



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN EL CENTRO DE SALUD N°2 EN LA
CIUDAD DE AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

AUGUSTO XAVIER CAJAS ROCAFUERTE

RIOBAMBA-ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la vida, salud por darme la oportunidad de luchar cada día y seguir cumpliendo mis metas, a mi familia especialmente a mi madre, padre y hermanos por todo el esfuerzo económico y moral a mis buenos amigos que me encaminaron para bien con sus consejos y experiencias.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias y a la Escuela de Ingeniería Química por todo este tiempo que aportó con su conocimiento, a todos mis maestros que de verdad hicieron que tuviera pasión por esta carrera.

Al Ing. José Usiña como Director de Tesis por haber acogido en mí su confianza, de igual manera a la Ingeniera Mónica Andrade Asesora, por compartir con interés sus conocimientos y a los dos de manera especial por su calidad humana y pedagógica.

De la misma forma a todas las personas que han colaborado y aportado con el desarrollo profesional y de mi proyecto de tesis.

Augusto Xavier Cajas Rocafuerte.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, primeramente a Dios por darme vida y salud, a mis padres por su enorme sacrificio para brindarme la educación y a mis hermanos que estuvieron todo el tiempo animándome y luchando conmigo.

A mis abuelos que descansen en paz Juan José Maya y Matilde Martínez.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA
Ing. José Usiña. DIRECTOR DE TESIS
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, AUGUSTO XAVIER CAJAS ROCAFUERTE soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y en patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Augusto Cajas

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	área (m ²)
Af	Área del flujo (m ²)
a	Ancho (m)
ARI	Aguas Residuales Industriales
b	Ancho del canal (m)
Cm ³	Centímetros Cúbicos
°C	Grados Centígrados
DBO ₅	Demanda Biológica de Oxígeno en 5 días (mg/L)
DQO	Demanda química de Oxígeno (mg/L)
d	día
∅	Diámetro de las partículas (mm o μm)
Dmax.	Nivel máximo (m)
η	Eficiencia de la remoción de la DBO (%)
e	Espesor (m)
f	Factor de fricción de Darcy-Weisbach
g	Aceleración de la gravedad 9,8(m/s)
gr	Gramos (g)
H	Altura (m)
h _L	Pérdida de carga, pies (m)
k	Constante de cohesión la cual que depende del tipo de material arrastrado
Kg	Kilogramos
Pa	pascales
L	Litros
Ls	Longitud sumergida (m)

Lb	Libras
mg	Miligramos
mL	Militros
mm	Milímetros
θ°	Angulo de inclinación de las rejillas
P	Presión barométrica ambiental (PSI)
pH	Potencial de Hidrogeno
Pulg.	Pulgadas
Q	Caudal (m^3/h)
Qe	Caudal del efluente (m^3/s)
Qf	Caudal inicial (m^3/h)
R _{DBO}	Porcentaje remoción esperado %
r	Radio (m)
SS	Sólidos sedimentables (mg o Kg)
SST	Sólidos sedimentables totales (mg o Kg)
Se	DBO del efluente (mg/L)
Tr	Tiempo de retención (h)
Trh	Tiempo de retención Hidráulica (h)
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
V	Volumen (m^3)
V	Velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja pies/s (m/s)
Vc	Carga superficial (m^3/m^2 día)
V _{RL}	Velocidad de aproximación (m/s)

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO

CARATULA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJA DE FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE ECUACIONES

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPITULO 1.....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 CENTRO DE SALUD.....	1
1.1.1 LABORATORIO CLÍNICO.....	3
1.1.2 LAVANDERÍA.....	4
1.1.3 SALA DE PARTOS.....	4
1.1.4 SALA DE EMERGENCIAS.....	4
1.1.5 QUÍMICOS PRESENTES EN EL AGUA DEL CENTRO DE SALUD.....	4
1.2 ANTIBIÓTICOS.....	5
1.2.1 ESTRÓGENOS.....	5
1.3 AGUA.....	5
1.4 AGUAS RESIDUALES.....	6
1.4.1 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	6
1.4.2 AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES.....	6
1.4.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	6
1.4.4 AGUAS NEGRAS.....	6

1.4.5	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	6
1.5	PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL AGUA	7
1.5.1	PROPIEDADES FÍSICAS.....	7
1.5.2	PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA.....	8
1.5.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	9
1.5.4	SÓLIDOS TOTALES	9
1.5.5	SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	10
1.5.6	OLORES	10
1.5.7	DENSIDAD	10
1.5.8	COLOR.....	11
1.5.9	TURBIEDAD.....	11
1.5.10	TEMPERATURA	11
1.5.11	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	12
1.5.12	MATERIA ORGÁNICA	12
1.5.13	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	13
1.5.14	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	14
1.5.15	PH.....	14
1.5.16	SULFUROS	14
1.6	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	15
1.6.1	MICROORGANISMOS	15
1.6.2	VIRUS.....	15
1.6.3	ORGANISMOS PATÓGENOS.....	15
1.7	MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL	16
1.7.1	TOMA DE LA MUESTRA	16
1.7.2	TÉCNICAS DE MUESTREO	16
1.7.3	MUESTRA SIMPLE	16
1.7.4	MUESTRA COMPUESTA	16
1.7.5	MUESTRAS EN CONTINUO	16
1.7.6	CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA.....	17
1.8	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	17
1.8.1	PRE-TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	17
1.8.2	TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES	18
1.8.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO	18
1.8.4	TRATAMIENTOS TERCARIOS	18

1.8.5	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.	19
1.8.6	CAUDAL DE DISEÑO	19
1.8.7	REJILLAS.....	21
1.8.8	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL	23
1.8.9	Homogenización	31
1.8.10	Agitación y Mezcla	34
1.8.11	Mezcladores de Paletas	34
1.8.12	Gradiente de Velocidad del Fluido.....	37
1.8.13	Potencia Disipada en la Mezcla	37
1.8.14	Sedimentación.....	40
1.8.15	Tipos de Sedimentadores	41
1.8.16	Sedimentadores Circulares.....	42
1.9	Caudal	46
1.10	Caudal de diseño:	46
1.10.1	Desempeño de los sedimentadores.....	50
1.10.2	Coagulación - Floculación	51
1.10.3	Floculación.....	52
1.10.4	Policloruro de Aluminio.....	52
1.10.5	Control de Olores	52
1.10.6	Filtros	54
1.10.7	Criterios para el diseño de filtros	54
1.10.8	Calculo del Área total de filtración	55
1.10.9	Volumen del contenedor	55
1.10.10	TIEMPO DE RETENCIÓN.....	56
1.11	NORMATIVA AMBIENTAL.....	56
1.11.1	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL	56
1.11.2	LEY ORGÁNICA DE LA SALUD	57
1.11.3	NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES (IEOS).....	57
1.11.4	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).....	57
1.11.5	ORDENANZA MUNICIPAL.....	58
1.11.6	TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS).....	58
2	Parte Experimental.....	60
2.1	Localización.....	60

2.2	Muestreo.....	60
2.2.1	Medición de Caudales	61
2.2.2	Métodos y Técnicas.....	61
2.3	Datos Experimentales.....	80
2.3.1	Diagnostico	80
2.3.2	Datos	83
3	Dimensionamiento de la Planta de tratamiento de Aguas residuales.....	88
3.1	Calculo del Área por donde pasa el fluido	88
3.2	Caudal	89
3.3	Caudal de diseño:	89
3.4	Calculo del Área del Canal	90
3.4.1	Radio Hidráulico	90
3.4.2	Velocidad a la que se transporta el fluido	91
3.4.3	Cálculos para las Rejillas	91
3.4.4	Calculo del área entre barras	91
3.4.5	Área de la sección transversal del flujo.....	92
3.4.6	Calculo del Número de Barras	92
3.4.7	Calculo de la longitud sumergida en la rejilla.....	93
3.4.8	Cálculos de pérdida de carga en la rejilla.....	94
3.4.9	Cálculos para el Homogenizador	95
3.4.10	Calculo del Área del Homogenizador	95
3.4.11	Calculo del diámetro del tanque homogenizador.....	96
3.4.12	Calculo del Radio del Tanque Homogenizador	96
3.4.13	Calculo del volumen del Homogenizador.....	97
3.4.14	Cálculos para los agitadores.....	98
3.4.15	Calculo del diámetro del impulsor	98
3.4.16	Calculo de la altura del impulsor respecto al fondo del tanque homogenizador. 98	
3.4.17	Calculo del ancho de las palas del impulsor	98
3.4.18	Calculo de la longitud de las palas del impulsor.....	99
3.4.19	Calculo de la longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central... 99	
3.4.20	Número de deflectores	100
3.4.21	Calculo del ancho de los deflectores	100
3.4.22	Calculo del diámetro del disco central	100
3.4.23	Gradiente de Velocidad del Fluido.....	100

3.4.24	Potencia Disipada en la Mezcla	101
3.4.25	Calculo del área de las paletas.....	101
3.4.26	Cálculos para el sedimentador.....	102
3.4.27	Calculo del área del sedimentador	102
3.4.28	Calculo del radio del sedimentador.....	103
3.4.29	Calculo del diámetro del sedimentador.....	103
3.4.30	Calculo del Ancho del Sedimentador.....	103
3.4.31	Calculo del volumen del sedimentador	104
3.4.32	ALTURA DEL SEDIMENTADOR	105
3.4.33	Calculo del tiempo de retención teórico.....	105
3.4.34	Calculo de la velocidad de arrastre que pasa por el tanque.....	106
3.4.35	Calculo de filtro.....	108
3.4.36	Calculo del Área total de filtración	109
3.4.37	Volumen del contenedor	109
3.4.38	TIEMPO DE RETENCIÓN.....	110
3.4.39	Dosificación del Policloruro de Aluminio al 25 %	111
3.4.40	Efectividad del polímero en el tratamiento	114
3.5	Resultados	115
3.5.1	Canal de Aguas Residuales	115
3.5.2	Rejillas	115
3.5.3	Homogenizador	116
3.5.4	Sedimentador.....	118
3.5.5	Filtros	118
3.6	Propuesta.....	119
3.6.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	120
3.6.2	Análisis de Resultados	121
3.7	Discusión.....	122
3.7.1	Análisis Presupuestal	122
3.7.2	Costo de Inversión.....	122
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
4.1	CONCLUSIONES	126
4.2	RECOMENDACIONES.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de Fluidos Corporales.....	7
Tabla 2 Contaminantes de Importancia en el agua residual	8
Tabla 3 Factor de corrección para calcular caudal	20
Tabla 4. Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual.	22
Tabla 5 Coeficiente de Manning.....	25
Tabla 6 Valores usuales de gradiente de velocidad G y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual	38
Tabla 7 Valores de C_D para secciones rectangulares	39
Tabla 8 Parámetros para el diseño de un sedimentador primario	43
Tabla 9 Información para el diseño de sedimentadores circulares	44
Tabla 10 Valores de constantes empíricas.....	50
Tabla 11 Métodos para el Control de gases oloresos en el Manejo de Aguas Residuales.	53
Tabla 12 Límites de descarga al alcantarillado publico.....	59
Tabla 13 Determinación de la DBO	63
Tabla 14 Determinación de la DQO	65
Tabla 15 Determinación del pH.....	67
Tabla 16 Determinación de Sólidos Totales	68
Tabla 17 Determinación de Sólidos Sedimentables	69
Tabla 18 Determinación de Sólidos Suspendidos.....	71
Tabla 19 Determinación de Nitrógeno.....	73
Tabla 20 Determinación de la Turbidez	75
Tabla 21 Determinación de Coliformes Fecales.....	76
Tabla 22 Determinación de Coliformes Totales	78
Tabla 23 Numero de Pacientes Centro de Salud por mes.....	83
Tabla 24 Análisis de Resultados	85
Tabla 25 Resultados de la prueba de Jarras	112
Tabla 26 Análisis de Resultados	121
Tabla 27 Costos de Instalación y Mano de Obra.....	123
Tabla 28 Costo deRejillas	123
Tabla 29 Costo de Tanque Homogenizador	123
Tabla 30 Costo de Tanque Sedimentador	124
Tabla 31 Costo del Filtro	124
Tabla 32 Costo de Accesorios	124
Tabla 33 Costo de Operación.....	125

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	19
Ecuación 2.....	20
Ecuación 3.....	20
Ecuación 4.....	21
Ecuación 5.....	24
Ecuación 6.....	24
Ecuación 7.....	24
Ecuación 8.....	26
Ecuación 9.....	27
Ecuación 10.....	27
Ecuación 11.....	28
Ecuación 12.....	28
Ecuación 13.....	29
Ecuación 14.....	30
Ecuación 15.....	31
Ecuación 16.....	32
Ecuación 17.....	32
Ecuación 18.....	33
Ecuación 19.....	33
Ecuación 20.....	34
Ecuación 21.....	35
Ecuación 22.....	35
Ecuación 23.....	35
Ecuación 24.....	36
Ecuación 25.....	36
Ecuación 26.....	36
Ecuación 27.....	37
Ecuación 28.....	37
Ecuación 29.....	39
Ecuación 30.....	45
Ecuación 31.....	45
Ecuación 32.....	47
Ecuación 33.....	47
Ecuación 34.....	47
Ecuación 35.....	48
Ecuación 36.....	48
Ecuación 37.....	49
Ecuación 38.....	50
Ecuación 39.....	55
Ecuación 40.....	55
Ecuación 41.....	55
Ecuación 42.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1 Rejillas de Limpieza Manual.....	23
Grafico 2 Canal Rectangular.....	23
Grafico 3. Abaco de la Formula de Manning	26
Grafico 4 Factor dependiente de la forma de Barra.....	30
Grafico 5 Tanque de Sedimentación Ideal.....	41
Grafico 6 Sedimentador Rectangular.....	42
Grafico 7 Sedimentador Circular.....	43
Grafico 8 DBO y DQO Resultados.....	86
Grafico 9 Coliformes Fecales y Totales Resultados.....	87
Grafico 10 Nitratos y turbiedad Resultados.....	87
Grafico 11 Variación de SST con respecto a ppm Policloruro de Aluminio.....	113
Grafico 12 Variación de pH con respecto a ppm de Policloruro de Aluminio.....	113
Grafico 13 Variación de Turbidez con respecto a ppm de Policloruro de Aluminio ...	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis Físico -Químico previo al tratamiento	133
Anexo 2 Análisis Microbiológico Previo al tratamiento	134
Anexo 3 Análisis Físico Químico después del tratamiento	135
Anexo 4 Análisis Microbiológico después del tratamiento	136
Anexo 5 Desagüe del Centro de Salud	137
Anexo 6 Toma de muestras Centro de Salud.....	138
Anexo 7 Vista de Planta del sistema de tratamiento.....	139
Anexo 8 Vista Lateral Planta de tratamiento	140
Anexo 9 Prueba de Jarras.....	141

Resumen

Se diseñó el sistema de tratamiento de Agua Residual en el Centro de Salud N°2 de la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua realizada para tratar estas aguas de carácter hospitalario.

Para desarrollar esta investigación se aplicó el método experimental utilizando como procesos lógicos la inducción y la deducción para analizar los problemas que ocasionan los efluentes líquidos y buscar alternativas basándonos en estudios relacionados con el tratamiento de aguas residuales propuestos por varios autores, para ello se realizó muestreos, análisis físico químico y pruebas de tratabilidad, se utilizó: recipientes, vasos de precipitación, pH metro, pipetas y Test de jarras.

Se obtuvieron los siguientes resultados: 1320 mg/l de DQO, 1240 mg/l DBO, 130,9 UNT de Turbidez, $3,3 \times 10^4$ UFC/100 ml de Coliformes Fecales, $4,2 \times 10^4$ UFC/100 ml de Coliformes Totales son las variables de análisis para el diseño del sistema de tratamiento que se encuentran fuera de la normativa vigente del país.

Para eliminar la mayor cantidad de contaminantes se dimensionó el sistema de tratamiento proyectado a 30 años con un caudal de diseño de $0,00267 \text{ m}^3$ teniendo como operaciones un sistema de rejillas de limpieza manual para la retención de sólidos, un tanque homogenizador de $9,252 \text{ m}^3$ para obtener un caudal constante, un sedimentador de $2,22 \text{ m}^2$ y un filtro de arena y carbón activado.

Concluimos que el sistema removerá 95,6 % de la DBO, el 87 % de la DQO, 97 % de Turbiedad, 99 % de Nitratos, 99 % de Coliformes fecales y 99% de Coliformes totales con lo que es óptimo que sea desfogado al sistema de alcantarillado público.

Recomendamos implementar este sistema de tratamiento propuesto para disminuir la contaminación del agua en el Centro de Salud N° 2 de la ciudad de Ambato.

SUMMARY

This treatment plant was designed for a sewage system for the healthy center N°2 in the city of Ambato Tungurahua Province performed to treat these waters hospitable nature.

To develop this research, an experimental method was applied using induction and deduction as logical processes to analyze the problems caused by liquid effluents. The idea was to look for different alternatives basing the study on wastewater treatment proposed by different authors. In order to do this, several sampling, physical chemical analysis and treatment tests were done. The instruments used were as follows: containers, beakers, pH meter, pipettes, graduated cylinders, and test jars.

The results were: BOD 1240 mg/L, 1340 mg/L COD, 1004 mg/L Total solids, 38,5 mg/L Phospat, $4,2 \times 10^4$ UFC/100 ml Fecal Coli which are found out of the limits of environmental regulation (TULAS).

To remove more pollutants treatment system designed 30 years with a design flow of 0.00267 m³ having as a grid system operations manual cleaning for retention of solids, 9,252 m³ tank homogenizer to obtain a steady flow, a settler was sized 2.22 m² and a sand filter and activated carbon.

It can be concluded that the system will remove 95.6 % of BOD, 87% of COD, 92.6% of Total Solids, it will diminish turbidity 97%, 99 % of Fecal Coli.

It is recommended to implement the proposed treatment system to for diminishing water pollution at Health Center N° 2 in Ambato

Introducción

Actualmente se ha puesto mayor interés por la preservación de los recursos hídricos ya que han sufrido la degradación de su calidad original por las actividades cotidianas que han sido destinadas. Estas aguas de composición variada son descargadas a sus fuentes receptoras como ríos, lagos, lagunas, mares alterando su calidad y poniendo en peligro los ecosistemas, la integridad de las personas y el medio ambiente.

El Centro de Salud N°2 de la ciudad de Ambato es una institución que se dedica la atención permanente de pacientes enfermos y en recuperación y genera residuos de carácter líquido de sus actividades diarias y son arrojadas directamente al alcantarillado público con gran cantidad de materia orgánica como: sangre, heces, orina y fluidos corporales siendo foco de enfermedades y malos olores razón por la cual se ha visto la necesidad de darle un adecuado tratamiento a este efluente.

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales del Centro de Salud N° 2, el tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual con el objetivo de producir agua limpia o reutilizable en el ambiente.

Para la realización de esta investigación empezó con una visita al lugar donde se observo las actividades que se realizan, así como la medición de caudales y toma de muestras de las aguas residuales para realizar los análisis en el laboratorio y así establecer que tratamiento darle a estas aguas.

El tratamiento de estas aguas comienza con un pre-tratamiento donde se efectúa una separación física de sólidos pequeños empleando un sistemas de rejillas donde el agua pasara a un homogenizador donde se regulara el caudal y el pH, posteriormente se aplica una sedimentación primaria que separe los sólidos y terminara con una filtración

donde se eliminara el color y la emanación de olores desagradables donde el efluente puede ser finalmente descargado al alcantarillado.

ANTECEDENTES

La ciudad de Ambato es la capital de la Provincia de Tungurahua tiene una superficie de 1200 km² su altitud es de 2577 metros sobre el nivel del mar y posee una población de 329 856 habitantes.

La ciudad a lo largo del tiempo se ha extendido por lo que se ha visto en la necesidad de descentralizar el hospital regional por la alta demanda de personas y se han creado centros o sub-centros de salud para brindar mejor atención a los pacientes uno de ellos es el Centro de Salud N° 2 ubicada en la Ciudadela Simón Bolívar este establecimiento se creó en el año de 1992 y brinda atención a una parte de la población especialmente a niños de familias de bajos recursos, cabe señalar que las aguas provenientes del Centro de Salud contienen contaminantes que se generan diariamente en las actividades de parto, lavandería, emergencia y limpieza que se vierten hacia el alcantarillado público generando una alta tasa de contaminación hacia los cuerpos receptores en este caso el río Ambato donde todos los vertidos de carácter líquido son arrojados generando un impacto ambiental hacia el río y sus alrededores.

Actualmente la mayor parte de los hospitales de Ambato no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales por lo que el desarrollo y la implantación de este proyecto sean de ejemplo para los demás establecimientos de salud.

Justificación

La Dirección Provincial de Salud de Tungurahua junto a entidades ambientales se han propuesto en controlar la contaminación generada por los hospitales donde se ha tratado sobre manejo de residuos sólidos y plantas de tratamiento de agua residuales.

Las aguas residuales provenientes del centro de salud poseen un alto contenido de materia orgánica, grasas, detergentes, patógenos, fluidos corporales que aumentan las cantidades de DBO, DQO, coliformes fecales y totales donde se vierten directamente al alcantarillado siendo focos de enfermedades ocasionando daños severos a los cuerpos de agua que en sectores los utilizan para regadío de cultivos.

En base a los análisis físicos –químicos y microbiológicos se encontró que los parámetros están fuera de los límites de descarga con respecto al TULAS, por lo que las aguas no pueden ser descargadas directamente hacia el alcantarillado sin ningún tratamiento previo que las depure y cumpla con los parámetros establecidos.

Por esto es necesario que se realice un tratamiento de las aguas residuales del centro de salud ya que representa una amenaza para el recurso hídrico.

OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL:

- Realizar el Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el centro de Salud N°2 en la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar la caracterización física, química y microbiológica del agua residual del centro de Salud.
- Definir las especificaciones necesarias que permitan un adecuado diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Caracterizar el agua después de su tratamiento.
- Dimensionar los diferentes equipos involucrados en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO 1

1 MARCO TEÓRICO

1.1 CENTRO DE SALUD

Es un establecimiento de Atención orientado a brindar servicios de salud a los enfermos para proporcionar el diagnóstico y tratamiento que necesitan para restablecer la salud de los pacientes donde existen diversas unidades que cumplen con todas las tareas relacionadas a su funcionamiento; disponen de personal médico como doctores y enfermeras así como otros profesionales que desempeñan cargos administrativos el Centro de salud opera durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana

El centro de Salud N° 2 de la ciudad de Ambato se encuentra ubicado en la Ciudadela Simón Bolívar y cuenta con un total de 25 empleados que se encuentran distribuidos de la siguiente forma: 1 Jefe del Área de Salud, 5 personas en administración, 6 enfermeras, 3 doctores en el Área de Laboratorio, 2 doctoras en Obstetricia, 1 Odontólogo, 1 Ginecólogo, 1 Pediatra, 2 doctores en el Laboratorio de Tuberculosis, 1 Medico General, 1 persona de Limpieza, 1 Lavandera. El centro de Salud brinda atención a 40 pacientes por día.

El Área de Emergencia y Obstetricia funciona durante 24 horas durante todo el año las demás Áreas laboran de 8 de la mañana hasta las 17 h 00.

El Centro de Salud se dedica específicamente a la especialidad de Maternidad y Emergencia estas 2 Áreas son las que más contaminan arrojan mucha cantidad de Sangre y materia fecal , esta agua contiene bastante materia orgánica por lo que su descomposición genera malos olores y va acompañada de organismos patógenos y virus

que al llegar al medio ambiente estas aguas residuales son capaces de causar importantes desbalances biológicos además de la posibilidad que se aumente la cantidad de microorganismos con resistencias múltiples que son causantes de enfermedades , por esta razón es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales para tratar esta agua vertida al alcantarillado y depurarla para que sea descargada sin que afecte al medio ambiente.

Cuenta con Unidades de Servicio que son: Unidad de Administración, Consulta Externa, Diagnostico y Tratamiento, Internamiento, Obstétrico, Emergencia, Vacunación.

- **Unidad de Administración**

Secretaria, Jefatura, Contabilidad, Archivos de Historia Clínica.

- **Unidad de Consulta Externa**

Consultorio Médico, Consultorio de Gineco – Obstetricia, Consultorio de Pediatría, Consultorio Dental.

- **Unidad de Diagnóstico y Tratamiento**

Laboratorio Clínico.

- **Unidad de Internamiento**

Internamiento de Medicina (2camas),

Internamiento Obstetricia (2 camas)

- **Unidad de Centro Obstétrico**

Sala de Preparación y Partos

Sala de Operaciones Menores

Recién Nacidos

- **Unidad de Servicios Generales**

Servicio de Lavandería

1.1.1 LABORATORIO CLÍNICO

El laboratorio clínico es el lugar donde los técnicos y profesionales en análisis clínicos, analizan muestras biológicas humanas que contribuyen al estudio, prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. También se conoce como laboratorio de patología clínica y utiliza las metodologías de diversas disciplinas como la también llamada química clínica - hematología, inmunología y microbiología. En el laboratorio clínico se obtienen y se estudian muestras biológicas diversas, como sangre, orina, heces, líquido sinovial (articulaciones), líquido cefalorraquídeo, exudados faríngeos y vaginales, entre otros tipos de muestras.

A los laboratorios acuden pacientes externos, puesto que los exámenes que se requieren de los enfermos hospitalizados se hacen mediante muestras que se toman en las unidades de hospitalización. En consecuencia su ubicación será preferentemente en la planta baja, con fácil acceso a la sección de recepción del Archivo Clínico y en menor grado con el departamento de Consulta Externa.

Este servicio deberá ubicarse en relación cercana a los servicios de consulta externa, urgencias, terapia intensiva, quirófano y con fácil acceso hacia las áreas de hospitalización.

1.1.2 LAVANDERÍA

Está integrada al Centro de Salud su función es la sanitaria y el lavado solo procesa ropa de este lugar la cual remueve la suciedad y desinfecta la ropa que se recoge de los servicios presenta un carácter artesanal que no es adecuado dado la naturaleza industrial y productiva.

Es un servicio poco valorado por lo que no cuenta con un adecuado tratamiento de los contaminantes que se descargan como tensoactivos, orina, heces, fluidos corporales y patógenos provenientes de ropa sucia y ropa contaminada

1.1.3 SALA DE PARTOS

Es el lugar donde se realiza la culminación del embarazo, consta de 2 camas 2 cunas térmicas, en el proceso del parto se eliminan fluidos corporales los cuales son desechados por los desagües, dispone de un quirófano de obstetricia donde se realizan operaciones de cesárea.

1.1.4 SALA DE EMERGENCIAS

Ofrece un tratamiento inicial a los pacientes con alguna enfermedad o lesión las que comúnmente necesitan atención inmediata es la única área que funciona las 24 horas del día los 7 días de la semana

Consta de una área de orientación donde los pacientes son vistos por una enfermera hace una evaluación preliminar para ser transferidos a otra área de urgencias.

1.1.5 QUÍMICOS PRESENTES EN EL AGUA DEL CENTRO DE SALUD

Las aguas que provienen del centro de Salud están conformadas por una apreciable cantidad de químicos como son antibióticos, anestesia, desinfectantes y químicos usados en los laboratorios.

1.2 ANTIBIÓTICOS

Los antibióticos son excretados por los fluidos corporales y son desfogados hacia los cuerpos receptores el problema de los antibióticos es su resistencia que pueden generar ciertas bacterias con resistencia de entre 2 hasta 10 veces mayor que las aguas residuales domesticas.

1.2.1 ESTRÓGENOS

Son excretados en la orina son producidos por los ovarios durante el embarazo cuando son arrojados a los cuerpos receptores alteran el ecosistema de la vida acuática causando daños irreversibles.

1.3 AGUA

El agua es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término Agua, generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada Hielo, y en forma gaseosa denominada Vapor.

El agua se compone de dos partes de hidrogeno y una de oxigeno pero más importante que los componentes son los contaminantes que posee.

También es importante recalcar que el agua para consumo humano debe cumplir con ciertos parámetros, como son algunas características físicas, químicas, biológicas y radiológicas que permiten detectar cuál es su grado de contaminación, con el fin de proporcionar una buena calidad de agua potable.

El consumo humano representa un porcentaje reducido del volumen del agua en su uso a diario en el mundo.

1.4 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las aguas que han sido modificadas en algún tipo de actividad doméstica, industrial y comunitaria cuando un producto sólido o líquido de desecho se incorpora a estas las que son transportadas mediante el sistema de alcantarillado, presentando elevados niveles de contaminación por concentraciones de materia orgánica y sólidos. Su descarga directa en los cuerpos receptores de agua altera y modifican la calidad de la misma, siendo indispensable el tratamiento previo.

1.4.1 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Provenientes de las viviendas, residencias, edificios comerciales e instituciones.

1.4.2 AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

Residuos líquidos provenientes de una ciudad o población.

1.4.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Provenientes de las descargas industriales de manufactura.

1.4.4 AGUAS NEGRAS

Aguas residuales provenientes de Inodoros.

1.4.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados

La calidad de agua residual es medida de acuerdo con los parámetros físicos, químicos y biológicos que indican el grado y tipo de contaminación del agua.

Entre los parámetros físicos se encuentran: color, turbiedad, olor, temperatura y conductividad; entre los químicos están parámetros como la demanda química de

Oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), pH y constituyentes químicos.

Tabla 1 Composición de Fluidos Corporales

Composición de excrementos y orinas		
Característica	Materia Fecal	Orina
Materia orgánica %	88-97	65-85
Nitrógeno %	5-7	15-19
Fosforo	3,0 – 5,4	2,5-5,0
pH	6,1	5,6-6,8

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, 2001

1.5 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL AGUA

1.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS

- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color: incolora
- Sabor: insípida
- Olor: inodoro
- Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
- Punto de congelación: 0°C
- Punto de ebullición: 100°C

- Presión crítica: 217,5 atm.
- Temperatura crítica: 374°C

1.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA

- Reacciona con los óxidos ácidos
- Reacciona con los óxidos básicos
- Reacciona con los metales
- Reacciona con los no metales
- Se une en las sales formando hidratos:

Tabla 2 Contaminantes de Importancia en el agua residual

Contaminantes	Razón de Importancia
Sólidos en suspensión	Pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas, animales, la materia orgánica biodegradable se mide en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO y de la DQO. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos

Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el fosforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento de una vida acuática no deseada
Contaminantes Prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento como los agentes tensoactivos, los fenoles.
Metales Pesados	Son añadidos en el agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales.
Sólidos inorgánicos disueltos	Tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua.

Fuente: Gordon, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, 1987

1.5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

1.5.4 SÓLIDOS TOTALES

Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C.

No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de 60 minutos.

Los sólidos sedimentables expresados en unidades de ml/L constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

1.5.5 SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Son de naturaleza orgánica son desechos humanos, desperdicios de alimentos, células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua.

1.5.6 OLORES

Se deben a gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento.

1.5.7 DENSIDAD

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m³. Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento.

1.5.8 COLOR

El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro para finalmente adquirir color negro.

1.5.9 TURBIEDAD

Es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La turbiedad en el agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas. Materia en suspensión como materia orgánica e inorgánica finamente dividida, así como compuestos solubles coloridos y diversos microorganismos. La transparencia del agua es muy importante cuando se realiza un tratamiento, razón por la cual, la determinación de la turbiedad es muy útil como indicador de la calidad del agua, y juega un papel muy importante en el desempeño de las plantas de tratamiento de agua, formando como parte del control de los procesos para conocer cómo y cuándo el agua debe ser tratada.

1.5.10 TEMPERATURA

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las actividades en el centro de salud.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

Por otro lado el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Además las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos

La temperatura óptima para el desarrollo de actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50°C.

1.5.11 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

1.5.12 MATERIA ORGÁNICA

Cerca del 75 % de los sólidos en suspensión y el 40 % de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites.

El agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas.

1.5.12.1 PROTEÍNAS

Son los principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales, la existencia de grandes cantidades de proteínas en un agua residual puede ser origen de olores fuertemente desagradables debido a los procesos de descomposición.

1.5.12.2 HIDRATOS DE CARBONO

Desde el punto de vista del volumen y la resistencia a la descomposición, la celulosa es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es más importante.

1.5.12.3 GRASAS Y ACEITES

Las grasas y aceites animales alcanzan las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, margarina y aceites y grasas vegetales. Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas nueces y ciertas frutas. La presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento.

1.5.12.4 AGENTES TENSOACTIVOS

Son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual. Tienden a concentrarse en la interfase Aire-Agua. Durante el proceso de aireación del agua residual se concentran en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable.

1.5.13 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

Está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para determinar:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- Dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento
- Controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

1.5.14 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO

La prueba de la demanda química de oxígeno (DQO) indica la cantidad de compuestos oxidables que se tienen en un agua en el ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse.

1.5.15 PH

El pH indica el valor de acidez del agua. La palabra pH es la abreviatura de “pondus Hydrogenium”, que significa literalmente el peso del hidrógeno. El pH es una indicación del número de iones hidrógeno. Cuando una solución está neutra, el número de iones hidrógeno es igual al número de iones hidroxilo. Cuando el número de iones hidroxilo está superior, la solución es básica. Cuando el número de iones hidrógeno está superior, la solución es ácida.

1.5.16 SULFUROS

Las bacterias anaerobias reductoras de sulfatos utilizan el oxígeno de los sulfatos y producen ácido sulfhídrico que es característico por emanar olores desagradables a huevo podrido además de crear corrosión en las tuberías de alcantarillado.

1.6 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

1.6.1 MICROORGANISMOS

Los principales grupos en aguas residuales son organismos Eucarioticas (incluye algas, hongos y protozoos), eubacterias y arqueobacterias.

1.6.2 VIRUS

Parásitos obligados que encierran en sí mismos la información genética para reproducirse. Constituyen uno de los riesgos más importantes para la salud, se considera que para exterminarlos con cloro se requieren dosis superiores a la del punto de quiebre, lo cual hace necesario declorar las aguas residuales desinfectadas.

1.6.3 ORGANISMOS PATÓGENOS

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una enfermedad.

1.6.3.1 USO DE ORGANISMOS INDICADORES

Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales y contaminadas en cantidades muy pequeñas y resultan difíciles de aislar e identificar, por ello se utiliza el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar.

1.7 MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL

1.7.1 TOMA DE LA MUESTRA

La muestra que se pretende caracterizar debe ser representativa en volumen, por lo general es de 2 litros. La toma de la misma debe tener en cuenta la variación del caudal y carga contaminante.

La muestra no debe contaminarse, para ello se utiliza un envase (de plástico o vidrio) esterilizado el cual tiene un espacio alrededor de 1 % de su capacidad para permitir la expansión térmica.

1.7.2 TÉCNICAS DE MUESTREO

1.7.3 MUESTRA SIMPLE

Proporciona información sobre la calidad en un punto y momento dado

1.7.4 MUESTRA COMPUESTA

Se compone de varias alícuotas espaciadas temporalmente (con frecuencias variables, minutos, horas, días) que se adicionan al mismo recipiente.

1.7.5 MUESTRAS EN CONTINUO

Son imprescindibles en procesos a escala industrial. Las muestras integradas en el tiempo se obtienen con bombeo a un flujo continuo de muestra que se adiciona en el mismo recipiente.

1.7.6 CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA

Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación de la muestra, se debe mantenerla a la menor temperatura posible de 4 °C sin que llegue a congelarse. Las muestras se analizarán lo antes posible una vez llegadas al laboratorio. Solo se utilizarán conservantes químicos cuando se haya demostrado que no van a interferir en el análisis, si se los utiliza se los deberá poner en el envase antes de poner la muestra.

1.8 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los objetivos del tratamiento preliminar o pre-tratamiento son:

- Acondicionar el agua residual para ser tratada en las siguientes etapas de proceso de tratamiento
- Remover materiales que pueden interferir con los equipos y procesos de tratamiento de aguas.
- Reducir la acumulación de materiales en los procesos ubicados aguas abajo del tratamiento preliminar.

1.8.1 PRE-TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento posterior para que no ocasionen problemas a los equipos mecánicos y causar depósitos permanentes en tanques cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos y operaciones y sistemas auxiliares. Entre estos tenemos desbaste, tamizado, desarenadores, desengrasadores, pre-aireación etc.

Para minimizar algunos efectos negativos como grandes variaciones de caudal y de composición y la presencia de materiales flotantes.

1.8.2 TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES

Se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse mediante operaciones físicas. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta. Entre estos tenemos la sedimentación, flotación, digestión, desecación y campos de oxidación aquí se añaden procesos de complementación como la floculación y coagulación.

1.8.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Este principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables aunque a menudo se incluye la desinfección.

Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, Reactores de lecho fijo los sistemas de lagunaje y sedimentación.

1.8.4 TRATAMIENTOS TERCIARIOS

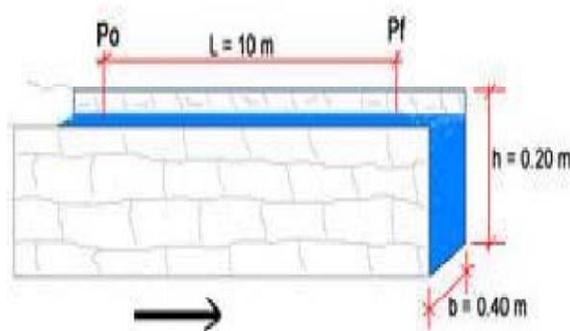
Se ocupan de obtener una calidad excelente en el efluente es por ello que se usan en casos especiales para la eliminación de constituyentes de aguas residuales que merecen particular atención como nutrientes, compuestos tóxicos, excesos de materia orgánica o de sólidos suspendidos, iones y sólidos disueltos.

1.8.5 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

1.8.6 CAUDAL DE DISEÑO

Es la cantidad de flujo que pasa en una unidad de tiempo, el conocimiento del volumen en un tiempo determinado es de importancia para el diseño de un sistema de tratamiento. Para determinar el caudal del agua se utilizo el método del objeto flotante que consiste en el siguiente procedimiento:

- Ubicamos en el canal un tramo aproximado 10 m (L) y de sección uniforme. Marcamos un punto Po al inicio del tramo y un punto Pf al final del tramo seleccionado.
- A la altura del punto Po soltamos un pequeño objeto que flote y anotar el tiempo que demora en desplazarse hasta la altura del punto Pf, realizar mínimo 5 mediciones del tiempo y sacamos un promedio para calcular la velocidad.



Fuente: turbinas3hc.com

Fig. 1 Método del objeto flotante

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{L}{t}$$

Ecuación 1

Donde:

V = Velocidad (m/s)

L = Longitud (m)

t = Tiempo (s)

Medimos el ancho del canal (b) y la profundidad del agua (h). Mediante la siguiente fórmula:

$$A = b * h$$

Ecuación 2

Donde:

A = Área de la sección (m²)

b = Ancho del canal (m)

h = profundidad del agua (m)

Dependiendo que tipo de terreno sea el canal seleccionamos el factor de corrección del caudal en la siguiente tabla:

Tabla 3 Factor de corrección para calcular caudal

Tipo de terreno del Canal	Factor de corrección (C)
Canal de Concreto	0,8
Canal de tierra	0,7
Arroyo quebrado	0,5

Fuente: turbinas3hc.com

Calculamos el caudal con la siguiente ecuación:

$$Q = V * A * c$$

Ecuación 3

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = Velocidad (m/s)

A = Área de la sección (m^2)

c = Factor de corrección

CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño se determina con el factor de mayorización correspondiente al 30 %

$$Q = Q' + FM$$

Ecuación 4

Donde:

Q = Caudal (m^3/d)

Q' = Caudal medio (m^3/d)

FM = Factor de mayorización.

1.8.7 REJILLAS

Son dispositivos constituidos por barras paralelas y espaciadas las rejillas se utilizan para proteger válvulas, tuberías y otros elementos contra posibles daños y obturaciones ocasionados por objetos de gran tamaño.

Los materiales retenidos son principalmente papel, productos de higiene femenina, materiales plásticos y otros objetos que puedan pasar por los inodoros.

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas se clasifican como de limpieza manual o de limpieza mecánica pueden estar en función a la separación entre barras finas o gruesas, también de acuerdo a la inclinación de la reja horizontal, vertical, inclinada y curva.

1.8.7.1 TIPOS DE REJAS

Pueden clasificarse en 2 categorías:

- Rejas de limpieza manual
- Rejas de limpieza mecánica.

Las rejas de limpieza manual son usadas plantas de tratamiento muy pequeñas y con espaciamiento relativamente grandes.

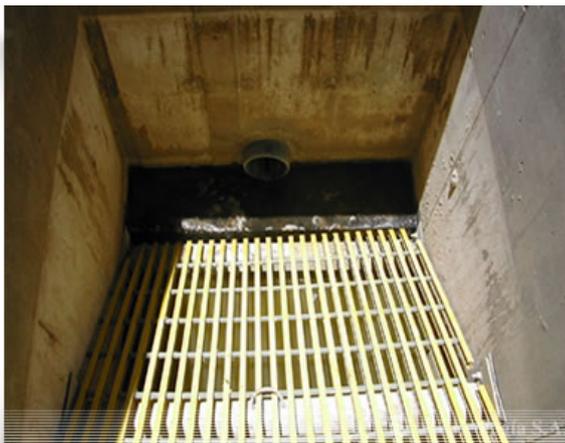
Las rejas mecanizadas requieren una labor de mantenimiento muy precavido por lo que deben ser empleadas cuando sea necesario.

Tabla 4. Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual

Parámetro	Unidad	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra:			
Ancho	mm	5 – 15	5- 15
Profundidad	mm	25 – 37.5	25 – 37.5
Separación entre barras	mm	25 - 50	15 -75
Inclinación con la vertical	grados	25 -50	50 – 82.5

Velocidad de Aproximación	m/s	3,3- 6,5	6,5- 10,6
Perdidas de carga admisible	mm	150	150

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales 1995, Pp. 510



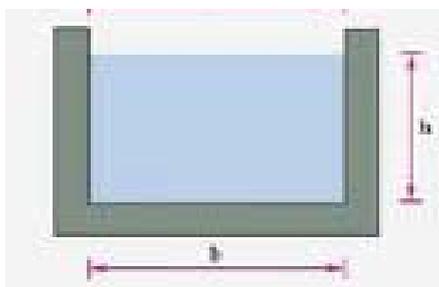
Fuente: <http://aguasservidasaqp.blogspot.com/>

Grafico 1 Rejillas de Limpieza Manual

1.8.8 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL

Para el diseño de las rejillas es necesario conocer las dimensiones del canal en donde van a ser dispuestas.

a) SECCIÓN DEL CANAL



Fuente: fao.org/docrep.htm

Grafico 2 Canal Rectangular

a) **ÁREA DE CANAL**

$$A = bxh$$

Ecuación 5

Donde:

A = Área del canal (m²)

b = Base del canal (m)

h = Altura del canal hasta el nivel de agua

b) **RADIO HIDRÁULICO**

$$R = \frac{bxh}{b + 2xh}$$

Ecuación 6

Es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} x R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 7

Donde:

v = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de Manning (0.013 para canales de concreto)

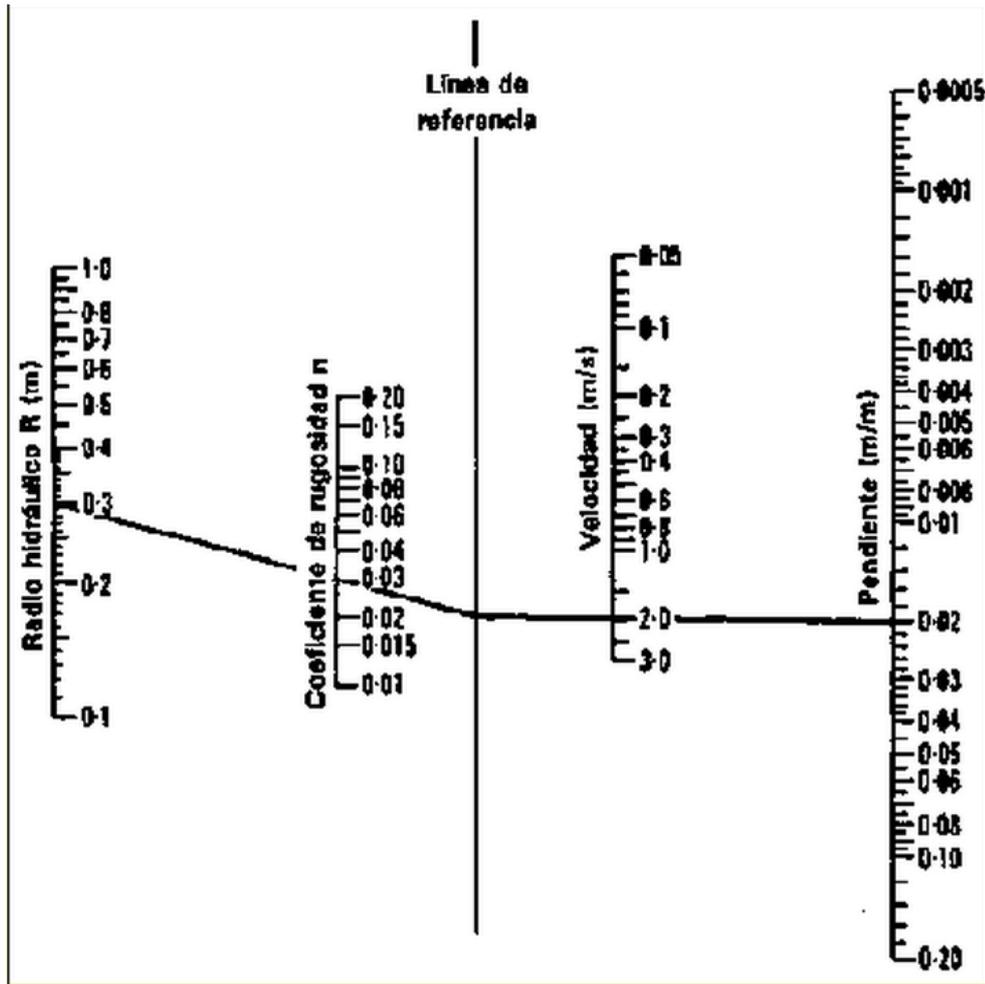
R = Radio Hidráulico (m)

S = Gradiente hidráulico (m/m) 0,0005

Material	Coefficiente de Manning n
Asbesto Cemento	0.011
Latón	0.011
Tabique	0,015
Concreto Simple	0,013
Cobre	0,011
Acero Corrugado	0,022
Acero Galvanizado	0,016
Plomo	0,011
Plástico	0,009
Madera	0,012
Vidrio	0,011

Fuente: fluidos.eia.edu.co/hidraulica.htm

Tabla 5 Coeficiente de Manning



Fuente: soloingenieria.net

Grafico 3. Abaco de la Formula de Manning

CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA REJILLAS

a) ÁREA ENTRE BARRAS

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}}$$

Ecuación 8

Donde:

$A_L = \text{Área libre entre barras (m}^2 \text{)}$

$Q = \text{Caudal (m}^3 \text{ / s)}$

$V_{RL} = \text{Velocidad de aproximación (m/s)}$

b) **ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FLUJO**

Imhoff recomienda de 40 a 50 mm la separación entre rejas para que no se contenga mucha materia fecal.

$$A_f = \frac{A_b (W + e)}{W}$$

Ecuación 9

Donde:

$A_f = \text{Área de flujo (m}^2 \text{)}$

$A_b = \text{Área entre barras (m}^2 \text{)}$

$W = \text{Separación entre barras (m)}$

$e = \text{Espesor máximo de las barras (m)}$

c) **NUMERO DE BARRAS**

Para determinar el número de barras se puede usar la siguiente ecuación

$$N^\circ = \frac{b - W}{W - e}$$

Ecuación 10

Donde:

$b = \text{Ancho del canal (m)}$

W = Separación entre barras (m)

e = Espesor máximo de las barras (m)

d) LONGITUD SUMERGIDA DE LA REJILLA

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la siguiente ecuación:

$$d_{\max} = \frac{Q}{v \times b}$$

Ecuación 11

En las instalaciones las rejillas de limpieza manual las barras hacen un ángulo de 30 a 45 grados con respecto a la horizontal.

Para la longitud, tenemos:

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\text{sen}\delta}$$

Ecuación 12

Donde:

D_{max} = Nivel máximo de agua (m)

v = Velocidad de aproximación (m/s)

b = Ancho del canal (m)

δ = Grado de inclinación de las barras

e) PERDIDA DE CARGA

Las pérdidas de carga a través de una rejilla dependen de la frecuencia con la que se limpian y de la cantidad de material basto que llevan las aguas. El cálculo de la pérdida de carga se puede determinar a través de la siguiente ecuación propuesta por Kirschmer (1926).

$$hc = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \text{sen} \delta$$

Ecuación 13

Donde:

hc = Pérdida de carga (m)

e = Espesor máximo de las barras (m)

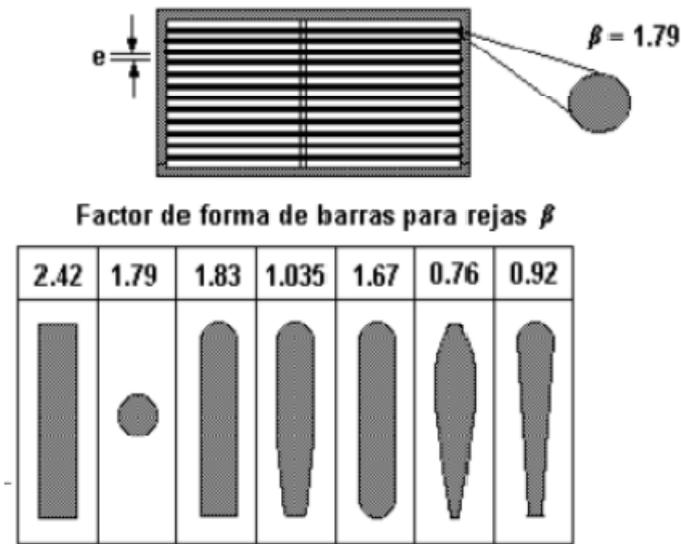
W = Separación entre barras (m)

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja (m)

β = Factor dependiente de la forma de la barra

δ = Grado de inclinación de las barras

g = aceleración de la gravedad.



Fuente: VALDEZ E., Ingeniería de los sistemas de Tratamiento de las aguas Residuales.

Grafico 4 Factor dependiente de la forma de Barra

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad del flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden estimar por medio de la ecuación de Metcalf y Eddy caracterizada por su simplicidad.

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v_a^2}{2g} \right)$$

Ecuación 14

Dónde:

h_L = pérdida de carga (m)

0,7 = coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos

V = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja (0,50-0,75 m/s)

v_a = velocidad de aproximación del fluido hacia la reja (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

Las pérdidas de carga calculadas con la ecuación 10 solo pueden ser aplicadas en caso que las rejillas estén limpias ya que las pérdidas de carga aumentan en la medida en que las rejillas se van saturando con los residuos retenidos. Las pérdidas de carga en el diseño de rejillas se pueden estimar suponiendo que parte del espacio disponible para el flujo del agua a tratar se encuentra obstruido. Para lo cual, se utilizará la ecuación para un orificio la cual se da a continuación:

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - v_a^2}{2g} \right)$$

Ecuación 15

Podemos suponer que el coeficiente de flujo para la rejilla obstruida es 0,6 aproximadamente.

1.8.9 Homogenización

La variabilidad del consumo del agua residual hospitalaria pueden provocar daños en el funcionamiento de la planta de agua residual, además del cambio de la concentración por las descargas intermitentes hace que el proceso sea complejo, para prevenir esto es necesario implementar un tanque de Homogenización cuya finalidad es amortiguar las variaciones de las descargas, pH y la concentración de estas aguas.

Para dimensionar una unidad de homogenización es necesario realizar un balance de masas, donde el volumen de agua residual que ingresa a la planta en un tiempo

determinado se compara con el volumen de agua promedio horario calculado para un periodo de 24 horas. Si el Volumen entrante es menor que el valor promedio, el tanque de homogenización comienza a ser drenado, mientras que si el volumen entrante es mayor que el valor promedio, el tanque comienza a llenarse con exceso de agua residual. La diferencia acumulada se usa para estimar el volumen necesario de almacenamiento del agua residual.

a) ÁREA DEL HOMOGENIZADOR

$$A = \frac{Q * t}{h}$$

Ecuación 16

Donde:

Q = Caudal (m³ / s)

t = tiempo de descarga (h)

h = altura (m)

b) DIÁMETRO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR

Se determina mediante la siguiente ecuación

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

Ecuación 17

Donde:

\emptyset = Diámetro (m)

A = Área del sedimentador

π = Numero irracional (3,1416)

c) RADIO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Ecuación 18

Donde:

r = Radio (m)

A = Área (m²)

π = Numero irracional (3,1416)

d) VOLUMEN DEL HOMOGENIZADOR

Se Determina mediante la siguiente ecuación:

$$V = Ah$$

Ecuación 19

Donde:

V = Volumen del tanque (m³)

A = Altura del Tanque (m)

1.8.10 Agitación y Mezcla

La agitación es una operación por la que crean movimientos violentos e irregulares de una materia fluida si son dos o más sustancias sean o no miscibles entre si se denomina mezcla.

1.8.11 Mezcladores de Paletas

Los mezcladores de Paletas operan a velocidades bajas poseen una gran superficie de acción sobre el fluido son apropiados para la Floculación. La floculación se promueve gracias a la mezcla proporcionada por el movimiento de las paletas que giran a velocidades bajas. La agitación debe controlarse para que los floculos alcancen su tamaño que se puedan sedimentar.

a) DIÁMETRO DEL IMPULSOR

Se determina mediante la siguiente ecuación.

$$d_i = \frac{1}{3} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

Ecuación 20

Donde:

d_i = Diámetro del impulsor (m)

b) ALTURA DEL IMPULSOR RESPECTO AL FONDO

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_i = d_i$$

Ecuación 21

Donde:

H_i = Altura del impulsor respecto al fondo (m)

c) ANCHO DE LAS PALAS DEL IMPULSOR

$$q = \frac{1}{5} \text{ del } d_i$$

Ecuación 22

Donde:

q = Ancho de las paletas (m)

d) LONGITUD DE LAS PALAS DEL IMPULSOR

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$l = \frac{1}{4} \text{ del } d_i$$

Ecuación 23

Donde:

l = Longitud de las palas (m)

e) LONGITUD DE LAS PALAS DEL IMPULSOR MONTADAS EN EL DISCO CENTRAL

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$l_{DC} = \frac{L}{2}$$

Ecuación 24

Donde:

l_{DC} = Longitud de las palas montadas en el disco central (m)

f) NUMERO DE DEFLECTORES

Son 4 sobresaliendo por encima del nivel del líquido.

g) ANCHO DE LOS DEFLECTORES

Podemos calcular mediante la siguiente ecuación:

$$W_b = \frac{1}{10} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

Ecuación 25

Donde:

W_b = Ancho de los deflectores (m)

h) DIÁMETRO DEL DISCO CENTRAL

$$S = \frac{1}{4} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

Ecuación 26

Donde:

S = Diámetro del disco central (m)

1.8.12 Gradiente de Velocidad del Fluido.

$$G = 0,25 * n^{1,25}$$

Ecuación 27

Donde:

G = Gradiente medio de velocidad del fluido, (s⁻¹)

n = Velocidad de rotación, RPM

1.8.13 Potencia Disipada en la Mezcla

Si mayor es la energía suministrada en el fluido mayor será la turbulencia y la mezcla será más eficiente. La potencia disipada por unidad de volumen del líquido en la mezcla nos puede servir como un parámetro para medir la eficiencia de la operación. Para el diseño y operación de unidades de mezcla se ha desarrollado la siguiente ecuación:

$$P = G^2 \mu V$$

Ecuación 28

Donde:

P = potencia necesaria (W)

G = Gradiente medio de la velocidad (l/s)

μ = Viscosidad Dinámica (N*s/ m²)

V = Volumen del tanque (m³)

Tabla 6 Valores usuales de gradiente de velocidad G y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual

Proceso	Intervalo de Valores	
	Tiempo de retención	Valores de G, s ⁻¹
MEZCLA		
Operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual	10 – 30 s	500-1500
Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos.	≤ 1 s	1500 - 6000
Mezcla rápida de reactivos químicos en procesos de filtración por contacto	< 1 s	2500 - 7500
FLOCULACIÓN		
Procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual	30 – 60 minutos	50 -100
Floculación en procesos de filtración directa	2- 10 minutos	25 - 150

Floculación en procesos de filtración por contacto	2 – 5 minutos	25 - 200
--	---------------	----------

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales 1995, Pp. 264

El Área de las paletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * V^3}$$

Ecuación 29

Donde:

A = Área de la sección transversal de las paletas (m^2)

P = Potencia Necesaria (W)

C_D = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas

ρ = Densidad del fluido

V = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido, se asumen generalmente valores entre 0,6 y 0,75

Para secciones rectangulares que se desplazan en el agua el valor de C_D puede estimarse

Tabla 7 Valores de C_D para secciones rectangulares

l/b	C_D
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: Rouse

1.8.14 Sedimentación

Es una operación unitaria diseñada para remover partículas, floculos químicos, sólidos suspendidos orgánicos del agua residual que actúan por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua se deposite en el fondo del sedimentador. La sedimentación elimina la fracción de sólidos en suspensión en un 60 %.

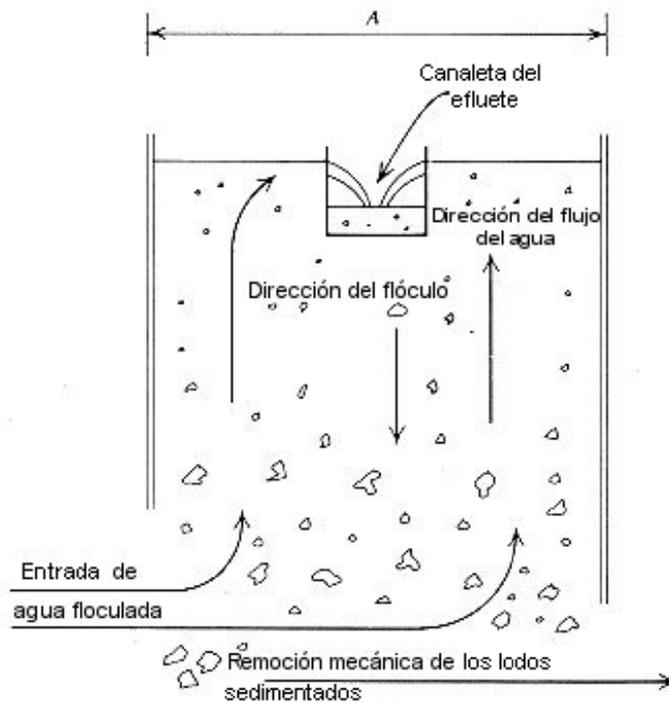
El primer tratamiento que sufren las aguas residuales es generalmente la sedimentación de los sólidos suspendidos en un tanque en el que las aguas residuales se mantienen en un intervalo de 0.5 a 3 horas o más para que los sólidos queden en el fondo del tanque del cual se extraen mediante colectores mecánicos en forma de lodos.

La mayor parte de sedimentadores son de flujo ascendente la que es forzada a ir al fondo mediante una mampara.

La eliminación de las materias por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólida y el líquido donde se encuentran, que acaba en el depósito de las materias en suspensión.

La materia orgánica es ligeramente más pesada que el agua y poco a poco se sedimenta en un lapso de 1 a 2.5 m/h.

Lo más común es encontrar sólidos poco densos por lo que es necesario para que la operación sea más eficaz realizar una floculación para favorecer el tamaño y densidad de las partículas.



Fuente: lenntech.es

Grafico 5 Tanque de Sedimentación Ideal

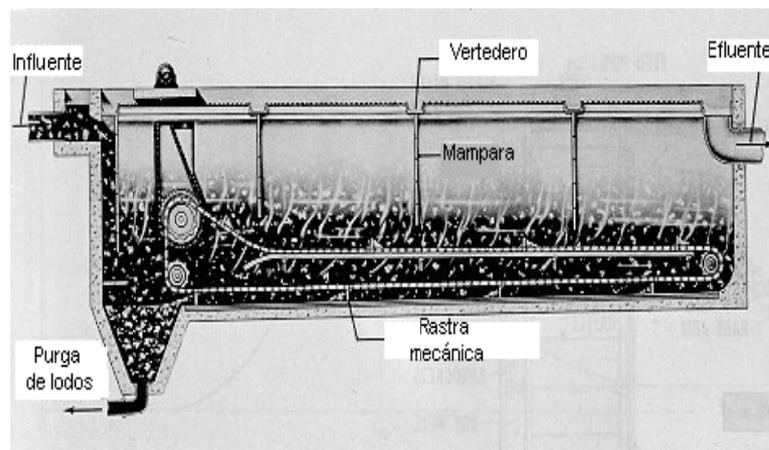
1.8.15 Tipos de Sedimentadores

Se clasifican en rectangulares o circulares con dispositivos que recolectan los lodos que se crean en el interior de estos.

Para seleccionar el tanque depende de muchos factores como el tamaño, condiciones locales del terreno, costos etc.

1.8.15.1 Sedimentadores Rectangulares

Se emplean en la sedimentación primaria y calificación se diseñan para que el agua fluya lentamente con un mínimo de corto circuitos el cual contiene mamparas para transportar el flujo de manera vertical y que se distribuya a la periferia.



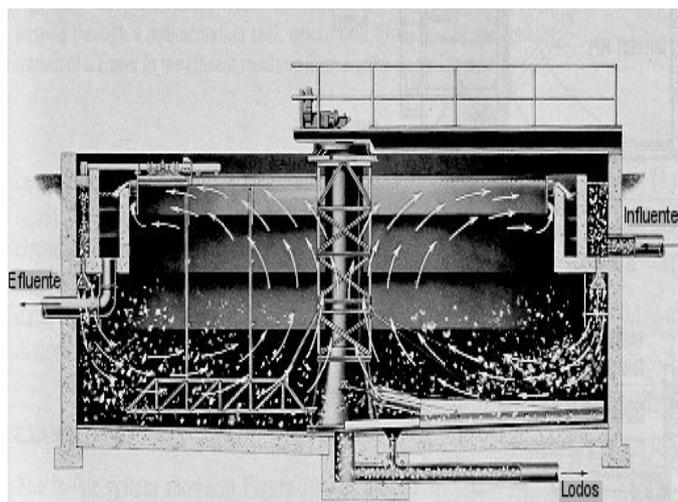
Fuente: lenntech.es

Grafico 6 Sedimentador Rectangular

1.8.16 Sedimentadores Circulares

El agua ingresa al sedimentador por el centro y es llevada al fondo por medio de una mampara circular la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador así la sedimentación es eficaz cuando va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño del floculo aumenta al descender las partícula, y por lo tanto aumenta la velocidad de sedimentación.

Los lodos son arrastrados hacia una tolva para que sean descargados mediante un rastrillo en las esquinas.



Fuente: lenntech.es

Grafico 7 Sedimentador Circular

Fundamentos de diseño

En los casos de plantas pequeñas es común diseñar tanques de tipo circular debido a la sencillez del dispositivo requerido para remover los lodos.

Los lodos deben retirarse del tanque de sedimentación antes de que se desarrollen condiciones anaerobios, si los lodos se descomponen se producen burbujas se adhieren a las partículas de sólidos que se elevaran a la superficie en vez de sedimentarse

Información para el diseño de tanques de sedimentación primario

Tabla 8 Parámetros para el diseño de un sedimentador primario

Parámetro	Intervalo	Valor Usual
Sedimentador Primario seguido por tratamiento secundario		
Tiempo de retención	1.5 – 2.5	2.0
Carga Superficial		
A caudal promedio	30 - 50	40

A caudal pico	80-120	100
Carga sobre vertedero	125 - 500	250
Sedimentación Primaria con adición del lodo en exceso		
Tiempo de retención	1.5 – 2.5	2.0
Carga Superficial		
A caudal promedio	24 -32	28
A caudal pico	48 -70	60
Carga sobre vertedero	125 - 500	250

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLIOUS

Tabla 9 Información para el diseño de sedimentadores circulares

Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor Usual
Circular			
Profundidad	m	3 -4.9	4.3
Diámetro	m	3 -60	12 -45
Pendiente de la Solera	mm / mm	1/16 - 1/6	1 / 12
Velocidad de los rascadores	r / min	0.02 – 0.05	0-03

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLIOUS

a) **ÁREA DEL SEDIMENTADOR**

Los tanques de sedimentación se suelen dimensionar en función de la carga de superficie. La adopción de una carga de superficie adecuada depende del tipo de suspensión que se debe adoptar. El área del Sedimentador se calcula con la siguiente ecuación:

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

Ecuación 30

Donde:

A = Área (m²)

Q = Caudal (m³/día)

C_s = Carga superficial (m³/m²x día)

b) **RADIO DEL SEDIMENTADOR**

$$r = \sqrt{\pi * A}$$

Ecuación 31

Donde:

r = Radio del Sedimentador

A = Área (m²)

1.9 Caudal

$$Q = V * A * c$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = Velocidad (m/s)

A = Área de la sección (m^2)

$c = (0,8)$ Tabla 3 para canales de concreto

1.10 Caudal de diseño:

Para calcular el caudal de diseño se emplea el factor de mayoración (FM) correspondiente al 30 %.

$$Qd = Q' + +FM$$

Donde:

Qd = Caudal de diseño (m^3/s)

Q = Caudal promedio (m^3/s)

F = Factor de mayoración.

c) DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

$$\emptyset = 2 * r$$

Ecuación 32

Donde:

\emptyset = Diámetro del Sedimentador

r = Radio del Sedimentador

d) VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

$$V = L * a * h$$

Ecuación 33

Donde:

V = Volumen del sedimentador

L = Largo (m)

a = Ancho (m)

h = Altura (m)

Debemos determinar el Área

$$A = L * a$$

Ecuación 34

Donde:

A = Área del sedimentador

L = Largo (m)

a = Ancho (m)

e) ALTURA DEL SEDIMENTADOR

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

Ecuación 35

Donde:

H = Altura (m)

V = Volumen del Sedimentador (m³)

A = Área (m²)

f) TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO

Los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 y 2,5 horas para el caudal medio del agua residual.

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

Ecuación 36

Donde:

Θ = Tiempo de retención (d)

V = Volumen (m^3)

Q = Caudal (m^3/d)

g) VELOCIDAD DE ARRASTRE

En las operaciones de sedimentación es importante las fuerzas actuantes sobre las partículas sedimentadas se deben a la fricción del agua que influye sobre las mismas.

La velocidad crítica viene dada por la siguiente ecuación.

$$V_H = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2}$$

Ecuación 37

Donde:

V_H = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas

k = Constante de cohesión (depende del tipo de material arrastrado)

s = Peso específico de las partículas

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

d = diámetro de las partículas (m)

f = Factor de fricción de Darcy – Weisbach

Los valores más comunes de k son de 0.04 para arena unigranular, 0,06 para materia mas agregada. El factor de fricción de Darcy-Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo.

1.10.1 Desempeño de los sedimentadores

1.10.1.1 Remoción Teórica de DBO₅ y SST

Como función de la concentración afluente y el tiempo de retención se puede obtener por medio de la curva se puede modelar matemáticamente como una hipérbola regular mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{t}{a + b * t}$$

Ecuación 38

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado %

t = Tiempo de retención (d)

a, b = Constantes empíricas

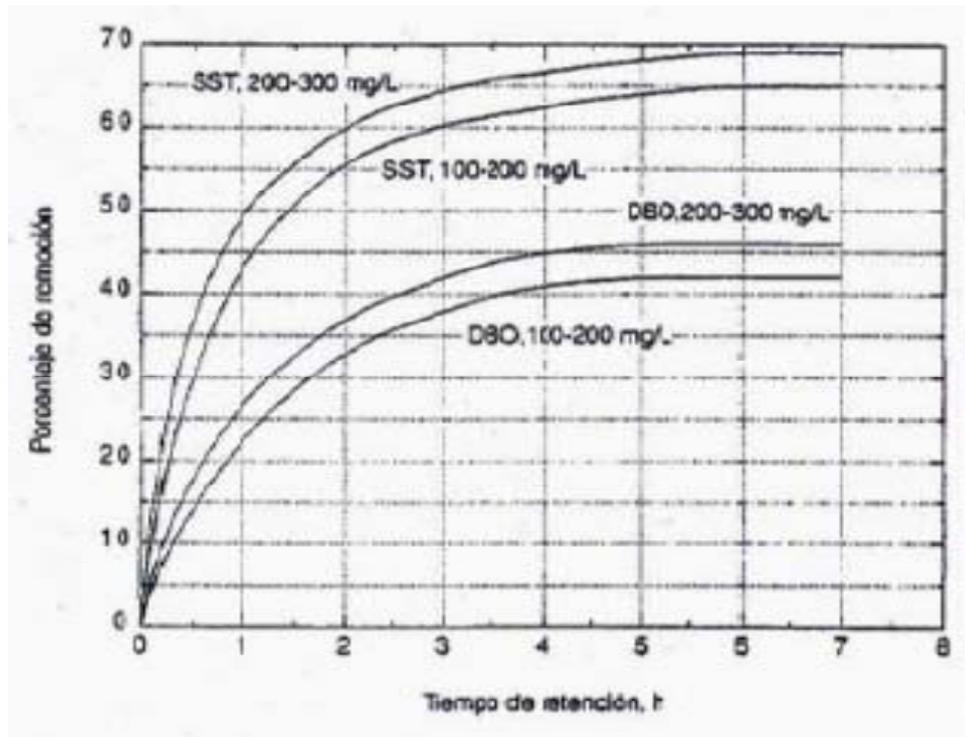
Las constantes empíricas de la ecuación toman los siguientes valores a 20 °C

Tabla 10 Valores de constantes empíricas

Variable	a, h	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLIOUS

Fig. 2 Remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria



Fuente: CRITES-TCHOBANOGLOUS

1.10.2 Coagulación - Floculación

En muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por pequeñas partículas ($10^{-6} - 10^{-9}$ m) que forma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales son muy estables por lo tanto poseen una velocidad de sedimentación muy lenta por lo que no es factible un tratamiento mecánico clásico.

La Coagulación y Floculación se utiliza para extraer del agua los sólidos que se encuentran en ella suspendidos y se lleva a cabo en equipo los cuales constan de 2 partes la primera donde se adiciona los reactivos y el agua residual se somete a una fuerte agitación para conseguir la coagulación seguida por una agitación menos intensa donde el agua permanecerá más tiempo con el objetivo de que se produzca la floculación.

1.10.3 Floculación

Neutraliza las cargas de las partículas y facilita la aglomeración de impurezas durante el proceso de mezcla formando el floc. Las masas flocosas resultantes forman coprecipitados con las partículas colorantes y sólidos las absorben y las retiene, reduciendo considerablemente la turbiedad y el número de protozoarios, bacterias y virus.

1.10.4 Policloruro de Aluminio.

No es posible lograr una reducción acelerada de partículas sin el uso de agentes químicos por lo es una necesidad para mejorar eficiencia en el tratamiento.

Este producto es esencial para la coagulación y floculación de aguas residuales o para potabilización. Está constituido por una solución acuosa de poli electrolitos cuyo componente principal es el Policloruro de Aluminio.

El Policloruro de Aluminio se presenta en forma líquida la dosificación depende de la cantidad de sólidos que el agua contenga para que ocurra la coagulación es necesario que el pH este entre 7.6 – 6.2 una vez adicionado el floculante, si no es así se puede adicionar álcalis o ácidos según sea necesario.

1.10.5 Control de Olores

La generación de olores se puede dar por varias causas, siendo su control un factor crítico dentro del manejo apropiado de las aguas residuales, se produce como resultado de la descomposición anaerobia de materia orgánica o por reducción química de sulfatos a sulfuro de hidrogeno (H₂S).

1.10.5.1 Métodos para el control de Malos Olores

Estos métodos son diseñados para tratar compuestos que tengan mal olor en el agua residual así como para tratar el aire viciado con malos olores. Algunos métodos se presentan en la siguiente tabla se emplean para tratar el aire enrarecido con compuestos olorosos. Para evitar la liberación de gases olorosos en las plantas de tratamiento es común cubrir las instalaciones

Tabla 11 Métodos para el Control de gases olorosos en el Manejo de Aguas Residuales.

Clasificación	Método	Aplicaciones
Físicos	Adsorción sobre Carbón Activado.	Los malos olores son adsorbidos sobre carbón activado
	Contención	Instalación de Cubiertas y conductos para contener y conducir los gases olorosos hasta las instalaciones de tratamiento
	Dilución	Se reducen al mezclarlos con aire libre de olor. Se pueden descargar a través de chimeneas a la atmosfera.
	Oxidación Térmica	A temperaturas de 1200 y 1500 °F se eliminan los olores de corrientes gaseosas
Químicos	Lavado con Alcalis	Los gases pasan a través de una torre de lavado
	Torres de lavado con lecho empacado y Recirculación del líquido.	Pasan a través de un lecho empacado poniéndose en contacto con oxidantes químicos
Biológicos	Conversión Biológica	Los procesos biológicos pueden oxidar los constituyentes que causan malos olores.
	Biofiltros	Torres de lavado empacadas con medio de soporte para el crecimiento biológico se utilizan para la remoción de olores.
	Filtros Compost	Se hacen pasar a través de un lecho compost para reducir la concentración de los gases
	Filtros de Suelo y Arena	Se hacen pasar a través de lechos de suelo o arena para reducir la concentración de compuestos olorosos
	Filtros Percoladores y tanques de Aireación de lodos activados	A través de filtros percoladores o inyectados por medio de difusores en el tanque de aireación en el proceso de lodo activado.

Fuente: Crites, R, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 2001

1.10.6 Filtros

Los Filtros son unidades de tratamiento físico y biológico que depuran el agua constan de un medio filtrante que puede ser una excavación en la tierra o una estructura de concreto que estar constituido de un sistema de drenaje para recolectar el liquido tratado, la arena y el carbón activado son el medio filtrante más eficientes cuando se trata de remover sólidos, materia orgánica, colorantes y olores, así como químicos. Para aplicar uniformemente sobre el medio filtrante el líquido a filtrar se requiere de un sistema de distribución las cuales en nuestro caso son boquillas de aspersion

Fig. 3 Filtro de Carbón Activado y Arena



Fuente: filtros.com

1.10.7 Criterios para el diseño de filtros

Se basa por lo general en el tiempo de residencia del gas en el medio filtrante, la carga unitaria de aire y la eliminación de constituyente.

- a) Eficiencia para reducir la carga contaminante

Las velocidades de eliminación del constituyente se determinan en forma experimental y se reportan como tasa de carga del constituyente

Y la eficiencia para reducir la carga orgánica contaminante viene dada por la siguiente expresión:

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

Ecuación 39

Donde:

E = Eficiencia

S_0 = Concentración del afluente (mg/L de DQO, DBO5 o SST).

S = Concentración del efluente (mg/L de DQO, DBO5 o SST).

1.10.8 Cálculo del Área total de filtración

$$At = \frac{Q}{Lw}$$

Ecuación 40

Donde:

At = Área total (m²)

Lw = Carga Hidráulica (m³/m²s)

Q = Caudal (m³)

1.10.9 Volumen del contenedor

$$V = A * h$$

Ecuación 41

Donde:

V = Volumen del contenedor (m³)

At = Area total (m²)

h = profundidad

1.10.10 TIEMPO DE RETENCIÓN

$$T_{RH} = \frac{V_a}{Q}$$

Ecuación 42

Donde:

T_{RH} = Tiempo de retencion hidraulica del filtro (d)

V_a = Volumen del contenedor (m³)

Q = Caudal de entrada (m³/d).

1.11 NORMATIVA AMBIENTAL

En el Art. 264 y 415 se menciona acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua Art. 276.

1.11.1 LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Mediante un desarrollo sustentable Art. 7 se pretende no comprometer los recursos disponibles de la naturaleza, aplicando estrategias de protección y manejo ambiental

Art. 18, cuyas medidas adoptadas para el control de impactos negativos son sometidos a evaluación por el Ministerio de Ambiente previa a su obtención de la licencia ambiental.

1.11.2 LEY ORGÁNICA DE LA SALUD

Es de vital importancia conservar la calidad del agua Art. 6, aplicar un tratamiento de aguas residuales apropiado pues se prohíbe la descarga de efluentes contaminados sin previo tratamiento Art. 103.

1.11.3 NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES (IEOS)

Normas ecuatorianas en donde establecen criterios básicos de diseño para el tratamiento de aguas residuales y sistemas de abastecimiento de agua potable, tomando como referencia sistemas y procesos con tecnología adecuada.

En las normas IEOS constan de varias partes en donde se trata desde definición de términos, etapas a considerarse en el proyecto, normas de la calidad de agua con la concentración aceptable de las sustancias contaminantes, disposiciones específicas acerca de los requisitos para el diseño de los equipos a emplearse en el sistema; entre otros puntos los cuales se detallan en la mencionada norma.

Se acentúa que en 1992 el sector se descentralizó con la Ley de Descentralización y se asignó la rectoría del sector al MIDUVI, por lo que el IEOS se fusionó con el MIDUVI.²¹ De manera que actualmente usa los datos establecidos inicialmente en las normas IEOS.

1.11.4 INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)

Se toma como referencia la norma técnica 2198:98 acerca de la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras; hace mención acerca de lineamientos

específicos al momento de la toma de muestra de manera que sea significativa y los resultados no se distorsionen.

Es de gran importancia el conocimiento de manejo y conservación de las muestras para los diferentes parámetros, ya que, de los resultados de los análisis de las pruebas físicas-químicas dependerá el sistema de tratamiento para el agua residual.

1.11.5 ORDENANZA MUNICIPAL

Es de interés del Ilustre Consejo Cantonal de Ambato la preservación del medio ambiente para garantizar a la población un ambiente sano. Para el control de la contaminación del agua Art. 6 se apoyará en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: recurso agua, detallada en el Texto Unificado de Legislación Secundaria. Los desechos líquidos deben ser tratados antes de su descarga al sistema de alcantarillado Art. 61 y Art. 53.

1.11.6 TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS)

El libro VI Anexo 1 trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes, tiene como objeto la “prevención y control de la contaminación ambiental en lo que se refiere al agua”

En la tabla se encuentran los límites de descarga de efluentes al alcantarillado público, los cuales son la base para la caracterización físico-química de la muestra compuesta.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Caudal Máximo	Q	l/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	500
Fosforo Total	P	mg/l	15
Potencial de Hidrogeno	pH	-	5-9
Sólidos Totales	SST	mg/l	1600
Sólidos Suspendidos	SS	mg/l	220
Temperatura	T	°C	< 40

Fuente: TULAS, Libro VI Anexo, Tabla 11.

Tabla 12 Límites de descarga al alcantarillado publico

CAPITULO 2

2 Parte Experimental

2.1 Localización

La investigación se realizó en el Centro de Salud N° 2, en la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua ubicado en la Ciudadela Simón Bolívar donde se procedió hacer una revisión del origen de los efluentes y que carga contaminante posee.

Esta aguas residuales provienen de las actividades desarrolladas diariamente en el Centro de Salud de las Áreas de: Partos, Emergencia, Lavandería, laboratorio Clínico, y Administración. Se analizó esta agua en los puntos de muestreo durante un periodo de 4 semanas en los meses de Septiembre y Octubre del 2013 las muestras fueron tomadas en el desagüe de salida del centro de Salud donde se tomaron las precauciones de seguridad

La recopilación de los datos experimentales se realizó en el laboratorio basándose en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario TULAS, Libro VI, Anexo I, tabla 11. Para establecer el tratamiento más eficaz de las aguas del Centro de Salud

2.2 Muestreo

Se tomaron 2 muestras cada semana las muestras fueron recogidas alternadamente pasando un día en los horarios de más afluencia de gente las muestras fueron recogidas en el desagüe principal de salida recolectando varias submuestras en intervalos de media hora con el propósito de que el análisis sea lo más efectivo mezclando estas submuestras para formar una muestra final representativa para transportarlas al laboratorio para determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos.

El transporte de las muestras se realizó en un cooler con hielo para tratar de alcanzar una temperatura de 4 °C

2.2.1 Medición de Caudales

Para determinar el caudal de diseño se utilizó el método del objeto flotante mediante el cual se detalla a continuación:

- Ubicamos en el canal un tramo aproximado 6,25 m (L) y de sección uniforme. Marcamos un punto Po al inicio del tramo y un punto Pf al final del tramo seleccionado.
- A la altura del punto Po soltamos un pequeño objeto que flote y anotamos el tiempo que demora en desplazarse hasta la altura del punto Pf, realizamos mínimo 5 mediciones del tiempo y sacamos un promedio para calcular la velocidad.
- Después medimos el área del canal y con el valor de factor de corrección para canales de concreto obtenemos nuestro caudal.

2.2.2 Métodos y Técnicas

2.2.2.1 Métodos

2.2.2.1.1 Investigación de Campo

Se la realiza en el sitio donde se va a realizar la investigación, registrando datos o acontecimientos observados

2.2.2.1.2 INDUCTIVO

Se entiende por la acción de extraer, a partir de las observaciones y la experiencia particular un principio general, en este caso comprende la toma de muestras, caracterización de las mismas y las pruebas para tratar el agua residual que nos sirvan como punto de partida para el diseño y dimensionamiento del sistema de tratamiento.

2.2.2.1.3 Deductivo

A partir de las problemáticas ambientales causadas por la contaminación del agua se busca una alternativa de tratamiento de aguas residuales de carácter hospitalario para proseguir con el muestreo, y como base inicial para la partida del diseño se necesitó de los análisis de las aguas ya que el resultado de estos análisis proporciona la pauta inicial para proponer el tratamiento.

2.2.2.1.4 Experimental

Se realizó mediante la toma de muestras para analizarlas en el laboratorio donde se miden los parámetros como pH, DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, así como la cantidad de floculante que necesita agregar al agua para su rápida sedimentación sirviéndonos de la prueba de jarras, también los métodos de filtración para eliminar los malos olores.

2.2.2.2 **Técnicas.**

2.2.2.3 Determinación de la DBO Método 5210-B

Tabla 13 Determinación de la DBO

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Consiste en llenar con una muestra hasta rebosar un frasco hermético de un tamaño especificado e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre el OD</p>	<p>La determinación de la DBO es una prueba empírica en la que se utiliza procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno en las aguas residuales, efluentes contaminados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de DBO • Botellas de incubación • Grasa • Tampones de Copa • Capsula magnética • Probeta graduada • Termómetro • Embudo 	<p>Caliéntese o enfríe la muestra hasta 2°C de la temperatura de incubación (20°). Usando una probeta graduada limpia vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella de muestra Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias si las características de la muestra original lo requiera.</p>	<p>Cuando el agua de la disolución no está sembrada:</p> $ROB_5 = \frac{(D_1 - D_2)}{P}$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROB_{5mg/l} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$ <p>Dónde:</p> <p>D1= OD de la muestra diluida</p>

<p>inicial y el final.</p>			<p>Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa. Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo. Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a 20 ± 2 °C.</p> <p>Prenda el equipo.</p> <p>Seleccione la duración de la prueba.</p>	<p>inmediatamente después de su preparación mg/L</p> <p>D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C mg/L</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada</p> <p>B1= OD del control de simiente antes de la incubación mg/L</p> <p>B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L</p> <p>f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>
----------------------------	--	--	--	--

Fuente: Método 5210-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

2.2.2.4 Determinación de la DQO Método 5220-C

Tabla 14 Determinación de la DQO

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>En el método de Kjendahl los compuestos nitrogenados de la muestra se descomponen con ácido sulfúrico concentrado en caliente transformándose el nitrógeno de la mayoría de los grupos funcionales orgánicos en amonio. Cuando la descomposición se ha completado la disolución de enfría, se diluye y se alcaliniza.</p>	<p>El principal factor de influencia para la selección de un método macro o semi-micro Kjendahl en la determinación del nitrógeno orgánico es la concentración del nitrógeno.</p>	<p>Equipo de Kjendahl. Balanza analítica Material de vidrio Matraz tipi Kjendahl Bureta</p>	<p>Limpiar el equipo antes de usarlo, determinar el volumen de la muestra de acuerdo a la tabla, ajustar el volumen a 500ml, y neutralizarlo a un pH de 7, colocar en un matraz de Kjendahl de 800ml. -Determinar el N amoniacal -Determinar el N orgánico.</p>	<p>Usaremos las siguientes ecuaciones:</p> $\text{mgN}_{tk}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgNH}_3\text{N}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{\text{organico}}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{tk}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{tk}/L = \text{mgNH}_3\text{N}/L + \text{mgN}_{\text{organi}}/L$ <p>Dónde: A= ml de ácido sulfúrico gastados en la titulación.</p>

				<p>B= ml de ácido sulfúrico gastados en el blanco.</p> <p>N= normalidad del ácido sulfúrico</p> <p>V= ml de la muestra</p> <p>14= es el peso equivalente de la muestra.</p>
--	--	--	--	---

Fuente: Método 5220-C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

2.2.2.5 Determinación del pH 4500-B

Tabla 15 Determinación del pH

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia.	La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH • Electrodo de referencia • Vaso de precipitación • Agitador • Cámara de flujo 	Preparación general: calibrese el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido. Tomar un cantidad de agua en un vaso de precipitación agítese, mida el pH.	La escala operativa del pH se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como: $pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2,303RT}$ <p>pH_b = pH asignado al tampon</p> <p>pH_x = pH de la muestra medido potenciométricamente</p> <p>F = Faraday 9,649x10⁴ culombios/mol</p> <p>E_x = muestra fem, V</p> <p>E_s = tampón fem, V</p> <p>R = constante de los gases 8,314 julio/(mol.°K)</p> <p>T = temperatura absoluta °K</p>

Fuente: Método 4500-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

2.2.2.6 Determinación de Sólidos Totales Método 2540-B

Tabla 16 Determinación de Sólidos Totales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno, el aumento de peso de la placa vacía representa los sólidos totales	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> • Capsulas de Porcelana de 90 mm de diámetro • Horno de secado para operación a 103-105°C • Desecador • Balanza analítica capaz de pesar hasta 0,01mg 	<p>Calentar: la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla.</p> <p>Análisis de la muestra: elijase un volumen determinado de la muestra, transfiera un volumen bien mezclado a la capsula pesada previamente y evapórese hasta que se seque.</p> <p>Después secamos esta muestra evaporada al menos durante 1hora a 103-105°C enfriar en el desecador y pesar.</p> <p>Repetir el ciclo hasta que sea constante el peso.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mgsólidos totales/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. de muestra ml}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso de residuo seco + placa mg</p> <p>B= peso de la placa en mg</p>

Fuente: Método 2540-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

2.2.2.7 Determinación de Sólidos Sedimentables 2540 F

Tabla 17 Determinación de Sólidos Sedimentables

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas así como los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de un peso (mg/L)	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> • Placas de evaporación • Capsulas de Porcelana • Platino • Vaso alto de sílice • Mufla • Baño de vapor • Desecador • Balanza analítica 	<p>Volumétrico: llénese un icono Imhoff hasta la marca con la muestra deje sedimentar durante 45min removiendo constantemente con una varilla.</p> <p>Gravimétrico: determinar los sólidos totales en suspensión de una muestra bien mezclada.</p> <p>-Vierta una muestra en un vaso de precipitación , dejamos reposar la muestra durante 1hora sin remover el material</p>	<p>Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:</p> $\text{mgSS/L} = \text{mg de STSuspension} / \text{L} - \text{mgSNS/L}$ <p>Dónde: SS=sólidos sedimentables STS=sólidos totales en suspensión SNS=sólidos no sedimentables</p>

			sedimentable o flotante extraiga 250 ml desde el centro del recipiente en un punto a medio camino entre las superficies del material sedimentado y del liquido	
--	--	--	--	--

Fuente: Método 2540-F Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

2.2.2.8 Determinación de Sólido Suspendido Método 2540-D

Tabla 18 Determinación de Sólidos Suspendidos

FUNDAMENTO	OBJETIVOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante. El aumento de peso representa los sólidos totales en suspensión.	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> • Capsulas de Porcelana de 90mm de diámetro • Desecador • Papel filtro • Horno desecador • Balanza analítica 	<p>Calentar: la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla</p> <p>Análisis de la muestra: coloque un aparato de filtrado, filtre un volumen determinado de la mezcla, lave la mezcla con agua</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mgsólidos totales en suspensión/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. de muestra ml}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso de residuo seco + placa mg</p> <p>B= peso de la placa en mg</p>

			destilada, el filtro colóquelo en una placa de aluminio o crisol, séquelo en la estufa a 103-105°C durante 1h, enfríelo en un desecador hasta que tenga un peso constante.	
--	--	--	--	--

Fuente: Método 2540-D Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

2.2.2.9 Determinación de Nitrógeno Método 4500-N-A

Tabla 19 Determinación de Nitrógeno

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>En el método de Kjendahl los compuestos nitrogenados de la muestra se descomponen con ácido sulfúrico concentrado en caliente transformándose el nitrógeno de la mayoría de los grupos funcionales orgánicos en amonio. Cuando la descomposición se ha completado la disolución de enfría, se diluye y se alcaliniza.</p>	<p>El principal factor de influencia para la selección de un método macro o semi-micro Kjendahl en la determinación del nitrógeno orgánico es la concentración del nitrógeno.</p>	<p>Equipo de Kjendahl. Balanza analítica Material de vidrio Matraz tipi Kjendahl Bureta</p>	<p>Limpiar el equipo antes de usarlo, determinar el volumen de la muestra de acuerdo a la tabla, ajustar el volumen a 500ml, y neutralizarlo a un pH de 7, colocar en un matraz de Kjendahl de 800ml. -Determinar el N amoniacal -Determinar el N orgánico.</p>	<p>Usaremos las siguientes ecuaciones:</p> $\text{mgN}_{tk}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgNH}_3\text{N}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{\text{organico}}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{tk}/L = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{tk}/L = \text{mgNH}_3\text{N}/L + \text{mgN}_{\text{organi}}/L$ <p>Dónde: A= ml de ácido sulfúrico gastados en la titulación.</p>

				<p>B= ml de ácido sulfúrico gastados en el blanco.</p> <p>N= normalidad del ácido sulfúrico</p> <p>V= ml de la muestra</p> <p>14= es el peso equivalente de la muestra.</p>
--	--	--	--	---

Fuente: Método 4500-NA Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potable

2.2.2.10 Determinación de la Turbidez

Tabla 20 Determinación de la Turbidez

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Determinación de la Turbidez	<ul style="list-style-type: none">• Turbidímetro• Piseta	<ul style="list-style-type: none">• Agua Residual	Colocar en la celda el agua obtenida en la prueba de jaras. Colocar la celda en el turbidímetro. Leer el valor según la escala deseada (0-1, 0-10, 0-100, 0-1000) NTU	Lectura directa

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.11 Determinación de Coliformes Fecales Norma INEN 1108

Tabla 21 Determinación de Coliformes Fecales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de temperatura óptima de desarrollo son variables.</p> <p>Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre</p> <p>Ordinariamente esta</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cajas Petri • Pipetas • Autoclave • Estufa • Disco filtrante • Agar de Plata • Agua destilada • Pinzas • Papel filtro • Matraz Kitasato • Bomba al vacío 	<p>Consiste en los siguientes: un disco filtrante estéril se pone en la unidad de filtración.</p> <p>Se hace pasar un volumen de agua por el disco, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que previamente se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. Las almohadillas absorbentes con los discos filtrantes se acomodan en cajas de Petri de tamaño especial, las cuales se incuban.</p>

<p>determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incuba durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se cuenta el número de colonias que se obtienen.</p>	<p>de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>		<p>Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración.</p> <p>La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostaticada a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p> <p>Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>
---	--	--	--

Fuente: Norma INEN 1108 Coliformes Fecales

2.2.2.12 Determinación de Coliforme Total

Tabla 22 Determinación de Coliformes Totales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>El análisis microbiológico de las aguas residuales comprende, como determinaciones básicas, los microorganismos totales, coliformes totales y coliformes fecales. Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cajas Petri • Pipetas • Autoclave • Estufa • Disco filtrante • Agar de Plata • Agua destilada • Pinzas • Papel filtro • Matraz 	<p>Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en placas Petri, que contienen un medio de cultivo específico para el crecimiento de los microorganismos que se desea determinar, en un soporte de papel de filtro. Es muy importante la esterilización en todos los componentes y etapas de proceso para evitar contaminación externa.</p> <p>Se preparan las placas Petri introduciendo el medio de cultivo adecuado sobre el soporte absorbente del interior de la placa.</p> <p>Se filtra la muestra en un matraz kitasatos de vidrio sobre el que se sitúa un portafiltros de plástico dotado de disco filtrante de ésteres de celulosa con 0,45 µm de diámetro de poro.</p>

<p>filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en placas Petri</p>	<p>contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>	<p>Kitasato</p> <ul style="list-style-type: none"> Bomba al vacío 	<p>Se coloca la membrana en el filtro con la ayuda de unas pinzas esterilizadas. Se toman 10 ml de la muestra convenientemente diluida, en función de la contaminación esperada, y se lleva al portafiltro. Se conecta la bomba de vacío, para filtrar la muestra. Los posibles microorganismos quedarán retenidos en el filtro. Se desconecta la bomba de vacío. Con las pinzas flameadas se toma el filtro y se coloca en la placa Petri preparada para la determinación microbiológica.</p> <p>La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostaticada a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p> <p>Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>
--	---	--	---

Fuente: Norma INEN 1110 coliformes Totales

2.3 Datos Experimentales

2.3.1 Diagnostico

En el Centro de Salud se atienden mensualmente un promedio de 1200 personas de los cuales el 60 % son menores de edad comprendidos desde su nacimiento hasta los 8 años de edad, el resto pertenecen adultos mayores sin contar con ningún tratamiento las aguas residuales que son generadas.

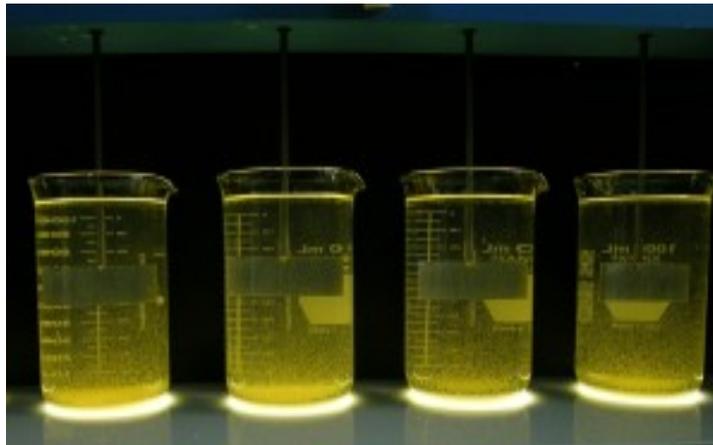
Durante las actividades que se realizan en el hospital se desfogan residuos de carácter líquido se consume una considerable cantidad de agua diariamente proveniente de: limpieza en todas las unidades y servicios higiénicos donde se limpia con detergente y jabón para enjuagar y desinfectar con cloro, en laboratorio clínico se desechan las muestras biológicas de pacientes externos como heces fecales, orina, sangre en la sala de partos donde se produce la culminación del embarazo involucra emanación de materia orgánica, lavandería (lavado de cobijas, ropa sucia, ropa blanca, ropa azul y verde de quirófano, salas de recuperación y administración estas actividades poseen altos contenidos de materia orgánica, grasas, detergentes, patógenos, fluidos corporales; aumentando las cantidades de DBO y DQO.

La mayor carga contaminante son resultado de la descomposición microbiológica de la materia orgánica contenida en el agua residual generando gases inorgánicos como el H₂S que producen mal olor y agentes patógenos que son causantes de enfermedades contenidos en orina y heces fecales.

2.3.1.1 Procesos para el tratamiento

2.3.1.2 Test de Jarras

Fig. 4 Prueba de Jarras



Fuente: pruebadejarras.com

Es el procedimiento habitual utilizado en el laboratorio para determinar las condiciones óptimas de operatividad para el tratamiento de aguas residuales. Este test simula el proceso de coagulación - floculación que se utiliza para eliminar las partículas en suspensión que pueden producir turbidez, olor o cambio de color del efluente.

Este método conlleva el ajuste del pH, selección del agente coagulante y de su dosis adecuada, elección de velocidad y tiempo de agitación de las palas así como tiempo de reposo posterior.

ESPECIFICACIONES

Dosis del coagulante: 50-500 ppm

Concentración del coagulante: 10 – 50%

REACTIVO

Para el presente estudio se utilizó Policloruro de Aluminio

MATERIALES Y EQUIPO

- Equipo de test de jarras
- pH metro

PROCEDIMIENTO

- Para realizar los ensayos de laboratorio, se utiliza un dispositivo llamado prueba de jarras provisto de seis puntos de agitación, que permite agitar simultáneamente, a una velocidad determinada, el líquido contenido en una serie de jarras de 2 litros cada una.
- El agua a clarificar se agita en las distintas jarras, y a continuación, se adiciona el coagulante manteniendo una agitación entre 100 y 150 RPM para que la mezcla sea rápida y para que el coagulante se disperse. Dicha agitación se mantiene durante 1 a 3 minutos.
- Posteriormente se reduce la agitación para promover la floculación ya que aumenta las probabilidades de colisiones entre partículas dando lugar así a mayores tamaños de flóculo. Esta etapa se mantiene de 15 minutos a una velocidad entre 35 y 60 RPM.
- Finalmente se cesa la agitación para que la disolución permanezca en reposo durante 15 minutos y estos flóculos sedimenten.

- Después se toma agua clarificada de dichas jarras y se procede a determinar los distintos parámetros que nos dan idea del grado de clarificación obtenido como son turbidez y SST.

PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

- Para determinar las características de sedimentación de una suspensión de partículas floculentas se realizan ensayos en una probeta graduada de 1000 mL. La probeta se debe llenar con la muestra del agua a tratar en forma tal que se garantice una distribución uniforme de partículas de diferente tamaño desde la cima hasta el fondo.

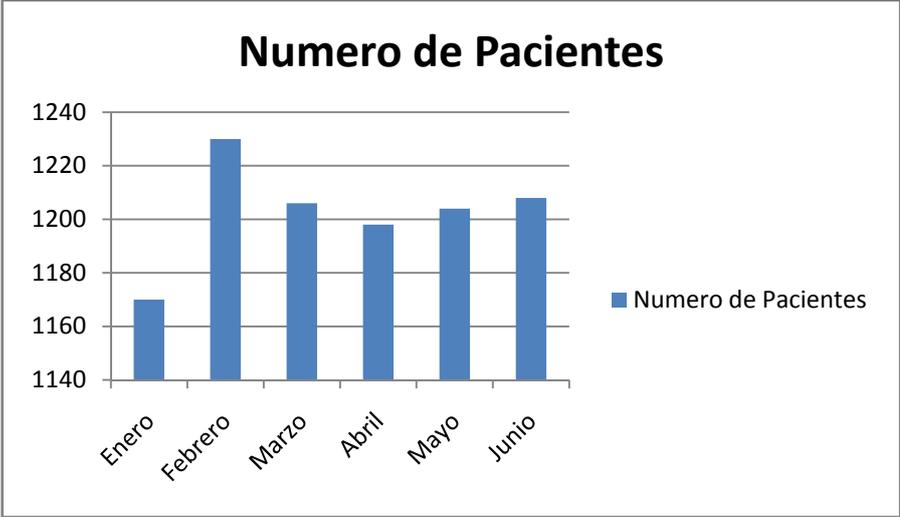
2.3.2 Datos

Número de Pacientes

Tabla 23 Numero de Pacientes Centro de Salud por mes

Mes	Número de Pacientes
Enero	1170
Febrero	1230
Marzo	1206
Abril	1198
Mayo	1204
Junio	1208

Fuente: El Autor



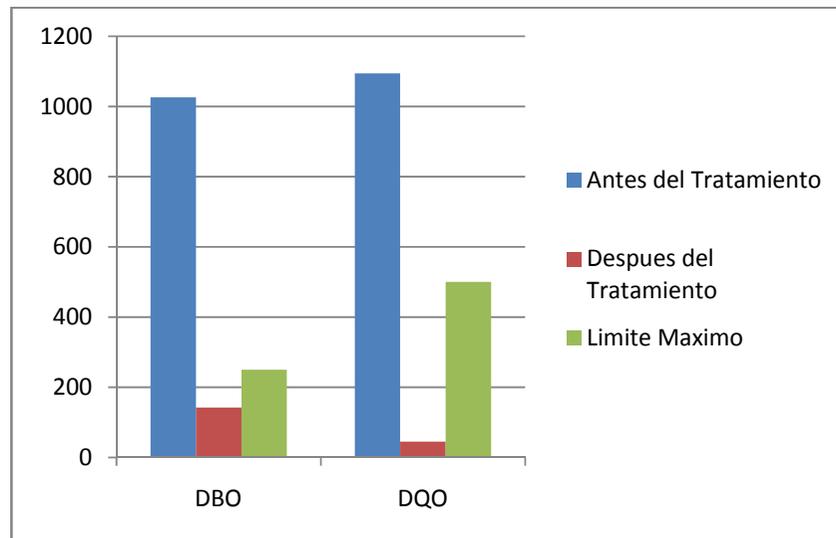
Fuente: El Autor

Tabla 24 Análisis de Resultados

Parámetros	Unidad	Método	M1	M2	M3	M4	Prom.	Límite máximo
			24/10/2013	30/10/2013	11/10/2013	23/10/201		
						3		
pH	Und	4500-B	6,8	8,2	7,2	7,48	7,42	5-9
Turbiedad	UNT	2130-B	84	100	124	130,9	109,7	-
DBO (5 días)	mg/L	5210-B	860	985	1020	1240	1026,3	250
DQO	mg/L	5220-C	942	1005	1110	1320	1094,2	500
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ C	18	26	24	28	24	10
Sólidos sedimentables	ml/L	2540-F	0.1	0.2	0,4	0,1	0,2	20
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	76	84	82,0	88,0	82,5	220
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1340	1450	1520	1004	1328,5	1600
Temperatura	°C	2550-A	21	20	21	23	21	□40
Coliformes fecales	UFC/100ml	Filtración por membrana	2,7x10 ⁴	,2,9x10 ⁴	,3,2x10 ⁴	3,3x10 ⁴	3,0x10 ⁴	Remoción □ al 99,9%

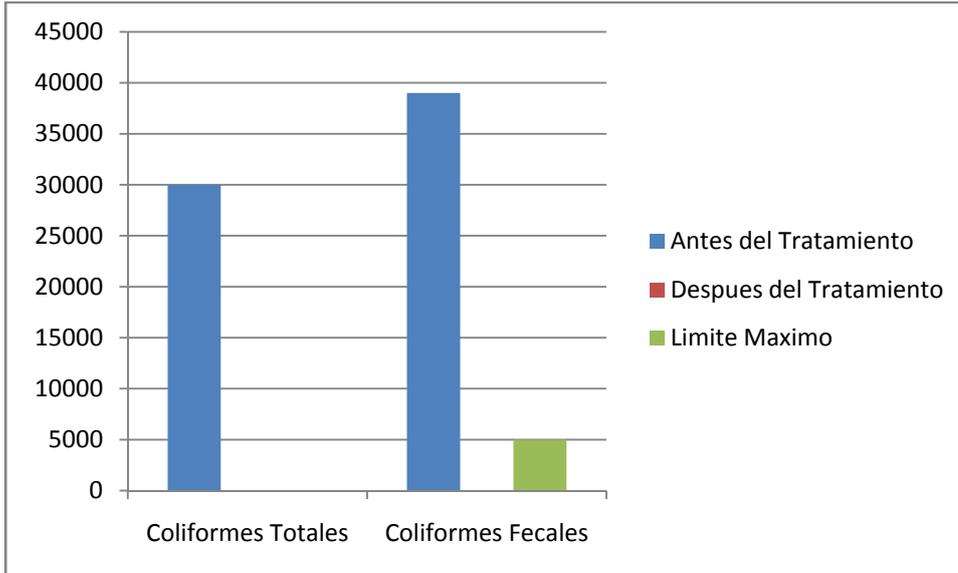
Coliformes totales	UFC/100ml	Filtración por membrana	$3,6 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	Promedio mensual menor a 5000
--------------------	-----------	-------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------------------

Fuente: El Autor



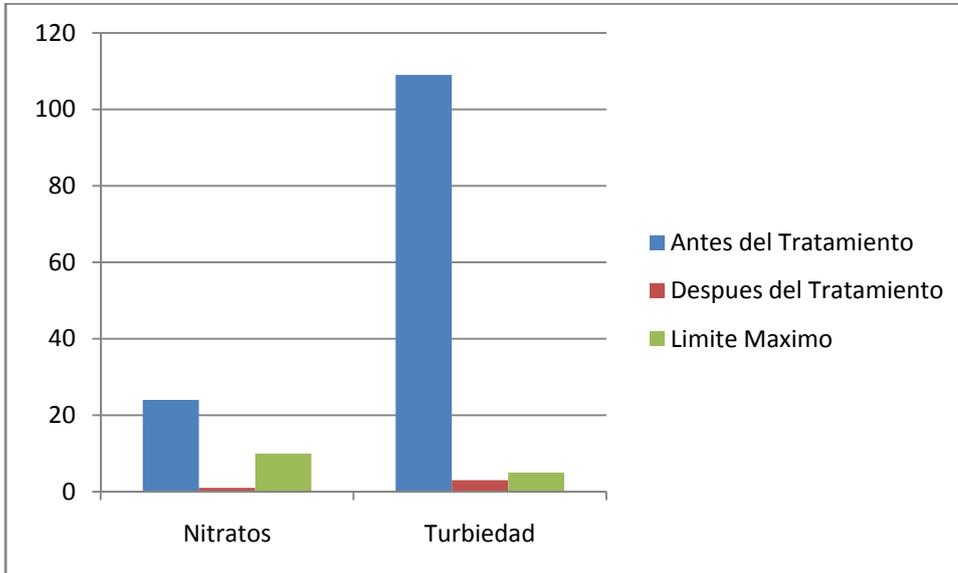
Fuente: El Autor

Grafico 8 DBO y DQO Resultados



Fuente: El Autor

Grafico 9 Coliformes Fecales y Totales Resultados



Fuente: El Autor

Grafico 10 Nitratos y turbiedad Resultados

Capítulo III

3 Dimensionamiento de la Planta de tratamiento de Aguas residuales

Según Ecuación 1:

$$V = \frac{L}{t}$$

$$V = \frac{6,20 \text{ m}}{40 \text{ s}}$$

$$V = 0,155 \text{ m/s}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

L = Longitud (m)

t = Tiempo (s)

3.1 Cálculo del Área por donde pasa el fluido

Según ecuación 2:

$$A = b * h$$

$$A = 0,4 \text{ m} * 0,04 \text{ m}$$

$$A = 0,016 \text{ m}^2$$

Donde:

A = Área de la sección (m²)

b = Ancho del canal (m)

h = profundidad del agua (m)

3.2 Caudal

Según ecuación 3 tenemos:

$$Q = V * A * c$$

$$Q = 0,155 * 0,016 * 0,8$$

$$Q = 0,00198 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = Velocidad (m/s)

A= Área de la sección (m^2)

c = (0,8) Tabla 3 para canales de concreto

3.3 Caudal de diseño:

Para calcular el caudal de diseño se emplea el factor de mayoración (FM) correspondiente al 30 %.

Según ecuación 4 tenemos:

$$Q = Q' + FM$$

$$Q = 0,00198 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,00198 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 0,3$$

$$Q = 0,00198 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,00059 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 2,57 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.4 Cálculo del Área del Canal

Según ecuación 5 tenemos:

$$A = b \times h$$

$$A = 0,4 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$$

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

3.4.1 Radio Hidráulico

Según ecuación 6 tenemos:

$$R = \frac{b \times h}{b + 2 \times h}$$

$$R = \frac{0,4 \times 0,3}{0,4 + 2 \times 0,3}$$

$$R = 0,12 \text{ m}$$

3.4.2 Velocidad a la que se transporta el fluido

Según Ecuación 7 tenemos:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,013} * 0,12^{2/3} * 0,0005^{1/2}$$

$$V = 76,92 * 0,24 * 0,02236$$

$$V = 0,42 \text{ m/s}$$

Donde:

v = Velocidad (m/s)

n = (0.013) para canales de concreto Tabla 4

R = Radio Hidráulico (m)

S = Gradiente hidráulico (m/m) 0,0005

3.4.3 Cálculos para las Rejillas

3.4.4 Calculo del área entre barras

Según ecuación 8 tenemos:

$$Ab = \frac{Q}{V_{RL}}$$

$$Ab = \frac{2,57 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,42 \text{ m/s}}$$

$$Ab = 6,12 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

Donde:

$$A_L = \text{Área libre entre barras (m}^2 \text{)}$$

$$Q = \text{Caudal (m}^3 \text{ / s)}$$

$$V_{RL} = \text{Velocidad de aproximación (m/s)}$$

3.4.5 Área de la sección transversal del flujo

Según ecuación 9 tenemos:

$$A_f = \frac{A_b (W + e)}{W}$$

$$A_f = \frac{6,12 \times 10^{-3} \text{ m}^2 (0,040 + 0,006)}{0,040}$$

$$A_f = 7,038 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Donde:

$$A_l = \text{Área de flujo (m}^2 \text{)}$$

$$A_b = \text{Área entre barras (m}^2 \text{)}$$

$$W = \text{Separación entre barras (m)}$$

$$e = 0,006 \text{ (m)}$$

3.4.6 Cálculo del Número de Barras

Según ecuación 10 tenemos:

$$N^{\circ} = \frac{b - W}{W - e}$$

$$N^{\circ} = \frac{0,4 - 0,040}{0,040 - 0,006}$$

$$N^{\circ} = 10 \text{ Barras}$$

3.4.7 Cálculo de la longitud sumergida en la rejilla

Según ecuación 11 tenemos:

$$d_{\max} = \frac{Q}{V_{RL} * b}$$

$$d_{\max} = \frac{2,57 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,42 * 0,4}$$

$$d_{\max} = 0,015 \text{ m}$$

Con este valor procedemos a calcular la longitud sumergida en la rejilla usando la ecuación 12.

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\text{sen} \delta}$$

$$L_s = \frac{0,015 \text{ m}}{\text{sen} 45}$$

$$L_s = 0,021 \text{ m}$$

Donde:

D_{\max} = Nivel máximo de agua (m)

v = Velocidad de aproximación (m/s)

b = Ancho del canal (m)

δ = 45 por criterio de diseño para rejillas de limpieza manual.

3.4.8 Cálculos de pérdida de carga en la rejilla

Según ecuación 13 tenemos:

$$hc = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \text{sen} \delta$$

$$hc = 2,42 \left(\frac{0,006}{0,040} \right)^{4/3} \frac{0,42^2}{2 \times 9,8} \text{sen} 45$$

$$hc = 1,22 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Donde:

hc = Pérdida de carga (m)

e = Espesor máximo de las barras (m)

W = Separación entre barras (m)

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja (m)

$\beta = (2,42)$ Grafico 4. Factor dependiente de la forma de la barra

δ = Grado de inclinación de las barras

g = 9,8 m/s²

Según ecuación 14 tenemos:

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v_a^2}{2g} \right)$$

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left(\frac{(0,625)^2 - (0,45)^2}{2 * 9,8} \right)$$

$$h_L = 0,013 \text{ m}$$

Dónde:

h_L = pérdida de carga (m)

0,7 = coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos

V = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja (0,50-0,75 m/s)

v_a = velocidad de aproximación del fluido hacia la reja (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

Hay que verificar también la pérdida de carga en el caso de que la reja quede 50 % sucia es decir un valor de V igual a 2 veces.

Según ecuación 15 tenemos:

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - v_a^2}{2g} \right)$$

$$h_L = \frac{1}{0.6} \left(\frac{(1,25)^2 - (0,45)^2}{2 * 9,8} \right)$$

$$h_L = 0,1156 \text{ m}$$

Podemos suponer que el coeficiente de flujo para la rejilla obstruida es 0,6 aproximadamente.

3.4.9 Cálculos para el Homogenizador

3.4.10 Calculo del Área del Homogenizador

Según ecuación 16 tenemos:

$$A = \frac{Q * t}{h}$$

$$A = \frac{9,252 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1\text{h}}{2\text{m}}$$

$$A = 4,626 \text{ m}^2$$

Donde:

Q = Caudal (m³ / h)

t = tiempo de descarga (h)

h = (2 m) se considera por diseño de construcción

3.4.11 Calculo del diámetro del tanque homogenizador

Según ecuación 17 tenemos:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{4,626 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$\phi = 2,42 \text{ m}$$

3.4.12 Calculo del Radio del Tanque Homogenizador

Según ecuación 18 tenemos:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{4,626 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r = 1,21 \text{ m}$$

Donde:

r = Radio (m)

A = Área (m^2)

π = Numero irracional (3,1416)

3.4.13 Calculo del volumen del Homogenizador

Según ecuación 19 tenemos:

$$V = Ah$$

$$V = 4,626 \text{ m}^2 * 2\text{m}$$

$$V = 9,252 \text{ m}^3$$

Donde:

V = Volumen del tanque (m^3)

A = Altura del Tanque (m)

3.4.14 Cálculos para los agitadores

3.4.15 Calculo del diámetro del impulsor

Según ecuación 20 tenemos:

$$d_i = \frac{1}{3} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$d_i = \frac{2,42 \text{ m}}{3}$$

$$d_i = 0,806 \text{ m}$$

Donde:

d_i = Diámetro del impulsor (m)

3.4.16 Calculo de la altura del impulsor respecto al fondo del tanque homogenizador

Según ecuación 21 tenemos:

$$H_i = d_i$$

$$H_i = 0,806 \text{ m}$$

Donde:

H_i = Altura del impulsor respecto al fondo (m)

3.4.17 Calculo del ancho de las palas del impulsor

Según ecuación 22 tenemos:

$$q = \frac{1}{5} \text{ del di}$$

$$q = \frac{0,806}{5}$$

$$q = 0,16 \text{ m}$$

q = Ancho de las paletas (m)

3.4.18 Calculo de la longitud de las palas del impulsor

Se determina mediante la ecuación 23:

$$l = \frac{1}{4} \text{ del di}$$

$$l = \frac{0,806}{4}$$

$$l = 0,201 \text{ m}$$

l = Longitud de las palas (m)

3.4.19 Calculo de la longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central

Según ecuación 24 tenemos:

$$l_{DC} = \frac{1}{2}$$

$$l_{DC} = \frac{0,201}{2}$$

$$l_{DC} = 0,100 \text{ m}$$

l_{DC} = Longitud de las palas montadas en el disco central (m)

3.4.20 Número de deflectores

Se instalaran 4 deflectores

3.4.21 Calculo del ancho de los deflectores

Podemos calcular mediante la ecuación 25:

$$Wb = \frac{1}{10} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$Wb = \frac{2,42}{10}$$

$$Wb = 0,242$$

Donde:

Wb = Ancho de los deflectores (m)

3.4.22 Calculo del diámetro del disco central

Según ecuación 26 tenemos:

$$S = \frac{1}{4} \text{ del } \emptyset \text{ tanque}$$

$$S = \frac{2,42}{4}$$

$$S = 0,605$$

Donde:

S = Diámetro del disco central (m)

3.4.23 Gradiente de Velocidad del Fluido

Según ecuación 27 tenemos:

$$G = 0,25 * n^{1,25}$$

$$G = 0,25 * 40^{1,25}$$

$$G = 25,14 \text{ s}^{-1}$$

Donde:

G = Gradiente medio de velocidad del fluido, (s^{-1})

n = Velocidad de rotación, RPM

3.4.24 Potencia Disipada en la Mezcla

Se calcula con la ecuación 28:

$$P = G^2 * \mu * V$$

$$P = (25,14)^2 * 1,102 \times 10^{-3} * 9,252$$

$$P = 4,83 \text{ HP}$$

Donde:

P = potencia necesaria (W)

G = (700s^{-1}) Tabla

$\mu = (1,102 \times 10^{-3} \text{ N*s/ m}^2)$ Temperatura del agua a 20°C

V = Volumen del tanque (m^3)

3.4.25 Calculo del área de las paletas

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * V^3}$$

$$A = \frac{2 * 4,83}{1,2 * 998 * (0,7 * 5,06)^3}$$

$$A = 0,0002 \text{ m}^2$$

Donde:

A = Área de la sección transversal de las paletas (m^2)

P = Potencia Necesaria (HP)

$C_D = 1,20$ (Tabla 7)

$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ a 20°C

V = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido, se asumen generalmente valores entre 0,6 y 0,75 la velocidad tangencial de las paletas

3.4.26 Cálculos para el sedimentador

3.4.27 Calculo del área del sedimentador

Según ecuación 30 tenemos:

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

$$A = \frac{222,048}{100}$$

$$A = 2,22 \text{ m}^2$$

Donde:

A = Área (m^2)

$Q = (222,048 \text{ m}^3/\text{día})$

$C_s = (100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día})$ Tabla 8

3.4.28 Calculo del radio del sedimentador

Según ecuación 31 tenemos:

$$r = \sqrt{\pi * A}$$
$$r = \sqrt{3,1416 * 2,22 \text{ m}^2}$$
$$r = 2,64 \text{ m}$$

Donde:

r = Radio del Sedimentador

A = Área (m²)

$\pi = 3,1416$

3.4.29 Calculo del diámetro del sedimentador

Según ecuación 32 tenemos:

$$\emptyset = 2 * r$$
$$\emptyset = 2 * 2,64$$
$$\emptyset = 5,28 \text{ m}$$

Donde:

\emptyset = Diámetro del Sedimentador

r = Radio del Sedimentador

3.4.30 Calculo del Ancho del Sedimentador

Según ecuación tenemos:

$$a = \sqrt{\frac{2,22}{2}}$$

$$a = \sqrt{1,11}$$

$$a = 1,05$$

El largo se calculara mediante la ecuación:

$$l = 2 * a$$

$$l = 2 * 1,05$$

$$l = 2,1$$

3.4.31 Calculo del volumen del sedimentador

Según ecuación 33:

$$V = l * a * h$$

$$V = 2,1 * 1,05 * 3$$

$$V = 6,61 \text{ m}^3$$

Donde:

V = Volumen del sedimentador

L = Largo (m)

a = Ancho (m)

h = Altura (m)

3.4.32 ALTURA DEL SEDIMENTADOR

Según ecuación 35 tenemos:

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

$$H = \frac{6,61}{2,22}$$

$$H = 2,98 \text{ m}$$

Donde:

H = Por diseño de construcción se asume 3 m

V = Volumen del Sedimentador (m³)

A = Área (m²)

3.4.33 Calculo del tiempo de retención teórico

Según ecuación 36 tenemos:

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

$$\theta = \frac{6,61 \text{ m}^3}{7,12 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\theta = 0,92 \text{ Horas}$$

Donde:

θ = Tiempo de retención (d)

V = Volumen (m³)

Q = Caudal (m³/h)

3.4.34 Calculo de la velocidad de arrastre que pasa por el tanque

Según ecuación 37 tenemos:

$$V_H = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2}$$

$$V_H = \left(\frac{8 * 0,05(1,25 - 1)9,8 \cdot 100 \times 10^{-6}}{0,025} \right)^{1/2}$$

$$V_H = 0,063 \text{ m/s}$$

Esta velocidad de arrastre debemos comparar con la velocidad horizontal a partir de la siguiente ecuación:

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

$$V = \frac{2,57 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2,22 \text{ m}^2}$$

$$V = 1,15 \times 10^{-3}$$

La velocidad horizontal es menor que la velocidad de arrastre por lo tanto el material sedimentado no será resuspendido

3.4.34.1 Remoción Teórica de DBO₅ y SST

Según ecuación 38 tenemos:

$$RDBO = \frac{t}{a + b * t}$$

$$RDBO = \frac{0,92}{0,018 + 0,02 * 0,92}$$

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado %

t = Tiempo de retención (d)

a, b = 0,018 y 0,02 Tabla 10 para DBO.

$$RDBO = 25,27 \%$$

$$RSST = \frac{0,92}{0,0075 + 0,014 * 0,92}$$

$$RSST = 45,14 \%$$

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado %

t = Tiempo de retención (d)

a, b = 0,0075 y 0,014 Tabla 10 para SST.

3.4.35 Cálculo de filtro

Según la ecuación 39 tenemos:

$$E = \frac{(S_0 - S)}{S_0} \times 100$$

Para DBO tenemos:

$$E = \frac{(1026,3 - 45)}{1026,3} \times 100$$

$$E = \frac{(1026,3 - 45)}{1026,3} \times 100$$

$$E = 95,6 \%$$

Para DQO tenemos:

$$E = \frac{(1094,2 - 142)}{1094,2} \times 100$$

$$E = 87 \%$$

Para Sólidos totales tenemos:

$$E = \frac{(978 - 780)}{978} \times 100$$

$$E = 56 \%$$

Donde:

E = Eficiencia

S₀ = Concentración del afluente (mg/L de DQO, DBO5 o SST).

S = Concentración del efluente (mg/L de DQO, DBO5 o SST).

3.4.36 Cálculo del Área total de filtración

Según la ecuación 40 tenemos:

$$At = \frac{Q}{Lw}$$

$$At = \frac{2,57 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{0,0367 m^3 / m^2 s}$$

$$At = 0,07 m^2$$

Donde:

At = Área total (m²)

Lw = Carga Hidráulica (m³/m²s)

Q = Caudal (m³)

3.4.37 Volumen del contenedor

$$V = A * h$$

$$V = 0,07 * 1,8$$

$$V = 0,126 m^3$$

Donde:

V = Volumen del contenedor (m³)

At = Área total (m²)

h = profundidad

3.4.38 TIEMPO DE RETENCIÓN

Según la ecuación 41 tenemos

$$T_{RH} = \frac{V_a}{Q}$$
$$T_{RH} = \frac{0,106m^3}{2,57 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}$$

$$T_{RH} = 41 s$$

Donde:

T_{RH} = *Tiempo de retencion hidraulica del filtro (d)*

V_a = *Volumen del contenedor (m³)*

Q = *Caudal de entrada (m³/d).*

3.4.39 Dosificación del Policloruro de Aluminio al 25 %

En la prueba de jarras se mantuvo constante la velocidad y se vario la dosificación del coagulante.

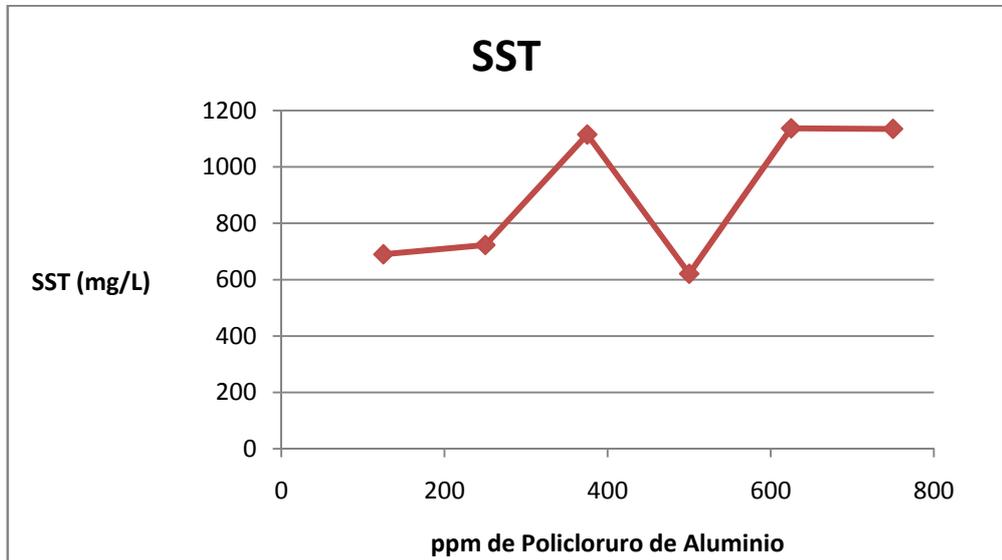
Velocidad de mezcla rápido					120 rpm x 2 minutos		
Velocidad de mezclado lento					40 rpm x 5 minutos		
Velocidad de Decantación					0 rpm 15 minutos		
# de jarra	ml de Policloruro de aluminio al 25 %	ppm de Policloruro de Aluminio	Turbidez (NTU)	Color (Pt- Co)	tiempo de formación del floc(seg)	pH del agua	SST mg /l
1	1,0	125	27,8	200	10	7,38	690
2	2,0	250	10,5	160	15	7,20	723
3	3,0	375	16,6	120	30	6,93	1115
4	4,0	500	4,54	60	4	6,98	621
5	5,0	625	9,29	100	50	6,76	1137

6	6,0	750	7,86	90	55	6,68	1135
---	-----	-----	------	----	----	------	------

Fuente: El Autor

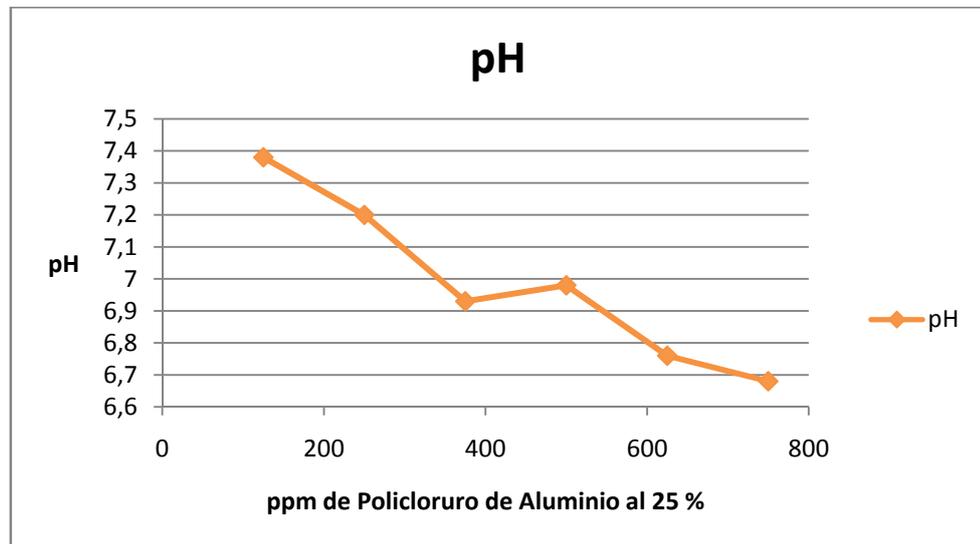
Tabla 25 Resultados de la prueba de Jarras

Grafico 11 Variación de SST con respecto a ppm Policloruro de Aluminio



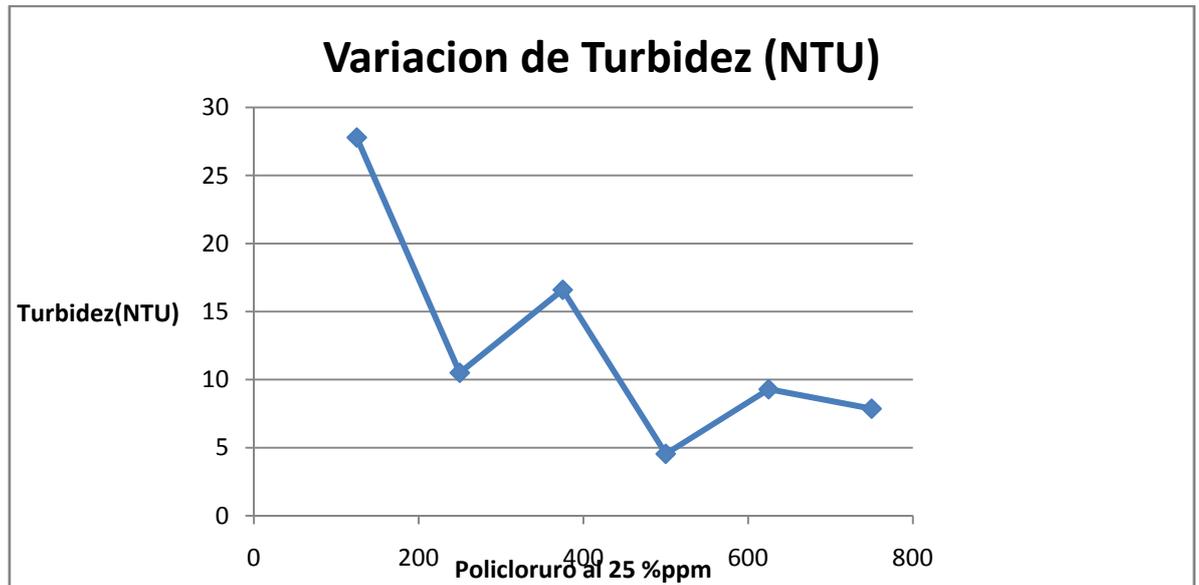
Fuente: El Autor

Grafico 12 Variación de pH con respecto a ppm de Policloruro de Aluminio



Fuente: El Autor

Grafico 13 Variación de Turbidez con respecto a ppm de Policloruro de Aluminio



Fuente: El Autor

La dosis óptima de Policloruro de Aluminio es de 500 ppm con una turbidez de 4,54 NTU, con un tiempo rápido de agitación de 2 minutos seguido por un tiempo lento de agitación de 5 minutos y por un tiempo de reposo de 15 minutos.

3.4.40 Efectividad del polímero en el tratamiento

Parámetro	Unidad	Resultado
Dosis	ppm	500
Tiempo de Sedimentación	min	22
Turbidez Inicial	NTU	145
Turbidez Final	NTU	3.2
pH Inicial	-	7,8
pH Final	-	6,98

% Eficiencia	%	89,3
--------------	---	------

Fuente: El Autor

3.5 Resultados

3.5.1 Canal de Aguas Residuales

Las dimensiones del canal serán de 0,4 m de ancho y 0,35 m de altura.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Ancho	m	0,4
Altura	m	0,3
Área	m ²	0,12
Radio Hidráulico	m ²	0,12

Fuente: El autor

3.5.2 Rejillas

Se ha optado por elegir rejillas de limpieza manual para atrapar sólidos que afecten en el desempeño de los equipos subsiguientes.

Parámetros	Unidad	Valor
Caudal	m ³ /s	0,00257
Separación entre barras	m	0,025
Área entre barras	m ²	0,0061
Área sección transversal de flujo	m ²	0,007
Nivel Máximo del agua	m	0,015
Longitud sumergida en la	m	0,021

rejilla		
Pendiente en relación a la vertical	grados	45
Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja	m/s	0,42
Perdidas de carga en la rejilla	m	0,11
Numero de Barras	-	10
Tipo de Barra Rectangular	-	2,42

Fuente: El Autor

3.5.3 Homogenizador

Con la implementación de un homogenizador para estabilizar el pH y los caudales.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Volumen	m ³	9,252
Área	m ²	4,626
Altura	m	2
Diámetro	m	2,42

Radio	m	1,21
-------	---	------

Fuente: El Autor

Este homogenizador debe contener un agitador de paletas con las siguientes dimensiones:

Parámetros	Unidad	Valor
Diámetro del impulsor	m	0,806
Altura del impulsor	m	0,806
Ancho de las paletas del impulsor	m	0,16
Longitud de las palas del impulsor	m	0,201
Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central	m	0,100
Ancho de los deflectores	m	0,242
Numero de deflectores	-	4
Diámetro del Disco Central	m	0,60
Potencia disipada en la mezcla	HP	4,83

Fuente: El Autor

3.5.4 Sedimentador

Un sedimentador circular será apropiado su dimensionamiento se detalla a continuación:

Parámetros	Unidad	Valor
Área	m ²	2,22
Diámetro	m	5,28
Ancho	m	1,05
Largo	m	2,1
volumen	m ³	6,61
Tiempo de retención	h	0,92
Velocidad de arrastre	m/s	0,063
Velocidad horizontal	m/s	0,0015
Remoción de DBO	%	25,27
Remoción de SST	-%	45,14
Altura	m	3
Carga superficial	m ³ /m ² dia	32

Fuente: El Autor

3.5.5 Filtros

Con la implementación de un filtro formado de arena, carbón activado y carbón activado se removerán los sólidos y Coliformes fecales y totales.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Caudal	m ³ /s	$2,57 \times 10^{-3} m^3/s$
Tasa media de filtración	m	$5,12 \times 10^{-3} m^3/m^2s$

Tiempo en filtrarse	s	41s
Área total de filtración	m ²	0,07 m ²

Fuente: El Autor

3.6 Propuesta

El agua residual del Centro de Salud N°2 que proviene de las actividades que se realizan diariamente contienen elevadas cargas de contaminantes que afectan a la calidad del aguas y son vertidos al alcantarillado sin un adecuado tratamiento por lo que se propuso un diseño de una planta de las aguas residuales del centro de salud con el fin de disminuir su poder contaminante para que sea vertida en su cauce natural la que se detalla a continuación:

El agua residual proviene de las actividades de salas de urgencia, sala de partos, laboratorio clínico la cual pasara por un canal de 0,4 m de ancho y 0,3 m de altura en el que se instalara rejillas manuales con el fin de evitar que sólidos como fundas inyecciones, trapos, papeles pasen a los demás equipos las rejillas constan de 10 barras con una separación de 0,025 cm.

Después de la rejilla el agua pasa directamente a un tanque homogenizador donde se estabilizaran los caudales y el valor del pH con una capacidad de 9,252 m³ y una altura de 2m y diámetro de 2,42 incorporado un agitador de paletas con una potencia de 4,83 HP, donde se le añadirá polímero de Policloruro de Aluminio con una concentración del 25 % con una dosificación de 500 ppm

El agua pasara a un sedimentador circular por gravedad que atraparan los sólidos de ancho 1,05 m y de largo 2,1 m de 3 m de profundidad con una capacidad de 6,61 m³ que removerá el 25,27 % de DBO y 45,14 % de SST.

Esta agua pasara por un filtro de carbón activado y arena con una tasa media de filtración de $5,12 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$ con un tiempo de filtración de 41 s donde se retendrá los sólidos así como eliminara el olor y color del agua eliminando patógenos y coliformes totales.

3.6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de los análisis detallados en la Tabla 26 tales parámetros como pH, Turbiedad, DBO, DQO, Color, Sólidos en Suspensión, Sólidos Sedimentables, Coliformes Fecales y Coliformes Fecales se realizaron en el laboratorio de EMAPA y en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH con muestras de agua residual proveniente de las actividades del centro de salud.

Según los análisis que se muestran en la Tabla 26 se obtuvo una remoción del 95,6 % de la DBO, el 87 % de la DQO, 97 % de Turbiedad, 99 % de Nitratos, 99 % de coliformes fecales y 99% de coliformes totales con lo que es optimo que sea desfogado al sistema de alcantarillado.

3.6.2 Análisis de Resultados

Tabla 26 Análisis de Resultados

Parámetros	Unidad	Antes del Tratamiento	Después del Tratamiento	Límite máximo	% Eficiencia
pH	Und	7,42	7,27	5-9	
Turbiedad	UNT	109,7	3	-	97
DBO (5 días)	mg/L	1026,3	45	250	95,6
DQO	mg/L	1094,2	142	500	87
Nitratos	mg/L	24	0,2	10	99
Sólidos totales	mg/L	978	780	1600	56
Temperatura	°C	21	21	□40	
Coliformes fecales	UFC/100ml	$3,0 \times 10^4$	1	Remoción □ al 99,9%	99
Coliformes totales	UFC/100ml	$3,9 \times 10^4$	Ausencia	Promedio mensual menor a 5000	99

3.7 Discusión

Los 3 equipos involucrados en la Planta de tratamiento están dimensionados de acuerdo al caudal de diseño que es de 0,00257 m³/s que es una cantidad relativamente pequeña pero lleva una gran carga de contaminante la cual contiene: 1004,0 mg/L de SST, 320 mg/L de DQO, 240 mg /L de DBO, 30,9 NTU de Turbiedad.

La floculación es un proceso importante para la depuración de las aguas por lo que nos servimos de la prueba de jarras donde hicimos una simulación de la efectividad del polímero que elegimos por su eficacia en el precio y en la dosis que podemos agregar que no tiene ningún efecto en los procesos de tratamiento. Obtuvimos un tiempo de remoción de 0.92 horas con la cual se obtuvo una eficiencia de reducción de 31,2 5 % de DBO y 52,63 % de SST teórica en el desempeño del sedimentador.

Este diseño de sistema de tratamiento de Aguas residuales será de beneficio mutuo para el centro de salud y para el ambiente ya que con la aplicación de esto servirá como referencia para los demás Centros de Salud y Hospitales públicos de la ciudad de Ambato.

3.7.1 Análisis Presupuestal

3.7.2 Costo de Inversión.

Tabla 27 Costos de Instalación y Mano de Obra

UNIDAD	DETALLE	COSTO
1	Excavación de Tierras	120
1	Rotura del Pavimento	40
1	Instalación de Tubería	400
1	Mano de Obra	700
Total		1260

Fuente: Ing. Jorge Canseco

Tabla 28 Costo de Rejillas

UNIDAD	DETALLE	COSTO
1	Rejillas manuales construidas con varillas de acero inoxidable 0,231 m ²	75
Total		75

Fuente: Ing. Jorge Canseco

Tabla 29 Costo de Tanque Homogenizador

UNIDAD	DETALLE	COSTO
8	Planchas de 304 (para aguas residuales) acero inoxidable 3mm de espesor área del tanque 4,626 m ²	900
Total		7200

Fuente: Ing. Jorge Canseco

Tabla 30 Costo de Tanque Sedimentador

UNIDAD	DETALLE	COSTO
1	Tanque sedimentador de hormigón de 2,2 m2	3000
Total		3000

Fuente: Ing. Jorge Canseco

Tabla 31 Costo del Filtro

UNIDAD	DETALLE	COSTO
1	Filtro descendente de área 0,007 m ²	800
Total		800

Fuente: Ing. Jorge Canseco

Tabla 32 Costo de Accesorios

UNIDAD	DETALLE	COSTO
1	Válvulas de Compuerta	300
1	Bomba de sistema Autosebante 4 HP	950
1	Motoreductor Motobox Motor SIEMENS	1200
2	Paletas de Agitación	300
4	Deflectores	280
4	Aspersores	320
Total		3350

Fuente: Ing. Jorge Canseco

Tabla 33 Costo de Operación

UNIDAD	DETALLE	COSTO
1	Policloruro de Aluminio	130
1	Arena	25
1	Carbón Activado	50
Total		205

Fuente: Ing. Jorge Canseco

DETALLE	COSTO
Mano de Obra	1260
Rejillas	75
Homogenizador	7200
Sedimentador	3000
Filtro	800
Accesorios	3350
Operación	205
Total	15,890

Fuente: El Autor

Capítulo IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Los resultados de los análisis físico- químicos y microbiológicos del agua residual tomada en los puntos de muestreo del Centro de Salud fueron: DQO 1320 mg/l, DBO 1240 mg/l, Sólidos Totales 1004 mg/l, Turbiedad 30,9 NTU, pH 7,48, Coliformes Totales $4,2 \times 10^4$ UFC, Coliformes Fecales $3,3 \times 10^4$ UFC los cuales se encuentran fuera de los límites establecidos del TULAS
- Se establece que la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales se debe disponer de un terreno de 110 m² para que todos los equipos involucrados se encuentren debidamente adecuados.
- Al caracterizar el agua después del tratamiento los resultados fueron: DQO 142 mg/l, DBO 45 mg/l, Sólidos Totales 780 mg/l, Turbiedad 3 NTU, pH 7,27 , Coliformes Totales 1 UFC, Coliformes Fecales Ausencia, Nitratos 0,2 mg/l por lo que se obtuvo una remoción del 95,6 % de la DBO, el 87 % de la DQO, 97 % de Turbiedad, 99 % de Nitratos, 99 % de coliformes fecales y 99% de coliformes totales con lo que es optimo que sea desfogado al sistema de alcantarillado.

- Se realizo el dimensionamiento de la planta de tratamiento de Aguas Residuales con un caudal de $222 \text{ m}^3/\text{día}$ el cual consta de un canal rectangular de $0,4 \text{ m}$ de Ancho por $0,3$ de altura seguido de una rejilla de limpieza manual que tendrá 10 barras en forma rectangular con una separación de $0,025\text{m}$ en la que sigue un homogenizador de volumen $9,252 \text{ m}^3$ y diámetro $2,42 \text{ m}$ el que tendrá un sistema de agitación por paletas en el que se encontrar integrado por 4 deflectores que eviten la formación de vórtice posteriormente el agua mezclada pasara a un sedimentador primario de $6,61 \text{ m}^3$ de Volumen con una altura de 3 m de largo $0,96 \text{ m}$ y con un tiempo de retención hidráulica de $0,92$ horas y pasara finalmente a un filtro de arena y carbón activado con una tasa media de filtración de $5,12 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar una limpieza de las rejillas, sedimentador, filtro mensual para evitar deficiencia en el tratamiento.
- Mantener un control exhaustivo del agua para verificar si el tratamiento está marchando de una manera efectiva
- Realizar análisis del agua tratada frecuentemente para verificar si el proceso opera de manera adecuada y los contaminantes están siendo minimizados y que se cumpla lo establecido en el TULAS.
- Implementar el sistema de tratamiento en el Centro de Salud para disminuir la contaminación del agua.

5 BIBLIOGRAFIA

1. **CALVO, M.,** Depuración de las aguas residuales por tecnologías Ecológicas y de bajo costo., Puebla-México., A. G. Cuesta S.A., 2004., Pp. 102 – 211.
2. **CRITES-TCHOBANOGLIOUS.,** Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas Poblaciones., Bogotá - Colombia., Mc Graw Hill Interamericana., Pp. 179-336.
3. **FERNÁNDEZ, A. y otros.,** Tratamiento avanzados de aguas residuales Industriales., Madrid-España., Elecé Industria Gráfica., 2006; Pp. 18 – 61.
4. **FERNANDEZ J. y CURT M.,** Métodos analíticos para aguas Residuales., Madrid-España., Elecé Industria Gráfica., 2006., Pp. 305 – 329.

5. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización., Volumen II., Madrid –España., Mc Graw Hill., 1996., Pp. 687 – 69.

6. **RAMALHO, R.**, Tratamiento de aguas residuales., 2a ed.; Barcelona- España., Editorial Reverté S.A., 1996., Pp. 92 – 112.

7. **ROMERO, J.**, Tratamiento de Agua Residuales teoría y Principios de Diseño., 2a. ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2002., Pp. 404 – 410; 448.

BIBLIOGRAFIA DEL INTERNET

1. AGUAS RESIDUALES

<http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>.

2013/02/08

2. CAUDALES

http://www.turbinas3hc.com/servicios/download/medir_caudal_altura.pdf2

2013/11/04

3. SEDIMENTADOR

www.google.com.ec/imgres?q=sedimentador

2013/11/05

4. SALA DE PARTOS

<http://www.aibarra.org/Neonatologia/capitulo2/#SALA DE>

[PARTOS](#)

2013/11/21

ANEXOS

Anexo 1 Análisis Físico -Químico previo al tratamiento



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2968 912

Riobamba - Ecuador

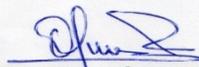
INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Augusto Cajas
 Fecha de Análisis: 24 de octubre de 2013
 Fecha de Entrega de Resultados: 30 de octubre de 2013
 Tipo de muestra: Agua Residual Centro de Salud N° 2
 Localidad: Ciudadela Simón Bolívar Ambato.

Código LAT/FQ 201-13

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7.48
Conductividad	mSiems	2510-B	788.0
Turbiedad	UNT	2130-B	130.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	1320.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	1240.0
Amonios	mg/L	4500-NH ₄	10.45
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	38.5
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ C	28.0
Sólidos en suspensión	mg/L	2540-D	88.0
Sólidos sedimentales	mL/L	2540-C	0.1
Sólidos totales	mg/L	2540 - B	1004.0

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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

Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Rocafuerte	TEMA		
			Lamina	Escala	Fecha
Análisis previo al tratamiento	-Por eliminar -Por Para informar -Aprobado -Para calificar				
			01	1:1	2013/12/20

Anexo 2 Análisis Microbiológico Previo al tratamiento



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 09846487617 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CLIENTE: Sr. Augusto Cajas		CODIGO: 464-13
DIRECCION: Himno Nacional y Soledad Eterna		TELEFONO: 0999935771
TIPO DE MUESTRA: Agua residual Centro de Salud # 2		
FECHA DE RECEPCION: 2013-10-13		
FECHA DE MUESTREO: 2013-10-13		
01 EXAMEN FISICO		
COLOR: Amarilla		
OLOR: Desagradable		
ASPECTO: Presencia de sólidos		
02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana	4.2x10 ³
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	3.3x10 ⁴
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-10-23		
FECHA DE ENTREGA: 2013-10-30		
RESPONSABLES:		
 Dra. Gina Alvarez R.	 SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos	 Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra es receptada en el laboratorio

Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA	TEMA		
Análisis previo al tratamiento	-Por eliminar -Por Aprobar -Para informar -Aprobado -Para calificar	REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Rocafuerte	Diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			02	1:1	2013/12/20

Anexo 3 Análisis Físico Químico después del tratamiento



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2968 912

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Augusto Cajas
 Fecha de Análisis: 11 de diciembre de 2013
 Fecha de Entrega de Resultados: 17 de diciembre de 2013
 Tipo de muestra: Agua Residual Centro de Salud N° 2
 Localidad: Ciudadela Simón Bolívar Ambato.

Código LAT/FQ 201-13

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7.27
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	142
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	45
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	5.3
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ C	0.2
Sulfuros	mg/L	4500-S ²⁻ -C	5.76
Sólidos totales	mg/L	2540 - B	780.0

Atentamente,


 Dra. Gina Alvarez R. ESPOCH
 RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



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

Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Rocafuerte	TEMA		
			Lamina	Escala	Fecha
Análisis después del tratamiento	-Por eliminar -Por informar -Aprobado -Para calificar				Diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales
			03	1:1	2013/12/20

Anexo 4 Análisis Microbiológico después del tratamiento



Contáctanos: 093387300 - 032924322 ó 0984648617 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL

CLIENTE: Sr. Augusto Cajas.	CODIGO: 08-14
DIRECCION: Himno Nacional y Soledad eterna	
TIPO DE MUESTRA: Agua residual Tratada	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-12-19	
FECHA DE MUESTREO: 2013-12-19	
EXAMEN FISICO	
COLOR: Incoloro	
OLOR: Inodoro	
ASPECTO: Homogéneo, libre de material extraño	

DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
<i>Coliformes totales UFC/ 100ml</i>	Membrana Filtrante	1
<i>Coliformes fecales UFC/ 100ml</i>	Membrana Filtrante	Ausencia

OBSERVACIONES:

FECHA DE ANALISIS: 2013-12-19

FECHA DE ENTREGA: 2013-12-23

RESPONSABLES:

Dra. Gina Álvarez R.



Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en laboratorio.

Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA REALIZADO POR:	TEMA		
Análisis después del tratamiento	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado -Por eliminar -Para informar -Para calificar		Diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamin a	Escal a	Fecha
			04	1:1	2013/12/20

Anexo 5 Desagüe del Centro de Salud



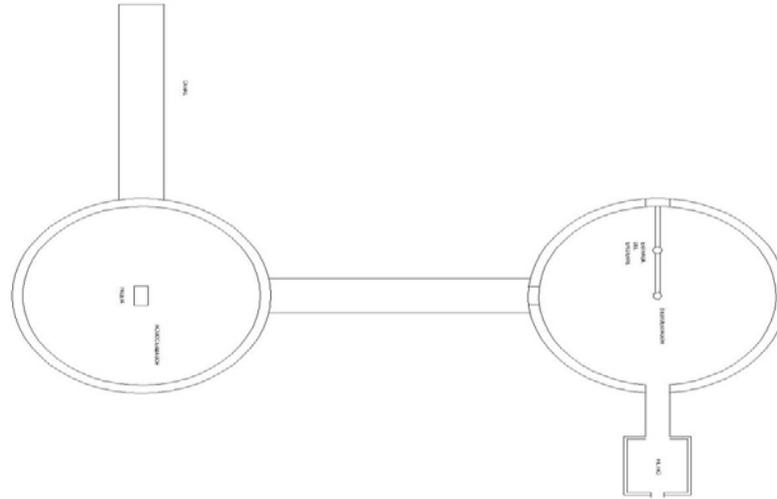
Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
Toma de muestras desagüe Centro de Salud	-Por eliminar -Por Para informar Aprobar -Para calificar -Aprobado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Rocafuerte	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			05	1:1	2013/12/20

Anexo 6 Toma de muestras Centro de Salud



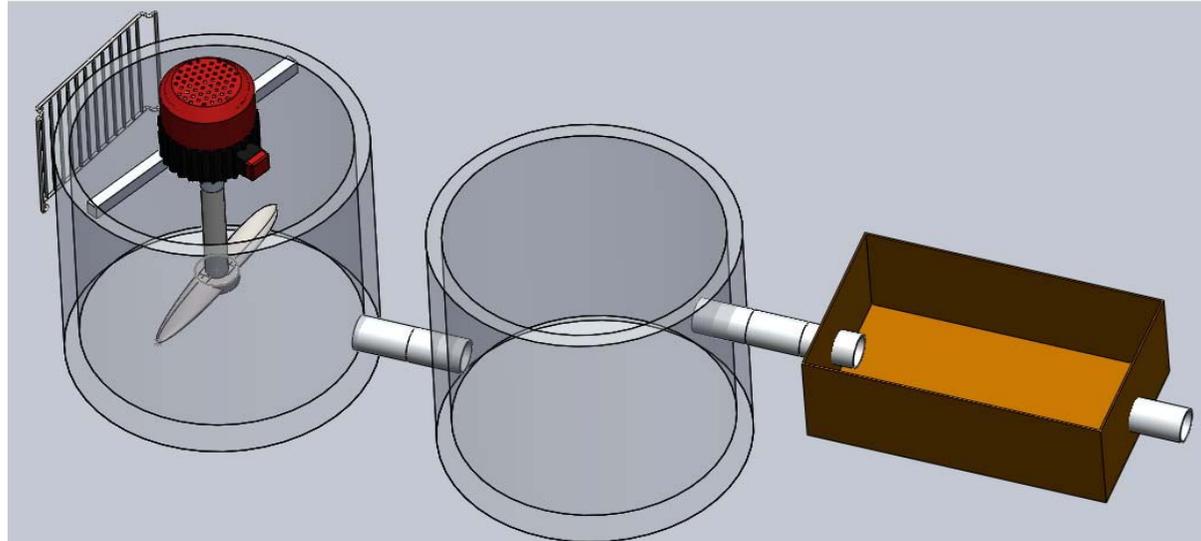
Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
Toma de muestras Centro de Salud	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado -Por eliminar -Para informar -Para calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Rocafuerte	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			06	1:1	2013/12/23

Anexo 7 Vista de Planta del sistema de tratamiento



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
Vista de Planta del sistema de tratamiento	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado -Por eliminar -Para informar -Para calificar	FACULTAD DE CIENCIAS	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
		ESCUELA DE ING QUIMICA	Lamina	Escala	Fecha
		REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Roca fuerte	07	1:1	2013/12/24

Anexo 8 Vista Lateral Planta de tratamiento



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
Vista Lateral Planta de Tratamiento.	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado	-Por eliminar -Para informar -Para calificar	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUÍMICA	Lamina	Escala	Fecha
		REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Rocafuerte	08	1:1	2013/12/24

Anexo 9 Prueba de Jarras



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
Prueba de Jarras	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado -Por eliminar -Para informar -Para calificar	FACULTAD DE CIENCIAS	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
		ESCUELA DE ING QUÍMICA	Lamina	Escala	Fecha
		REALIZADO POR: Augusto Xavier Cajas Roca fuerte	09	1:1	2013/01/30