



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA LTDA.
EN AMBATO”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA QUÍMICA**

AUTORA: MAYRA ALEXANDRA TIRADO CARRERA
TUTOR: ING. PAÚL PALMAY PAREDES

Riobamba – Ecuador

2017

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

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de titulación **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA. EN AMBATO”** de responsabilidad de la señorita Mayra Alexandra Tirado Carrera ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada así su presentación.

Ing. Paúl Palmay Paredes
DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Dr. Segundo Trujillo
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Mayra Alexandra Tirado Carrera, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

MAYRA ALEXANDRA TIRADO CARRERA

AGRADECIMIENTO

A dios padre celestial por darme la oportunidad de gozar de todos los dones de la vida y poder alcanzar la meta propuesta.

A mis queridos padres ANGEL GEOVANY TIRADO GUAITARA y TERESITA DE JESUS CARRERA YANZAPANTA por ser el pilar fundamental en mi vida y hacer de mí una buena mujer, madre e hija.

A mis hermanos Anita, Christian y Juliana por ser los mejores amigos, mis sobrinos Alejandro y Anahí. A mis familiares por contribuir de una u otra manera con sabios consejos.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por permitirme forjar mi profesión en tan prestigiosa institución, Facultad de Ciencias, mi adorable escuela Ingeniería Química.

A mi Tutor Ing. Paúl Palmay y Colaboradora Ing. Mónica Andrade por su contribución para la realización de este proyecto.

A mi esposo por apoyarme en mi formación profesional en el transcurso de este tiempo.

MAYRA

DEDICATORIA

Dios no pudo entregar tesoro más valioso a una mujer que el ser madre es por ello que este proyecto se lo dedico a mi hijo EDISON MATEO quien ha sido mi fortaleza de superación en el transcurso de mi vida politécnica.

A la memoria de mi mamita MARIA DEL CARMEN YANZAPANTA a quien admiro, amo y siempre estaré agradecida de sus enseñanzas y haber inculcado en mí valores como trabajo, respeto y sobretodo humildad.

MAYRA

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XV
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT.....	XX

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1	Identificación del problema.....	1
1.2	Justificación del proyecto	1
1.3	Línea base del proyecto	2
1.3.1	<i>Matricería industrial</i>	2
1.3.2	<i>Antecedentes ambientales</i>	3
1.3.3	<i>Identificación y delimitación del área de influencia ambiental</i>	3
1.3.3.1	<i>Área de influencia directa (AID)</i>	3
1.3.3.2	<i>Área de influencia indirecta (AII)</i>	4
1.3.4	<i>Condición actual de la Disposición de las Aguas Residuales de la Empresa ECUAMATRIZ. Cía. Ltda.</i>	4
1.3.5	<i>Métodos de Recopilación de la Información</i>	5
1.3.5.1	<i>Método comparativo</i>	5
1.3.6	<i>Recolección de la información</i>	5
1.3.7	<i>Métodos de análisis del agua residual industrial del proceso de matricería</i>	6
1.3.8	<i>Contaminantes procedentes del procesos de matricería</i>	11
1.3.9	<i>Determinación del Caudal</i>	11
1.3.10	<i>Metodología</i>	13

1.3.10.1	<i>Tratamiento con muestra unificada y compuesta</i>	13
1.3.10.2	<i>Tratamiento con muestra básica</i>	14
1.3.10.3	<i>Tratamiento con muestra ácida</i>	14
1.3.10.4	<i>Análisis final del agua residual industrial tratada del proceso de matricería ...</i>	15
1.4	Beneficiarios directos e indirectos	18
1.4.1	<i>Directos</i>	18
1.4.2	<i>Indirectos</i>	18

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1	General	19
2.2	Específicos	19

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1	Localización del proyecto	20
3.1.1	<i>Factores bióticos y abióticos del lugar de investigación</i>	21
3.1.2	<i>Flora</i>	21
3.1.3	<i>Fauna</i>	22
3.1.4	<i>Aspectos demográficos</i>	23
3.2	Ingeniería del proyecto	23
3.2.1	<i>Agua residual</i>	23
3.2.1.1	<i>Agua residual industrial</i>	23
3.2.2	<i>Fundamentos para la caracterización de aguas residuales</i>	23
3.2.2.1	<i>Análisis de las características físicas</i>	24
3.2.2.2	<i>Análisis de las características químicas inorgánicas</i>	25
3.2.2.3	<i>Análisis de las características químicas orgánicas</i>	25
3.2.3	<i>Sistema de tratamiento</i>	26

3.2.3.1	<i>Tipos de tratamientos</i>	26
3.2.3.1.1	<i>Tratamientos Primarios</i>	26
3.2.3.1.2	<i>Tratamiento secundario</i>	28
3.2.3.1.3	<i>Tratamiento terciario</i>	30
3.2.4	<i>Estimación del caudal medio teórico</i>	30
3.2.4.1	<i>Estimación del caudal medio por proceso</i>	33
3.2.4.2	<i>Estimación de caudal punta</i>	36
3.2.5	<i>Tratamiento para agua residual básico</i>	37
3.2.5.1	<i>Dimensionamiento del decantador circular</i>	37
3.2.5.2	<i>Dimensionamiento de la torre de aireación</i>	41
3.2.6	<i>Tratamiento para aguas residuales ácidas</i>	45
3.2.6.1	<i>Dimensionamiento del tanque de almacenamiento</i>	45
3.2.6.2	<i>Dimensionamiento de un canal de entrada</i>	47
3.2.6.3	<i>Dimensionamiento de un floculador horizontal hidráulico</i>	49
3.2.6.4	<i>Dimensionamiento de un sedimentador rectangular convencional</i>	55
3.2.7	<i>Dimensionamiento para el tratamiento con agua unificada</i>	61
3.2.7.1	<i>Dimensionamiento de un sedimentador circular</i>	61
3.2.7.2	<i>Dimensionamiento de un filtro circular con flujo ascendente</i>	66
3.2.7.3	<i>Dimensionamiento de una estructura para lodos</i>	72
3.2.8	<i>Dosificaciones</i>	75
3.2.8.1	<i>Polielectrolito</i>	75
3.2.8.2	<i>Cal</i>	76
3.2.9	<i>Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento</i>	79
3.3	Proceso de producción	83
3.4	Requerimiento de tecnología	84
3.4.1	<i>Requerimientos tecnológicos para la caracterización de AR industrial</i>	84
3.5	Análisis de costo/beneficio del proyecto	88
3.5.1	<i>Costo operacional con respecto a las pruebas de tratabilidad</i>	88
3.5.2	<i>Costo/beneficio de implementación de la planta</i>	89
3.5.3	<i>Beneficios del proceso de tratamiento</i>	90
3.5.3.1	<i>Porcentaje de remoción con tratamiento para muestra ácida</i>	91

3.5.3.2	<i>Porcentaje de remoción con tratamiento para muestra básica</i>	92
3.5.3.3	<i>Porcentaje de remoción con tratamiento para muestra unificada.....</i>	93
3.5.4	<i>Análisis del proyecto.....</i>	96
3.5.5	<i>Conclusiones.....</i>	97
3.5.6	<i>Recomendaciones.....</i>	99
3.6	Cronograma de ejecución del proyecto.....	100

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

H_{TA}	Altura del tanque (m)
h_c	Altura critica (m)
P	Altura hasta la sección del pasaje(m)
h_1	Altura del agua antes del resalto (m)
h_2	Altura del agua después del resalto (m)
h_c	Altura critica (m)
P	Altura hasta la sección del pasaje(m)
B_{TA}	Ancho del tanque (m^2)
B	Ancho del vertedero(m)
B_{FH}	Ancho del floculado (m)
b_{ac}	Ancho útil de la lámina del tabique (m)
A_{TA}	Área del tanque (m^2)
A_{TB}	Área total de las bandejas (m^2)
A_{CB}	Área de cada bandeja (m^2)
$A_{orificios}$	Área de cada orificio (m^2)
A_{FH}	Área de la sección transversal del floculador, (m^2)
AID	Área de influencia indirecta
$F_{fango.D}$	Cantidad de fango decantado (Kg/m^3)
q_{VR}	Caudal específico (m^2/s)
$Q_{bandejas}$	Caudal que pasa por la bandeja (L/s)
Q_{Im}	Caudal medio teórico (L/s)
$Q_{básico}$	Caudal medio básico (L/s)
$Q_{ácido}$	Caudal ácido (L/s)
$Q_{punta,b}$	Caudal punta básico, (m^3/h)
C_H	Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot día$)
n	Coefficiente de fricción de manning (<i>adimencional</i>)
k	Coefficiente de pérdida carga (<i>adimecional</i>)
C_R	Coefficiente de retorno en el sector industrial
DQO	Demanda química de oxígeno
DBO5	Demanda bioquímica de oxígeno
$L_{recorrido}$	Distancia total recorrido por el agua (m)
C	Distancia del extremo de la cresta al lateral (m)

D_i	Dotación de agua en la industria ($m^3/emple. día$)
e_{CB}	Espacio entre cada bandeja (m)
a	Espacio entre tabiques (m)
e	Espacio entre tabique y la pared del floculador (m)
es	Espesor de la lámina (m)
g	Gravedad (m/s^2)
L_{CB}	Largo de la bandeja (m)
b	Longitud de la cresta del vertedero (m)
L_R	Longitud del resalto (m)
L_{FH}	Longitud del floculador (m)
E_h	Número de empleados
h_i	Número de horas de trabajo al día en la industria ($h_{trabajo}/día$)
$N_{vaciado}$	Número de veces vaciado
n_B	Número de bandejas (<i>unidades</i>)
F	Número de Froude (<i>unidades</i>)
$N_{tabiques}$	Número de tabiques (<i>unidades</i>)
P	Perímetro mojado (m)
pH	Potencial de hidrogeno
P_{fango}	Producción del fango ($Kg/día$)
h_{lamina}	Profundidad de la bandeja (m)
H_{FH}	Profundidad del floculador (m)
R_H	Radio hidráulico en el tramo (m)
Rdo_{SS}	Rendimiento de solidos removidos (%)
S_D	Superficie (m^2)
$SS_{entrada}$	Sólidos suspendidos (mg/L)
TULSMA	Texto unificado de legislación secundaria ambiental
t_{cap}	Tiempo de captación (meses)
t_r	Tiempo de retención (<i>día</i>)
v_1	Velocidad del agua antes del resalto (m/s)
v_m	Velocidad media e (m/s)
v	Velocidad del flujo de agua (m/s)
$v_{ascencial}$	Velocidad ascendente, (m/h)
V_{tina}	Volumen de la tina (L)
V_D	Volumen del decantador (m^3)
V_{TA}	Volumen del tanque (m^3)

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Toma de muestra en las etapas de proceso.	5
Tabla 2-1:	Clasificación del agua del proceso según su pH.....	6
Tabla 3-1:	Caracterización inicial del agua residual unificada, ESPOCH.....	7
Tabla 4-1:	Caracterización inicial del agua residual unificada, UNACH	8
Tabla 5-1:	Caracterización inicial del agua residual industrial ácida y básica.....	9
Tabla 6-1:	Caracterización inicial del agua residual industrial	9
Tabla 7-1:	Tinas de proceso de matricería	12
Tabla 8-1:	Pruebas utilizando Policloruro de aluminio diluido al 5% MUESTRA COMPUESTA.....	13
Tabla 9-1:	Pruebas utilizando sulfato férrico diluido al 5 % MUESTRA COMPUESTA	13
Tabla 10-1:	Prueba utilizando ácido Sulfúrico AGUA BÁSICA	14
Tabla 11-1:	Prueba utilizando Cal y Polielectrolito al 0.5 % en AGUA ÁCIDA.....	14
Tabla 12-1:	Análisis final del agua residual industrial tratada del proceso de matricería	15
Tabla 13-1:	Análisis final del agua residual industrial tratada del proceso de matricería	15
Tabla 14-1:	Análisis del agua tratada muestra unificada, ESPOCH	16
Tabla 15-1:	Análisis del agua tratada unificada, UNACH.....	17
Tabla 1-3:	Ubicación geográfica de la Planta Industrial Ecuamatrix CIA. LTDA	20
Tabla 2-3:	El índice de biodegradabilidad del agua en relación de DQO/DBO y DBO/ DQO	26
Tabla 3-3:	Coefficiente de retorno según el sector industrial.....	32
Tabla 4-3:	Dotación de agua al sector industrial.....	32
Tabla 5-3:	Caudal para el tratamiento básico y ácido	36
Tabla 6-3:	Velocidad ascendente a caudal máximo	38
Tabla 7-3:	Tiempo de retención	39
Tabla 8-3:	Criterios de diseño para la torre de aireación	42
Tabla 9-3:	Coefficiente de Manning	48
Tabla 10-3:	Criterios de diseño para floculadores hidráulicos de tabique	50
Tabla 11-3:	Criterios de diseño para un sedimentador.....	57
Tabla 12-3:	Criterios de diseño para un sedimentador.....	62
Tabla 13-3:	Criterios de diseño para un sedimentador circular	64
Tabla 14-3:	Criterios de diseño para un lecho poroso.....	68
Tabla 15-3:	Criterios de diseño para el sistema de drenaje.....	69

Tabla 16-3:	Criterios de lodo para estructuras de secado.....	75
Tabla 17-3:	Características de la cal viva	77
Tabla 18-3:	Dimensión del decantador	79
Tabla 19-3:	Dimensión de la torre de aireación	79
Tabla 20-3:	Dimensión del tanque de almacenamiento	80
Tabla 21-3:	Dimensión del canal de entrada.....	80
Tabla 22-3:	Dimensión del floculador horizontal hidráulico	80
Tabla 23-3:	Dimensión de un sedimentador rectangular convencional	81
Tabla 24-3:	Dimensión de un sedimentador circular	81
Tabla 25-3:	Dimensiones de un filtro circular con flujo ascendente.....	82
Tabla 26-3:	Dimensiones de una estructura para lodos.....	82
Tabla 27-3:	Requerimientos tecnológicos para la caracterización de los parámetros físico, químico y microbiológico	84
Tabla 28-3:	Requerimiento tecnológico para obtener una muestra compuesta	87
Tabla 29-3:	Requerimiento tecnológico para las pruebas de tratabilidad	87
Tabla 30-3:	Costo de las pruebas de tratabilidad	88
Tabla 31-3:	Porcentaje de remoción del agua residual industrial tratada	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Línea de proceso de matricería	11
Figura 1-3:	Decantador circular	37
Figura 2-3:	Floculador horizontal hidráulico	50
Figura 3-3:	Sedimentadores convencional.....	55
Figura 4-3:	Estructura de un sedimentador.....	56
Figura 5-3:	Sedimentador circular	62
Figura 6-3:	Filtros circulares.....	66
Figura 7-3:	Planta de tratamiento de agua residual.....	83
Figura 8-3:	Cronograma del proyecto.....	100

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1-1:	Caracterización inicial del agua residual unificada, ESPOCH.....	7
Grafica 2-1:	Caracterización inicial del agua residual unificada, UNACH.....	8
Grafica 3-1:	Caracterización inicial de muestra acida-básica.....	10
Grafica 4-1:	Análisis del agua tratada muestra acida-básica.....	16
Grafica 5-1:	Agua tratada unificada, ESPOCH.....	17
Grafica 6-1:	Agua tratada unificada, UNACH.....	18
Grafica 1-3:	Porcentaje de remoción, muestra ácida.....	94
Grafica 2-3:	Porcentaje de remoción, muestra básica.....	95
Grafica 3-3:	Porcentaje de remoción, muestra unificada.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Equipos para la caracterización del agua residual industrial.
- Anexo B** Pruebas de tratabilidad.
- Anexo C** Caracterización inicial del agua residual.
- Anexo D** Caracterización final del agua tratada.
- Anexo E** TULSMA Legislación actual vigente del Registro oficial 387 y acuerdo 097 A del 04 de noviembre del 2015, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua, Libro VI, Tabla 8, TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental).
- Anexo F** Planos del diseño de la planta de tratamiento de agua residual industrial.
- Anexo G** Presupuesto del diseño de la planta de tratamiento de agua residual industrial.

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1-3:	Caudal medio Teórico.....	32
ECUACIÓN 4-3:	Caudal medio por Proceso.....	33
ECUACIÓN 9-3:	Caudal Total del Proceso.....	35
ECUACIÓN 10-3:	Caudal Punta Básico.....	37
ECUACIÓN 11-3:	Caudal Punta ácido.....	38
ECUACIÓN 13-3:	Diámetro del Decantador.....	39
ECUACIÓN 14-3:	Volumen del Decantador.....	39
ECUACIÓN 15-3:	Altura del Decantador.....	40
ECUACIÓN 16-3:	Producción del Fango.....	40
ECUACIÓN 18-3:	Cantidad de sólidos a la salida del Decantador.....	41
ECUACIÓN 19-3:	Cantidad de DBO ₅ a la salida del Decantador.....	41
ECUACIÓN 20-3:	Área Total de las Bandejas de la Torre de Aireación.....	43
ECUACIÓN 21-3:	Tiempo de Retención.....	44
ECUACIÓN 22-3:	Área de cada Bandeja.....	44
ECUACIÓN 23-3:	Largo y Ancho de cada Bandeja.....	45
ECUACIÓN 24-3:	Área de cada Orificio.....	45
ECUACIÓN 25-3:	Caudal que pasa por cada Bandeja.....	45
ECUACIÓN 26-3:	Número de Perforaciones.....	46
ECUACIÓN 27-3:	Volumen del Tanque de Almacenamiento.....	46
ECUACIÓN 28-3:	Altura del Tanque de Almacenamiento.....	47
ECUACIÓN 29-3:	Ancho del Tanque de Almacenamiento.....	47
ECUACIÓN 30-3:	Longitud del Tanque de Almacenamiento.....	47
ECUACIÓN 31-3:	Radio Hidráulico.....	48

ECUACIÓN 32-3:	Velocidad de Flujo.....	48
ECUACIÓN 33-3:	Área de la Sección Transversal del canal.....	49
ECUACIÓN 34-3:	Altura máxima del Agua.....	49
ECUACIÓN 35-3:	Área de la Sección Transversal del Floculador.....	51
ECUACIÓN 36-3:	Profundidad del Agua en el Floculador.....	51
ECUACIÓN 37-3:	Altura del Tanque de Almacenamiento.....	51
ECUACIÓN 38-3:	Ancho del Floculador.....	52
ECUACIÓN 39-3:	Longitud del Tabique.....	52
ECUACIÓN 40-3:	Distancia Total Recomendada por el Agua.....	52
ECUACIÓN 41-3:	Número de Tabiques.....	53
ECUACIÓN 42-3:	Longitud del Floculador.....	53
ECUACIÓN 43-3:	Volumen del Floculador.....	53
ECUACIÓN 44-3:	Perímetro Mojado.....	54
ECUACIÓN 45-3:	Radio Hidráulico en el Tramo.....	54
ECUACIÓN 46-3:	Pérdida de Carga en las Vueltas.....	54
ECUACIÓN 47-3:	Pérdida de Carga en Tramo.....	55
ECUACIÓN 48-3:	Altura del Sedimentador.....	57
ECUACIÓN 49-3:	Área del Sedimentador.....	57
ECUACIÓN 50-3:	Ancho del Sedimentador.....	58
ECUACIÓN 51-3:	Longitud del Sedimentador.....	58
ECUACIÓN 52-3:	Longitud Total.....	58
ECUACIÓN 53-3:	Velocidad a la que sale el Agua del Sedimentador.....	59
ECUACIÓN 54-3:	Altura del Agua.....	59
ECUACIÓN 55-3:	Área Total de Orificios.....	60
ECUACIÓN 56-3:	Área de cada Orificio.....	60
ECUACIÓN 57-3:	Número de Orificios.....	60

ECUACIÓN 58-3:	Altura de la Pantalla.....	61
ECUACIÓN 59-3:	Distancia entre Filas.....	61
ECUACIÓN 60-3:	Distancia entre columnas.....	61
ECUACIÓN 61-3:	Área del Tanque de Sedimentación.....	62
ECUACIÓN 62-3:	Radio del Tanque de Sedimentación	63
ECUACIÓN 63-3:	Diámetro del Tanque de Sedimentación.....	64
ECUACIÓN 64-3:	Volumen del Tanque de Sedimentación.....	64
ECUACIÓN 65-3:	Reparto Central del Tanque de Sedimentación.....	65
ECUACIÓN 66-3:	Altura de Reparto.....	65
ECUACIÓN 67-3:	Caudal Máximo de Diseño.....	66
ECUACIÓN 69-3:	Área del Filtro Ascendente.....	67
ECUACIÓN 70-3:	Diámetro del Filtro Ascendente	67
ECUACIÓN 71-3:	Radio del Filtro Ascendente	67
ECUACIÓN 72-3:	Altura del Filtro Ascendente	68
ECUACIÓN 73-3:	Número de Laterales Perforadas.....	69
ECUACIÓN 74-3:	Área de los Orificios Laterales..	70
ECUACIÓN 75-3:	Caudal en cada Orificio.....	70
ECUACIÓN 76-3:	Caudal de Lavado.....	71
ECUACIÓN 77-3:	Área del Canal.....	71
ECUACIÓN 78-3:	Ancho del Canal.....	71
ECUACIÓN 79-3:	Altura del Canal.....	71
ECUACIÓN 80-3:	Velocidad Óptima del Lavado del Filtro	72
ECUACIÓN 81-3:	Volumen del Agua requerida para el Lavado del Filtro	72
ECUACIÓN 82-3:	Carga de Sólidos con respecto a Caudal	72
ECUACIÓN 83-3:	Masa de los Lodos de Desecho.....	73
ECUACIÓN 84-3:	Volumen de los Lodos Digeridos	73

ECUACIÓN 85-3: Volumen de Lodos a Extraerse	73
ECUACIÓN 86-3: Concentración del Polielectrolito.....	75
ECUACIÓN 87-3: Concentración del Polielectrolito por Día.....	76
ECUACIÓN 88-3: Concentración de Cal.....	78
ECUACIÓN 89-3: Concentración de Cal por Día.....	78
ECUACIÓN 90-3: Beneficio del Tratamiento.....	88

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales procedente de la industria de matricería Ecuamatrix Cía. Ltda., se requirió un estudio para determinar los parámetros que se analizó mediante pruebas de caracterización a nivel de laboratorio. Los parámetros de control que se analizó fueron pH, turbiedad, temperatura, conductividad y color, recogiendo muestras de un litro de cada tina determinando así que de las 7 tinas de agua residual procedente de diferentes procesos de la tina 1 a la tina 4 tienen un pH básico y de la tina 5 a la tina 7 tienen un pH ácido; en la caracterización inicial se identificó los siguientes parámetros de acuerdo a la Legislación actual vigente del Registro oficial 387 y acuerdo 097 A del 04 de noviembre del 2015, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua, Libro VI, Tabla 8: en la muestra básica (Cr) 1,2 mg/L, (Zn) 49,0 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 5290 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 1620 mg/L, potencial de hidrógeno (pH) 13,25, tensoactivos 5,67 mg/L y aceites y grasas 209,0 mg/L, y para muestra ácida son; (Cr) 1,86 mg/L, (Zn) 615,0 mg/L, (DBO) 156 mg/L, (DQO) 2377,0 mg/L, (pH) 3,17, tensoactivos 1,78 mg/L y aceites y grasas 103,3 mg/L; .Efectuadas las pruebas de tratabilidad se estableció dos líneas de tratamiento línea acida y línea básica; concluyendo que se requieren las siguientes estructuras para la línea básica un decantador y la torre de aireación, para la línea ácida un tanque de almacenamiento, canal, floculador horizontal, sedimentador convencional, y para el tratamiento unificado un sedimentador circular, filtro flujo ascendente y lecho de secado. Se recomienda al jefe de manteniendo de la empresa realizar análisis del agua de manera continua para verificar el grado de contaminación y monitorear el caudal para cada línea de tratamiento

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL>, <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO AMBIENTE [TULSMA]> <EQUIPO DECANTADOR> <TORRE DE AIREACIÓN> <SEDIMENTADORES> <FILTRO CIRCULAR DE FLUJO ASCENDENTE> <LECHO DE SECADO>

ABSTRACT

A wastewater treatment system was designed for the water that comes from the Ecuadorian milling industry Ecuamatrix Cía. Ltda. It was required a study to determine the parameters that were analyzed by characterization tests with a laboratory level. The control parameters that were analyzed were pH, turbidity, temperatura, conductivity and color. It was through the collecting samples of one liter of each vat that allowed to determine the characteristics from the 7 vats of residual water coming from different processes. Thus, from vat 1 to vat 4 have a basic pH, and from vat 5 to vat 7 have an acidic pH; In the initial characterization, were identified the following parameters according to the current legislation of the official register 387 and agreement 097 "A" of November 04, 2015, Annex 1, Environmental Quality and Effluent Discharge, Water Resources, Book IV, Tabla 8: In the basic sample are (Cr^{+6}) 1.2 mg/L, (Zn) 49.0 mg/L, Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5290 mg/L, Chemical Oxygen Demand (COD) 1620 mg/L, hydrogen potencial (pH) 13.25, surfactants, 5.67 mg/L and fat and oil 209.0 mg/L. While for acid sample are (Cr^{+6}) 1.86 mg/L, (Zn) 615.0 mg/L, (BOD) 156 mg/L, (COD) 2377.0 mg/L, (pH) 3.17, surfactants, 1.78 mg/L and fat and oil 103.3 mg/L; After the treatability tests, two treatment lines were established, which are basic line and acid line. It let to conclude that for the basic line are required the structures of a decanter and the aerostation tower; as well as for the acid line a storage tank, channel, horizontal flocculator, conventional settler, and for the unified treatment a circular sediment, upward flow filter, and drying bed. It is recommended to the company's maintenance manager to carry out continuous water analysis to verify the degree of contamination and to monitor the flow for each line of treatment.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY> <INDUSTRIAL WASTE WATER > < UNIFIED TEXT OF SECONDARY LEGISLATION OF THE MINISTRY OF ENVIRONMENT (TULSMA)> < DECANTER EQUIPMENT> <AERATION TOWER> <SETTLERS> <UOWARD CIRCULAR FILTER> <DRYING BED>

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La contaminación ambiental es uno de los factores más determinantes en la legislación vigente actual, misma que determina las normativas a seguir por parte del sector industrial en los efluentes originados por sus procesos. Por tal razón es muy importante la determinación de tratamientos de aguas industriales acordes a las necesidades de cada empresa.

ECUAMATRIZ CIA LTDA. Es una empresa especializada en el diseño de moldes para elaborar piezas para la industria (matricería) y la producción en serie de este tipo de productos, ubicada en la ciudad de Ambato. La misma que no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que esté acorde a la necesidad de mejora continua y a las normas vigentes. Estas aguas contaminadas producto de las actividades industriales son vertidas directamente a la alcantarilla sin previo tratamiento, lo que ocasiona problemas de salubridad, contaminación del medio en sí, alteración en las fuentes hídricas.

1.2 Justificación del proyecto

El agua es el medio donde se desarrolla una infinidad de ecosistemas que pueden ser fácilmente alteradas por la contaminación inescrupulosa por parte del ser humano. El agua contaminada es la principal fuente de enfermedades y muertes ya que contienen sustancias nocivas y tóxicas, estos efluentes requieren un tratamiento físico, químico y microbiológico.

Con las especificaciones nombradas la empresa ECUAMATRIZ CIA LTDA. Trabaja por el beneficio de la población en cuanto a los recursos hídricos. Mediante la RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA DA-14-354 ING. MSc. LUIS AMOROSO MORA ALCALDE DE AMBATO menciona que, el Artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador garantiza

el "sumak kawsay" o buen vivir de los ciudadanos, concepto que abarca "el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza"

El presente trabajo de titulación pretende realizar recolección de datos y análisis parámetros físico-químicas mediante el método de muestro para con esto proponer alternativas para dar solución a la problemática de aguas residuales generadas por los diferentes procesos en la empresa ECUAMATRIZ CIA LTDA. Mediante el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Por lo expuesto se justifica plenamente la realización **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA EMPRESA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA. EN AMBATO”** por el bienestar social y fortalecer el manejo de aguas residuales para disminuir la contaminación del medio ambiente en cumplimiento de normativas ambientales.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Matricería industrial

Esta dentro de rama de la Mecánica industrial que tiene como fin estudiar y desarrollar técnicas para la fabricación de utillajes adecuados para obtener piezas. La matricería permite también el diseño y fabricación de útiles para la transformación de materiales plásticos y metálicos.

Las diferentes aplicaciones de matricería son:

- Mecanizado de piezas metálicos para maleteado, cilindrado, taladrado etc.
- Moldes para aluminios sirve para aluminio fundido.
- Moldes para plásticos (cucharas, botellas, suelas de zapato)
(<http://lamatriceriaindustrial.blogspot.com/>).

Maquinarias que se emplean a la matricería:

- Torno
- Fresadoras
- Limadoras

1.3.2 Antecedentes ambientales

“ECUAMATRIZ Cía. Ltda., es una empresa dedicada a la matricería. Durante 21 años se ha dedicado a satisfacer las exigentes necesidades de sus clientes.

El proyecto se ingresa por el SUIA (Plataforma virtual del Ministerio de Ambiente), con oficio MAE-SUIA-RA-UCAT-DPAT-2015-01933 de fecha 27 de marzo del 2015 se obtiene el certificado de intersección donde la autoridad ambiental da el pronunciamiento de que ECUAMATRIZ Cía. Ltda. NO INTERSECA con el Sistema de Áreas Protegidas, Bosques Protectores y Patrimonio Forestal del Estado.

En dicho oficio se le otorga la categoría III, donde del listado del CCAN nos dan el código 33.2.8.1.1 para la Construcción y/u operación de fábricas para tratamiento térmico de metales, que nos indica que se debe realizar la Declaratoria de Impacto Ambiental.

El código del proceso en la plataforma del SUIA es el MAE-RA-2015-127588” (EACUAMATRIZ. Cía. Ltda, DECLRATORIA DEL IMPACTO AMBIENTAL, 2015, pp. 2).

1.3.3 Identificación y delimitación del área de influencia ambiental

Una definición clara y concisa sobre el área de influencia, es la distribución espacial sobre los posibles impactos y efectos que genera un proyecto. La delimitación está en función a la identificación previa de los posibles impactos positivos o negativos y por su puesto sus riesgos al momento de cualquier operación dentro de la industria.

Al tratarse de un estudio ambiental, específicamente el impacto ambiental que provocará la descarga de aguas residuales industriales en las líneas de alcantarillado y ésta a su vez desemboca en un cuerpo de agua dulce más cercano, se deberá, analizar la intensidad de los efectos producidos y si su afectación es directa o indirecta

1.3.3.1 Área de influencia directa (AID)

El AID, es el área puntual donde ocurrirán los impactos.

El equipo consultor de la empresa Ecuamatrix CÍA. LTDA. “ha definido el área de influencia directa, al área de ocupación de del espacio en donde se estén dando alteraciones en forma directa que son 5000 m², por las diferentes etapas y procesos de la empresa. Además de esto se fijó un área de influencia directa, de 50 metros a la redonda debido a que es una zona industrial y que existe una densidad poblacional baja, no existen cuerpos de agua cercanos, las aguas residuales del proceso de producción están siendo descargadas al alcantarillado sanitario público, pero pronto entrará en funcionamiento la planta de tratamiento que fue diseñada para tratar el tipo de agua que ECUAMATRIZ Cía. Ltda., genera”. (EACUAMATRIZ. Cía. Ltda, DECLRATORIA DEL IMPACTO AMBIENTAL, 2015, pp. 2)

1.3.3.2 Área de influencia indirecta (AII)

El AII, es el alcance del impacto ambiental

El equipo consultor determinó el área de influencia ambiental indirecta del proyecto es de 300 metros a la redonda, ya que es un área alcanzada por los procesos biofísicos y antropológicos provenientes del accionar de las actividades de la infraestructura y su interrelación con una zona ampliada donde su dinámica es notoria (ECUAMATRIZ. Cía. Ltda., DECLRATORIA DEL IMPACTO AMBIENTAL, 2015, pp. 2).

1.3.4 Condición actual de la Disposición de las Aguas Residuales de la Empresa ECUAMATRIZ. Cía. Ltda.

Según la producción de la empresa ECUAMATRIZ. Cía. Ltda. la disposición del agua residual se la realiza mediante la recopilación en tinas de acuerdo a los procesos como Tina 1 Pre-desengrache, Tina 2 Desengrache, Tina 3 Enjuague-Desengrache, Tina 4 Refinado, Tina 5 Fosfatizado, Tina 6 Enjuague-Fosfatizado y finalmente Tina 7 Sellante se la divide de esta manera en relación al proceso y de acuerdo al pH medido tenemos que las 4 primeras tinas el agua tiene un pH básico y a partir de la tina 5 el pH es ácido. La descarga de estas tinas se las realiza cada 30 días a excepción de la tina 7 Sellante que por su alto porcentaje de contaminantes se la descarga cada ocho meses, ya que en esta se encuentra el cromo hexavalente, descargando directamente al canal del alcantarillado.

1.3.5 Métodos de Recopilación de la Información

1.3.5.1 Método comparativo

Luego de un análisis físico-químico del agua residual procedente del área de proceso se identifican los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo a la Legislación actual vigente del Registro oficial 387 y acuerdo 097 A del 04 de noviembre del 2015, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua, Libro VI, Tabla 8, TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental).

En el “Art. 5.2.3 Normas generales para descargar efluentes al sistema de alcantarillado, apéndice 5.2.3.5 pronuncia. Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la **TABLA 8**, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios”. Información proporcionada por la memoria técnica de la empresa.

1.3.6 Recolección de la información

La toma de muestras en un proceso industrial se realiza por etapas, es así, que tenemos 7 tinas de proceso donde su residuo principal es el agua residual y acumulación de lodos. Las muestras fueron recolectadas de cada tina para al final obtener una muestra compuesta, los que fueron analizados en Laboratorios certificados.

Tabla 1-1: Toma de muestra en las etapas de proceso.

°N Tinas	Muestra aleatoria	Muestra simple	Muestra compuesta
Pre-desengrache	-	1,5 litros	Muestra básica
Desengrache	-	1,5 litros	
Enjuague-Desengrache	-	1,5 litros	
Refinado	-	1,5 litros	
°N de muestra		4	1

Volumen total de agua residual		6 litros	6 litros mezclado y homogenizado
Fosfatizado	-	2,00 litros	Muestra ácida
Enjuague-Fosfatizado	-	2,00 litros	
Sellante	-	2,00 litros	
°N de muestra		4	1
Volumen total de agua residual		6 litros	6 litros mezclado y homogenizado

Fuente: EACUAMATRIZ. Cía. Ltda.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

La identificación de cada una de las muestras se realizó en el mes de mayor producción lo que permitió la medición del pH de las 7 tinas de proceso por separado, de esta forma se pudo especificar las muestras ácidas y básicas.

Tabla 2-1: Clasificación del agua del proceso según su pH

Tinas de proceso	Rangos de pH (matricería)	T °C	pH medido	Conductividad μSiems/cm	Muestra
Pre-desengrache	-	17,9	12,91	84,2	Básica
Desengrache	7-9	19,0	12,98	79,3	
Enjuague-Desengrache	7-9	19,2	11,61	4,27	
Refinado	8,5-9	19,1	9,71	3,94	
Fosfatizado	-	19,0	3,03	18,1	Ácida
Enjuague-Fosfatizado	6-7	19,5	4,09	2,8	
Sellante	4-5	19,0	5,71	1,13	

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

1.3.7 Métodos de análisis del agua residual industrial del proceso de matricería

La empresa EACUAMATRIZ. Cía. Ltda., deberá cumplir los límites establecidos por la norma de Calidad Ambiental para descargar su agua residual con el menor grado de contaminantes posibles.

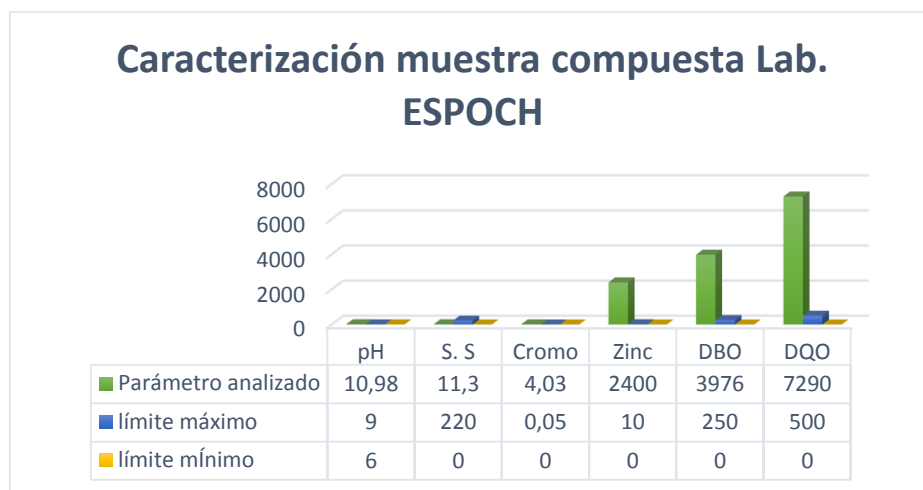
En la tabla 3-1 y 4-1, se puede visualizar cada parámetro analizado en una muestra compuesta de los cuales el pH, Cromo, Zinc, DBO5, DQO, Tensoactivos y Aceites grasas están fuera de los rangos establecidos en la tabla 8 acuerdo 097 de la legislación actual lo que nos ayuda a determinar el tratamiento que se debe dar al agua residual procedente de una proceso de matricería.

Tabla 3-1: Caracterización inicial del agua residual unificada, ESPOCH

Parámetro	Unidad	Muestra compuesta	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
Ph	Unid	10,98	6,0-9,0
Conductividad	µSiems/cm	19,3	-
Turbiedad	UNT	980,0	-
Sólidos suspendidos	mg/L	11,3	220,0
Cromo	mg/L	4,03	0,05
Zinc	mg/L	2400,0	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	3976,0	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	7290,0	500,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Grafica 1-1: Caracterización inicial del agua residual unificada, ESPOCH

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2017

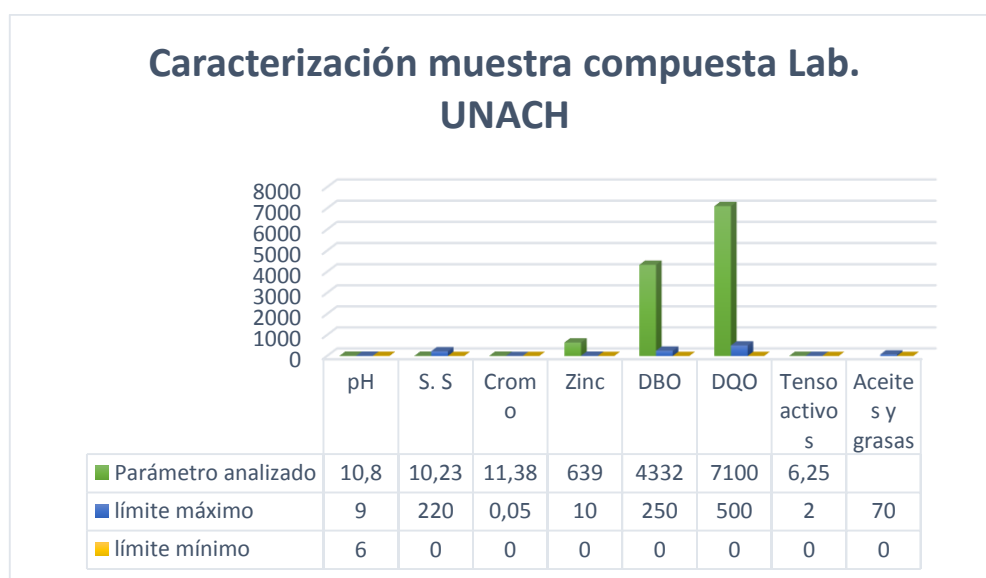
Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 4-1: Caracterización inicial del agua residual unificada, UNACH

Parámetro	Unidad	Muestra Unificada	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
pH	Unid	10,80	6,0-9,0
Conductividad	μSiems/cm	21200,0	-
Turbiedad	UNT	789,0	-
Sólidos suspendidos	mg/L	10,23	220,0
Cromo	mg/L	11,38	0,05
Zinc	mg/L	639,0	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	4332,0	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	7100,0	500,0
Tensoactivos	mg/L	6,25	2,0
Aceites y grasas	mg/L	772	70,0

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Grafica 2-1: Caracterización inicial del agua residual unificada, UNACH

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Por la complejidad de tratar el agua residual industrial con un pH muy alto se procede a analizar según su pH en cada tina como lo especifica la tabla 5-1.

Tabla 5-1: Caracterización inicial del agua residual industrial ácida y básica

Parámetro	Unidad	Muestra ácida	Muestra básica	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
pH	Unid	3,17	13,25	6,0-9,0
Temperatura	°C	20,0	21,0	<40
Conductividad	µSiems/cm	4,0	64,6	-
Turbiedad	UNT	61,0	200,0	-
Sólidos disueltos	mg/L	4,1	39,6	-
Sólidos suspendidos	mg/L	59	88,0	220,0
Cromo	mg/L	1,86	1,2	0,05
Zinc	mg/L	6150,0	49,0	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	156,0	5290,0	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	2377,0	1620,0	500,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2017

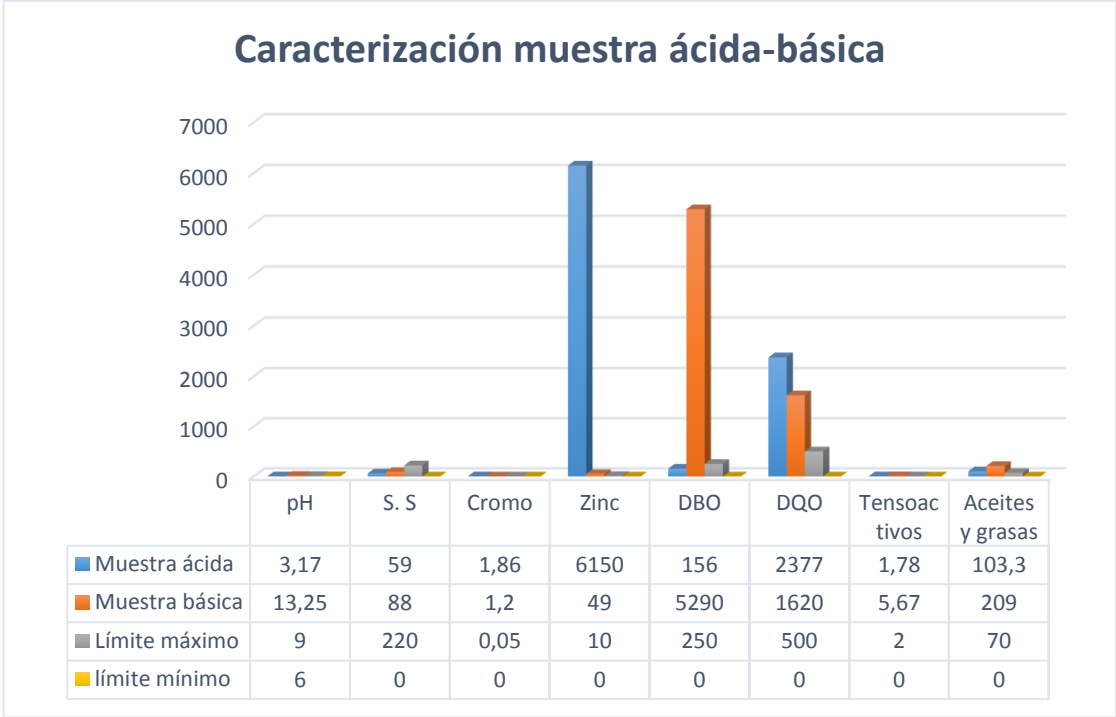
Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 6-1: Caracterización inicial del agua residual industrial

Parámetro	Unidad	Muestra ácida	Muestra básica	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
Tensoactivos	mg/L	1,78	5,67	2,0
Aceites y grasas	mg/L	103,3	209,0	70,0

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Grafica 3-1: Caracterización inicial de muestra acida-básica.

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

1.3.8 Contaminantes procedentes del procesos de matricería

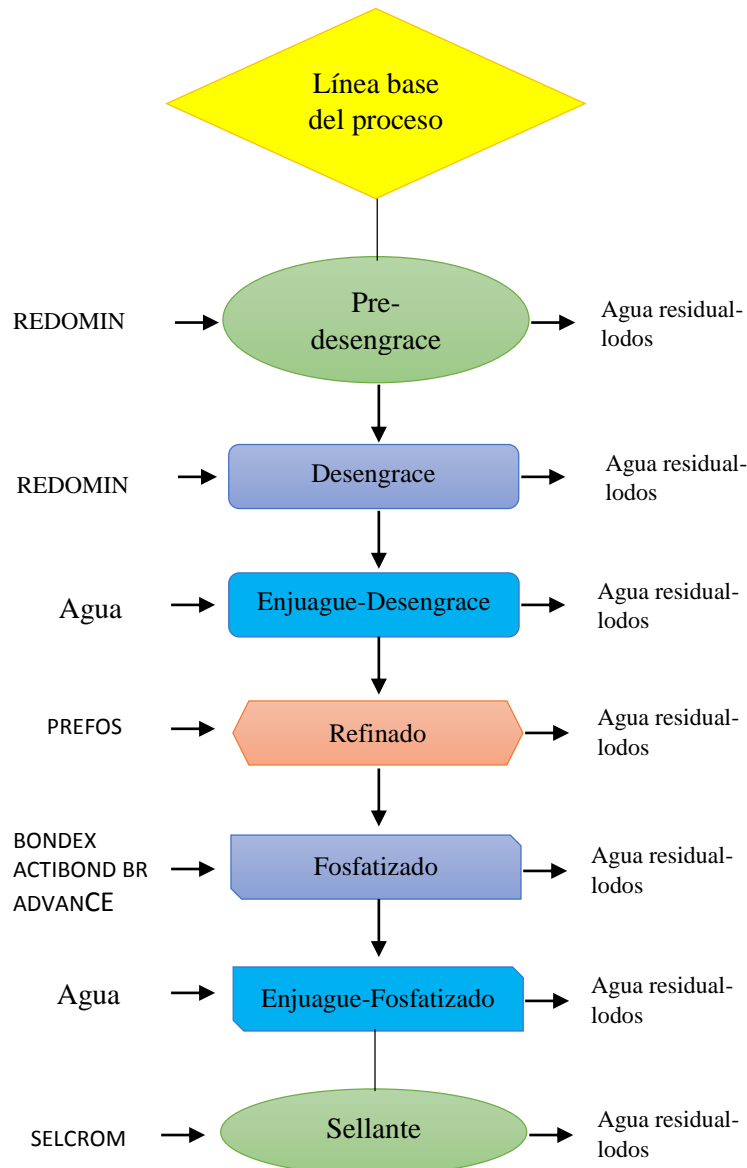


Figura 1-1 Línea de proceso de matricería

Fuente: EACUAMATRIZ. Cía. Ltda.

Realizado por: Tirado Mayra, 2017

1.3.9 Determinación del Caudal

Para considerar el caudal hemos tomado en cuenta el volumen de cada una de las tinas de acuerdo al proceso que es de 1600 litros en todas las tinas a excepción de la tina 6 que tiene un volumen

de 1500 litros, con una perdida diaria de 10 litros aproximadamente en cada tina. Sumando un valor de 69300 litros de agua residual anual.

Tabla 7-1: Tinas de proceso de matricería

TINAS DE PROCESO							
°N DE TINAS	NOMBRE DEL PROCESO	Cargas Utilizadas	Cantidad de tina	Genera	Tiempo de uso Aproximado	Cantidad que se desperdicia por día	CANTIDAD APROXIMADA ANUAL
1	Pre-desengrace	REDOMIN SM-40 - 80 Kilos	1600 litros	Lodo	casi no se bota solo se retira lodos	10 litros aproximados	8000
2	Desengrace	REDOMIN SM-40 - 80 Kilos	1600 litros	Lodo	casi no se bota solo se retira lodos	10 litros aproximados	8000
3	Enjuague desengrace	AGUA	1600 litros		1 mes	10 litros aproximados	15000
4	Refinado	PREFOS - 5Kilos	1600 litros		1 mes	10 litros aproximados	13400
5	Fosfatizado	BONDEX BR100-90Kilos ACTIBO ND -3.3 Kilos ADVANCE- 5 Kilos	1600 litros	Lodo	1 a 2 meses	10 litros aproximados	6600
6	Enjuague Fosfatizado	AGUA	1500 litros		1 mes	10 litros aproximados	18000
7	Sellante	SELCROM-0.96 litros	1600 litros		6 Meses	10 litros aproximados	300

Fuente: EACUAMATRIZ. Cía. Ltda

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

1.3.10 Metodología

El tratamiento que se dio al agua residual proveniente de actividades de procesos de matricería fueron tratamientos biológicos y físicos-químicos, por lo que agua a tratar presentó parámetros difíciles de remover o reducir su contenido.

A continuación se muestran las pruebas realizadas de las distintas muestras obtenidas.

1.3.10.1 Tratamiento con muestra unificada y compuesta

Para la muestra compuesta primero se obtuvo muestras simples de cada proceso de matricería ya con el agua residual unificada se procedió a tratar con Policloruro de aluminio al 5% diluido 5 gramos en 100 mL de agua destilada, y a diferentes dosificaciones la más óptima fue con la dosis del 10 ml en 1 L de agua residual pero no se obtuvo el porcentaje de remoción deseado ni dentro los límites establecidos.

Tabla 8-1: Pruebas utilizando Policloruro de aluminio diluido al 5% MUESTRA COMPUESTA

N° muestra	pH inicial	Color (nm)	Turbiedad (NTU)	Volumen PAC al 5 % (ml)	AGUA NO SEDIMENTA	
					pH	Turbiedad
1	10,98	260,0	980,0	10,0	10,98	980,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: TIRADO, Mayra 2017

Al igual que con el PAC, el uso del coagulante sulfato férrico no se obtuvo los resultados esperados siendo mucho menos efectivo que el PAC e incluso tiende a subir la turbiedad del agua, se puede verificar en la siguiente tabla.

Tabla 9-1: Pruebas utilizando sulfato férrico diluido al 5 % MUESTRA COMPUESTA

Muestra N°	pH inicial	pH al adicionar sulfato férrico	Turbiedad (NTU)	Volumen ALUM al 5 % (ml)	AGUA NO SEDIMENTA	
					pH	Turbiedad
1	10,98	10,48	980,0	10,0	9,48	1200,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: TIRADO, Mayra 2017

1.3.10.2 Tratamiento con muestra básica

El tratamiento para la muestra básica de la tinas de 1, 2, 3 y 4 fue un tratamiento físico-biológico, y para regular el pH se añadió ácido sulfúrico.

Se dejó sedimentar por 24 horas para luego tratar por aireación también durante 24 horas, evidentemente dio señales de remoción de los parámetros orgánicos como el DQO y los parámetros de control, pero se debió hacer otro tratamiento unificando las aguas ya tratadas para disminuir los contaminantes al mínimo.

Tabla 10-1: Prueba utilizando ácido Sulfúrico AGUA BÁSICA

N° muestra	pH inicial	pH con ácido sulfúrico	Turbiedad	Volumen de ácido sulfúrico (ml)	AGUA SEDIMENTADA		
					pH	Turbiedad	DQO
1,0	13,25	10,12	200,0	2,0	10,12	50,0	520,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: TIRADO, Mayra 2017

1.3.10.3 Tratamiento con muestra ácida

Test de jarra es muy convencional y efectiva para cualquier tratamiento de aguas residuales o de potabilización a nivel laboratorio. Y es lo que nos permitió la tratabilidad de nuestra agua ácida.

Para las muestras ácidas provenientes de las tinas 5,6 y 7 se dio un tratamiento químico. Se utilizó polielectrolito al 5%, la solución consiste en pesar 5 gramos de ese coagulante y aforar con 100 ml de agua destilada.

Tabla 11-1: Prueba utilizando Cal y Polielectrolito al 0.5 % en AGUA ÁCIDA

N° Muestra	pH inicial	Color	Volumen de cal (ml)	Volumen de polielectrolito al 0.5 % (ml)	AGUA SEDIMENTADA	
					pH	Turbiedad
1,0	3,17	178,0	1,0	1,0	6,42	5,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: TIRADO, Mayra 2017

1.3.10.4 Análisis final del agua residual industrial tratada del proceso de matricería

El análisis realizado de cada muestra luego de las pruebas de tratabilidad indican que los parámetros pH, Cromo, Zinc, DBO5, DQO, Tensoactivos y Aceites y grasas están todos con valores dentro de los límites establecidos según la tabla 8 acuerdo 097 A de la legislación actual.

Tabla 12-1: Análisis final del agua residual industrial tratada del proceso de matricería

Parámetro	Unidad	Muestra ácida	Muestra básica	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
pH	Unid	6,42	10,12	6,0-9,0
Conductividad	µSiems/cm	7,7	32,98	-
Turbiedad	UNT	5,0	50,0	-
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,019	0,98	0,05
Zinc	mg/L	0,71	8,6	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	56,0	280,0	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	114,0	520,0	500,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

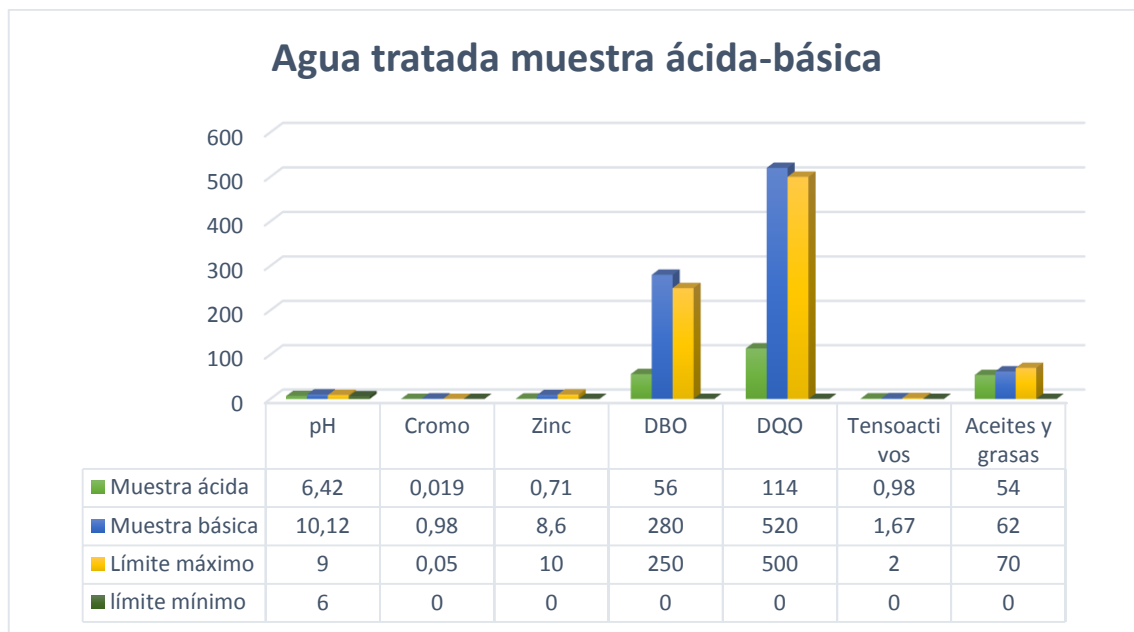
Elaborado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 13-1: Análisis final del agua residual industrial tratada del proceso de matricería

Parámetro	Unidad	Muestra ácida	Muestra básica	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
Tensoactivos	mg/L	0,98	1,67	2,0
Aceites y grasas	mg/L	54,0	62,0	70,0

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Grafica 4-1: Análisis del agua tratada muestra ácida-básica.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

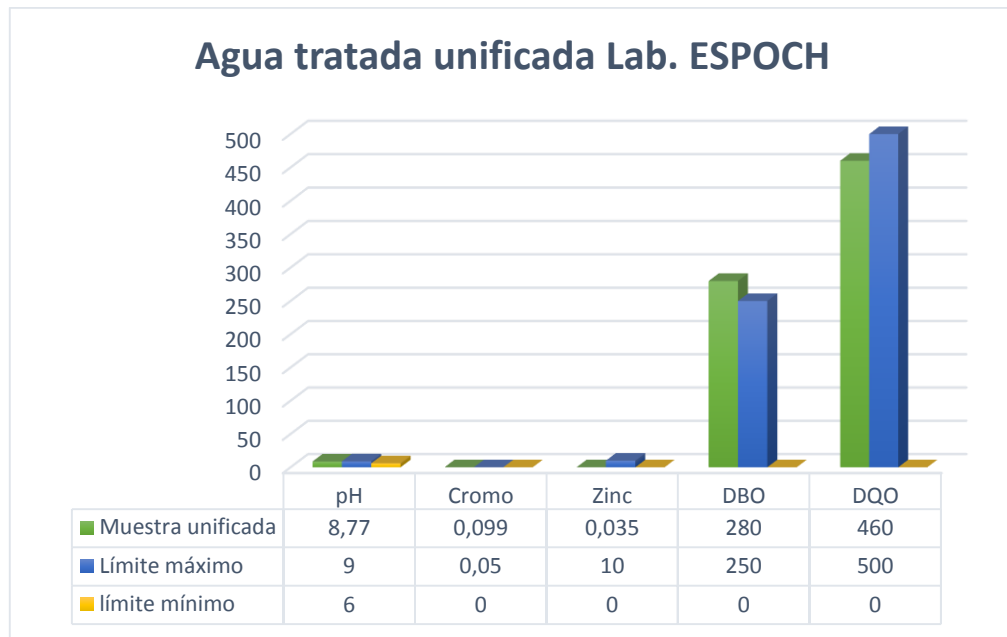
Elaborado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 14-1: Análisis del agua tratada muestra unificada, ESPOCH

Parámetro	Unidad	Muestra unificada ácida-básica	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8
pH	Unid	8,77	6,0-9,0
Temperatura	°C	21,0	<40,0
Conductividad	µSiems/cm	12,1	-
Turbiedad	UNT	17,4	-
Cromo	mg/L	0,099	0,05
Zinc	mg/L	0,035	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	280,0	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	460,0	500,0

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Grafica 5-1: Agua tratada unificada, ESPOCH.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2017

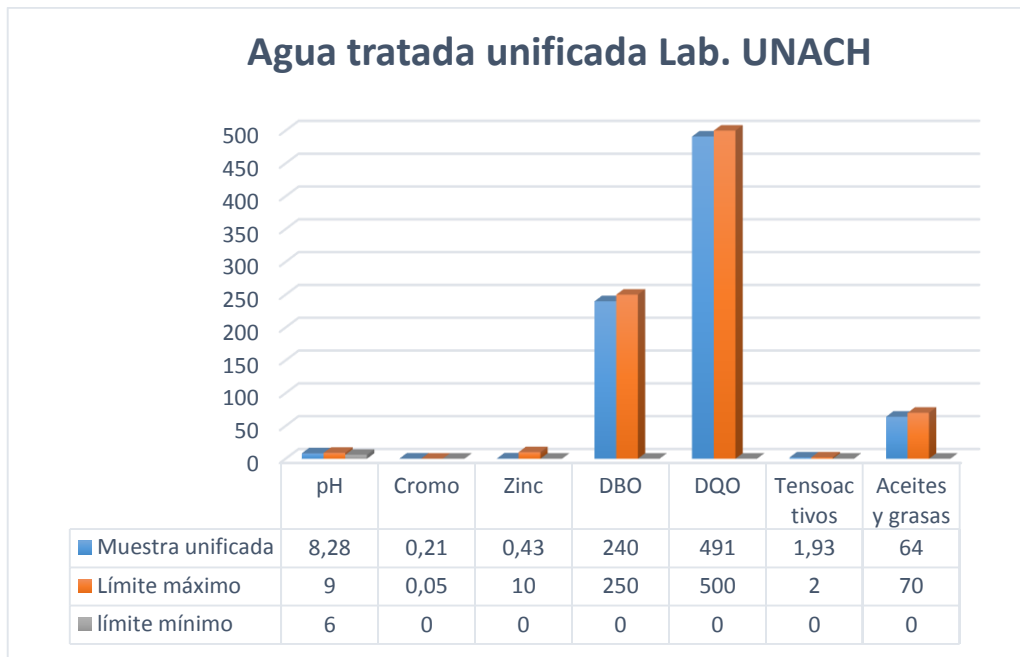
Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 15-1: Análisis del agua tratada unificada, UNACH

Parámetro	Unidad	Muestra unificada	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
pH	Unid	8,28	6,0-9,0
Conductividad	μSiems/cm	19380,0	-
Turbiedad	UNT	56,0	-
Sólidos suspendidos	mg/L	70,0	220,0
Cromo	mg/L	0,21	0,05
Zinc	mg/L	0,43	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	240,0	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	491,0	500,0
Tensoactivos	mg/L	1,93	2,0
Aceites y grasas	mg/L	64	70,0

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Grafica 6-1: Agua tratada unificada, UNACH.

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH, 2017

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación planteado es la empresa ECUAMATRIZ CÍA LTDA, son quienes avalan la investigación técnica del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

1.4.2 Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los habitantes del sector del parque industrial de la parroquia Santa Rosa, recursos hídricos, ecosistemas, el medio ambiente y su entorno.

CAPITULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO General

- Diseñar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la Planta Industrial Ecuamatrix CÍA. LTDA.

2.2 Específicos

- Realizar la caracterización físico – química y microbiológica de las aguas residuales de la empresa Ecuamatrix CÍA. LTDA. con valores establecido por la Legislación ambiental TULSMA, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua: Libro VI, Anexo I, Tabla 8, Acuerdo 097 A.
- Identificar las variables de diseño para el proceso de tratamiento de aguas residuales.
- Efectuar las pruebas de tratabilidad necesarias.
- Dimensionar la planta de tratamiento de aguas residuales mediante los cálculos de ingeniería.
- Validar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales con la caracterización del agua tratada según la Legislación ambiental TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 8, Acuerdo 097 A a escala de laboratorio.
- Determinar la factibilidad técnica y económica del diseño propuesto.

CAPITULO III

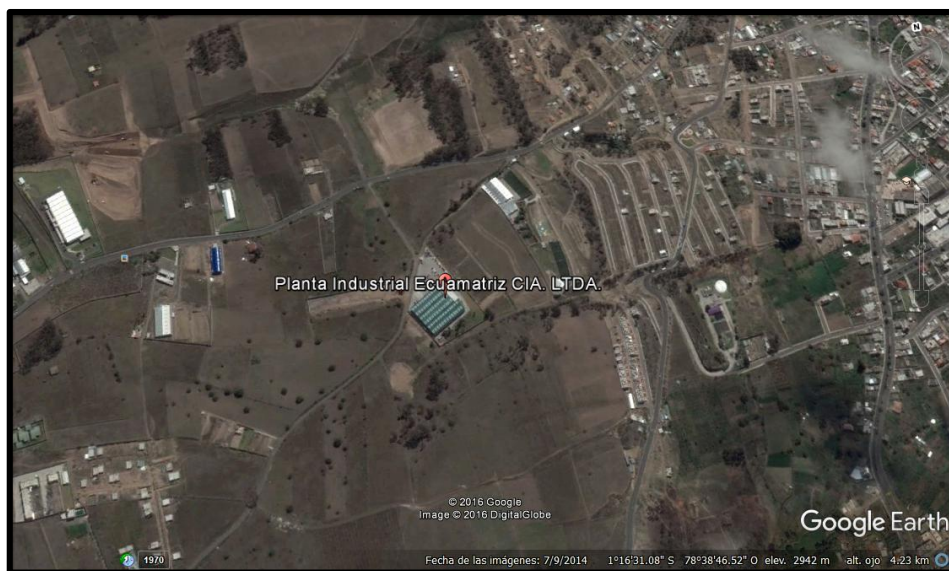
3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR Localización del proyecto

Tabla 1-3: Ubicación geográfica de la Planta Industrial Ecuamatrix CIA. LTDA

Ubicación geográfica			
País:	Ecuador		
Provincia:	Tungurahua		
Cantón:	Ambato		
Parroquia:	Santa rosa		
Dirección:	El globo		
Coordenadas UTM	X	Y	Referencia de ubicación
	761793	9858907	Estadio el globo

Fuente: ECUAMATRIZ Cía. Ltda

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

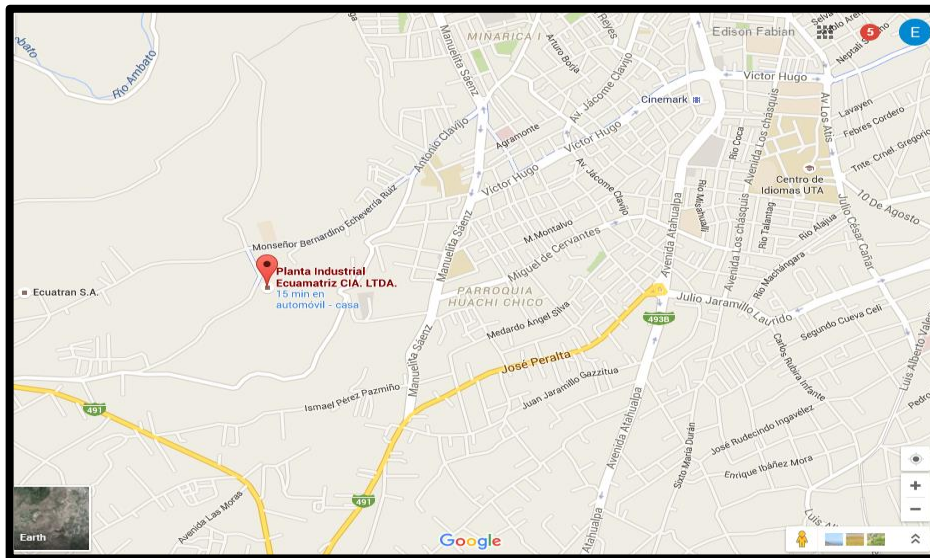


GRÁFICA 1-3: Mapa de cobertura de la Planta Industrial Ecuamatrix CIA. LTDA

Fuente: Google Eart

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

La Planta Industrial Ecuamatrix CIA. LTDA. Se encuentra ubicada en el parque Industrial Ambato Sur Calle 4 y Av. Monseñor Bernardino Echeverría Ruiz parroquia Santa Rosa.



GRÁFICA 2-3: Ubicación geográfica de la Planta Industrial Ecuamatriz CIA. LTDA

Fuente: Google Eart

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.1.1 Factores bióticos y abióticos del lugar de investigación

Los factores bióticos y abióticos es un conjunto de un grupo de bióticos o seres con vida que conviven en un ecosistema bajo la necesidad de componentes químicos sustanciales para su supervivencia como el agua, el aire y el suelo.

Para nuestro estudio consideramos estos factores porque se trata de una investigación ambiental y de razón social. El agua residual procedente de una planta de procesos de matricería sin ningún tratamiento, descargada al sistema de alcantarillado y este a su vez al medio hídrico más cercano ocasionará problemas ambientales, en la salud de los habitantes, en los cultivos, entre otros aspectos.

3.1.2 Flora

De acuerdo a los criterios fisonómicos, ambientales, bióticos y topográficos, el área en estudio pertenecen a las Formaciones Vegetales de la Sierra, Subregión Norte y Centro, Sector Norte y

Centro de los Valles Interandinos, **Matorral húmedo montano**, es similar a la formación equivalente en el norte, pero menos húmeda y con la composición florística diferente (Harling 1979). Comprende a los valles relativamente húmedos entre 2000 y 3000 m.s.n.m. que se encuentran en el callejón interandino. La vegetación original está en su mayor parte destruida y ha sido remplazada por cultivos y por bosque de *Eucaliptus globulus*. Los remanentes de vegetación original se encuentran generalmente en pendientes pronunciadas barrancos y otros sitios poco accesibles. Los matorrales o los pequeños remanentes de bosques naturales pueden presentar una composición distinta entre distintas localidades, dependiendo del grado de humedad y el tipo de suelo (Sierra, *et al* 1999, DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL ECUAMATRIZ Cía. Ltda., 2015).



Gráfica 3-3: Vegetación: kicuyo, eucalipto, pino-3

Fuente: DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL ECUAMATRIZ Cía. Ltda., 2015

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

La vegetación que abunda en el lugar son kicuyo (*Pennisetum clandestino*), eucalipto (*Eucaliptus globulus*), pino (*Pinus radiata*), a continuación se detallan cada especie existente.

3.1.3 Fauna

El área en estudio, según la Clasificación de Albuja, *et al* (2012), pertenece al piso Zoogeográfico Templado, cubre una superficie de 28.468 Km², que corresponde a los declives externos ubicados sobre el piso subtropical y bajo el piso Altoandino, y las estribaciones internas, cuyo límite superior es también el Piso Altoandino y por abajo se continua con los valles que se hallan entre las cadenas montañosas, cada uno está bañado por un sistema fluvial, cuyo río principal sale por la brecha de la cordillera y va a desembocar en el Océano Pacífico o en el Amazonas. (DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL ECUAMATRIZ Cía. Ltda., 2015).

En la zona existe una variedad de especies animales propias del subtropical y piso Altoandino como: aves, repíteles, mamíferos y reptiles, en cuanto anfibios no se mostró su existencia.

3.1.4 Aspectos demográficos

Existen 21003 del total de habitantes en la parroquia Santa Rosa, según cifras oficiales del Censo de Población y Vivienda INEC del 2010, con 51,61% que corresponde a mujeres y el 48,39% restante a hombres.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Agua residual

“Es el agua composición variada proveniente de usos domésticos, industrial, comercial, agrícola, pecuaria o de otras índoles, sea público o privado y por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original” (Legislación actual vigente del Registro oficial 387 y acuerdo 097 A del 04 de noviembre del 2015, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua).

El comprender las características físicas, químicas y biológicas del agua residual ayuda a optimizar su manejo, tratamiento y disposición minimizando el impacto ambiental en medios hídricos y suelo obteniendo agua de calidad para su reutilización o descarga.

3.2.1.1 Aguas residual industrial

Los desechos líquidos industriales son aguas que resultan de procesos y operaciones que sufren cambios en sus características por uso que le dan en las diferentes industrias. El grado de contaminación es mayor en las aguas industriales debido a los múltiples procesos y producción.

3.2.2 Fundamentos para la caracterización de aguas residuales

3.2.2.1 *Análisis de las características físicas*

Color. Este parámetro es una carta de presentación estética del agua, su cambio color se debe en general por la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas, además de organismos vivos como las algas se evidencia por la turbidez del agua.

Olor y sabor. Se determina el olor aunque el sabor va en relación a ese parámetro, el olor se agudiza por la putrefacción de algún ser vivo (algas, plancton etc.) la emanación del olor es muy sensible al olfato humano por lo que fácilmente detectamos algún sistema de alcantarillado abierto, o fuga de este.

Turbidez. Al igual el pH es un parámetro de control para los distintos tratamientos de aguas residuales o de potabilización que se esté efectuando. “la turbidez es una medida de interferencia que presenta las partículas en suspensión al paso de la luz” (OPS/CEPIS/PUB/0272. Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua, Lima, 2002). Las partículas más comunes que provocan la turbidez del agua son: lodo, arcilla

pH. Nos permite determinar la acidez y alcalinidad del agua, el rango establecido para el agua residual industrial es de 6,0-9,0. La variación de la concentración del ion hidrogeno dificulta los procesos de tratabilidad. La escala para soluciones son: pH menor a 7 es ácida, mayor a este alcalina, equivalente al punto 7 es neutra.

Sólidos suspendidos. Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica (CRITES, R., & TCHOBANOGLIOUS, G, 2000).

Sólidos Totales. Se conoce como sólidos totales a la materia que se obtiene luego de que el agua ha sido sometida a evaporación (103°C – 105°C), descartando a la materia perdida durante este proceso (CRITES, R., & TCHOBANOGLIOUS, G, 2000).

Temperatura. El agua residual de procesos industriales tiene una temperatura mayor que la de consumo, a temperaturas elevadas genera la aparición y proliferación de algas, hongos y otros microorganismos que incrementa la demanda de oxígeno porque el oxígeno es menos soluble a medida que aumenta la temperatura (PÉREZ.C, Diseño y cálculo del Tratamiento de aguas Residuales Secundario mediante Aireación Prolongada de una EDARU, 2012).

3.2.2.2 *Análisis de las características químicas inorgánicas*

“Ciertos metales pesados presentes en el agua residual como el magnesio plomo, cromo, cinc, cobre, hierro y mercurio son necesarios para la vida biológica, pero a concentraciones muy altas resultan tóxicas, y la acumulación en organismo y microorganismo afectan su ciclo de vida y su ecosistema” (ESPIGRES GARCÍA. M & PÉREZ LÓPEZ. J.A, Aguas Residuales Composición).

Nitrógeno. Es un contribuyente para el agotamiento de oxígeno y la eutrofización de las aguas receptoras cuando su concentración es alta. El nitrógeno presente en el agua residual resiente en forma de urea y proteínas son fácilmente degradados por bacterias transformando en amonio y posteriormente en nitritos y nitratos influenciados por el pH y la temperatura del medio (ESPIGRES GARCÍA. M & PÉREZ LÓPEZ. J.A, Aguas Residuales Composición).

3.2.2.3 *Análisis de las características químicas orgánicas*

Demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅). “Su tiempo de digestión es de 5 días. Se trata de la cantidad necesaria de oxígeno para degradar una muestra mediante procesos estrictamente biológicos. La DBO se emplea fundamentalmente para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente en el agua a tratar, así como para dimensionar la planta y sus instalaciones dando una idea del rendimiento conseguido” (PÉREZ.C, Diseño y cálculo del Tratamiento de aguas Residuales Secundario mediante Aireación Prolongada de una EDARU, 2012).

Demanda química del oxígeno (DQO). “Mide el volumen de sustancias que puede ser oxidada químicamente en una muestra líquida. Hay que destacar que el valor de DQO es mayor a la del DBO ya que vía química se oxidan más componentes que por vía biológica. El tiempo en que tarda su medición es de 3 horas mucho más corto que el DBO de 5 días” (PÉREZ.C, Diseño y cálculo del Tratamiento de aguas Residuales Secundario mediante Aireación Prolongada de una EDARU, 2012)

Tabla 1-3: El índice de biodegradabilidad del agua en relación de DQO/DBO y DBO/ DQO

DQO/DBO			DBO/ DQO	
Compuesto biodegradable-sistema biológico		1,5	Alta biodegradabilidad	$\geq 0,4$
Compuesto moderadamente biodegradable-se considera sistema biológico		2,0	Biodegradable	0,2-0,4
Compuesto no biodegradable-sistema químico		20,0	Poco biodegradable	$\leq 0,2$

Fuente: PÉREZ.C, 2012

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Materias grasas flotantes. Grasa, aceites, alquitranes e hidrocarburos son sustancias que provocan olor y sabor desagradable, ensucian las instalaciones de tratamiento y pueden producir la muerte de seres vivos acuáticos (peces, algas, anfibios etc.) por asfixia (ESPIGRES GARCÍA. M & PÉREZ LÓPEZ. J.A, Aguas Residuales Composición).

Agentes Tensoactivos. Se trata de moléculas de gran tamaño causantes de generar espuma en las plantas de tratamiento y en las superficies de los receptores del efluente residual. La presencia de este parámetro es por el usos de productos de limpieza sin embargo presenta bastante dificultad para descomponer y remover por procesos biológicos (PÉREZ.C, Diseño y cálculo del Tratamiento de aguas Residuales Secundario mediante Aireación Prolongada de una EDARU, 2012).

3.2.3 Sistema de tratamiento

3.2.3.1 Tipos de tratamientos

3.2.3.1.1 Tratamientos Primarios

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí que se conoce también como tratamiento mecánico.

- Remoción de sólidos o cribado

La remoción de los sólidos habitualmente se realiza mediante el cribado. Los sólidos que se remueven son de gran tamaño, por ejemplo, botellas, palos, bolsas, balones, llantas, etc. Con esto se evita tener problemas en la planta de tratamiento de aguas, ya que si no se remueven estos sólidos pueden llegar a tapar tuberías o dañar algún equipo.

- Remoción de arena

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

- Investigación y maceración

El líquido libre de abrasivos es pasado a través de pantallas rotatorias para eliminar material flotante y materia grande como trapos; y partículas pequeñas como chícharos y maíz. Los residuos son recolectados y podrán ser devueltos a la planta de tratamiento de fangos o podrán ser dispuestos al exterior hacia campos o incineración. En la maceración, los sólidos son cortados en partículas pequeñas a través del uso de cuchillos rotatorios montados en un cilindro que gira, es utilizado en plantas que pueden procesar esta basura en partículas. Los maceradores son, sin embargo, más caros de mantener y menos fiables que las pantallas físicas.

- Sedimentación

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden depositarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden elevarse hacia la superficie y allí desnatarse. El propósito principal de

la etapa primaria es producir un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que pueden ser tratados separadamente.

Los tanques primarios de asentamiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogidos hacia una tolva en la base del tanque donde, mediante una bomba, se pueden llevar hacia otras etapas del tratamiento.

3.2.3.1.2 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el cual deriva los desechos orgánicos provenientes de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales utilizan procesos biológicos aeróbicos para este fin.

- Desbaste

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o autolimpiable, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no solo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

- Fangos activados o lodos activados

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven sustancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material.

- Camas filtrantes (camas de oxidación)

En plantas más viejas y plantas receptoras de cargas variables, se utilizan camas filtrantes de goteo, en las que las aguas residuales son rociadas en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón), piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos. Tales medios deben tener altas superficies para soportar las biopelículas que se forman.

La sustancia es distribuida mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. Esta agua distribuida gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie del medio y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y lombrices.

- Placas rotativas y espirales

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolución lenta que son parcialmente sumergidas en las aguas. Se crea un floculo biótico que proporciona el substrato requerido.

- Reactor biológico de cama móvil

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se reúna la biomasa. Esta conversión da como resultado un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- Mantener una alta densidad de población de biomasa
- Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos (MLSS)
- Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos (RAS).

- Filtros aireados biológicos

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoniaco ocurren en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un solo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

- Reactores biológicos de membrana

Reactores biológicos de membrana MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y sólidos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

- Sedimentación secundaria

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.

3.2.3.1.3 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

- Filtración

La filtración de arena retiene gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración retiene las toxinas residuales.

3.2.4 *Estimación del caudal medio teórico*

El sistema de alcantarillado recoge una variedad de aguas residuales procedentes de diversas actividades, el agua residual industrial se considera la de mayor contaminación en el sector ambiental.

Todo proceso industrial necesita la dotación de agua potable para su respectivo para elaboración y transformación de productos comestibles, metálicos, químicas, ganaderos etc. “La dotación de agua para el *consumo industrial*, debe calcularse de acuerdo con la naturaleza de la industria y sus procesos de manufactura y estas deben ser aprobadas por las autoridades sanitarias” (AGUIRRE A, <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoentuberias/dotacionagua/determinaciondeladotaciondeagua.html>, 2017).

- Cálculo del caudal medio teórico aguas residuales industriales, Q_{Im} , en L/

El caudal de agua residual industrial se determina a partir de la superficie destinada a suelo industria o del número de empleados generado por dicha industria y de las dotaciones de consumo industrial.

El número total de empleados en ECUAMATRIZ Cía. Ltda. Es de 157 conformados por 120 operadores, 37 administrativos y 3 guardias.

$$Q_{Im} = \frac{E_h * C_R * D_i}{h_i}$$

Ecuación 1-3

Dónde:

E_h = Número de empleados

D_i = Dotación de agua en la industria

h_i = El número de horas de trabajo al día en la industria

C_R = Coeficiente de retorno en el sector industrial

$$Q_{Im} = 1,55 \text{ L/s}$$

Tabla 2-3: Coeficiente de retorno según el sector industrial

Uso de agua	Coeficiente de retorno
Urbano	0,8
Industrial	0,7-0,95
Agrícola	0,1-0,5
Refrigeración	0,3-1,0
Hidroeléctrico	1,0
Piscifactorías	0,8-1,0
Navegación	1,0
Recreativos	1,0

Fuente: CEDEX 2007

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 3-3: Dotación de agua al sector industrial

Sector industrial	Dotación (m3/emplead. día)
Refino de petróleo	14,8
Química:	
- Fabricación de productos básico, excepto farmacéutico.	16,0
- Resto	5,9
Alimentación:	
- Industria alcoholes, vino y derivados harina	0,5
- Resto	7,5
Papel:	
- Fabricación pasta papel, transformación y cartón	20,3
- Artes gráficas y edición	0,6
Curtidos	3,3
Materiales de construcción	2,7
Transformado de cauchos	1,8
Textil:	
- Textil seco	0,6
- Textil ramo agua	9,2
Transformaciones metálicas	0,6
Resto	0,6

Fuente: CEDEX 2007

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.2.4.1 Estimación del caudal medio por proceso

El número de vaciado se ha realizado por cada etapa de proceso, es decir, por tinas en un periodo de tiempo entre enero hasta agosto. Son datos habilitado por la MEMORIA TÉCNICA DE ECUAMATRIZ Cía. Ltda., 2015.

- Cálculo del caudal en la tina 1 predesengrache, Q_{T1} en L/días

$$Q_{T1} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 2-3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T1} = 46,67 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal en la tina 2 desengrache, Q_{T2} en L/días

$$Q_{T2} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 3- 3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T2} = 6,67 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal en la tina 3 enjuague-desengrache, Q_{T3} en L/días

$$Q_{T3} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 4-3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T3} = 53,33 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal en la tina 4 refinado, Q_{T4} en L/días

$$Q_{T4} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 5-3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T4} = 53,33 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal en la tina 5 Fosfatizado, Q_{T5} en (L/días)

$$Q_{T5} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 4-3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T5} = 6,67 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal en la tina 6 enjuague-Fosfatizado, Q_{T6} en L/días

$$Q_{T6} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 5-3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T6} = 62,5 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal en la tina 7 sellante, Q_{T7} en L/días

$$Q_{T7} = \frac{N_{vaciado} * V_{tina}}{t_{cap}}$$

Ecuación 8-3

Dónde:

$N_{vaciado}$ = Número de veces vaciado

V_{tina} = Volumen de la tina (litros)

t_{cap} = Tiempo de captación (meses)

$$Q_{T7} = 6,67 \text{ L/día}$$

- Cálculo del caudal total del proceso, Q_{TP} en L/s

$$Q_{TP} = (Q_{T1} + Q_{T2} + Q_{T3} + Q_{T4} + Q_{T5} + Q_{T6} + Q_{T7})$$

Ecuación 9-3

Dónde:

Q_{T1} = Caudal en la tina 1 predesengrache (L/días)

Q_{T2} = Caudal en la tina 2 desengrache (L/días)

Q_{T3} = Caudal en la tina 3 enjuague-desengrache (L/días)

Q_{T4} = Caudal en la tina 4 refinado (L/días)

Q_{T5} = Caudal en la tina 5 fosfatizado (L/días)

Q_{T6} = Caudal en la tina 6 fosfatizado (L/días)

Q_{T7} = Caudal en la tina 7 sellante (L/días)

$$Q_{DP} = 235,84 \frac{\text{L}}{\text{días}} * \frac{30\text{día}}{1\text{mes}} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{L}} = 7,0752 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Tabla 4-3: Caudal para el tratamiento básico y ácido

	Unidad	Valor	Para tratamiento de AR básico
Caudal en la tina 1 predesengraxe	L/día	46,67	160,0 L/día
Caudal en la tina 2 desengraxe	L/día	6,67	
Caudal en la tina 3 enjuague-desengraxe	L/día	53,33	
Caudal en la tina 4 refinado	L/día	53,33	
			Para tratamiento de AR ácida
Caudal en la tina 5 Fosfatizado	L/día	6,67	75,84 L/día
Caudal en la tina 6 Fosfatizado	L/día	62,5	
Caudal en la tina 7 sellante	L/día	6,67	
TOTAL			235,84 L/día

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.2.4.2 Estimación de caudal punta

Para el caudal punta se tiene un valor de 1,60 como factor de seguridad. Como nuestra línea de tratamiento son dos, el caudal será de 0,78 L/s para cada línea, sumados el caudal de cada uno según su pH es de $1,85 \times 10^{-3}$ L/s y $8,78 \times 10^{-4}$ L/s para un tratamiento básico-ácido.

- Cálculo de caudal punta básico, $Q_{punta,b}$ en L/s

$$Q_{punta,b} = 1,60 (Q_{Im}) + Q_{basico}$$

Ecuación 10-3

Dónde:

Q_{Im} = Caudal medio teórico (L/s)

Q_{basico} = Caudal medio básico (L/s)

$$Q_{punta,b} = 1,25 \text{ L/s}$$

- Cálculo del caudal punta ácido, $Q_{punta,a}$ en L/s

$$Q_{punta,a} = 1,60 (Q_{Im}) + Q_{ácido}$$

Ecuación 11-3

Dónde:

Q_{Im} = Caudal medio teórico (L/s)

$Q_{ácido}$ = Caudal ácido (L/s)

$$Q_{punta,a} = 1,25 \text{ L/s}$$

$$Q_{punta,a} = 113,76 \text{ L/día}$$

3.2.5 Tratamiento para agua residual básico

3.2.5.1 Dimensionamiento del decantador circular

En el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales el decantador es un elemento fundamental ya que mediante el mismo podemos separar y concentrar los fangos así como los sólidos presentes en el agua residual mediante un proceso de decantación física (<http://www.hidritec.com/hidritec/decantadores>).

El dimensionado de un decantador se realiza a partir del caudal de agua a tratar y las características analizadas del agua. En un decantador se distinguen 4 zonas importantes: entrada, salida, lodos y de sedimentación

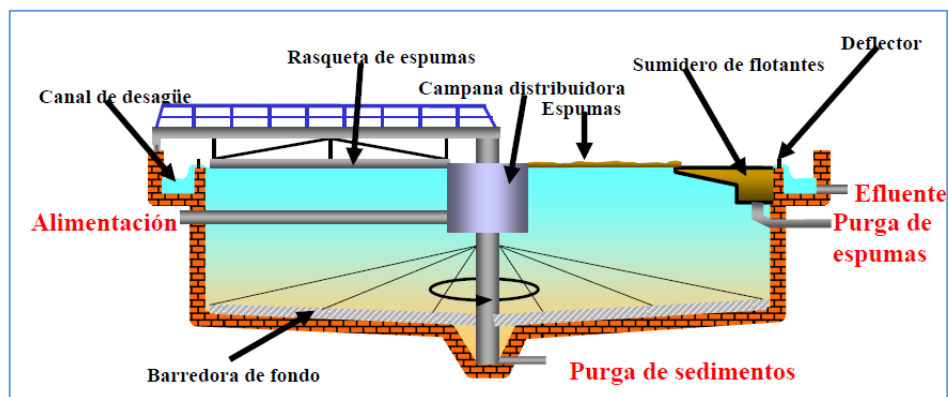


Figura 2-3: Decantador circular

Realizado por: Tirado Mayra, 2017

Fuente: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/material-clase/MC-F-214.pdf> pp.247

El decantador circular se utiliza para tratamientos primarios para eliminar sólidos de suspensión (lodo) así como para eliminar biomasa a salida de digestores de un tratamiento secundario. Los aspectos generales de un decantador circular:

- Son de flujo vertical con barrederas de fondos colector central de sedimentación.
- Tiene rasquetas de espuma con artesa colectora.
- Tiene una campana que tiene como función disminuir el flujo de la corriente (Jiménez, A. Tratamiento primario).

Con todos los aspectos generales analizado procedemos a dimensionar el decantador circular.

- Cálculo de la superficie, S_D en m^2

Caudal punta para el tratamiento básico tiene un valor de 1,25 L/s = 4,5 m³/h y el número de líneas o decantadores es 1.

$$S_D = \frac{Q_{punta,b}/n \text{ líneas}}{v_{ascencial}}$$

Ecuación 12-3

Dónde:

$Q_{punta,b}$ = Caudal punta básico, (m^3/h)

$v_{ascencial}$ = Velocidad ascendente, (m/h) tabla 21-3

$$S_D = 1,80 \text{ m}^2$$

Tabla 5-3: Velocidad ascendente a caudal máximo

Velocidad ascendentes a caudal máximo (m/h)			
Decantación primaria	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	2,0	2,50	3,0

Fuente: Arturo Trapote Jaime, Depuración de aguas residuales urbanas

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del diámetro del decantador, ϕ_D en m

$$\phi_D = \left(\frac{S_D * 4}{\pi} \right)^{0,5}$$

Ecuación 13-3

Dónde:

$S_D =$ Superficie (m^2)

$$\varnothing_D = 1,51 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen del decantador, V_D en m^3

$$V_D = \frac{Q_{punta,b}}{n \text{ línea}} * t_{RD}$$

Ecuación 14-3

Dónde:

$Q_{punta,b} =$ Caudal punta básico, (m^3/h)

$t_{RD} =$ Tiempo de retención (h), tabla 22-3

$$V_D = 9,0 \text{ m}^3$$

Tabla 6-3: Tiempo de retención

Tiempo de retención (h)			
Decantación primaria	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Tiempo de retención a caudal medio	1,50	2,50	3,0
Tiempo de retención a caudal máximo	1,0	1,5	2,0

Fuente: Arturo Trapote Jaume, Depuración de aguas residuales urbanas

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo de la altura del decantador, H_D en m

$$H_D = \frac{V_D}{S_D}$$

Ecuación 15-3

Dónde:

$V_D =$ Volumen del decantador (m^3)

$S_D =$ Superficie (m^2)

$$H_D = 5 \text{ m}$$

- Cálculo de producción de fango, P_{fango} en Kg/día

Tomamos como referencia el rendimiento del autor Jiménez, A. Tratamiento primario de 50-70% para SS.

$$P_{fango} = \frac{Q_{punta,b} * SS_{entrada} * Rdo_{SS}/100}{1000} * 24$$

Ecuación 16-3

Dónde:

$Q_{punta,b}$ = Caudal punta básico, (m^3/h)

$SS_{entrada}$ = Sólidos suspendidos (mg/L); 88,0

Rdo_{SS} = Rendimiento de solidos removidos (%); 70

$$P_{fango} = 6,65 \text{ Kg/día}$$

- Cálculo del caudal del fango, Q_{fancgo} en m^3/h

Los datos para la cantidad de fango generado en el decantador según el autor Jiménez, A. Tratamiento primario puede ser entre 10-30 kg/m³.

$$Q_{fancgo} = \frac{P_{fango}/24}{F_{fango.D}}$$

Ecuación 16-3

Dónde:

P_{fango} = Producción del fango ($Kg/día$)

$F_{fango.D}$ = Cantidad de fango decantado (Kg/m^3)

$$Q_{fancgo} = 0,0092 \text{ m}^3/h$$

- Cálculo de la cantidad de sólidos a la salida del decantador, SS_{salida} en mg/L

$$SS_{salida} = \frac{SS_{entrada} * (100 - Rdo_{SS})}{100}$$

Ecuación 18-3

Dónde:

$SS_{entrada}$ = Cantidad de sólidos a la entrada (mg/L); 88,0

Rdo_{SS} = Rendimiento de sólidos removidos (%); 70,0

$$SS_{salida} = 26,4 \text{ mg/L}$$

- Cálculo de la cantidad de DBO_5 a la salida del decantador, $DBO_{5\text{ salida}}$ en mg/L

Tomamos como referencia el rendimiento del autor Jiménez, A. Tratamiento primario de 10-40% para DBO_5 .

$$DBO_{5\text{ salida}} = \frac{DBO_{5\text{ entrada}} * (100 - Rdo_{DBO_5})}{100}$$

Ecuación 19-3

Dónde:

$DBO_{5\text{ entrada}}$ = Cantidad de DBO_5 a la entrada del decantador (mg/L); 5290,0

Rdo_{DBO_5} = Rendimiento de demanda bioquímica de oxígeno (%); 40,0

$$DBO_{5\text{ salida}} = 3174,0 \text{ mg/L}$$

3.2.5.2 Dimensionamiento de la torre de aireación

La aireación del agua permite reducir contaminantes orgánico e inorgánico por oxidación directa debido al contacto del fluido con el oxígeno del ambiente.

El tratamiento por aireación es un proceso biológico que consigue reducir la cantidad de DBO_5 y DQO concentrada en el agua, éstos se disuelven formando flóculos biológicos para luego ser sedimentada por efecto de gravedad.

Los tipos de aireación convencionales son:

- Aireador por bandejas. La torre está conformada por una serie de bandejas con perforaciones desde la parte superior para colar el agua y tenga ese efecto de caída.

- Aireadores de cascada. La altura total se subdivide en varias caídas y los bordes de los peldaños actúan como agujeros los mismos que producen una lámina de agua que tiene mayor contacto con el aire.

Los criterios de diseño para una torre de aireación por bandejas son adoptadas por los distintos autores y normas, datos que sirve de referencia a la hora de dimensionar.

Los criterios de diseño están sustentado por normas nacionales e internacionales en conjunto con las diferentes organizaciones;

AWWA - American Water Works Association o Asociación americana de obras hidráulicas.

ASCC - Alaska Systems Coordinating Council o Consejo de Coordinación de Sistemas de Alaska

NETTO - Regula cantidad y calidad del agua a tratar en los distintos sistema de tratamiento.

RAS - Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (Tratamiento de aguas residuales, Bogota, 2000).

CEPIS/OPS – Organización Panamericana de Salud, Rojas, R. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Curso internacional.

Tabla 7-3: Criterios de diseño para la torre de aireación

Criterio	n Bandejas	Separación entre bandejas h (m)	Lecho de contacto		Perforaciones		Profundidad del agua	CH (m ³ /m ² .día)
			Altura (m)	Φ (m)	Φ (m)	Separación (m)		
ASCC- AWWA- CSSE	3-9	0,30-0,75						550-1800
INSFOPAL- AWWA	3-5	0,30-0,75	0,20- 0,30	5,15	3/16”- 1/4”	2,5		300-900
AEVED O NETTO	4	0,40-0,60						300-900
RAS 2000	3-5	0,30-0,75	0,15- 0,30	5,0- 15,0			0,15	>100,0
OTROS	>3	<0,30	0,15- 0,30	4,0- 15,0	3/16”- 1/2”	2,5-7,5		

Fuente: Villegas (PURIFICACIÓN DE AGUA, AIREACIÓN)

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del área total de las bandejas, A_{TB} en m^2

Según RAS para una torre de aireación de 4-5 bandejas la carga hidráulica puede ser $<100 m^3/m^2 \text{ día}$.

$$A_{TB} = \frac{Q_{punta,b}}{C_H}$$

Ecuación 20-3

Dónde:

$Q_{punta,b}$ = Caudal punta básica ($m^3/\text{día}$)

C_H = Carga hidráulica ($m^3/m^2 \cdot \text{día}$)

$$A_{TB} = 1,44 m^2$$

- Cálculo del tiempo de retención, t en s

El número de bandejas según datos bibliográficos de RAS tomamos de 5 unidades. Separación entre cada bandeja de 0,30 m - 0,75m según la norma NTE INEN, 2012 y RAS.

$$n_B = t * \sqrt{\frac{g}{2 * e_{CB}}}$$

Ecuación 21-3

$$t = \frac{n_B}{\sqrt{\frac{g}{2 * e_{CB}}}}$$

Dónde:

g = Gravedad (m/s^2)

e_{CB} = Espacio entre cada bandeja (m)

n_B = Número de bandejas (*unidades*)

$$t = 1,60 s$$

- Cálculo del área de cada bandeja, A_{CB} en m^2

$$A_{CB} = \frac{A_{TB}}{n_B}$$

Ecuación 22-3

Dónde:

n_B = Número de bandejas (*unidades*)

A_{TB} = Área total de las bandejas (m^2)

$$A_{CB} = 0,29 m^2$$

- Cálculo largo y ancho de cada bandeja, L_{CB} y a_{CB} en m

$$A_{CB} = L_{CB} * a_{CB}; L_{CB} = a_{CB}, \quad \text{entonces}$$

$$A_{CB} = L_{CB} * L_{CB}$$

$$A_{CB} = L_{CB}^2$$

$$L_{CB} = \sqrt{A_{CB}}$$

Ecuación 23-3

Dónde:

A_{CB} = Área de cada bandeja (m^2)

$$L_{CB} = \sqrt{0,29 m^2}$$

$$L_{CB} = 0,54 m = 54 cm$$

$$a_{CB} = 0,54 m = 54 cm$$

- Cálculo del área de cada orificio, $A_{orificios}$ en m^2

El diámetro de cada orificio es un valor asumido bajo referencias bibliográficas. 3/16 pulg.

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

Ecuación 24-3

Dónde:

D = Diámetro del orificio (m)

$$A_{orificios} = 1,78 \times 10^{-5} m^2$$

- Cálculo del caudal que pasa por la bandeja, $Q_{bandejas}$ en L/s

Profundidad de la bandeja 0,20 m de acuerdo a los parámetros sugeridos por NTE INEN, 2012.

$$Q_{bandejas} = L_{CB} * A_{orificio} * \sqrt{2xg x h_{bandeja}}$$

Ecuación 25-3

Dónde:

$A_{orificios}$ = Área de cada orificio (m^2)

L_{CB} = Largo de la bandeja (m)

$h_{bandeja}$ = Profundidad de la bandeja (m)

$$Q_{bandejas} = 1,90 \times 10^{-5} m^3/s = 0,019 L/s$$

- Cálculo del número de perforaciones, Np en unidades

$$Np = \frac{Q_{punta,b}}{Q_{bandejas}}$$

Ecuación 26-3

Dónde:

$Q_{punta,b}$ = Caudal punta básica (L/s)

$Q_{bandejas}$ = Caudal que pasa por la bandeja (L/s)

$$Np = 65,63 \pm 1 \text{ unidades}$$

El número de perforaciones será de 66 oficios, ubicados 8 columnas y 8 filas en toda la bandeja.

3.2.6 Tratamiento para aguas residuales ácidas

3.2.6.1 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento tiene como función la de acumular agua residual para complementar las 2 líneas de tratamiento y hacer un proceso igualitaria unificando el agua residual al final del tratamiento.

- Cálculo del volumen del tanque, V_{TA} en m^3

El tanque de almacenamiento para el agua residual ácida tiene un caudal 1,25 L/s o 108 m³/día que ingresara durante los 3 días que tarda el tratamiento básico para al final unificar estas aguas.

$$V_{TA} = Q_{punta,a} * t_r$$

Ecuación 27-3

Dónde:

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta acido ($m^3/día$)

t_r = Tiempo de retención ($día$)

$$V_{TA} = 324 m^3$$

- Cálculo del área del tanque, A_{TA} , en m^2

Asumimos 5 m para la altura del tanque.

$$A_{TA} = \frac{V_{TA}}{H_{TA}}$$

Ecuación 28-3

Dónde:

V_{TA} = Volumen del tanque (m^3)

H_{TA} = Altura del tanque (m)

$$A_{TA} = 64,8 m^2$$

- Cálculo del ancho del tanque, B_{TA} en m

Su geometría estructural es cuadrada por tanto su cálculo será:

$$B_{TA} = \frac{A_{TA}}{H_{TA}}$$

Ecuación 29-3

Dónde

A_{TA} = Área del tanque (m^2)

H_{TA} = Altura del tanque (m)

$$B_{TA} = 12,96 m$$

- Cálculo de la longitud del tanque, L_{TA} en m

$$L_{TA} = \frac{V_{TA}}{B_{TA} * H_{TA}}$$

Ecuación 30-3

Dónde:

V_{TA} = Volumen del tanque (m^3)

H_{TA} = Altura del tanque (m)

B_{TA} = Ancho del tanque (m^2)

$$L_{TA} = 5,0 m$$

3.2.6.2 *Dimensionamiento de un canal de entrada*

El tipo de canal dimensionado es, un canal abierto con superficie libre sometida a la presión atmosférica.

Su estructura se asemeja a figuras geométricas; rectangulares, triangulares, circulares etc. Las condiciones permiten receptor el agua para controlar la velocidad de flujo y el cual servirá para un proceso químico.

- Cálculo del radio hidráulico, RH en m

Se asume dimensiones estructurales para el canal de entrada

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Ecuación 31-3

Dónde:

h = Altura del agua en el canal (m); 0,60

b = Ancho del canal (m); 0,50

$$RH = 0,18m$$

- Cálculo de la velocidad de flujo, v en m/s

Una pendiente de 0,02 % y un coeficiente de Manning 0,013.

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación 32-3

Dónde:

RH = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (%)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

$$v = 0,35 \text{ m/s}$$

Tabla 8-3: Coeficiente de Manning

Material	Coeficiente de Manning
Hormigón simple	0,013
Asbesto cemento	0,011
Latón	0,011
Hierro fundido	0,012
Acero corrugado	0,022
Acero galvanizado	0,016
Plomo	0,011
Plástico (PVC)	0,090
Madera (duelas)	0,012

Fuente: Crites & Tchobanoglous, 2000

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del área de la sección transversal del canal, A en m^2

$$A = \frac{Q_{punta,a}}{v}$$

Ecuación 33-3

Dónde:

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta acido (m^3/s)

v = Velocidad media del canal (m/s)

$$A = 0,0036 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la altura máxima del agua, $h_{max.a}$ en m

$$h = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 34-3

Dónde:

$h_{max.a}$ = Altura máxima del agua en el canal (m)

A = Área del canal (m^2)

b = Ancho del canal (m)

$$h_{max.a} = 0,042 \text{ m}$$

3.2.6.3 Dimensionamiento de un floculador horizontal hidráulico

Los floculadores hidráulicos son muy convencionales que los mecánicos por razones económicos, estos floculadores aprovechan la energía necesaria para la mezcla de la carga de velocidad con la que entra el agua a la unidad.

El movimiento del agua es en sentido horizontal a través de los tabiques consecutivos con una velocidad de flujo fija, la implementación de floculadores hidráulicos son recomendados para caudales menor 100 L/s.

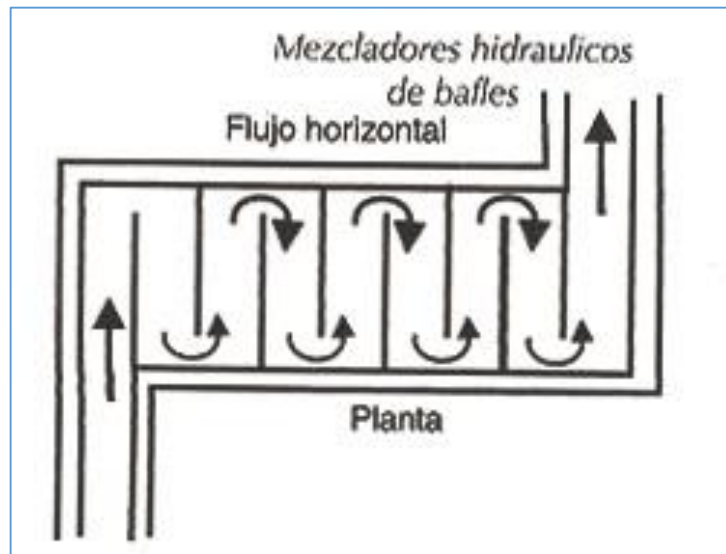


Figura 3-3: Floculador horizontal hidráulico

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 9-3: Criterios de diseño para floculadores hidráulicos de tabique

Criterios	G (s ⁻¹)	T (min)	G _t	V(m/s)	h _T	G (s ⁻¹)
RAS 2000	20-70	20-30	20-70	0,20 – 0,60	-	20-70
Awwa	5-100	10-60	30000	0,09 – 0,30	-	-
Arboleda	10 – 100	15 – 20	-	0,10 – 0,60	-	-
Cepis	10 – 100	10-60	-			

Fuente: Villegas, M. Purificación de aguas, Floculadores

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del área de la sección transversal del floculador, A_{FH} en m^2

$$A_{FH} = \frac{Q_{punta,a}}{v}$$

Ecuación 35-3

Dónde:

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

v = Velocidad de flujo (m/s)

$$A_{FH} = 0,013 m^2$$

- Cálculo de la profundidad del agua en el floculador, H_{agua} en m

Espacio entre tabiques asumimos un valor de 0,13 m o 13 cm. Asumido de acuerdo a las necesidades de nuestro cálculo.

$$H_{agua} = \frac{A_{FH}}{a}$$

Ecuación 36-3

Dónde:

A_{FH} = Área de la sección transversal del floculador, (m^2)

a = Espacio entre tabiques (m)

$$H_{agua} = 0,10 m = 10 cm \text{ de altura del agua}$$

La altura del floculador es de 0,80 m, 0,13 m entre tabiques.

- Cálculo del espacio entre tabiques y la pared del floculador, e en m

$$e = 1,5 * a$$

Ecuación 37-3

Dónde:

a = Espacio entre tabiques (m)

$$e = 0,20 m$$

- Cálculo del ancho del floculador, B_{FH} en m

Acho útil de la lámina 1,22 m.

$$B_{FH} = 3b_{ac} + e$$

Ecuación 38-3

Dónde:

b_{ac} = Ancho útil de la lámina del tabique (m)

e = Espacio entre tabique y la pared del floculador (m)

$$B_{FH} = 3,86 m$$

- Cálculo de la longitud del tabique, $L_{tabique}$, en m

$$L_{tabique} = B_{FH} - e$$

Ecuación 39-3

Dónde:

B_{FH} = Ancho del floculado (m)

e = Espacio entre tabique y la pared del floculador (m)

$$L_{tabique} = 3,66 m$$

- Cálculo de la distancia total recorrida por el agua, $L_{recorrido}$ en m

El tiempo de retención es de 20 min según RAS.

$$L_{recorrido} = v * tr$$

Ecuación 40-3

Dónde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

tr = tiempo de retención (s)

$$L_{recorrido} = 120 m$$

- Cálculo del número de tabiques, $N_{tabiques}$ en unidades

$$N_{tabiques} = \frac{L_{recorrido}}{B_{FH}}$$

Ecuación 41-3

Dónde:

$L_{recorrido}$ = Distancia total recorrido por el agua (m)

B_{FH} = Ancho del floculado (m)

$$N_{tabiques} = 31,08 m \pm 1 unidades$$

- Cálculo de la longitud del floculador, L_{FH} en m

El aspensor del tabique o lámina tomamos un valor de 1,5 cm.

$$L_{FH} = N_{tabiques} * (a + es)$$

Ecuación 42-3

Dónde:

es = Espesor de la lámina (m)

$N_{tabiques}$ = Número de tabiques (*unidades*)

a = Espacio entre tabiques (m)

$$L_{FH} = 4,66 m$$

- Cálculo del volumen del floculador, V_{FH} en m^3

$$V_{FH} = L_{FH} * B_{FH} * H_{FH}$$

Ecuación 43-3

Dónde:

L_{FH} = Longitud del floculador (m)

B_{FH} = Ancho del floculado (m)

H_{FH} = Profundidad del floculador (m)

$$V_{FH} = 13,90 m^3$$

- Cálculo del perímetro mojado, P en m

$$P = 2 H_{FH} + a$$

Ecuación 44-3

Dónde:

H_{FH} = Profundidad del floculador (m)

a = Espacio entre tabiques (m)

$$P = 0,21 m$$

- Cálculo del radio hidráulico en el tramo, R_H en m

$$R_H = \frac{A_{FH}}{P}$$

Ecuación 45-3

Dónde:

A_{FH} = Área de la sección transversal del floculador, (m^2)

P = Perímetro mojado (m)

$$R_H = 0,06 m$$

- Cálculo de pérdida de carga en las vueltas, h_{c1} en m

El coeficiente de pérdida de carga en las vueltas varía de 2 a 4 siendo su valor usual 3.

$$h_{c1} = \frac{kv^2(N_{tabiques} - 1)}{2g}$$

Ecuación 46-3

Dónde:

k = Coeficiente de pérdida carga (*adimensional*)

$N_{tabiques}$ = Número de tabiques (*unidades*)

v = Velocidad del flujo de agua (m/s)

$$h_{c1} = 0,46 m$$

- Cálculo de pérdida carga en el tramo de los tabiques

El coeficiente de fricción de Manning $n=0,035$.

$$h_{c2} = \frac{(nv)^2}{R_H^{2/3}} * L_{FH}$$

Ecuación 47-3

Dónde:

L_{FH} = Longitud del floculador (m)

R_H = Radio hidráulico en el tramo (m)

v = Velocidad del flujo de agua (m/s)

n = Coeficiente de fricción de manning (adimensional)

$$h_{c2} = 0,06 \text{ m}$$

3.2.6.4 Dimensionamiento de un sedimentador rectangular convencional

Luego de un proceso químico de coagulación y floculación lo que prosigue es separar las partículas floculantes que se encuentran suspendidas en el agua. Se puede realizar de tres formas: sedimentación, filtración o la combinación de ambas.

Los sedimentadores rectangulares en general son de flujo horizontal por lo que la masa líquida va de un punto a otro con una velocidad, y las partículas aglomeradas caen con otra velocidad (<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/002320/002320-05a.pdf>).

La velocidad horizontal del flujo, por diseño debe ser inferior a la velocidad con que se depositan partículas (flocs), para que puedan depositarse y no sean arrastradas (http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf).

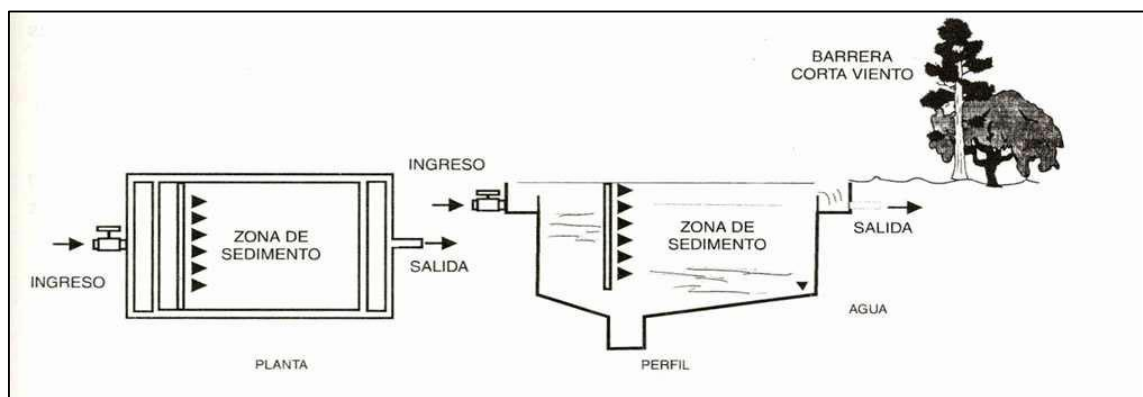


Figura 4-3: Sedimentadores convencional.

Fuente: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html

Con la sedimentación se produce la clarificación del agua complementando con la filtración que separa las partículas más densas próximas al del agua. Las cuatro zonas más comprendidas son:

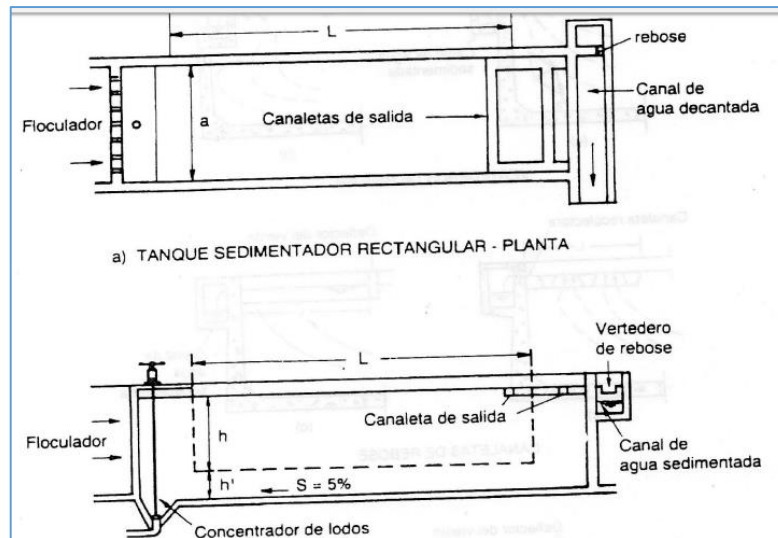


Figura 5-3: Estructura de un sedimentador

Fuente: https://virtual.unet.edu.ve/pluginfile.php/307939/mod_resource/content/1/SEDIMENTADORES.pdf

“Zona de entrada: Distribuye el flujo proveniente de los flocladores de forma que la velocidad sea uniforme en toda la sección transversal.

Zona de sedimentación: Zona cuyo régimen de flujo y el área superficial permite la sedimentación de las partículas de diseño y las de velocidades iguales o mayores a esta.

Zona de lodo: Utilizada para almacenar lodos hasta el momento que se retiren del sedimentador.

Zona de salida: Recoge uniformemente el flujo de salida de forma que la velocidad no varíe a lo ancho de sedimentador” (http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf).

- Cálculo de la altura del sedimentador, H_{SC} en m

La velocidad de flujo para el sedimentador es de 0,020cm/s. Como tenemos un caudal punta de 1,25 L/s nuestro valor para el tiempo de retención será 2,0 h.

$$H_{SC} = v_{SC} * t_{SC}$$

Ecuación 48-3

Dónde:

v_{SC} = Velocidad de sedimentación

t_{SC} = Tiempo de retención (h), Tabla 26-3

$$H_{SC} = 1,44 \text{ m}$$

Tabla 10 -3: Criterios de diseño para un sedimentador

Tiempo de retención	Valor mínimo (h)	Valor típico (h)	Valor máximo (h)
Caudal medio	1,5	2,00	3,00
Caudal máximo	1,0	1,5	2,0

Realizado por: TIRADO Mayra, 2017

- Cálculo del área del sedimentador, A_{SC} en m

$$A_{SC} = \frac{Q_{punta,a}}{v_{SC}}$$

Ecuación 49-3

Dónde:

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

v_{SC} = Velocidad de flujo a la que entra el agua al sedimentador (m/s)

$$A_{SC} = 6,25 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del sedimentador, b_{SC} en m

$$b_{SC} = \sqrt{\frac{A_{SC}}{3}}$$

Ecuación 50-3

Dónde:

A_{SC} = Área del sedimentador (m^2)

$$b_{SC} = 1,44 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del sedimentador, L_{SC} en m

$$L_{SC} = \frac{A_{SC}}{b_{SC}}$$

Ecuación 51-3

Dónde:

b_{SC} = Ancho del sedimentador (m)

A_{SC} = Área del sedimentador (m^2)

$$L_{SC} = 3,34 m$$

- Cálculo de la longitud total del sedimentador, L_{TSC} en m

El ancho de zona de entrada se establece de 0,70-1 m OPS/CEPIS/05.158 UNATSABAR.

$$L_{TSC} = L_{SC} + b_{z.lodos}$$

Ecuación 52-3

Dónde:

$b_{z.lodos}$ = Ancho de zona de entrada (m)

L_{TSC} = Longitud del sedimentador (m)

$$L_{TSC} = 4,04 m$$

- Cálculo de la altura total del sedimentador, H_{TSC} en m

El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para el deslizamiento de lodos, la altura total del sedimentador está en relación al pendiente de 10% (OPS/CEPIS).

$$H_{TSC} = H_{SC} + 0,10 L_{TSC}$$

Dónde:

L_{TSC} = Longitud total del sedimentador (m)

$$H_{TSC} = 1,84 m$$

- Cálculo de la velocidad a la que sale el agua del sedimentador, v_{final} en m

$$v_{final} = \frac{Q_{punta,a}}{b_{SC} * H_{SC}}$$

Ecuación 53-3

Dónde:

b_{SC} = Ancho del sedimentador (m)

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

H_{SC} = Altura del sedimentador (m)

$$v_{final} = 0,000603 \text{ m/s}$$

- Cálculo de la altura del agua, h_v en m

$$h_v = \left(\frac{Q_{punta,a}}{1,84 * b_{SC}} \right)^{2/3}$$

Ecuación 54-3

Dónde:

b_{SC} = Ancho del sedimentador (m)

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

$$h_v = 0,00606 \text{ m} = 0,61 \text{ cm}$$

- Dimensiones para una pantalla deflectora
- Cálculo de área total del orificio, A_{to} en m^2

La velocidad entre los orificios debe ser $< 0,15 \text{ m/s}$ (UNATSABAR, 2005).

$$A_{op} = \frac{Q_{punta,a}}{v_{osc}}$$

Ecuación 55-3

Dónde:

v_{osc} = Velocidad en los orificios (m/s)

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

$$A_{to} = 0,025 \text{ m}^2$$

- Cálculo del área de cada orificio, A_{oi} en m^2

El diámetro de cada orificio es de 0,03 m.

$$A_{oi} = \pi \left(\frac{D_{osc}}{2} \right)^2$$

Ecuación 56-3

Dónde:

D_{osc} = Diámetro de cada orificio (m)

$$A_{oi} = 0,00071 \text{ m}^2$$

- Cálculo del número de orificios, n_{of} en unidades

$$n_{of} = \frac{A_{op}}{A_{oi}}$$

Ecuación 57-3

Dónde:

A_{op} = Área total del orificio (m^2)

A_{oi} = Área de cada orificio (m^2)

$$n_{of} = 35,21 \text{ unidades} \pm 1,5 \text{ horizontales y 7 verticales}$$

- Cálculo de la altura de la pantalla H_{ps} en m

La altura de la pantalla deflectora es la diferencia de la altura del sedimentador con respecto a la posición que debe estar la pantalla ($1/5H$ en cada extremo).

$$H_{ps} = H_{SC} - \frac{1}{5} * 2$$

Ecuación 58-3

Dónde:

H_{SC} = Altura del sedimentador (m)

$$H_{ps} = 1,04 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia entre filas ϕ_{sc} en m

$$\phi_{sc} = \frac{H_{ps}}{n_f}$$

Ecuación 59-3

Dónde:

H_{ps} = Altura de la pantalla (m)

n_f = Número de filas (*unidades*)

$$\phi_{sc} = 0,35 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia entre columnas ϕ_{ec} en m

$$\phi_{ec} = \frac{H_{ps}}{n_c}$$

Ecuación 60-3

Dónde:

H_{ps} = Altura de la pantalla (m)

n_c = Número de columnas (*unidades*)

$$\phi_{ec} = 0,25 \text{ m}$$

3.2.7 Dimensionamiento para el tratamiento con agua unificada

3.2.7.1 Dimensionamiento de un sedimentador circular

Un sedimentador circular tiene la misma función que un sedimentador rectangular. Los tanques de sedimentación circular utilizan mecanismos rotatorios para el transporte y la evacuación del fango. Esta unidad es útil para unificar nuestra provenientes de dos líneas de tratamiento donde se aplicara ácido sulfúrico un regulador de pH luego ser filtrada.

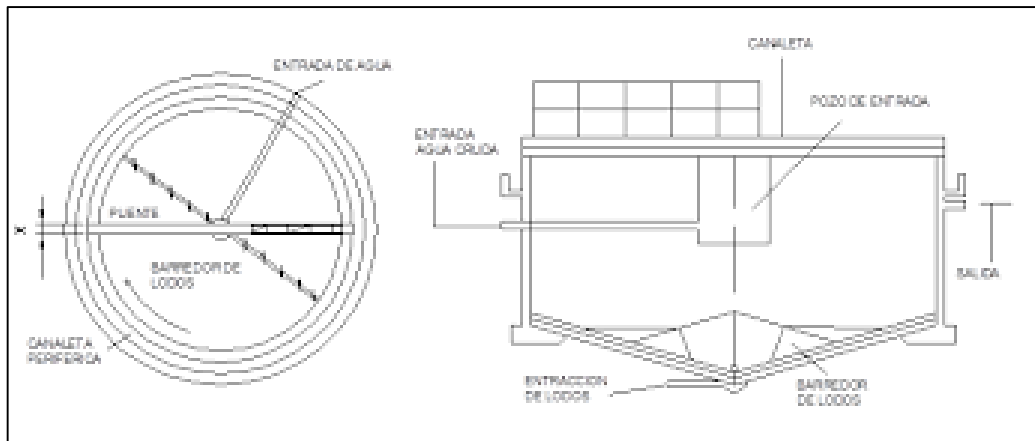


Figura 6-3: Sedimentador circular

Fuente: <http://pumpstubos.blogspot.com/2014/03/sedimentador-de-flujo-horizontal.html>

- Cálculo del área del tanque sedimentador circular, A_{Scr} en m^2

Para sedimentadores circulares la carga superficial tiene un valor típico de $100 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$ sugeridos por la autoría de Metcalf & Eddy. El caudal punta total es $2,5 \text{ L/s}$ o $216 \text{ m}^3/\text{día}$.

$$A_{Scr} = \frac{Q_{punta\ total}}{C_S}$$

Ecuación 61-3

Dónde:

$Q_{punta\ total}$ = Caudal punta total ($\text{m}^3/\text{día}$)

C_S = Carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{día}$)

$$A_{Scr} = 2,16 \text{ m}^2$$

Tabla 11-3: Criterios de diseño para un sedimentador

Características	Intervalo	Valor típico
Sedimentación primaria seguida del tratamiento secundario:		
Tiempo de retención, h	1,5-2,5	2
Carga de superficie, $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{día}$		
A caudal medio	30-50	40
A caudal punta	80-120	100

Carga sobre vertedero, m³/m²*día	125-500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, h	1,5-2,5	2
Carga de superficie, m³/m²*día		
A caudal medio	24-32	40
A caudal punta	48-70	60
Carga sobre vertedero, m³/m²*día	125-500	250

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del radio del tanque sedimentador circular, rs en m

$$A_{scr} = \pi * rs^2$$

Ecuación 62-3

Dónde:

rs = Radio del sedimentador circular (m)

A_{scr} = Área del sedimentador circular (m^2)

$$rs = \sqrt{\frac{A_{scr}}{\pi}}$$

$$rs = \sqrt{\frac{2,16 m^2}{\pi}}$$

$$rs = 0,83 m$$

- Cálculo del diámetro del tanque sedimentador circular, $\emptyset s$ en m

$$\emptyset s = 2 * rs$$

Ecuación 63-3

Dónde:

rs = Radio del sedimentador circular (m)

$$\emptyset s = 1,66 m$$

- Cálculo del volumen del tanque sedimentador circular, V_{scr} en m^3

Los datos bibliográficos de Metcalf & Eddy sugiere una profundidad de 3,6 m de profundidad para un sedimentador circular.

$$V_{SCR} = A_{SCR} * h_{SCR}$$

Ecuación 64-3

Dónde:

A_{SCR} = Área del sedimentador circular (m^2)

h_{SCR} = Profundidad del tanque sedimentador circular (m)

$$V_{SCR} = 7,78 m^3$$

Tabla 12-3: Criterios de diseño para un sedimentador circular

Parámetro	Unidades	Intervalo	Valor usual
Sedimentador rectangular			
Profundidad	M	3-4,5	3,6
Longitud	M	15-90	25-40
Ancho	M	3-25	5-10
Velocidad de barredores	m/s	0,6-1,2	0,9
Sedimentador circular			
Profundidad	M	3-4,5	3,6
Longitud	M	3-60	12,45
Pendiente de la solera	mm/m	6,25-16	8
Velocidad de barredores	m/s	0,02-0,05	0,03

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del reparto central en tanque sedimentador circular, R_{SCR} en m

$$R_{SCR} = 0,25 * \phi s$$

Ecuación 65-3

Dónde:

ϕs = Diámetro del tanque sedimentador circular (m)

$$R_{Scr} = 0,42 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura de reparto, H_{RSC} en m

La altura de reparto es de 1/3 - 1/5.

$$H_{RSC} = \frac{1}{5} * \phi_s$$

Ecuación 66-3

Dónde:

ϕ_s = Diámetro del tanque sedimentador circular (m)

$$H_{RSC} = 0,33 \text{ m}$$

- Cálculo del tiempo de retención, T_{Scr} en h

El caudal máximo de diseño es 2,5 L/s o 9 m³/h

$$T_{Scr} = \frac{V_{Scr}}{Q_{punta \text{ total}}}$$

Ecuación 67-3

Dónde:

V_{Scr} = Volumen del tanque sedimentador circular (m³)

$Q_{punta \text{ total}}$ = Caudal punta total (m³/h)

$$T_{Scr} = 0,86 \text{ h}$$

- Cálculo de carga sobre vertederos de salida, C_{Vs} en m³/m.día

El caudal máximo de diseño es 2,5 L/s o 216 m³/día.

$$C_{Vs} = \frac{Q_{punta \text{ total}}}{\pi * \phi_s}$$

Ecuación 68-3

Dónde:

ϕ_s = Diámetro del tanque sedimentador circular(m)

$Q_{punta \text{ total}}$ = Caudal punta total (m³/días)

$$C_{Vs} = 41,42 \text{ m}^3/\text{m. día}$$

3.2.7.2 Dimensionamiento de un filtro circular con flujo ascendente

La filtración convencional utiliza como medio filtrante un medio poroso formado por material granular (grava, arena, antracita, etc.). El líquido a filtrar se hace pasar a través del lecho poroso, por gravedad o mediante presión, quedando los sólidos atrapados en los espacios intersticiales que quedan entre las partículas que conforman el lecho filtrante (<http://blog.condorchem.com/tag/filtracion/>).

“Los sólidos removidos del agua son retenidos en el lecho del filtro, los mismos deben ser removidos cuando se realiza el lavado en contra corriente, mediante el proceso de drenado por el fondo falso” (C.A.S.A, 2016).

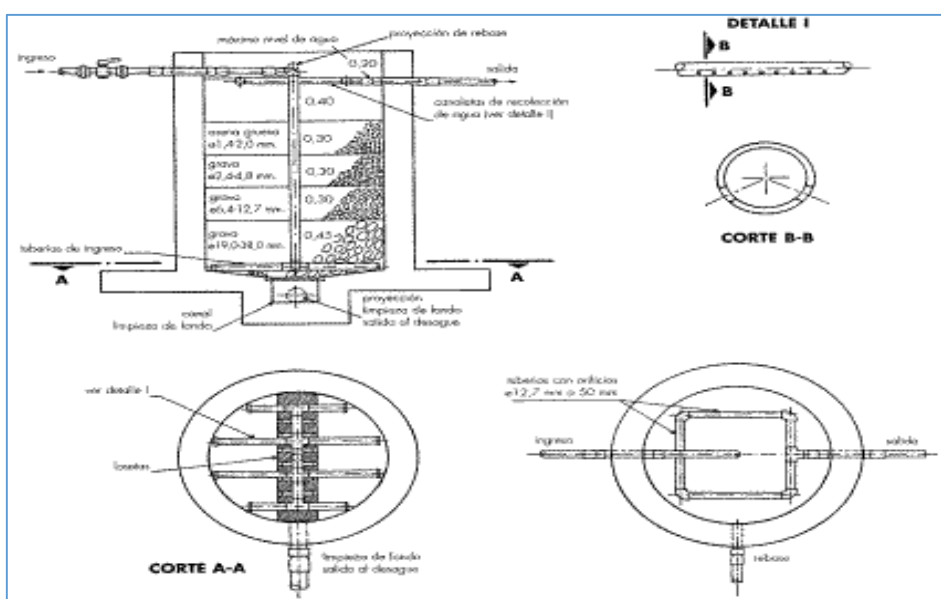


Figura 7-3: Filtros circulares

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/lenta1.html>

- Cálculo del área del filtro ascendente, A_{Fa} en m^2

El autor CÉSAR MARRON, LIMA, 1999 sugiere una velocidad de filtración 1-1,5 m/h. Y el caudal de diseño es de 2,5 L/s o 9 m³/h.

$$A_{Fa} = \frac{Q_{punta\ total}}{n_{Fa} * v_{Fa}}$$

Ecuación 69-3

Dónde:

$Q_{punta\ total}$ = Caudal punta total (m^3/h)

n_{Fa} = Número de filtros (*unidades*)

v_{Fa} = Velocidad de filtración (m/h)

$$A_{Fa} = 6\ m^2$$

- Cálculo del diámetro del filtro ascendente, D_{Fa} en m

$$D_{Fa} = \sqrt{\frac{4 * A_{Fa}}{\pi}}$$

Ecuación 70-3

Dónde:

A_{Fa} = Área del filtro (m^2)

$$D_{Fa} = 2,76\ m$$

- Cálculo del radio del filtro ascendente, r_{Fa} en m

$$r_{Fa} = \sqrt{\frac{A_{Fa}}{\pi}}$$

Ecuación 71-3

Dónde:

A_{Fa} = Área del filtro (m^2)

$$r_{Fa} = 1,38\ m$$

- Cálculo de la altura del filtro h_{FS} en m

La altura del filtro es conformada por las distintas composiciones del lecho filtrante basados en la fuente bibliografía de CÉSAR MARRON, LIMA, 1999.

$$h_{FS} = F_S(h_{agua} + h_{borde.agua} + h_{lecho.f} + h_{grava} + h_{grava\ fina} + h_{drenaje})$$

Ecuación 72-3

Dónde: F_s = Factor de seguridad (%); 10 h_{agua} = Altura de la capa de agua sobrenadante (m); 0,40 $h_{borde.agua}$ = Altura del borde libre (m); 0,25 $h_{lecho.f}$ = Altura del lecho filtrante (m); 0,90 h_{grava} = Altura de grava (m); 0,15 $h_{grava\ fina}$ = Altura de soporte de grava (m); 0,10 $h_{drenaje}$ = Altura del lecho de soporte para el drenaje (m); 0,15

$$h_{Fs} = 1,95$$

Tabla 13-3: Criterios de diseño para un lecho poroso

Parámetro	Valor
Primera capa: Grava	
Tamaño (cm)	1,0-1,5
Espesor de la capa (cm)	10,0
Segunda capa: Grava fina	
Tamaño (cm)	0,5-1,0
Espesor de la capa (cm)	10,0
Tercera capa: Arena fina	
Tamaño (mm)	0,3-1,0
Espesor de la capa (cm)	90 mínimo
Altura del borde libre (cm)	20,-40,0
Altura del agua sobre la superficie de lecho (cm)	$\geq 40,0$
Pendiente del fondo del lecho (%)	$\geq 12,5$
Separación de las losas/ladrillos (cm)	2,0-3,0
Ancho de las losas/ladrillos (cm)	10,0-15,0
Velocidad de descarga de lavado (m/s)	0,02
Velocidad en el canal de lavado (m/s)	1-1,5

Fuente: (Marron, 1999)

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Dimensiones para el sistema de drenaje
- Cálculo del número de laterales perforadas, N_L en unidades

La distancia entre laterales, se asume un valor de 0,70 m.

$$N_L = \frac{2D_{Fs}}{S_{EL}}$$

Ecuación 73-3

Dónde:

D_{Fs} = Diámetro del filtro (m)

S_{EL} = Separación entre laterales (m)

$$N_L = 5,57 \pm 1 \text{ unidades}$$

Tabla 14-3: Criterios de diseño para el sistema de drenaje

Parámetro	Valor
Separación de los laterales (cm)	1,0-2
Diámetros de los orificios laterales (cm)	6,5-15,8
Espaciamiento de los orificios de laterales (cm)	7,5-25
Altura entre tubo y fondo del filtro (cm)	3,5

Fuente: (ROMERO, 2002)

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

- Cálculo del área de los orificios laterales, A_{oLS} en m^2

El agua atraviesa de la zona de filtración de forma ascendentes es recogida por la tubería de salida, que tiene un orificio de 12,7 mm a 50 mm de diámetro de centro a centro, se sugiere que sea de mayor tamaño para facilitar la salida del agua.

$$A_{oLS} = \frac{\pi D_{oLS}^2}{4}$$

Ecuación 74-3

Dónde:

D_{oLS} = Diámetro de orificio (m)

$$A_{oLS} = 1,78 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del caudal en cada orificio, Q_{os} en m^3/s

$$Q_{os} = A_{os} * v_{os}$$

Ecuación 75-3

Dónde:

A_{os} = Área de los orificios laterales (m^2)

v_{os} = Velocidad de mínimo en los orificios (m/s)

$$Q_o = 0,0022 \text{ m}^3/s$$

Tabla 15-3: Criterios de diseño para tuberías

Parámetro	Valor (m/s)
Velocidad de diseño (afluente)	0,3-12
Velocidad de diseño (efluente)	0,9-1,8

Fuente: (ROMERO, 2002)

- Dimensionamiento de sistemas de lavado de filtro
- Cálculo del caudal de lavado, Q_{lavado} en m^3/s

$$Q_{lavado} = A_{Fa} * v_{lavado}$$

Ecuación 76-3

Dónde:

A_{Fa} = Área del filtro (m^2)

v_{lavado} = Velocidad de lavado (m/s)

$$Q_{lavado} = 0,06 \text{ m}^3/s = 60 \text{ L/s}$$

- Cálculo del área de canal, A_{CL} en m^2

$$A_{CL} = \frac{Q_{lavado}}{v_{CD}}$$

Ecuación 77-3

Dónde:

Q_{lavado} = Caudal de lavado (m^3/s)

v_{CD} = Velocidad en el canal de descarga (m/s)

$$A_{CL} = 0,04 m^2$$

- Cálculo del ancho del canal de lavado, b_{CL} en m

$$b_{CL} = \sqrt{A_{CL}}$$

Ecuación 78-3

Dónde:

A_{CL} = Área del canal de lavado (m^2)

$$b_{CL} = 0,2 m = 20 cm$$

- Cálculo de alto del canal de lavado, H_{CL} en m

$$H_{CL} = \frac{A_{CL}}{b_{CL}}$$

Ecuación 79-3

Dónde:

A_{CL} = Área del canal de lavado (m^2)

b_{CL} = Ancho del canal de lavado (m)

$$H_{CL} = 0,2 m = 20 cm$$

- Cálculo de la velocidad óptima del lavado de filtro, v_{optima} en m/min

$$v_{optima} = C_u * D_e$$

Ecuación 80-3

Dónde:

C_u = Coeficiente de uniformidad

D_e = Coeficiente de uniformidad (mm)

$$v_{optima} = 0,72 \text{ m/min}$$

- Cálculo del volumen de agua requerida para el lavado del filtro, V_{LF} en m^3

$$V_{LF} = A_{Fa} * v_{optima} * t_{LF}$$

Ecuación 81-3

Dónde:

A_{Fa} = Área del filtro (m^2)

v_{optima} = Velocidad óptima del lavado de filtro (m/min)

t_{LF} = Tiempo óptimo de lavado (min)

$$V_{LF} = 32,4 \text{ m}^3$$

3.2.7.3 Dimensionamiento de una estructura para lodos

Los lechos, eras o canchas de secado son el método de deshidratación de lodo más empleado. Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final (aguamarket, 2016 <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1137>).

- Cálculo de la carga de sólidos con respecto al caudal, $C_{sólidos}$ en $Kg/día$

$$C_{sólidos} = Q_{punta\ total} * SS$$

Ecuación 82-3

Dónde:

$Q_{punta\ total}$ = Caudal punta total (L/día)

SS= Sólido suspendido en el efluente (mg/L)

$$C_{sólidos} = 19,008 \text{ Kg/día}$$

- Cálculo de la masa de lodos de desecho, M_{sd} en Kg/día

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Ecuación 83-3

Dónde:

$C_{sólidos}$ = Carga de sólidos con respecto al caudal (Kg/día)

$$M_{sd} = 6,18 \text{ Kg/día}$$

- Cálculo del volumen de lodos digeridos, V_{DL} en

La fracción de sólidos en el lodo mencionado por OPS/CEPIS es de 8 a 12%.

$$V_{DL} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \left(\frac{\%sólidos}{100} \right)}$$

Ecuación 84-3

Dónde:

M_{sd} = Masa de lodo de desecho (Kg_{SS}/día)

ρ_{lodo} = Densidad del lodo (Kg/L)

$$V_{DL} = 0,049 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Cálculo del volumen de lodo a extraerse, V_{LE} en m^3

$$V_{LE} = V_{DL}t_{DE}$$

Ecuación 85-3

Dónde:

V_{LD} = Volumen diario de los digeridos (m^3)

t_{DE} = Tiempo de digestión (días)

$$V_{LE} = 1,98 m^3$$

Tabla 16-3: Tiempo requerido para digestión del lodo

Temperatura °C	Tiempo de digestión (días)
5,0	110,0
10,0	76,0
15,0	55,0
20,0	40,0
>25,0	30,0

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163)

- Cálculo del área del lecho, A_{LS} en m^2

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Dónde:

V_{LD} = Volumen diario de los digeridos (m^3)

H_d = Profundidad de aplicación (m)

$$A_{LS} = 4,95 m^2$$

- Cálculo de la longitud del lecho, L_{LS} en m

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Dónde:

A_{LS} = Área del lecho de secado (m^2)

b_{LS} = Ancho del lecho de secado (m)

$$L_{LS} = 1,65 m$$

Tabla 17-3: Criterios de lodo para estructuras de secado

Parámetro	Unidad	Rango
Ancho	m	3-6
Capa de arena (espesor)	mm	200-300
Capa de fango (espesor)	mm	200-300
Capa de grava (espesor)	mm	51-200
Profundidad total útil	mm	400-600
Tamaño grano de arena	mm	0,30-0,75

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

3.2.8 Dosificaciones

3.2.8.1 Polielectrolito

Son polímeros orgánicos de origen natural de cadenas largas de gran peso molecular con carga eléctrica. Las fuentes principales fueron alginatos, celosias y almidones pero su eficacia era mínima, razón por la cual se usan polielectrolito sintéticos para cualquier tratamiento de agua.

Según su carácter iónico se divide en grupos de electrolitos como:

- Catiónicos: Cargados positivamente
 - Aniónicos: Cargados negativamente
 - No iónicos
- Cálculo de la concentración del polielectrolito al 5%, $C2$ en mg/L

La solución de polielectrolito al 5%, se preparó 5g del floculante en 100 mL de agua destilada, la dosis óptima para tratar el agua residual ácida de la industria de matricería fue de 1 mL.

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

Ecuación 86-3

Dónde:

$C1$ = Concentración del polielectrolito en la solución (g/mL)

$V1$ = Volumen de la dosificación óptima (mL)

$V2$ = Volumen de agua cruda (mL)

$$C2 = 0,05 \frac{g}{L}$$

- Cálculo de polielectrolito necesario por día, $C_{consumo}$ en $Kg/día$

$$C_{consumo} = Q_{punta,a} * C2$$

Ecuación 87-3

Dónde:

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

$C2$ = Concentración del polielectrolito al 5% (mg/L)

$$C_{consumo} = 5,4 \text{ kg/día}$$

3.2.8.2 Cal

La cal conocida también como cal viva, es la representación física del óxido de calcio CaO . La cal es el resultado de calcinación de las rocas calizas.

La cal viva como tal se puede emplear en las distintas áreas.

Protección del medio ambiente:

- Tratamiento de agua de consumo y aguas residuales, se utiliza específicamente para ablandar purificar, clarificar, disminuir acidez e impurezas para obtener agua de calidad y de menor grado de contaminación.
- Depuración de gases. Actúa como desulfurante para eliminar el anhídrido sulfuroso.
- Tratamiento de residuos. Controla emanación de malos olores, y contaminación de aguas lixiviadas.

Industrias:

- Metalurgia. Fundición de cobre plomo y zinc, producción de magnesio y aluminio.
- Química. Producción de jabón, caucho, productos cosméticos etc.
- Alimentaria. Para la elaboración de azúcar de remolacha, cerveza, productos lácteos, en piscicultura, para industrias vinícolas.

Las características de la cal viva son las siguientes.

Tabla 18-3: Características de la cal viva

CAL VIVA	
Apariencia	<ul style="list-style-type: none"> - Trozos ¾pulg-2 1/2pulg - Polvo
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> - Reacciona violentamente con el agua (reacción exotérmica) - Se hidrata - Soluciones alcalinas - Densidad 900-1200 kg/m³
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Recipiente hermético (por días a semanas) - Saco de plástico - Lejos de la fuente de agua, papel o tela (por la generación de calor)

Manejo	<ul style="list-style-type: none"> - El contacto con la piel produce resequedad - Nocivo al tener contacto con la piel o mucosa
--------	---

Fuente: <http://www.foccal.org/portal/temas-interes/diferencias-entre-cal-viva-y-cal-hidratada>

- Cálculo de la concentración de cal al 1 %, C_2 en mg/L

La solución de cal al 1%, se preparó 1g de alcalinizante en 100 mL de agua destilada, la dosis óptima para tratar el agua residual ácida de la industria de matricería fue de 1 mL.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 88-3

Dónde:

C_1 = Concentración de cal en la solución (g/mL)

V_1 = Volumen de la dosificación óptima (mL)

V_2 = Volumen de agua cruda (mL)

$$C_2 = 0,01 \frac{g}{L}$$

- Cálculo de cal viva necesario por día, $C_{cons.cal}$ en $Kg/día$

$$C_{cons.cal} = Q_{punta.a} * C_2$$

Ecuación 89-3

Dónde:

$Q_{punta,a}$ = Caudal punta ácida (m^3/s)

C_2 = Concentración de CAL viva al 1% (mg/L)

$$C_{cons.cal} = 1,08 Kg/día$$

3.2.9 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento

Tabla 19-3: Dimensión del decantador

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidades
Diámetro del decantador	ϕ_D	1,51	<i>m</i>
Volumen del decantador	V_D	9,0	m^3
Altura del decantador	H_D	5	<i>m</i>
Producción de fango	P_{fango}	6,65	<i>Kg/dia</i>
Caudal del fango	Q_{fancgo}	0,0092	m^3/h
Cantidad de solidos a la salida del decantador	SS_{salida}	26.4	<i>mg/L</i>
Cantidad de DBO ₅ a la salida del decantador	$DBO5_{salida}$	3174,0	<i>mg/L</i>

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 20-3: Dimensión de la torre de aireación

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidades
Área Total de las bandejas	A_{TB}	1,44	m^2
Área de aireación (bandejas)	A_{CB}	0,29	m^2
Número de unidades de aireación	n_B	5	<i>Unidades</i>
Separación entre bandejas	e_{CB}	0,50	<i>m</i>
profundidad de cada bandeja	e_b	0,20	<i>m</i>
Tiempo de retención	t	1,60	<i>S</i>
Área de cada orificio	$A_{orificios}$	$1,78 \times 10^{-5}$	m^2
Caudal que pasa por la bandeja	$Q_{bamdejas}$	0,019	<i>L/s</i>
Número de perforaciones	N_P	$65,63 \pm 1$	<i>Unidades</i>

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 21-3: Dimensión del tanque de almacenamiento

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen del tanque	V_{TA}	324	m^3
Área del tanque	A_{TA}	64,8	m^2
Altura del tanque	H_{TA}	5	m
Acho del tanque	B_{TA}	12,96	m
Longitud del tanque	L_{TA}	5,0	m

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 22-3: Dimensión del canal de entrada

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Radio hidráulico	RH	0,18	m
velocidad de flujo	v	0,35	m/s
Área de la sección transversal del canal	A	0,0036	m^2
Altura máxima del agua	$h_{max.a}$	0,042	m

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 23-3: Dimensión del floculador horizontal hidráulico

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área de la sección transversal del floculador	A_{FH}	0,013	m^2
Ancho del floculador	B_{FH}	3,86	m
Ancho útil de la lámina del tabique	b_{ac}	1,22	m
Distancia total recorrida por agua	$L_{recorrido}$	120	m
Número de tabiques	$N_{tabiques}$	24	<i>unidades</i>
Longitud del Floculador	L_{FH}	4,50	m
Volumen del Floculador	V_{FH}	13,90	m^3

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 24-3: Dimensión de un sedimentador rectangular convencional

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Altura del sedimentador	H_{SC}	1,44	m
Área del sedimentador	A_{SC}	6,25	m^2
Ancho del sedimentador	b_{sc}	1,44	m
Longitud del sedimentador	L_{SC}	3,34	m
Longitud total del sedimentador	L_{TSC}	4,04	m
Ancho de la zona de entrada	$b_{z.lodos}$	0,70	m
Altura del agua	h_v	0,00606	m
Pantalla deflectora			
Área total del orificio	A_{to}	0,025	m^2
Diámetro de cada orificio	D_{osc}	0,03	m
Área de cada orificio	A_{oi}	0,00071	m^2
Número de orificios	n_{of}	35,21	<i>unidades</i>
Altura de la pantalla	H_{ps}	1,728	m
Distancia entre filas	\emptyset_{sc}	0,12	m
Número de filas	n_f	5	<i>unidades</i>
Distancia entre columnas	\emptyset_{ec}	0,25	m
Número de columnas	n_c	7	<i>unidades</i>

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 25-3: Dimensión de un sedimentador circular

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área del tanque sedimentador circular	A_{SCr}	2,16	m^2
Radio del tanque sedimentador circular	rs	0,83	m
Diámetro del tanque sedimentador circular	\emptyset_s	1,66	m
Volumen del tanque sedimentador circular	V_{SCr}	7,78	m^3
Reparto central en tanque sedimentador circular	R_{SCr}	0,42	m
Altura de reparto	H_{RSC}	0,33	m

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 26-3: Dimensiones de un filtro circular con flujo ascendente

Parámetros	Simbología	Valor	Unidad
Área del filtro ascendente	A_{Fa}	6	m^2
Diámetro del filtro ascendente	D_{Fa}	2,76	m
Radio del filtro ascendente	r_{Fa}	1,38	m
Altura del filtro ascendente	h_{Fs}	1,95	m
Altura de la capa de agua sobrenadante	h_{agua}	0,40	m
Altura del borde libre	$h_{borde.agua}$	0,20	m
Altura del lecho filtrante	$h_{lecho.f}$	0,90	m
Altura de grava fina	h_{grava}	0,10	m
Altura de soporte de grava	$h_{grava\ fina}$	0,10	m
Altura del lecho de soporte para el drenaje	$h_{drenaje}$	0,15	m
Pendiente del fondo del lecho	-	12,7	%
Separación entre laterales	S_{EL}	0,70	m
Número de laterales perforadas	N_L	$5,57 \pm 1$	unidades
Diámetro del orificio	D_{oLs}	0,015	m
Área del canal de lavado	A_{CL}	0,04	m^2
Ancho del canal de lavado	b_{CL}	0,2	m
Alto del canal de lavado	H_{CL}	0,2	m

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 27-3: Dimensiones de una estructura para lodos.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen de lodos a extraer	V_{LE}	1,98	m^3
Área del lecho	A_{LS}	4,95	m^3
Longitud del lecho	L_{LS}	1,65	m

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.3 Proceso de producción

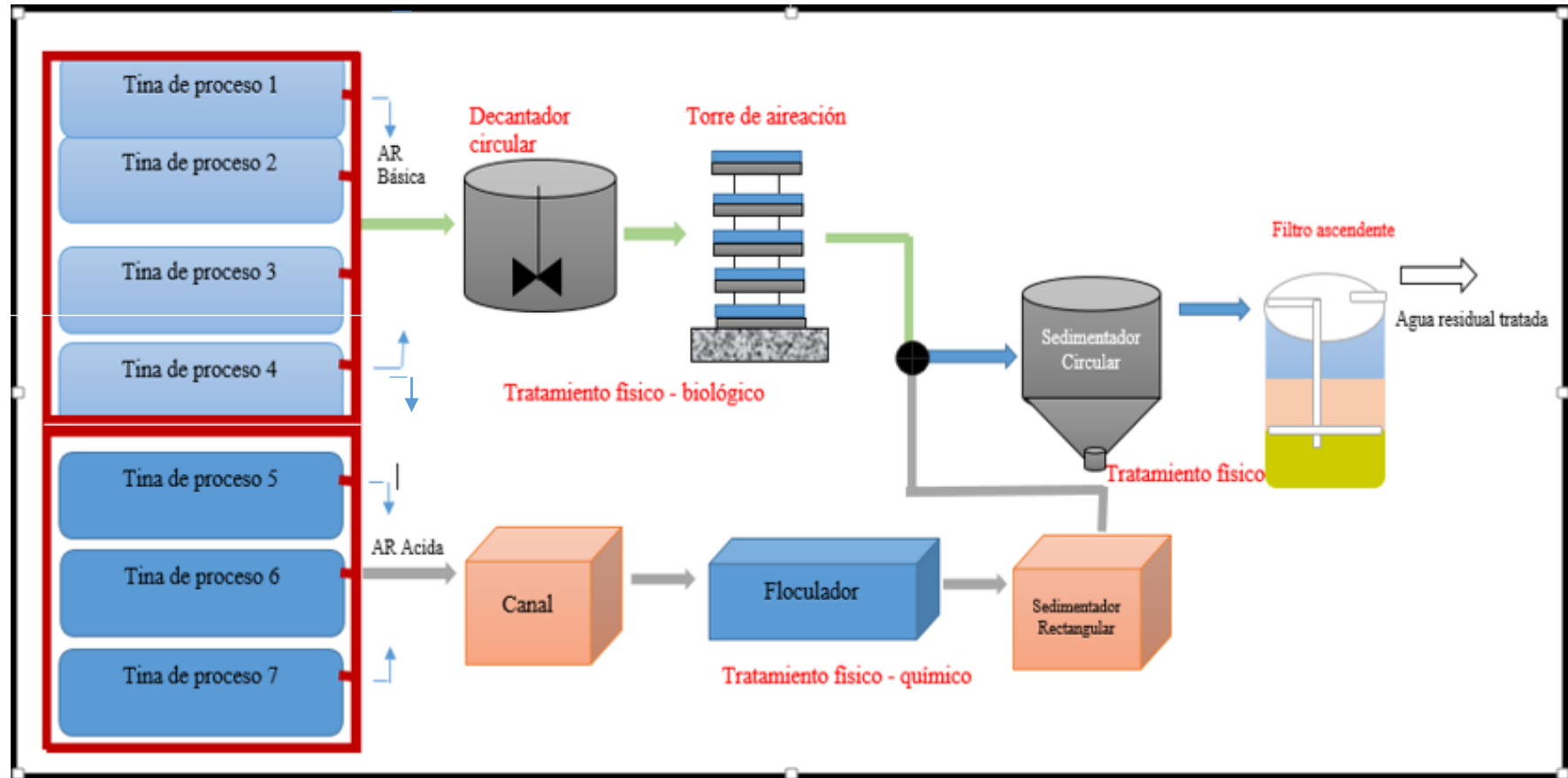


Figura 8-3 Planta de tratamiento de agua residual.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.4 Requerimiento de tecnología

3.4.1 Requerimientos tecnológicos para la caracterización de AR industrial

Tabla 28-3: Requerimientos tecnológicos para la caracterización de los parámetros físico, químico y microbiológico

Parámetro	Materiales	Reactivo y equipos	Procedimiento
DBO5	<ul style="list-style-type: none"> - Botella de incubación - Tampones de copa - Capsula magnética - Termómetro y Embudo 	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones de tampón de sulfato - Solución de sulfato de magnesio - Solución de cloruro férrico 	<p>Preparar la disolución y la muestra blanca</p> <p>Determinar mediante electrodo selectivo el oxígeno disuelto</p> <p>Incubar durante 5 días en oscuridad a 20°C±1</p>
DOQ	<ul style="list-style-type: none"> - Tubo de digestión - Pipeta volumétrica - Viales con reactivos Gradilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema Ftalato Ácido de Potasio (KHP). 	<p>Homogeneizar 100 ml de muestra durante 30 segundos en una mezcladora. Conectar el reactor de DQO y precalentar a 150°C.</p> <p>Preparar el reactivo para la curva patrón y luego se realizar diluciones del patrón (KHP).</p> <p>Sostener el tubo en un ángulo de 45 grados y adicionar 2 ml de cada dilución a los tubos. Para el punto cero de la curva se utiliza 2 ml de agua destilada. Se tapan los tubos y se los invierte cuidadosamente para mezclarlos completamente.</p>
Sólidos sedimentable	<ul style="list-style-type: none"> - Cono Imhoff - Vaso 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema - Hexano 	<p>Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra.</p>

			Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/1).
Sólidos totales	<ul style="list-style-type: none"> - Vasos de precipitación - Caja Petri - Estufa y Desecador - Balanza Analítica 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema 	<p>Pesar una caja Petri previamente tarada (vacía).</p> <p>Agitar la muestra y colocar 25 mL en la caja. Someter a baño maría hasta sequedad. Introducir a la estufa luego decantar. Dejar por 15 min y pesar.</p>
pH	<ul style="list-style-type: none"> - Vaso de precipitación 250 ml - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema - Potenciómetro 	<p>Calibrar el potenciómetro.</p> <p>Introducir el electrodo de cristal, esperar que se establezca el lector.</p> <p>Limpiar el electrodo con agua destilada para un posterior uso.</p>
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> - Vasos de precipitación - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema - Conductímetro 	<p>Colocamos un 100 mL de muestra en un vaso de precipitación de 250 mL.</p> <p>Limpiar varias veces el área de la celda conductométrica con agua destilada.</p> <p>Sumergir en la muestra, tomara nota del valor y limpiar el electro con agua destilada.</p>
Color	<ul style="list-style-type: none"> - Cubeta de análisis 10 mL - Pipeta - Limpiadores 	<ul style="list-style-type: none"> - HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) - Agua destilada - Agua problema 	<p>Seleccionar el test 125 color 465 nm</p> <p>Muestra preparada</p> <p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Solución blanca</p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Limpiar bien en el exterior de la cubeta (el blanco), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en pantalla: 0 - La pantalla indicara: 0 units PtCo <p>Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar en pantalla: medición

			- La pantalla indicara: 0 units PtCo
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> - Cubeta de análisis 10 mL - Pipeta - Limpiadores Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> - Hierro Ferrover - HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) - Agua destilada - Agua problema 	<p>Seleccionar el test 265 hierro ferro ver</p> <p>Muestra preparada</p> <p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Añadir el contenido de un sobre de reactivo FerroVer en polvo y agitar.</p> <p>Luego se forma un color anaranjado si existe hierro.</p> <p>Seleccionar en la pantalla del temporizador, pulsar OK y comienza un periodo de reacción.</p> <p>Solución blanca</p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Colocar la solución blanca en espectrofotómetro y su lectura sera de 0</p> <p>Colocar la muestra preparada con las mismas indicaciones y proceder a leer.</p> <p>Cada lectura tiene un tiempo de espera de 5 min.</p>

Fuente: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 29-3: Requerimiento tecnológico para obtener una muestra compuesta

Norma técnica	Materiales	Procedimiento
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> - Recipientes de vidrio. - Borosilicato para caracterizaciones físico-químico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recolectar agua por tina de proceso. - Medir pH para pruebas de tratabilidad.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

Tabla 30-3: Requerimiento tecnológico para las pruebas de tratabilidad

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Decantación y aireación		
El método consiste en separar todo el material de partículas finas y reducir materia orgánica como el SS, DBO Y DQO.	<ul style="list-style-type: none"> - Recipiente plástico - Bomba 	<p>Se añadió 3 litros de AR en el recipiente.</p> <p>Se de airear el agua por 1 día.</p>
Floculación		
La adición de un floculante permite la formación de partículas floculados de gran tamaño para luego ser separada por de la gravedad con la ayuda de un sedimentador.	<ul style="list-style-type: none"> - Test de jarra - Polielectrolito - Cal 	<p>Se toma 3 muestra de 1L de agua residual.</p> <p>Se dosifica según la necesidad.</p> <p>Se adoptó dosis más óptima.</p>
Filtración		

La filtración consiste en hacer pasar agua a través de un medio poroso como rocas, arena, grava y otros materiales granulados. Simulando las vertientes naturales que filtran a través del suelo.	- Envases de polietileno	Lecho filtrante
	- Arena	Capa 1 de 10 cm de piedras pequeñas.
	- Grava fina y gruesa	Capa 1 de 5 cm de grava
	- Zeolita	Capa 3 de 2 cm de grava fina. Capa 3 de 6 cm ZEOLITA.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.5 Análisis de costo/beneficio del proyecto

3.5.1 Costo operacional con respecto a las pruebas de tratabilidad

Los costos son estimados para ambas líneas de tratamiento de agua residual industrial.

Tabla 31-3: Costo de las pruebas de tratabilidad

TRATAMIENTO PROPUESTO				
Tratamiento biológico – filtración				
Tratamiento químico				
Detalle	Consumo (Kg/día)	Presentación (Kg)	Costo unitario (\$)	Costo por día (\$)
Polielectrolito	5,4	1,0	20,0	108,0
Cal viva	1,08	45,45	22,73	0,54
		TOTAL	42,73	108,54
	Consumo (Kg/16 h)	Presentación (Kg)	Costo unitario (\$)	Costo por 16 h (\$)
Polielectrolito	3,6	1,0	20,0	72,0
Cal viva	0,72	45,45	22,73	0,36
		TOTAL	42,73	72,36

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.5.2 Costo/beneficio de implementación de la planta

PROYECTO:	<i>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA ECUAMATRIX CIA LTDA</i>				
UBICACION:	<i>CANTON AMBATO</i>				
ELABORADO:	<i>Egdo. Mayra Alexandra</i>				
	<i>Tirado</i>				
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
<u>No.</u>	<u>Rubro / Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio global</u>
1,0000	OBRAS PRELIMINARES				
1,0001	Limpieza y desbroce	m2	59,15	0,92	54,42
			SUBTOTAL 1:		54,42
2.00000	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
			SUBTOTAL 2:		29.977,39
3.00000	CANAL DE LLEGADA				
			SUBTOTAL 3:		91,46
4.00000	FLOCULADOR HORIZONTAL				
			SUBTOTAL 4:		5.032,36
5.00000	SEDIMENTADOR CONVENCIONAL				
			SUBTOTAL 5:		3.173,91
6.00000	DECANTADOR CIRCULAR				

			SUBTOTAL 6:		1.359,86
7.00000	BANDEJAS DE AEREACION				
			SUBTOTAL 7:		1.023,15
8.00000	SEDIMENTADOR CIRCULAR				
			SUBTOTAL 8:		1.088,13
9.00000	FILTRO DE FLUJO ASCENDENTE				
			SUBTOTAL 9:		863,50
1000000	LECHO DE SECADO DE LODOS				
			SUBTOTAL 10:		684,33
				SUBTOTAL:	43.348,51
				IVA 14%:	6.068,79
				TOTAL:	49.417,30
	SON : CUARENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS DIECISIETE, 30/100 DÓLARES				
	PLAZO TOTAL: 60 DÍAS				

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.5.3 Beneficios del proceso de tratamiento

$$x = \frac{S_o - S}{S_o} * 100$$

Ecuación 90-3

Dónde:

S_o = Cargas contaminantes de entrada

S = Cargas contaminantes de salida

3.5.3.1 Porcentaje de remoción con tratamiento para muestra ácida

El tratamiento que mostro mejor rendimiento en cuanto a remoción de los parámetros fuera de los límites fue la decantación y aireación que son considerados como tratamiento físico-biológico porque no interfiere ninguna sustancia química.

- Cromo (Cr^{+6})

$$x = \frac{1,86 - 0,019}{1,86} * 100$$
$$x = 98,97 \%$$

- Zinc

$$x = \frac{6150 - 0,71}{6150} * 100$$
$$x = 99,98 \%$$

- Demanda Bioquímica de Oxígeno

$$x = \frac{156 - 56}{156} * 100$$
$$x = 64,10 \%$$

- Demanda Química de Oxígeno

$$x = \frac{2377 - 114}{2377} * 100$$
$$x = 95,20 \%$$

- Tenso activos

$$x = \frac{1,78 - 0,98}{1,78} * 100$$
$$x = 44,94 \%$$

- Aceites y Grasas

$$x = \frac{103,3 - 54}{103,3} * 100$$

$$x = 47,72 \%$$

3.5.3.2 Porcentaje de remoción con tratamiento para muestra básica

- Cromo (Cr⁺⁶)

$$x = \frac{1,2 - 0,98}{1,2} * 100$$

$$x = 18,33 \%$$

- Zinc

$$x = \frac{49 - 8,6}{49} * 100$$

$$x = 82,45 \%$$

- Demanda Bioquímica de Oxígeno

$$x = \frac{5290 - 280}{5290} * 100$$

$$x = 94,71 \%$$

- Demanda Química de Oxígeno

$$x = \frac{1620 - 520}{1620} * 100$$

$$x = 67,90 \%$$

- Tenso activos

$$x = \frac{5,67 - 1,67}{5,67} * 100$$

$$x = 70,55 \%$$

- Aceites y Grasas

$$x = \frac{209 - 62}{209} * 100$$

$$x = 70,33 \%$$

3.5.3.3 Porcentaje de remoción con tratamiento para muestra unificada.

- Cromo(Cr⁺⁶)

$$x = \frac{4,03 - 0,099}{4,03} * 100$$

$$x = 97,54 \%$$

- Zinc

$$x = \frac{2400 - 0,035}{2400} * 100$$

$$x = 99,99 \%$$

- Demanda Bioquímica de Oxígeno

$$x = \frac{3976 - 280}{3976} * 100$$

$$x = 92,95 \%$$

- Demanda Química de Oxígeno

$$x = \frac{7290 - 460}{7220} * 100$$

$$x = 93,68 \%$$

- Tenso activos

$$x = \frac{6,25 - 1,93}{6,25} * 100$$

$$x = 62,12 \%$$

- Aceites y Grasas

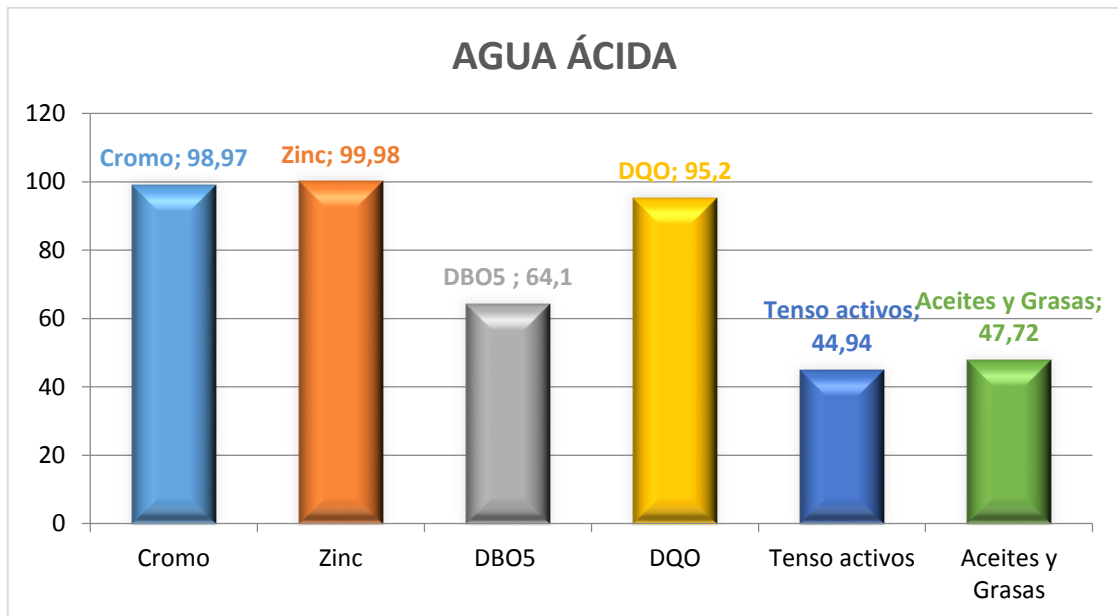
$$x = \frac{772 - 64}{772} * 100$$

$$x = 91,71 \%$$

Tabla 32-3: Porcentaje de remoción del agua residual industrial tratada

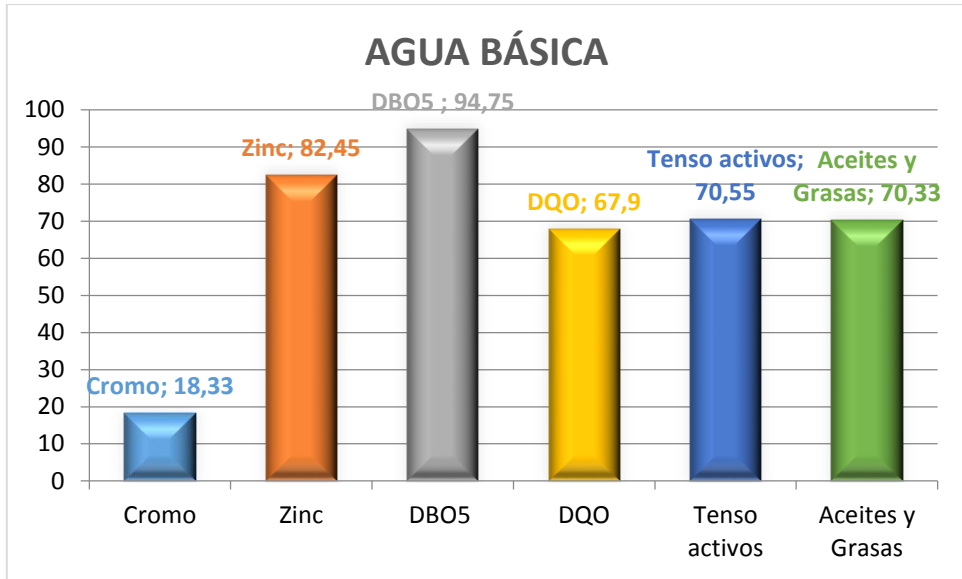
Parámetro	Unidad	Agua ácida	Agua básica	Agua unificada
Cromo hexavalente	%	98,97	18,33	97,54
Zinc	%	99,98	82,45	99,99
Demanda bioquímica de oxígeno	%	64,10	94,75	92,95
Demanda química de oxígeno	%	95,20	67,90	93,68
Tenso activos	%	44,94	70,55	62,12
Aceites y grasas	%	47,72	70,33	91,71

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



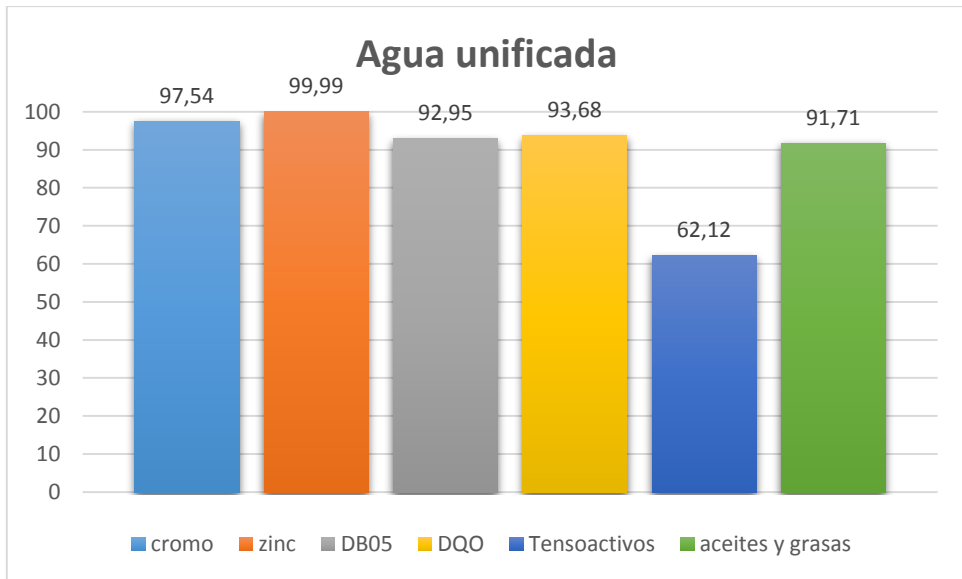
Gráfica 7-3: Porcentaje de remoción, muestra ácida

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Gráfica 8-3: Porcentaje de remoción, muestra básica.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017



Gráfica 9-3: Porcentaje de remoción, muestra unificada.

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

3.5.4 *Análisis del proyecto*

El agua residual proveniente de la industria ECUAMATRIZ CÍA. LTDA. Especializada en el diseño de moldes para elaborar piezas para la industria (matricería) y la producción en serie de este tipo de productos, ubicada en la ciudad de Ambato posee una alta carga de contaminantes debido a las operaciones que se realizan dentro de la empresa.

Mediante la RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA DA-14-354 ING. MSc. LUIS AMOROSO MORA ALCALDE DE AMBATO la empresa en beneficio de la población se ha propuesto en diseñar una planta de tratamiento para dichas aguas, para lo cual se ha clasificado a las aguas contenidas en las tinas en agua acida y agua básica según su pH y cada una de las etapas de proceso: pre-desengrase, desengrase, enjuague-desengrase, refinado, fosfatizado, enjuague-fosfatizado, y sellante. Luego de un análisis de los parámetros contenido en la tabla 1-1, tabla 2-1 y tabla 3-1 se destacan el pH, cromo, zinc, DBO₅, DQO, tensoactivos, aceites y grasas como fuera de norma.

Las pruebas realizadas dentro del laboratorio permitieron seleccionar los diferentes métodos de tratabilidad, se procedió al uso de coagulantes como el PAC y el ALUM sin embargo no se obtuvo los resultados esperados por lo que los parámetros de control pH y turbiedad tienden a aumentar su valor (VER TABLA 8-1; 9-1) esto para una muestra compuesta. Y para la muestra básica se procedió a decantar los sólidos contenidos en el agua para luego someter a un proceso de aireación consiguiendo una reducción de los parámetros: pH (10,12), turbiedad (50,0 UNT) y un DQO (520 mg/L) y en el caso de la muestra ácida se optó por un tratamiento químico con el uso un floculante (polielectrolito) y cal en el que los parámetro mostraron rangos de pH (6,42) y una turbiedad (5,0 UNT).

El agua residual procedente del proceso de matricería, para su descarga los parámetros deben estar dentro de los límites establecidos de acuerdo a la Legislación ambiental TULSMA, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua: Libro VI, Anexo I, Tabla 8, Acuerdo 097 A, la línea de agua residual básica de las tinas 1, 2, 3 y 4 está diseñado por un decantador circular y una torre de aireación y la línea de agua residual acida de las tinas 5, 6 y 7 estará conformado por un canal, floculador y sedimentador para al final unificar estas dos aguas mediante un sedimentador circular y un filtro de flujo ascendente obteniendo de esta manera agua residual tratada lista para ser descargada al sistema de alcantarillado.

Conclusiones

- Los resultados de las características físico-químicas y biológicas de los parámetros analizados para agua residual básica generado fueron: Cr^{+6} 1,2 mg/L, Zn 49,0 mg/L, DBO_5 5290 mg/L, DQO 1620 mg/L, pH 13,25, tensoactivos 5,67 mg/L y aceites y grasas 209,0 mg/L, y para muestra ácida son; Cr^{+6} 1,86 mg/L, Zn 615,0 mg/L, DBO_5 156 mg/L, DQO 2377,0 mg/L, pH 3,17, tensoactivos 1,78 mg/L y aceites y grasas 103,3 mg/L, todo los parámetros de ambas líneas de recolección de muestras están fuera de norma según la norma de Calidad Ambiental (VER ANEXO F).
- Las variables de diseño para el dimensionamiento son: el caudal punta ácido y básico 1,25 L/s y para unificar tenemos 2,50 L/s, número de empleados 157, dotación de agua en la industria 0,6 m³/empl.día, hornada de trabajo 16 h, coeficiente de retorno en el sector industrial 0,95, los parámetros ya analizados como DBO_5 , DQO Cr^{+6} , Zn, tensoactivos, aceites y grasas en especial los parámetros de control, pH y turbiedad.
- Las pruebas de tratabilidad más efectivas fueron la adición del floculante y cal para el tratamiento de agua básica dando porcentaje de remoción de; Cr^{+6} 18,33%, Zn 82,45%, DBO_5 94,75% DQO 67,90%, tensoactivos 70,55%, aceites-grasas 70,33%, en el tratamiento ácido por decantación y aireación es; Cr^{+6} 98,97%, Zn 99,98%, DBO_5 64,10%, DQO 95,20%, tensoactivos 44,9 %, aceites-grasas 47,72%. Además se añadió ácido sulfúrico para regular el pH en cada tratamiento. Y para el tratamiento unificado por sedimentación, filtración y lecho de secado es; Cr^{+6} 97,54%, Zn 99,99%, DBO_5 92,95%, DQO 93,68%, tensoactivos 62,12 %, aceites-grasas 91,71%.
- La planta de tratamiento de aguas residuales para la matricería está diseñado según su necesidad, se determinó dos líneas de tratamiento para luego unificar y así obtener agua tratada con menor grado de contaminantes, así tenemos; para la línea básica un decantador 9,0 m² y la torre de enfriamiento 1,44 m², para la línea ácida un tanque de almacenamiento 324 m³, canal 0,45 m³, floculador 13,90 m³, sedimentador 6,25 m², y para el tratamiento unificado un sedimentador circular 7,78 m³, filtro flujo ascendente 6,0 m² y un lecho de secado 1,98 m³.
- La validación del diseño de la planta de tratamiento se realizó con los análisis finales de las características físico químico y biológicos del agua tratada básico (pH 10,12, Cr^{+6} 0,98 mg/L, Zn 8,6 mg/L, DBO_5 280 mg/L DQO 520 mg/L, tensoactivos 1,67 mg/L, aceites-grasas 62,0

mg/L), para el agua ácida (pH 6,42, Cr⁺⁶ 0,019 mg/L, Zn 0,71 mg/L, DBO₅ 56,0 mg/L DQO 114,0 mg/L, tensoactivos 0,98 mg/L, aceites-grasas 54,0 mg/L) y para el agua unificada (pH 8,77, Cr⁺⁶ 0,099 mg/L, Zn 0,035 mg/L, DBO₅ 280,0 mg/L DQO 460 mg/L, tensoactivos 1,93 mg/L, aceites-grasas 64,0 mg/L), todos parámetros están dentro de los rangos de la norma (VER ANEXO E)

Recomendaciones

- Implementar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales con el fin disminuir el impacto ambiental y descargar agua tratada con menor cantidad de contaminantes orgánicos, inorgánicos.
- Monitorear el caudal que se va descargar a la línea de tratamiento y realizar análisis de manera continua para verificar si su grado de contaminación está dentro la norma.
- Realizar los análisis de lodo específicamente un análisis de CRIBET de acuerdo a la Norma, Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento (RPAMAR) para la disposición respectivo y correcto del lodo luego de la deshidratación.
- Los sistemas de las dos líneas de tratamiento deberán tener sus respectivos mantenimientos para su normal funcionamiento.

3.6 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO (MES)																							
	1				2				3				4				5				6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión de la Bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Realización del borrador del Anteproyecto		■	■																					
Revisión del borrador del Anteproyecto			■	■																				
Obtención de Información		■	■	■																				
Corrección de anteproyecto			■	■																				
Presentación y Aprobación del Anteproyecto				■	■	■																		
Muestreo del agua potable y residual de proceso					■	■																		
Caracterización del agua potable y residual de proceso						■	■																	
Identificación de Variables para el diseño								■	■	■														
Calculos de ingeniería								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Validación del Diseño																				■	■	■	■	
Caracterización final de agua potable y residuales de proceso																				■	■	■	■	
Revisión y Corrección																				■	■	■	■	
Presentación final																						■	■	

Figura 9-3 Cronograma del proyecto

Realizado por: TIRADO, Mayra 2017

BIBLIOGRAFÍA

CRITES, R., & TCHOBANOGLIOUS, GROW Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santafé de Bogotá- Colombia, McGraw-Hill, (2000), pp.29-36

ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIO (IEOS). Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales., 10ª.ed. Quito – Ecuador (IEOS), 1993, pp. 1-23

HAMMEKEN, ANTONIO, & ROMERO, GEORGE. Análisis y Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de San Andrés Cholupa. [En línea]. (**Tesis de pregrado**). Universidad de Las Américas, México. Facultad de Ciencia Agrarias. Carrera de Ingeniería de Plantas 2005. pp. 34-37.

<http://www.revistaelagro.com/2013/04/25/industria-lactea-importante-eslabon-en-la-produccion-pecuaria/>

JIMÉNEZ, Andrés. Tratamiento primario. Universidad Carlos III Madrid-España Dpto. de Ciencias e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química. 2º edición. pp 1-128.

MANUAL PARA EL FILTRO DE BIOARENA, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO [En línea]. CAWST Cochabamba-Bolivia, Edición 2008. pp. 304-350.

[Consulta: 15 abril 2017].

https://www.calvin.edu/academic/engineering/senior-design/SeniorDesign09-10/team02/web/Biosand_Manual_Spanish.pdf

MARTÍNEZ, David. Diseño de la torre de aireación [En línea]. Pp. 35-67

[Consulta: 25 abril 2017].

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/339260617/Diseno-de-La-Torre-de-Aireacion>

MARRÓN, Santiago. Planta de Tratamiento por Filtración Lenta: Diseño y Operación y Mantenimiento”. Lima-Perú: 1999, pp. 14-16.

METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen II. Madrid-España: McGraw-Hill, 1995, pp. 507-577, 521-525.

NTE INEN 2 169:98. Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

NTE INEN 2 176:98. Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo

ROJAS, Raúl. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.158 -OMS. Curso internacional: “Guía para el Diseño De Desarenadores y Sedimentadores,”. Lima-Perú, 2005. pp. 3-27

RODRÍGUEZ, Alvaro. Dimensionamiento y diseño estructural del tanque de almacenamiento de agua desmineralizada para una central térmica de ciclo combinado (**Proyecto fin de carrera**). Universidad Carlos III de Madrid-España. Escuela Politécnica de Superior, Departamento de Ingeniería Mecánica octubre 2010.

Consulta: 25 abril 2017

http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10795/PFC_Alfredo_Rodriguez_deVicente.pf

SUAREZ, Lorena., & JÁCOME, Anabel. Fichas técnicas de etapas de proceso de planta de tratamiento de aguas residuales de la industria textil “Tratamiento primario” [En línea]. Mayo 2015.

[Consulta: 20 abril 2017].

<https://www.wateractionplan.com/documents/186210/186348/INDITEX-FT-PRIM-004-DECANTACI%C3%93NLAMELAR-20150609.pdf/d1ed9202-be99-4eba-9bf0-e8cf8320b8a1>

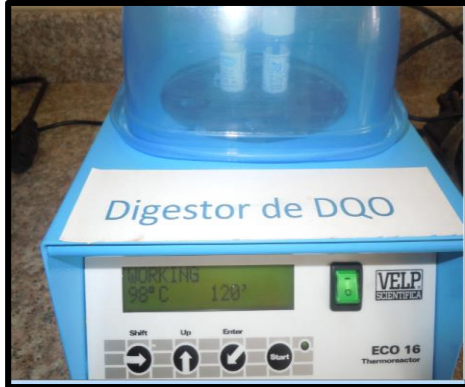
TRAPOTE, A. Infraestructura Hidráulica-Sanitaria II Saneamiento y Drenaje Urbano [En línea]. Universidad de Alicante-España, 3° edición.

[Consulta: 25 abril 2017].

https://books.google.com.ec/books?id=AunTAgAAQBAJ&pg=PA69&lpg=PA69&dq=como+calcular+el+caudal+de+agua+residual+generada+por+la+industria&source=bl&ots=d4ZwQ_FA1y&sig=IXSbqTBKVvNAQdIFOQMEjqd7LLk&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj_xffm967TAhXLMYKHKQ_AB3gQ6AEIUDAI#v=onepage&q=como%20calcular%20el%20caudal%20de%20agua%20residual%20generada%20por%20la%20industria&f=false

ANEXOS

Anexo A Equipos para la caracterización del agua residual industrial.



a) DQO



b) DBO5



c) Turbidímetro



d) Fotómetro



e) Multiparámetro



f) Cono para S.S

Anexo B Pruebas de tratabilidad.



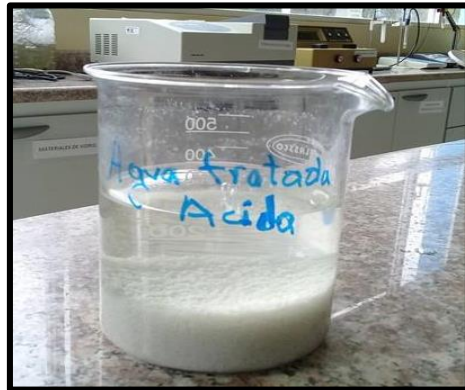
g) Agua cruda



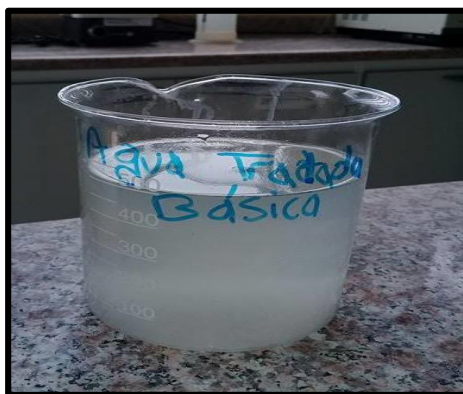
h) Filtración a nivel de laboratorio



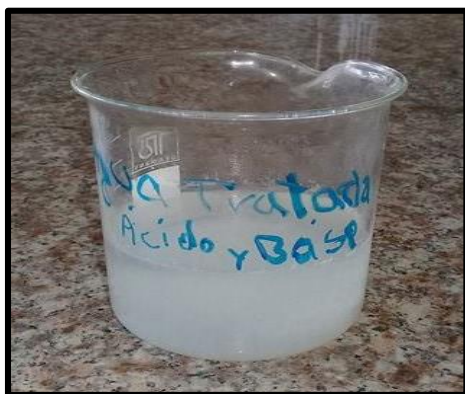
i) Aireación a nivel de laboratorio



j) Agua tratada ácida



k) Agua tratada básica



l) Agua tratada unificada

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Mayra Tirado Carrera

Fecha de Análisis: 19/01/2017

Tipo de muestras: Agua Residual Cruda industria ECUAMATRIZ CIA.LTDA.

Localidad: Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Físico-Químico Agua Acida

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	3.17
Conductividad	ms/cm	2510-B	-	4.0
Turbiedad	NTU	2130-B	-	61
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	2377
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	156
Cromo	mg/L	3500-Cr-3111B	0.5	1.86
Zinc	mg/L	3500-Zn-3111B	10	6150
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20.0	30

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



ESPOCH



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Mayra Tirado Carrera

Fecha de Análisis: 19/01/2017

Tipo de muestras: Agua Residual Cruda industria ECUAMATRIZ CÍA.LTDA.

Localidad: Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Físico-Químico Agua Básica

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	13.25
Conductividad	ms/cm	2510-B	-	64.6
Turbiedad	NTU	2130-B	-	200
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	5290
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	1620
Cromo	mg/L	3500-Cr-3111B	0.5	1.2
Zinc	mg/L	3500-Zn-3111B	10	49
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20.0	26

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.




Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Mayra Tirado Carrera

Fecha de Análisis: 12/01/2017

Tipo de muestras: Agua Residual Cruda industria ECUAMATRIZ CIA.LTDA.

Localidad: Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Físico-Químico Agua Compuesta

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	10.98
Conductividad	ms/cm	2510-B	-	19.3
Turbiedad	NTU	2130-B	-	980
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	7290
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	3976
Cromo	mg/L	3500-Cr-3111B	0.5	4.03
Zinc	mg/L	3500-Zn-3111B	10	2400
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20.0	748

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



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

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

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Mayra Tirado Carrera

Fecha de Análisis: 27/03/2017

Tipo de muestras: Agua Residual Tratada Industria ECUAMATRIZ CÍA.LTDA.

Localidad: Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Físico-Químico Agua Básica

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	10.98
Conductividad	ms/cm	2510-B	-	32.98
Turbiedad	NTU	2130-B	-	50
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	520
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	280
Cromo	mg/L	3500-Cr-3111B	0.5	0.98
Zinc	mg/L	3500-Zn-3111B	10	8.6
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20.0	7.7

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

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

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Mayra Tirado Carrera

Fecha de Análisis: 27/03/2017

Tipo de muestras: Agua Residual Tratada industria ECUAMATRIZ CIA.LTDA.

Localidad: Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Físico-Químico Agua Acida

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	6.42
Conductividad	ms/cm	2510-B	-	7.7
Turbiedad	NTU	2130-B	-	5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	114
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	56
Cromo	mg/L	3500-Cr-3111B	0.5	0.019
Zinc	mg/L	3500-Zn-3111B	10	0.71
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20.0	12

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



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

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

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Mayra Tirado Carrera

Fecha de Análisis: 27/03/2017

Tipo de muestras: Agua Residual Tratada industria ECUAMATRIZ CIA.LTDA.

Localidad: Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

TRABAJO DE TESIS

Análisis Físico-Químico Agua Compuesta

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	8.77
Conductividad	ms/cm	2510-B	-	12.1
Turbiedad	NTU	2130-B	-	17.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	460
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	280
Cromo	mg/L	3500-Cr-3111B	0.5	0.099
Zinc	mg/L	3500-Zn-3111B	10	0.035
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20.0	15

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones:

Atentamente.



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

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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 048 - 17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Mayra Tirado **INFORME N°:** 048 - 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 048 - 17
DIRECCIÓN: Ambato
TELÉFONO: 0983312146 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 28 - 03 - 17
FECHA DE INFORME: 04 - 04 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 **Agua Residual, Industria de Matricería, Ecuamatriz Cia. Ltda** **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 119 -17 **Agua**

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 119-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Potencial Hidrógeno pH	-	STANDARD METHODS 4500 - H B	8,28	N/A	28 - 03 - 17
Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	70	N/A	28 - 03 - 17
DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	240	N/A	28 - 03 - 17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	491	N/A	28 - 03 - 17
Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	1,93	N/A	28 - 03 - 17
Conductividad	us/cm	STANDARD METHODS 2510 - B	19380	N/A	28 - 03 - 17
Turbidez	NTU	STANDARD METHODS 2130 B	56	N/A	28 - 03 - 17
Cromo	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cr - 3111B	0,21	N/A	28 - 03 - 17
Zinc	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Zn - 3111B	0,43	N/A	28 - 03 - 17
Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	64	N/A	28 - 03 - 17

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.

Anexo E Legislación actual vigente del Registro oficial 387 y acuerdo 097 A del 04 de noviembre del 2015, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, Recursos Agua, Libro VI, Tabla 8, TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental)

Parámetro	Unidad	LÍMITE PERMISIBLE: TULSMA: TABLA 8-097 A
pH	Unid	6,0-9,0
Temperatura	°C	<40
Conductividad	µSiems/cm	-
Turbiedad	UNT	-
Sólidos disueltos	mg/L	-
Sólidos suspendidos	mg/L	220,0
Cromo	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	10,0
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)5	mg/L	250,0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	500,0

Anexo F Planos del diseño de la planta de tratamiento de agua residual industrial.

Anexo G Presupuesto del diseño de la planta de tratamiento de agua residual industrial.