dentro de la botella limpia de plástico.</p> <p>Repetir el procedimiento de arriba hasta que 10 cucharadas del medio de cultivo han sido colocadas en la botella.</p>

		<p>Poner el agua caliente en la botella y sellar la tapa fuertemente.</p> <p>Agitar la botella de tal manera que el medio de cultivo se disuelva completamente.</p> <p>Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<p>Preparación del medio de cultivo en el campo.</p>	<p>Colocar una membrana en el equipo de filtración.</p> <p>Escoger el agua más limpia disponible, por ejem. Agua lluvia, agua filtrada, o si es necesario, agua cruda reposada en un recipiente toda la noche. No usar agua clorada. Hervir el agua al menos 2 minutos, tapar y dejar enfriar. Filtrar 200 ml de agua a través de la membrana (2x100 ml). Si el agua es turbia, más de una membrana puede ser requerida. Preparar un total de 500 ml de agua filtrada.</p> <p>Chequear que el pH del agua preparada está en el rango de 6.5 a 8.0. En casos especiales el pH del agua filtrada no puede estar dentro de este rango, entonces ajustar el pH usando una solución diluida de hidróxido de sodio (para subir el pH), o ácido clorhídrico diluido (para bajar el pH).</p> <p>Añadir el contenido de un recipiente pre pasado de 38.1 g de Medio de Cultivo para filtración por membrana Lauryl Sulfato (MLSB) a los 500 ml de agua preparada y calentar para ayudar a la disolución.</p> <p>Colocar los MLSB disuelto en los frascos de polipropileno de 50 ml</p> <p>Tapar las botellas y ajustar firmemente.</p> <p>Poner las botellas llenas en una olla a presión y hervir por 15 minutos. Asegurar que las botellas no estén en contacto con el fondo de la olla a presión</p> <p>Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<p>Uso del medio de cultivo</p>	<p>El medio de cultivo preparado debe permanecer estable de 6 a 8 semanas. Sin embargo, si éste presenta signos de contaminación, por ejemplo, color amarillento, turbio, etc., descartarlo.</p> <p>Idealmente para reducir la posibilidad de contaminación, usar la botella con medio de cultivo diariamente y usar una nueva para cada siguiente día. Sin embargo esto no es posible, entonces la botella debe ser resellada inmediatamente y el medio de cultivo debe ser reutilizado por ebullición en un baño de agua por 15 minutos.</p>

		<p>Limpiar completamente las botellas vacías antes de re usarlas. Los residuos deben ser retirados con agua caliente; con un poco de detergente; enjuagar varias veces con agua limpia, secar y almacenar en un medio limpio, con sus respectivas tapas.</p> <p>El MLSB en solución puede ser aplicado a los Pads 6 horas antes de muestreo, si se almacenó en un medio frío. Este procedimiento puede reducir el número de operaciones en el campo.</p> <p>El MLSB en polvo es almacenado en condiciones frías y secas para mantener un tiempo de vida de 5 años.</p>
	<p>Procedimientos antisépticos</p>	<p>Higiene general y procedimientos son de mucha importancia y cuidados extras que deben ser tomados en cuenta cuando se sale del laboratorio (en el campo).</p> <p>Todo debe estar limpio y esterilizado, particularmente en las siguientes superficies:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interior del vaso de muestreo - Interior del tubo de filtración - Filtro de membrana y porta Pads - Superficie superior del soporte de membranas - Interior de las cajas petri - Porta pad y dispensados de Pads, y pinza. <p>Secar la unidad de filtración y el vaso de muestreo usando papel suave y limpio.</p> <p>Poner 1 ml de metanol en el vaso de muestreo y uniformizar en el fondo (El metanol puede ser almacenado en botellas Plásticas)</p> <p>Poner el vaso de muestra en la posición normal lejos de cualquier solución inflamable.</p> <p>Usando un encendedor, prender el metanol. Mantener el metanol encendido por un tiempo, luego invertir la unidad de filtración en el vaso de muestra.</p> <p>Esperar al menos 5 minutos para asegurar que el vaso de muestra y la unidad de filtración estén estériles. El metanol se quema anaeróbicamente para formar el formaldehído que asegura una esterilización completa.</p> <p>Descartar alguna solución residual.</p> <p>Los procedimientos de esterilización deben ser realizados inmediatamente antes del muestreo y después de filtrar cada muestra.</p>

		<p>Cajas petri de aluminio reusables o cajas petri de plástico pre esterilizadas pueden ser usadas. Si son las de aluminio, estas deben ser esterilizadas por ebullición después de su uso. Después de la esterilización, asegurar que las cajas estén secas.</p> <p>Otros métodos de esterilización pueden ser utilizados, incluyendo el auto clavado, o colocando las cajas petri en un horno convencional a 300 C por 30 minutos.</p> <p>Los Pads son suministrados estériles en cartuchos de 100. Un dispensador estéril es suministrado para colocar los Pads en las cajas petri. Es preferible dispensar los Pads antes de iniciar el muestreo, de esta forma el dispensador puede estar ajustado al cartucho y permanecer limpio y estéril. Si es necesario dispensar los Pads en el campo, pero se debe tener mucho cuidado de no contaminar el dispensador y cartucho.</p> <p>Inmediatamente que los Pads de cartucho se han terminado, uno nuevo debe ser ajustado al dispensador. No dejar el dispensador sin cartucho y si no está disponible un dispensador usar una pinza estéril.</p> <p>Antes de manipular el filtro de membrana con la pinza, esta debe estar flameada para esterilizarla; mantener la punta de la pinza en la llama por 5 segundos y dejar enfriar antes de manipular la membrana.</p> <p>Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo</p>
	<p>Procesamiento de muestras para análisis de coliformes.</p>	<p>Dispensar un pad en la caja petri estéril y saturar con MLSB</p> <p>Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base</p> <p>Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva.</p> <p>Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.</p> <p>Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml.</p> <p>Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana</p> <p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración.</p> <p>Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración</p>

		<p>Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p> <p>Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.</p> <p>Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C</p>
	<p>Conteo de coliformes y registro de resultados.</p>	<p>Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 C (alta) y/o 37 C (baja)</p> <p>Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.</p> <p>Colocar las cajas petri en una superficie plana.</p> <p>Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo. Ignorar aquellas colonias que no son de color amarillo, Por ejemplo, rosadas o transparentes.</p> <p>Una vez que el número de colonias amarillas ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Registrar los resultados.</p>

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P – EMAPAG

ANEXO 4.
ESPECIFICACION TECNICO
PAC -08

BENEFICIOS:

- Producto utilizado para clarificar agua, para uso potable.
- Reemplaza satisfactoriamente el uso de Sulfato de aluminio y otros coagulantes inorgánicos
- Solubilidad Total en agua.
- No forma incrustaciones, No causa taponamientos de filtros.
- No afecta el pH del agua tratada.
- Efectivo en agua con bajos y altos valores de turbidez.
- Dependiendo la calidad del agua, este producto puede ser utilizado en sistemas con oxidación previa, cualquiera que sea el método utilizado.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 6.0 – 8.5
- No requiere de la ayuda de un Floculante para aglomeración de flocs.

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua que será destinada para uso potable.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación y Floculación.

CARACTERÍSTICAS TECNICAS:

Apariencia:	Líquido amarillo - marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.250 ± 0.100
PH puro:	2.700 ± 0.500
% Al ₂ O ₃ :	12.000 – 18.000
% Cloruros:	25 ± 0.500
% Basicidad relativa:	40 ± 1.500
Viscosidad a 25°C:	30 ± 0.500 mPas

DOSIS:

La dosis del PAC - 08 en general está en función de la turbidez del agua a tratarse, pudiendo variar entre 20 a 250 ppm para afluentes destinados a potabilización, para lo cual por pruebas de tratabilidad en nuestro laboratorio, se determinará la dosis óptima y un técnico especializado lo instalará en su sistema.

APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución cuando las dosificaciones y el caudal a tratar son muy bajos.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador para máxima homogenización. No necesita el uso de floculantes adicionales.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.
- Se recomienda revisar las hojas de seguridad del producto.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

ANEXO 5.
ESPECIFICACION TÉCNICA
HIPOCLORITO DE CALCIO (HTH)

FABRICANTE: Arch Chemicals, Inc

NOMBRE QUÍMICO: Hipoclorito de calcio al 68%

FÓRMULA QUÍMICA: Ca (OCl)₂ - 2H₂O

NUMERO CAS: 7778-54-3

PAÍS DE ORIGEN: El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Parámetros	Especificaciones
Apariencia	Blanco, Polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad En Agua	18% A 25°
Humedad	< 16%
Ph	10.400 – 10.800 (Solución al 1% en Agua Destilada neutral A 25°c
Densidad	0.800 G/cc (Granular) 1.900 G/cc (Tabletas)

COMPOSICIÓN

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 -80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de calcio, Ca(ClO ₃) ₂	0 – 5%	1.400%
Cloruro de Calcio	0 – 5%	0.500%
Carbonato de calcio	0 – 5%	2.300%
Hidróxidos de calcio	0 – 4%	1,650%
Agua	5.5 – 8.500 %	
Insolubles	< 5% W/W	

PRECAUCIONES PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAJE SEGURO DEL PRODUCTO

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejemplo, otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monománico), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. **NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 °C. (125 °F.)**
Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

PRIMEROS AUXILIOS

- ✓ **EN CASO DE INHALACIÓN:** Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- ✓ **EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA:** Quítese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- ✓ **EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:** Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quíteselos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- ✓ **Ingestión: EN CASO DE INGESTION:** Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.
- ✓ **Notas para el médico:** El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

PRESENTACIONES

- HTH Granular tambores de 45 Kgs.
- HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
 - *Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
 - *Peso: 6.4 – 7.0 gramos
- CCH Tableta de 3” cubetas de 50 lbs.
 - *Inhibidor (% en peso): 0.500% mínimo
 - *Peso: Aproximadamente 300 gramos
 - *Diámetro: Aproximadamente 3.000 pulgadas
 - *Altura: 1.350 – 1.450 pulgadas

PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE CLORO

Las soluciones de HTH Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH Cloro Seco al agua.

Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel o ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados.

Cloro Disponible	Volumen de Agua en Litros										
	100	180	300	400	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000
PPM	Gramos de HTH Cloro Seco Requeridos										
0.5	0.08	0.14	0.23	0.31	0.38	0.77	1.54	2.31	3.08	3.85	0.77
1	0.15	0.28	0.46	0.62	0.77	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	1.54
5	0.77	1.38	2.31	3.08	3.85	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	7.69
10	1.54	2.77	4.62	6.15	7.69	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	15.4
15	2.31	4.15	6.92	9.23	11.54	23.08	46.15	69.23	92.31	115.4	23.1
20	3.08	5.54	9.23	12.31	15.38	30.77	61.54	92.31	123.1	153.8	30.8
25	3.85	6.92	11.54	15.38	19.23	38.46	76.92	115.4	153.8	192.3	38.5
30	4.62	8.31	13.85	18.46	23.08	46.15	92.31	138.5	184.6	230.8	46.2
40	6.15	11.08	18.46	24.62	30.77	61.54	123.1	184.6	246.2	307.7	61.5
50	7.69	13.85	23.08	30.77	38.46	76.92	153.8	230.8	307.7	384.6	76.9
60	9.23	16.62	27.69	36.92	46.15	92.31	184.6	276.9	369.2	461.5	92.3
70	10.77	19.38	32.31	43.08	53.85	107.7	215.4	323.1	430.8	538.5	108
80	12.31	22.15	36.92	49.23	61.54	123.1	246.2	369.2	492.3	615.4	123
90	13.85	24.92	41.54	55.38	69.23	138.5	276.9	415.4	553.8	692.3	138
100	15.38	27.69	46.15	61.54	76.92	153.8	307.7	461.5	615.4	769.2	154

ANEXO 6.

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

N	AÑO	POBLACIÓN
0	2014	7190
1	2015	7330
2	2016	7473
3	2017	7618
4	2018	7767
5	2019	7918
6	2020	8073
7	2021	8230
8	2022	8391
9	2023	8554
10	2024	8721
11	2025	8891
12	2026	9065
13	2027	9241
14	2028	9422
15	2029	9605

Realizado por Jenniffer Girón

ANEXO 7.

VALORES DE LA RELACIÓN PESO ESPECÍFICO Y VISCOSIDAD ABSOLUTA

Temperatura °C	$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$
0	2336.940
4	2501.560
10	2736.530
15	2920.010
20	3114.640
25	3266.960

Fuente: Romero, Jairo. (2008).

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
0	9.805	999.800	1.781 · 10 ⁻³	1.785 · 10 ⁻⁶
5	9.807	1000.000	1.518 · 10 ⁻³	1.519 · 10 ⁻⁶
10	9.804	999.700	1.307 · 10 ⁻³	1.306 · 10 ⁻⁶
15	9.798	999.100	1.139 · 10 ⁻³	1.139 · 10 ⁻⁶
20	9.789	998.200	1.102 · 10 ⁻³	1.003 · 10 ⁻⁶
25	9.777	997.000	0.890 · 10 ⁻³	0.893 · 10 ⁻⁶
30	9.764	995.700	0.708 · 10 ⁻³	0.800 · 10 ⁻⁶
40	9.730	992.200	0.653 · 10 ⁻³	0.658 · 10 ⁻⁶
50	9.689	988.000	0.547 · 10 ⁻³	0.553 · 10 ⁻⁶
60	9.642	983.200	0.466 · 10 ⁻³	0.474 · 10 ⁻⁶
70	9.589	977.800	0.404 · 10 ⁻³	0.413 · 10 ⁻⁶
80	9.530	971.800	0.354 · 10 ⁻³	0.364 · 10 ⁻⁶
90	9.466	965.300	0.315 · 10 ⁻³	0.326 · 10 ⁻⁶
100	9.399	958.400	0.282 · 10 ⁻³	0.294 · 10 ⁻⁶

Fuente: DAUGHERTY, R; FRANZINI, J. (1978).

ANEXO 8

DIMENSIONES TÍPICAS DE MEDIDORES PARSHALL (CM)

W		A	B	C	D	E	F	G	K ₁	N
Pul g.	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1"	2.50	36.30	35.60	9.30	16.8	22.9	7.6	20.3	1.90	2.90
3"	7.60	46.60	45.70	17.80	25.9	45.7	15.2	30.5	2.50	5.70
6"	15.20	61.00	61.00	39.40	40.3	61.0	30.5	61.0	7.60	11.40
9"	22.90	88.00	86.40	38.00	57.5	76.3	30.5	45.7	7.60	11.40
1'	30.50	137.20	134.4	61.00	84.5	91.5	61.0	91.5	7.60	2.90
1 ½'	45.70	144.90	142.0	76.20	102.6	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
2'	61.00	152.50	149.6	91.50	120.7	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
3'	91.50	167.70	164.5	122.00	157.2	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
4'	122.00	83.00	179.5	152.50	193.8	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
5'	152.50	198.30	194.1	183.00	230.3	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
6'	183.00	213.50	209.0	213.50	266.7	91.5	61.0	91.5	7.60	2.90
7'	213.50	228.80	24.0	244.00	303.0	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
8'	244.00	244.00	239.2	274.50	340.0	91.5	61.0	91.5	7.60	22.90
10'	305.00	274.50	427.0	366.00	475.9	22.0	91.5	183.5	15.30	34.30

Fuente: CEPIS. (1992).

ANEXO 9

VALORES TÍPICOS DE RUGOSIDAD (COEFICIENTE DE MANNING)

MATERIAL	COEFICIENTE DE MANNING	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA (mm)
Asbesto cemento	0.011	0.002
Latón	0.011	0.002
Fierro fundido (nuevo)	0.012	0.600
Concreto (cimbra metálica)	0.011	0.260
Concreto (cimbra madera)	0.015	0.180
Concreto simple	0.013	0.600
Cobre	0.011	0.002
Acero corrugado	0.022	45.000
Acero galvanizado	0.016	0.150
Plomo	0.011	0.002
Platico (PVC)	0.090	0.002
Madera (duelas)	0.012	0.180
Vidrio (laboratorio)	0.011	0.002

Fuente: Aplicaciones de computación en Ingeniería Hidráulica.5.ed.Haestad Methods. (1992).

ANEXO 10

PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DRENAJES POR TUBERÍAS

Velocidad máxima en el distribuidor	0.300 m/s
Velocidad máxima en los laterales	0.300 m/s
Área total de los orificios Área del lecho	$(1.500 \text{ a } 5) \times 10^{-3}$
Área principal	1.500 a 3
Área lateral Área de orificios servida por el lateral	2 a 4

Fuente: Potabilización. Milton Silva. Capítulo 6. (2002).

PARÁMETROS DE DISEÑOS LATERALES

Espaciamiento de los laterales	1-2 m
Diámetro de los orificios de los laterales	6.500 mm – 15.800 mm
Espaciamiento de los orificios de los Laterales	7.500 cm – 25cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3 - 5 cm
Velocidad en orificio	3 – 5 m/s

Fuente: Arboleda, J. (2000)

ANEXO 11

DOSIFICACIÓN DE HTH A DIFERENTES CAUDALES DE CAPTACIÓN

<i>Q</i> (l/s)	Ca(ClO) ₂ (lb/día)	Solución Madre V1 (ml)	Solución de Cloro V2 (ml)	Caudal de Goteo (ml/min)
1	0.230	1.140	3,260	2
2	0.470	2.290	6,520	5
3	0.700	3.430	9.770	7
4	0.930	4.580	13.030	9
5	1.170	5.720	16.290	11
6	1.400	6.870	19.550	14
7	1.630	8.010	22.810	16
8	1.870	9.160	26.060	18
9	2.100	10.300	29.320	20
10	2.330	11.450	32.580	23
11	2.570	12.590	35.840	25
12	2.800	13.740	39.100	27
13	3.030	14.880	42.350	29
14	3.260	16.030	45.610	32
15	3.500	17.170	48.870	34
16	3.730	18.310	52.130	36
17	3.960	19.460	55.390	38
18	4.200	20.600	58.640	41
19	4.430	21.750	61.900	43
20	4.660	22.890	65.160	45
21	4.900	24.040	68.420	48
22	5.130	25.180	71.670	50
23	5.360	26.330	74.930	52
24	5.600	27.470	78.190	54
25	5.830	28.620	81.450	57
26	6.060	29.760	84.710	59
27	6.300	30.910	87.960	61
28	6.530	32.050	91.220	63
29	6.760	33.200	94.480	66
30	7.000	34.340	97.740	68
31	7.230	35.490	101.000	70
32	7.460	36.630	104.250	72
33	7.700	37.770	107.510	75
34	7.930	38.920	110.770	77
35	8.160	40.060	114.030	79
36	8.400	41.210	117.290	81
37	8.630	42.350	120.540	84
38	8.860	43.500	123.800	86
39	9.090	44.640	127.060	88
40	9.330	45.790	130.320	90
41	9.560	46.930	133.580	93
42	9.790	48.080	136.830	95
43	10.030	49.220	140.090	97
44	10.260	50.370	143.350	100
45	10.490	51.510	146.610	102
46	10.730	52.660	149.870	104
47	10.960	53.800	153.120	106
48	11.190	54.940	156.380	109
49.091	11.450	56.190	159.930	111

Realizado por Jenniffer Girón

ANEXO 13.

RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE AGUA POR E.P-EMAPAG

RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) PARROQUIA GUANAJUO								
PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	07-abr	10-abr	11-abr	14-abr	15-abr	
COLOR	UTC	15	5.00	1.00	8.00	1.00	10.00	1.00
TURBIDEDAD	NTU	5	15.32	35.00	38.27	0.54	84.25	0.51
pH			7.52	7.12	7.09	7.21	6.57	7.16
CONDUCTIVIDAD	uS/cm		190.65	98.25	133.4	92.61	180.57	109.20
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L		110.75	42.63	63.50	38.52	86.42	54.36
TEMPERATURA	°C		13.56	13.09	15.36	12.65	15.64	14.65
NITRATOS (N-NO ₃ -)	mg/L	50	1.00	0.95	1.80	1.13	1.70	0.96
NITRITOS (N-NO ₂ -)	mg/L	0.2	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007
FOSFATOS (P-PO ₄ -)	mg/L	0.65	0.65	0.68	0.58	0.54	0.45	0.55
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
SULFATOS (SO ₄ -)	mg/L	2.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.68	1.00
FLUORUROS (F)	mg/L	1.5	0.49	0.36	0.42	0.35	0.48	0.42
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.32	0.09	0.38	0.07	0.40	0.05	0.47
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.4	0.068	0.015	0.038	0.01	0.062	0.016
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.05	0.007	0.007	0.006	0.007	0.007	0.006
COBRE (Cu)	mg/L	2	0.05	0.04	0.05	0.02	0.03	0.02
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	52.00	50.00	40.00	36.00	54.00	48.00	46.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.009	0.009	0.008	0.007	0.008	0.006	0.007
CLORUROS (Cl)	mg/L	0.92	0.85	0.86	0.74	0.64	0.62	0.85
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.07	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.006
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.009	0.006	0.007
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
PLATA (Ag)	mg/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.7	0.15	0.34	0.20	0.18	0.17	0.23
BROMO (Br)	mg/L	1.95	1.92	2.85	2.45	1.92	2.65	2.13
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.24	0.26	0.34	0.27	0.26	0.35	0.29
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.05	0.008	0.009	0.009	0.007	0.009	0.009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	15.00	10.00	10.00	7.00	13.00	11.00	20.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	< 1**	80	< 1**	42	< 1**	52	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 1**	34	< 1**	46	< 1**	32	< 1**

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA NPE-INEN 1108/2014, Quinta Edición
 NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPAG

EMPRESA DE AGUA POTABLE ALCANTARILLA DE GUARANDA
 LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD
 ep-emapa-g
 Técnico Control de Calidad: Raul Altan
 TEC. SCH-LAB

RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) PARROQUIA GUANAJUO								
PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	17-abr	18-abr	22-abr	23-abr	25-abr	
COLOR	UTC	15	16.00	1.00	28.00	1.00	8.00	1.00
TURBIDEDAD	NTU	5	39.23	0.59	95.68	0.48	58.36	0.29
pH			7.62	7.08	6.89	7.16	7.12	6.95
CONDUCTIVIDAD	uS/cm		190.23	95.42	208.52	110.65	173.42	92.64
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L		80.67	37.46	110.68	45.60	115.62	38.64
TEMPERATURA	°C		14.31	15.86	14.97	15.12	13.58	13.97
NITRATOS (N-NO ₃ -)	mg/L	50	1.27	0.98	0.98	0.92	1.08	0.94
NITRITOS (N-NO ₂ -)	mg/L	0.2	0.008	0.007	0.009	0.008	0.006	0.007
FOSFATOS (P-PO ₄ -)	mg/L	0.48	0.35	0.61	0.45	0.62	0.41	0.78
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
SULFATOS (SO ₄ -)	mg/L	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
FLUORUROS (F)	mg/L	1.5	0.42	0.32	0.48	0.32	0.74	0.43
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.49	0.05	0.45	0.09	0.58	0.06	0.63
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.4	0.074	0.008	0.052	0.012	0.074	0.008
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.05	0.009	0.009	0.008	0.006	0.007	0.009
COBRE (Cu)	mg/L	2	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	48.00	24.00	62.00	46.00	50.00	24.00	48.00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.006	0.006	0.007	0.004	0.008	0.006	0.007
CLORUROS (Cl)	mg/L	0.95	0.25	0.82	0.68	0.76	0.54	0.70
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.07	0.006	0.005	0.005	0.003	0.009	0.007
COBALTO (Co)	mg/L	0.007	0.008	0.008	0.006	0.007	0.006	0.008
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
PLATA (Ag)	mg/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.7	0.29	0.22	0.22	0.16	0.20	0.19
BROMO (Br)	mg/L	2.08	3.16	2.57	1.98	1.18	0.65	2.09
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.45	0.43	0.27	0.17	0.27	0.12	0.35
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.05	0.008	0.007	0.008	0.005	0.009	0.006
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	17.00	6.00	15.00	7.00	12.00	6.00	14.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	< 1**	120	< 1**	64	< 1**	85	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 1**	74	< 1**	42	< 1**	62	< 1**

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA NPE-INEN 1108/2014, Quinta Edición
 NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPAG

EMPRESA DE AGUA POTABLE ALCANTARILLA DE GUARANDA
 LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD
 ep-emapa-g
 Técnico Control de Calidad: Raul Altan
 TEC. SCH-LAB

NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Jenniffer Girón Morillo	RESULTADOS CARACTERIZACION E.P-EMAPAG		
			Lámina	Escala	Fecha

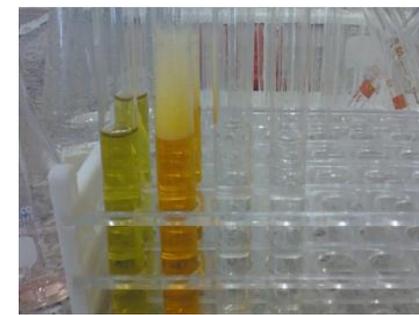
ANEXO 14

RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS



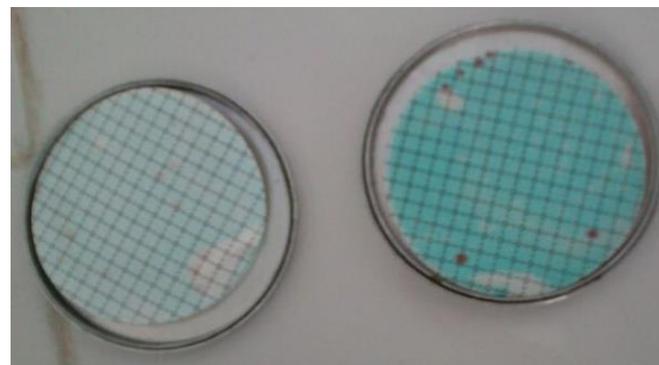
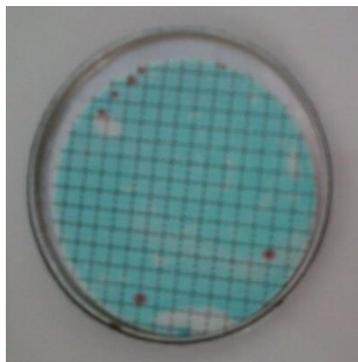
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Jennifer Margarita Girón Morillo	Lámina	Escala	Fecha

**ANEXO 15.
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<p align="center"> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Jenniffer Girón Morillo </p>	Lámina	Escala	Fecha

**ANEXO 16.
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ANALISIS MICROBIOLÓGICOS		
			<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Jenniffer Girón Morillo	Lámina	Escala	Fecha

ANEXO 17.

**PLANOS DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE**