



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

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA
RESIDUAL DE LA LAVANDERÍA SPLENDID-RIOBAMBA”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de

INGENIERO QUÍMICO

Presentado por

JUAN CARLOS MAROTO SÁNCHEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a Dios por haberme regalado la salud y la vida, por ser quien me ha dado la oportunidad de llegar a cumplir mis más anhelados objetivos.

A mis Padres y hermanos por depositar su fé y confianza en mí, brindándome su amor y apoyo incondicional que ha sido mi motor y mi fuerza para salir adelante.

A la empresa “Splendid-Riobamba” por la apertura y apoyo incondicional durante el desarrollo del estudio.

Al personal docente de la Escuela de Ingeniería Química por haber hecho de mí un profesional capaz, competitivo y útil a la sociedad, de manera especial al Ing. Hannibal Brito Director de tesis, al Dr. Gerardo León colaborador, quienes fueron una guía imprescindible durante el avance de la presente.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Carlos y Carmen, a mis hermanos Ricardo, Elizabeth y Nancy, que con amor, dedicación, comprensión y paciencia me han brindado su incondicional apoyo para enfrentar los retos de la vida.

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

El Tribunal de Tesis certifica que el Trabajo de Investigación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVANDERÍA SPLENDID-RIOBAMBA”, de responsabilidad del Sr. Juan Carlos Maroto Sánchez, ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez DECANO FAC. CIENCIAS	_____	_____
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR ESC. ING. QUÍM.	_____	_____
Ing. Hanníbal Brito DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Dr. Gerardo León Ch. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE TESIS	_____	_____

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, **JUAN CARLOS MAROTO SÁNCHEZ**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos y propuestos en la presente Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

Juan Maroto

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

g	Aceleración de la gravedad (m/s ²)
A.R	Agua Residual
h	Altura (m)
H_r	Altura de reparto (m)
h_s	Altura dinámica de succión (m)
h_d	Altura dinámica de descarga (m)
HDT	Altura Dinámica Total
Z_s	Altura estática de succión (m)
Z_d	Altura estática de descarga (m)
A	Área mojada del canal (m ²)
A_s	Área Superficial (m ²)
b	Base (m)
z	Cabeza de alturas (J/N)
p/γ	Cabeza de presiones (J/N).
$v^2/2g$	Cabeza de velocidades (J/N)
$M_{diseño}$	Cantidad de ropa lavada (Kg)
C_v	Carga de vertedero (m ² /h)
C_s	Carga superficial (m ³ /m × d)
Δy	Cateto opuesto de α (m)
Δx	Cateto Adyacente de α (m)
Q	Caudal (m ³ /d)
\bar{Q}	Caudal medio (m ³ /d)
Sch	Cédula de la tubería
n	Coefficiente de Manning
K	Coefficiente de pérdida de carga (adimensional)
k	Coefficiente de resistencia
a, b	Constates empíricas
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno 5 días
DQO	Demanda química de oxígeno
ρ	Densidad del fluido (Kg/m ³)

ϕ	Diámetro del tanque (m)
$\eta_{DBO_5 T}$	Eficiencia total del proceso
h_A	Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico (J/N)
h_R	Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico (J/N)
e	Espaciamiento entre hilos (cm)
f	Factor de fricción (sin dimensiones)
G	Gradiente de velocidad (s^{-1})
i	Gradiente hidráulico (adimensional)
d	Grosor de los hilos (mm)
L	Longitud de la corriente de flujo (m)
l	Longitud de la paleta (m)
N	Número de hilos por metro de ancho de canal (hilos / m)
N_R	Número de Reynolds
S	Pendiente del canal
h_c	Pérdida de carga (m)
h_L	Pérdidas de energía por parte del sistema, debidas a fricción en los conductos, o pérdidas menores debida a la presencia de accesorios (J/N)
h_{fd}	Pérdidas por fricción de descarga
h_{fs}	Perdidas por fricción de succión
h'_L	Pérdidas secundarias (J/N)
P	Perímetro mojado (m)
P.T.A.R	Planta de tratamiento de aguas residuales
ϵ	Porosidad de la malla (adimensional)
W	Potencia
pH	Potencial de hidrógeno
P_s	Presión presente en la succión
P_d	Presión presente en la descarga
r	Radio del tanque (m)
R_h	Radio hidráulico (m)
R_{DBO_5}	Remoción de DBO_5

R_{SST}	Remoción de sólidos suspendidos
R_c	Reparto central (m)
ε	Rugosidad absoluta del material (m)
RR	Rugosidad relativa (adimensional)
SO_4^{-2}	Sulfatos
v	Velocidad (m/s)
ν	Viscosidad Cinemática (m ² /s)
μ	Viscosidad Dinámica (Pa.s)
V	Volumen (m ³)
$V_{diseño}$	Volumen de diseño
t	Tiempo (h)
Trh	Tiempo de retención hidráulica (h)

TABLA DE CONTENIDOS

Pp.

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJA DE FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ECUACIONES

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN I

SUMMARY II

INTRODUCCIÓN..... III

ANTECEDENTES V

JUSTIFICACIÓN VII

OBJETIVOS.....	VIII
-----------------------	-------------

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO.....	- 1 -
-----------------------------	--------------

1.1 LAVANDERÍAS.....	- 1 -
-----------------------------	--------------

1.1.1 LAVANDERÍA AUTOMÁTICA	- 1 -
-----------------------------------	-------

1.1.1.1 TIPOS DE LAVADORAS AUTOMÁTICAS	- 2 -
----------------------------------------------	-------

1.1.1.1.1 LAVADORAS DE CARGA SUPERIOR TRADICIONAL	- 2 -
---------------------------------------------------------	-------

1.1.1.1.2 LAVADORAS DE CARGA SUPERIOR DE ALTA EFICIENCIA	- 3 -
----------------------------------------------------------------	-------

1.1.1.1.3 LAVADORAS DE CARGA FRONTAL DE ALTA EFICIENCIA	- 4 -
---------------------------------------------------------------	-------

1.1.2 LAVANDERÍA INDUSTRIAL	- 4 -
-----------------------------------	-------

1.1.2.1 ETAPAS DE PROCESO DE LAVADO DE ROPA	- 5 -
---------------------------------------------------	-------

1.1.2.2 ETAPA DE PRELAVADO.....	- 5 -
---------------------------------	-------

1.1.2.3 ETAPA DE LAVADO.....	- 6 -
------------------------------	-------

1.1.2.4 ETAPA DE ENJUAGUE.....	- 6 -
--------------------------------	-------

1.1.3 AGUAS RESIDUALES.....	- 6 -
-----------------------------	-------

1.1.3.1 AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LAVANDERÍA DE ROPA	- 7 -
------------------------------------------------------------------	-------

1.1.3.2 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTIMIENTOS DE LAVANDERÍAS.....	- 9 -
-----------------------------------------------------------------------------	-------

1.1.3.3 TRATAMIENTOS DE LOS VERTIMIENTOS DE LAVANDERÍAS	- 10 -
---------------------------------------------------------------	--------

1.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO	- 11 -
------------------------------------------	---------------

1.2.1 NORMAS PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES.....	- 11 -
-------------------------------------------------	--------

1.2.1.1 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULAS)	- 11 -
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

1.2.1.1.1 LIBRO VI ANEXO 1. “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”	- 11 -
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

1.2.1.1.2 NORMAS DE DESCARGA DE EFLUENTES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO.....	- 12 -
----------------------------------------------------------------------------------------	--------

1.2.2 PRE-TRATAMIENTO PRIMARIO.....	- 13 -
-------------------------------------	--------

1.2.2.1 MALLAS METÁLICAS	- 14 -
--------------------------------	--------

1.2.2.2 CANAL.....	- 14 -
--------------------	--------

1.2.3 TRATAMIENTO PRIMARIO.....	- 14 -
---------------------------------	--------

1.2.3.1 SEDIMENTACIÓN PRIMARIA	- 15 -
--------------------------------------	--------

1.2.3.1.1	SEDIMENTADORES PRIMARIOS CIRCULARES.....	- 15 -
1.2.3.2	PRECIPITACIÓN QUÍMICA.....	- 16 -
1.2.4	TRATAMIENTO SECUNDARIO	- 18 -
1.2.4.1	SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA	- 18 -
1.2.4.1.1	SEDIMENTADORES SECUNDARIOS CIRCULARES	- 19 -
1.3	CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	- 19 -
1.3.1	HIDROGRAMA.....	- 19 -
1.3.2	CAUDAL.....	- 19 -
1.3.2.1	CAUDAL MÁXIMO.....	- 20 -
1.3.2.2	CAUDAL MEDIO	- 20 -
1.3.2.3	CAUDAL MÍNIMO	- 21 -
1.3.2.4	CAUDAL DE DISEÑO.....	- 21 -
1.3.3	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL	- 22 -
1.3.3.1	ÁREA DEL CANAL.....	- 22 -
1.3.3.2	RADIO HIDRÁULICO	- 23 -
1.3.3.3	VELOCIDAD DE TRANSPORTE	- 23 -
1.3.4	CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MALLAS EN UN CANAL.....	- 25 -
1.3.4.1	NÚMERO DE HILOS POR METRO DE ANCHO DE CANAL	- 25 -
1.3.4.2	POROSIDAD DE LA MALLA.....	- 26 -
1.3.4.3	COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA.....	- 26 -
1.3.4.4	GRADIENTE DE VELOCIDAD	- 27 -
1.3.4.5	PÉRDIDA DE CARGA	- 27 -
1.3.5	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA	- 28 -
1.3.5.1	VOLUMEN DEL TANQUE.....	- 28 -
1.3.5.2	RADIO DEL TANQUE.....	- 29 -
1.3.5.3	DIÁMETRO DEL TANQUE.....	- 30 -
1.3.5.4	ÁREA DEL TANQUE.....	- 30 -
1.3.5.5	CARGA SUPERFICIAL	- 30 -
1.3.5.6	FONDO DEL SEDIMENTADOR	- 31 -
1.3.5.7	REMOCIÓN DE DBO ₅ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS	- 32 -
1.3.6	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL TANQUE DE FLOCULACIÓN	- 33 -
1.3.6.1	ÁREA SUPERFICIAL	- 33 -
1.3.6.2	RADIO DEL FLOCULADOR.....	- 34 -
1.3.6.3	DIÁMETRO DEL FLOCULADOR.....	- 35 -
1.3.6.4	VOLUMEN DEL FLOCULADOR.....	- 35 -

	Pp.
1.3.6.5	FONDO DEL FLOCULADOR..... - 35 -
1.3.6.6	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA..... - 35 -
1.3.6.7	GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO..... - 35 -
1.3.6.8	POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA..... - 36 -
1.3.6.9	ÁREA REQUERIDA DE LAS PALETAS..... - 36 -
1.3.6.10	LONGITUD DE LA PALETA..... - 37 -
1.3.7	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO - 38 -
1.3.7.1	ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR - 39 -
1.3.7.2	RADIO DEL SEDIMENTADOR..... - 39 -
1.3.7.3	DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR..... - 39 -
1.3.7.4	VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR..... - 40 -
1.3.7.5	FONDO DEL SEDIMENTADOR - 40 -
1.3.7.6	CARGA DE REBOSE SOBRE EL VERTEDERO PERIMETRAL DE SALIDA .. - 41 -
1.3.7.7	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA..... - 41 -
1.3.8	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE LÍNEA DE TUBERÍA EN SERIE - 41 -
1.3.8.1	PROCEDIMIENTO DE DIMENSIONAMIENTO PARA SISTEMAS CLASE III - 42 -
1.3.8.2	PROCEDIMIENTO DE DIMENSIONAMIENTO PARA SISTEMAS CLASE I... - 47 -
1.3.9	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO - 49 -
1.3.9.1	ALTURAS DINÁMICAS..... - 49 -

CAPÍTULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL..... - 51 -

2.1 METODOLOGÍA..... - 51 -

2.1.1 ETAPA 1..... - 51 -

2.1.2 ETAPA 2..... - 51 -

2.1.2.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN..... - 52 -

2.1.2.2 MANEJO DE LAS MUESTRAS - 52 -

2.1.2.3 PLAN DE MUESTREO - 53 -

2.1.3 ETAPA 3..... - 53 -

2.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS - 54 -

2.2.1 MÉTODOS - 54 -

2.2.1.1 INDUCTIVO..... - 54 -

2.2.1.2 DEDUCTIVO..... - 54 -

2.2.1.3 EXPERIMENTAL..... - 54 -

2.2.2	TÉCNICAS	- 55 -
2.2.2.1	DETERMINACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRA.....	- 56 -
2.2.2.1.1	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	- 56 -
2.2.2.2	TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL.....	- 57 -
2.2.2.2.1	DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA. ESTÁNDAR METHODS / 2550 B	- 57 -
2.2.2.2.2	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO. PEE/05 APHA 4500 H ⁺	- 58 -
2.2.2.2.3	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES. PEE/56 APHA 2540.-	- 59 -
2.2.2.2.4	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. PEE/13 APHA 2540 D	- 60 -
2.2.2.2.5	DETERMINACIÓN DE SULFURO MEDIANTE AZUL DE METILENO. PEE/53 APHA 4500 S ²⁻	- 61 -
2.2.2.2.6	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO). PEE/09 APHA 5220 D.....	- 62 -
2.2.2.2.7	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅). PEE/46 APHA 5210 B.....	- 63 -
2.2.2.2.8	DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS. PEE/42 APHA 5520 C.....	- 64 -
2.2.2.2.9	DETERMINACIÓN DE TENSOACTIVOS. APHA/AWWA 5540 C.....	- 65 -
2.2.2.2.10	DETERMINACIÓN DE FÓSFORO. APHA/AWWA 2540 C.....	- 66 -
2.2.2.3	PROCESOS DE TRATABILIDAD	- 67 -
2.2.2.3.1	TEST DE JARRAS	- 67 -
2.3	DATOS.....	- 68 -
2.3.1	DATOS EXPERIMENTALES DE LOS INDICADORES	- 68 -
2.3.2	DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL	- 69 -
2.3.3	DATOS DEL TEST DE JARRAS	- 70 -
2.3.3.1	VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL FLOCULANTE.....	- 70 -
2.3.3.2	VARIACIÓN DEL pH CON POLICLORURO DE ALUMINIO MÁS CAL	- 71 -
2.3.3.3	VARIACIÓN DEL TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN.....	- 72 -
2.3.3.4	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO CON POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25%.....	- 73 -
2.3.4	DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO	- 74 -
2.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	- 75 -

CAPÍTULO III	- 77 -
3 DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LAVANDERÍA AUTOMÁTICA SPLENDID	- 77 -
3.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	- 78 -
3.2 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL CANAL	- 78 -
3.2.1 CÁLCULO DEL ANCHO DEL CANAL.....	- 79 -
3.2.2 CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DEL CANAL	- 79 -
3.2.3 CÁLCULO DEL ÁREA DEL CANAL.....	- 80 -
3.2.4 CÁLCULO DEL RADIO HIDRÁULICO	- 80 -
3.2.5 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD.....	- 80 -
3.3 CÁLCULO DE DISEÑO PARA MALLAS EN EL CANAL	- 81 -
3.3.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE HILOS POR METRO DE ANCHO DE CANAL	- 81 -
3.3.2 CÁLCULO DE LA POROSIDAD DE LA MALLA.....	- 81 -
3.3.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA.....	- 81 -
3.3.4 GRADIENTE DE VELOCIDAD	- 82 -
3.3.5 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA	- 82 -
3.4 CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO	- 82 -
3.4.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE.....	- 82 -
3.4.2 CÁLCULO DEL RADIO DEL TANQUE.....	- 83 -
3.4.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL TANQUE.....	- 83 -
3.4.4 CÁLCULO DEL ÁREA DEL TANQUE	- 83 -
3.4.5 CÁLCULO DE LA CARGA SUPERFICIAL.....	- 83 -
3.4.6 CÁLCULO DEL FONDO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO	- 84 -
3.4.7 CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE DBO ₅ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS	- 84 -
3.4.7.1 CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE DBO ₅	- 84 -
3.4.7.2 CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS	- 85 -
3.5 CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL FLOCULADOR	- 85 -
3.5.1 CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL	- 85 -
3.5.2 CÁLCULO DEL RADIO DEL FLOCULADOR.....	- 85 -
3.5.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL FLOCULADOR.....	- 86 -

	Pp.
3.5.4	CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE..... - 86 -
3.5.5	CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA..... - 86 -
3.5.6	CÁLCULO DE LA PENDIENTE DEL FONDO DEL FLOCULADOR..... - 87 -
3.5.7	CÁLCULO DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO..... - 87 -
3.5.8	CÁLCULO DE LA POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA..... - 87 -
3.5.9	CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA DE LAS PALETAS..... - 88 -
3.5.10	CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA PALETA..... - 88 -
3.6	CÁLCULO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO..... - 89 -
3.6.1	CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR..... - 89 -
3.6.2	CÁLCULO DEL RADIO DEL SEDIMENTADOR..... - 89 -
3.6.3	CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR..... - 89 -
3.6.4	CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR..... - 90 -
3.6.5	CÁLCULO DEL FONDO DEL SEDIMENTADOR..... - 90 -
3.6.6	CÁLCULO DE LA CARGA DE REBOSE SOBRE EL VERTEDERO PERIFÉRICO DE SALIDA..... - 91 -
3.6.7	CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO..... - 91 -
3.6.8	EFICIENCIA DEL PROCESO DE PRECIPITACIÓN QUÍMICA..... - 91 -
3.7	DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DEL SISTEMA DE TUBERÍA Y POTENCIA DE LA BOMBA..... - 92 -
3.7.1	DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO INTERNO DEL TENDIDO..... - 92 -
3.7.2	DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA..... - 93 -
3.7.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA..... - 94 -
3.8	EFICIENCIA TOTAL EL PROCESO..... - 95 -
3.9	ANÁLISIS ECONÓMICO..... - 95 -
3.9.1	COSTO DE INVERSIÓN..... - 95 -
3.9.2	COSTO DE OPERACIÓN..... - 96 -
3.10	RESULTADOS..... - 97 -
3.10.1	RESULTADOS DEL CAUDAL DE DISEÑO..... - 97 -
3.10.2	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL..... - 97 -
3.10.3	RESULTADOS DE LAS MALLAS PARA EL CANAL..... - 98 -
3.10.4	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO..... - 99 -
3.10.5	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL FLOCULADOR..... - 100 -

3.10.6	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO.....	- 101 -
3.10.7	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	- 102 -
3.11	PROPUESTA.....	- 112 -
3.12	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	- 117 -
	CAPÍTULO IV	- 117 -
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 119 -
4.1	CONCLUSIONES.....	- 119 -
4.2	RECOMENDACIONES.....	- 120 -
	CAPÍTULO V.....	- 121 -
	BIBLIOGRAFÍA.....	- 121 -
	BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET	- 122 -
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pp.
1.2.3.1.1-1	Tanque de Sedimentación Primaria Circular	- 16 -
1.3.3-1	Sección del canal.....	- 22 -
1.3.8.1-1	Sistema de Flujo de fluido que ilustra la ecuación general de energía....	- 43 -
3-1	Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Agua Residual para la lavandería SPLENDID.....	- 77 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp.
1.1.3.1-1	Monedas de centavos de dólar estadounidense..... - 8 -
1.1.3.2 -1	Aguas residuales de una lavandería..... - 9 -
1.1.3.2 -2	Carga contaminante de una lavandería típica..... - 10 -
1.2.1.1.-1	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público..... - 12 -
1.2.3.2 -1	Coagulantes y Floculantes..... - 17 -
1.3.3.3 -1	Coeficiente de Manning para cunetas y canales revestidos..... - 24 -
1.3.4-1	Geometría de las mallas..... - 25 -
1.3.5-1	Parámetros de diseño para sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario..... - 28 -
1.3.5.5 -1	Consideraciones de diseños de sedimentación primaria..... - 31 -
1.3.5.7 -1	Valores de las constantes empíricas, a y b a 20°C..... - 33 -
1.3.6 -1	Parámetros de diseño para floculadores..... - 33 -
1.3.6.1 -1	Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas..... - 34 -
1.3.6.9 -1	Valores de CD..... - 37 -
1.3.7 -1	Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios..... - 38 -
1.3.8.2 -1	Rangos permisibles del tendido de un sistema de bombeo..... - 47 -
2.1.2.3-1	Plan de muestreo..... - 53 -
2.2.2.1.1-1	ESTÁNDAR METHODS 2310 A Y B..... - 56 -
2.2.2.2.1-1	Determinación de la Temperatura..... - 57 -
2.2.2.2.2-1	Determinación de pH..... - 58 -
2.2.2.2.3-1	Determinación de Sólidos Sedimentables..... - 59 -
2.2.2.2.4-1	Determinación de Sólidos Suspendidos Totales..... - 60 -
2.2.2.2.5-1	Determinación de Sulfuro mediante azul de metileno..... - 61 -
2.2.2.2.6-1	Determinación de la Demanda Química de Oxígeno..... - 62 -
2.2.2.2.7-1	Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno..... - 63 -
2.2.2.2.8-1	Determinación de Aceites y Grasas..... - 64 -
2.2.2.2.9-1	Determinación de Tensoactivos..... - 65 -
2.2.2.2.10-1	Determinación de Fósforo..... - 66 -

TABLA**Pp.**

2.2.2.3.1-1	Determinación del Test de Jarras.....	- 67 -
2.3.1-1	Datos experimentales de la determinación de consumo de agua por cantidad de ropa lavada	- 68-
2.3.2-1	Datos de los Análisis Físicos Químicos del agua residual.....	- 69-
2.3.3-1	Datos iniciales del Test de Jarras.....	- 70-
2.3.3.1-1	Variación de la concentración del Floculante.....	- 70-
2.3.3.2-1	Variación de la turbidez con policloruro de aluminio más cal.....	- 71-
2.3.3.3-1	Variación del tiempo de sedimentación.....	- 72-
2.3.3.4-1	Resultados del tratamiento con Policloruro de Aluminio.....	-74-
2.3.4-1	Características del Agua residual.....	- 74-
2.3.4-2	Características del Lugar.....	- 75-
2.3.4-3	Características de las tuberías.....	- 75-
3.7.1-3	Dimensionamiento del Diámetro Interno con aplicación de la Clase III	- 92-
3.7.2-1	Dimensionamiento de la Clase I.....	- 93-
3.7.3-1	Dimensionamiento de la potencia de la Bomba.....	-94-
3.9.1-1	Costo de equipos y accesorios.....	- 95-
3.9.1-2	Costo de instalación hidráulica y mano de obra.....	- 96-
3.9.1-3	Costo Total de inversión.....	- 96 -
3.9.2-1	Costo del Tratamiento del AR.....	- 96-
3.9.2-2	Costo total de operación.....	- 97-
3.10.1-1	Resultado del caudal de diseño	-97-
3.10.2-1	Resultados del Dimensionamiento del canal.....	-97-
3.10.3-1	Resultados del Dimensionamiento de las mallas para el canal.....	-98-
3.10.4-1	Resultados del Dimensionamiento del Sedimentador Primario.....	-99-
3.10.5-1	Resultados del Dimensionamiento del Floculador.....	-100-
3.10.6-1	Resultados del Dimensionamiento del Sedimentador Secundario... ..	- 101-
3.10.7-1	Resultados del dimensionamiento Sistema de Bombeo.....	-102-
3.10-1	Propuesta de la PTAR para la Lavandería SPLENDID.....	-112-

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación	Pp.
1.3.2-1 Caudal.....	- 22 -
1.3.2.2-1 Caudal Medio	- 20 -
1.3.2.4-1 Caudal de Diseño.....	- 21 -
1.3.3.1-1 Área del Canal.....	- 22 -
1.3.3.2-1 Radio Hidráulico	- 23 -
1.3.3.2-2 Radio Hidráulico	- 23 -
1.3.3.3-1 Ecuación de Mannig	- 24 -
1.3.3.3-2 Velocidad de Transporte.....	- 24 -
1.3.4.1-1 Número de Hilos por metro de ancho del canal	- 25 -
1.3.4.2-1 Porosidad de la malla.....	- 26 -
1.3.4.3-1 Coeficiente de pérdida de carga	- 26 -
1.3.4.4-1 Gradiente de Velocidad	- 27 -
1.3.4.5-1 Pérdida de Carga	- 27 -
1.3.5.1-1 Tiempo de retención hidráulica.....	- 29 -
1.3.5.1-2 Volumen del tanque.....	- 29 -
1.3.5.2-1 Volumen del cilindro	- 29 -
1.3.5.2-2 Radio del tanque.....	- 29 -
1.3.5.3-1 Diámetro del tanque.....	- 30 -
1.3.5.4-1 Área del tanque.....	- 30 -
1.3.5.5-1 Carga superficial.....	- 31 -
1.3.5.6-1 Gradiente hidráulico	- 32 -
1.3.5.6-2 Cateto opuesto al ángulo de inclinación del gradiente	- 32 -
1.3.5.7-1 Eficiencia de Remoción	- 32 -
1.3.6.1-1 Área Superficial del tanque.....	- 34 -
1.3.6.2-1 Radio del Floculador	- 34 -
1.3.6.7-1 Gradiente de Velocidad del Fluido	- 36 -
1.3.6.8-1 Ecuación de Camp y Stein	- 36 -
1.3.6.9-1 Potencia disipada de la mezcla.....	- 37 -

Ecuación	Pp.
1.3.6.9-2 Área requerida de las paletas.....	- 37 -
1.3.6.10-1 Área de sección transversal de la paleta	- 38 -
1.3.6.10-2 Longitud de la paleta	- 38 -
1.3.7.3-1 Reparto central del diámetro	- 39 -
1.3.7.3-2 Altura de reparto.....	- 40 -
1.3.7.6-1 Carga de rebose sobre el vertedero perimetral de salida	- 41 -
1.3.8.1-1 Ecuación de Bernoulli.....	- 43 -
1.3.8.1-2 Ecuación de Darcy.....	- 44 -
1.3.8.1-3 Factor de fricción para flujo laminar	- 44 -
1.3.8.1-4 Ecuación de Colebrook.....	- 45 -
1.3.8.1-5 Velocidad	- 45 -
1.3.8.1-6 Ecuación de Darcy en función del caudal.....	- 45 -
1.3.8.1-7 Diámetro de la tubería	- 46 -
1.3.8.1-8 Número de Reynolds	- 46 -
1.3.8.1-9 Número de Reynolds en función al caudal	- 46 -
1.3.8.1-10 Rugosidad relativa	- 47 -
1.3.8.2-1 Pérdidas secundarias	- 48 -
1.3.8.2-2 Coeficiente de resistencia K.....	- 48 -
1.3.9.1-1 Altura Dinámica de Succión	- 49 -
1.3.9.1-2 Altura Dinámica de Descarga	- 49 -
1.3.9.1-3 Altura Dinámica Total en función a las alturas dinámicas	- 50 -
1.3.9.1-4 Altura Dinámica Total en función a las cargas de energía	- 50 -
1.3.9.1-5 Altura Dinámica Total	- 50 -

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		Pp.
I	Medición del caudal del agua residual	- 124 -
II	Muestreo del agua residual.....	- 125 -
III	Medición de la temperatura del agua residual.....	- 126 -
IV	Prueba de jarras	- 127 -
V	Finalización del Proceso de Floclaión	- 128 -
VI	Agua residual clarificada	- 129 -
VII	Resultados del análisis físico-químico del agua residual-M1	- 130 -
VIII	Resultados de la temperatura del agua residual-M1	- 131 -
IX	Resultados del análisis de tensoactivos del agua residual-M2.....	- 132 -
X	Resultados del análisis físico-químico del agua residual-M2	- 133 -
XI	Resultados del análisis de tensoactivos del agua residual-M3.....	- 134 -
XII	Resultados del análisis de tensoactivos del agua residual-M3	- 135 -
XIII	Resultados del análisis físico-químico del agua residual-M4	- 136 -
XIV	Resultados del análisis de tensoactivos del agua residual-M4.....	- 137 -
XV	Dimensionamiento del Canal	- 138 -
XVI	Catálogo de Tuberías	- 139 -
XVII	Planta de tratamiento de aguas residuales	- 140 -
XVIII	Canal	- 141 -
XIX	Sedimentador Circular Primario.....	- 142 -
XX	Tanque Floclador Circular.....	- 143 -
XXI	Sedimentador Circular Secundario	- 144 -

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para el proceso de lavado de ropa de la Empresa SPLENDID ubicada en la ciudad de Riobamba.

Para la realización de la presente investigación se hizo el reconocimiento de la empresa, se determinó el espacio físico disponible, el punto de muestreo en la caja de revisión, el caudal mediante indicadores en función de la cantidad de agua gastada por Kg de ropa lavada con un valor de 21 m³/d. El muestreo compuesto empleado consistió en recoger cada día en 6h un volumen determinado de A.R. por un mes con un total de 4 muestras para determinar los parámetros físico-químicos respectivamente.

La Planta de Tratamiento de agua residual se diseñó con un canal, mallas, sedimentador primario de 3 m de alto y 0,837 m de radio, tanque floculador de 2,5 m de alto y 1,038m de diámetro empleando para dicho proceso policloruro de aluminio y finalmente un sedimentador secundario de 3,00 m de altura y 1,298 m de diámetro.

Concluimos la eficiencia neta del tratamiento es de 70,4% en donde la disminución de la DBO₅ de 248,35 mg/L, de tal manera que el agua puede ser descargada al alcantarillado de la ciudad.

La inversión para la implementación de la Planta de Tratamiento de agua residual es de \$ 5 736,86 de inversión del propietario.

Recomendamos al construir el sistema de tratamiento propuesto deben seguirse los lineamientos de diseño expuesto en el presente trabajo de investigación.

SUMMARY

It was designed a black water treatment system for the washing cloth process at SPLENDID Enterprise in Riobamba city.

To carry out the present research, the recognition of the Enterprise was done, the available physical space was determined, the sampling point in the checking box, the flow thorough indicators of quantity of used water per kg of cloth with a valve of 21 m³/d. sampling consisted in to harvest every day in 6h an amount of residual water during a month with a total of four samples in order to determine physical – chemical parameters respectively.

The treatment plant for residual water was designed with a channel, nettings, a primary sediment device of 3 m high and 0,837 in radius, a flocculator tank of 2,5 m high and 1,083 of diameter, using for this process aluminum polychloride and finally a secondary sediment device of 3,00 m high and 1,298 m in diameter.

The efficiency net treatment in 70.4% where the decreasing of DBO5 is 248,35mg/L, so that can be discharged into the sewage system of the city.

The investment for this implementation black water treatment plant is \$ 5.736.86, owner's invest.

It is recommended to follow the guidelines of the shown design in the present research.

INTRODUCCIÓN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales en el proceso de lavado automático de la lavandería SPLENDID ubicada en la ciudad de Riobamba ya que con ello se pudo disminuir los contaminantes que son descargados a diario hacia el alcantarillado; esto se logró mediante la modificación de las características físico-químicas, empleando una serie de pre tratamientos y tratamientos adecuados con la adición de agentes coagulantes o floculantes.

Como parte de un desarrollo sustentable, las industrias de toda índole se ven en la necesidad de tomar medidas que eviten la contaminación ambiental y sobretodo la reutilización de sus recursos. En la actualidad se están desarrollando varias tecnologías como lo son la fotocatalisis con fuentes artificiales de radiación (lámparas UV) y TiO_2 como catalizador, o de una manera más versátil y económica es la del empleo de los diferentes tratamientos comunes de aguas residuales, los cuales, consisten en una serie de tratamientos primarios, secundarios y terciarios que tienen como finalidad eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual. Para ello se debe conocer que las aguas residuales pueden ser tratadas dentro del sitio, en el cual, son generadas o bien pueden ser recogidas mediante una red de tuberías y eventualmente bombas, hacia una planta de tratamiento. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales están sujetos a regulaciones y estándares locales y estatales. El objetivo ideal del tratamiento es producir agua limpia o la reutilización en el ambiente y un residuo sólido o fango conveniente para su disposición.

El desarrollo de la presente investigación apeló al conocimiento práctico de la problemática que existía en la empresa para ello se observó in situ las operaciones allí realizadas, se determinó la realidad actual de la empresa y la palpitante problemática ambiental existente, por este motivo se procedió a realizar la medición del caudal a partir de los indicadores, los cuales, estaban en función a la cantidad de agua consumida por cada kilogramo de ropa lavada, y se realizó análisis de laboratorio cuyas muestras fueron tomadas con el empleo de un muestreo compuesto, mediante el cual se procedió a realizar: un plan de muestreo en donde se registraron día y hora de recolección cada semana por el lapso de 1 mes con un total de 4 muestras, mismas que fueron analizadas

en LAB CESTTA y el Laboratorio de Análisis Técnicos de acuerdo a los parámetros que se encuentran en la Normativa Ambiental para la descarga hacia la alcantarilla, así como también las técnicas empleadas de recolección y su respectivo manejo. A esto se suma las pruebas de laboratorio que se realizó a cada muestra para tener un conocimiento de las características medias del agua residual a tratar, y en base a éstas se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados, y se estableció cuál es el diseño más recomendable de los equipos y la mejor disposición física para que su funcionamiento proporcione la mayor eficiencia, dirigido hacia la disminución de los parámetros que se encontró fuera de lo que estipula el Texto de Legislación Ambiental Secundario en su Libro VI.

Con el procedimiento utilizado se determinó que la carga contaminante fue de: 16,98 mg/L de Tensoactivos, 838,75 mg/L de DBO₅, 2061,25mg/L de DQO, 442,5 mg/L de Sólidos Suspendidos y Sólidos Sedimentables de 337,675 mg/L.

Para los cálculos de ingeniería del dimensionamiento del floculador se tuvo en cuenta que la carga superficial empleada se fundamentó en que el agente floculador seleccionado en la prueba de jarras es el Policloruro de aluminio, ya que ayuda a la disminución de la turbidez y la DBO₅.

Finalmente, el tratamiento consistió en: la separación física de sólidos grandes mediante sistema de mallas metálicas ubicadas en un canal, es decir, un pre-tratamiento, posteriormente la sedimentación primaria, luego la floculación mediante paletas rectangulares y finalmente la sedimentación secundaria

ANTECEDENTES

Una lavandería es un lugar donde se lava ropa, generalmente con el empleo de agua y detergentes. En la antigüedad la gente lavó su ropa tallándola sobre rocas o frotándola con arenas abrasivas, mediante corrientes locales de agua para desprender la mugre.

La eficiencia de las lavadoras continúa incrementándose constantemente, en 1957 General Electric introdujo una máquina equipada con cinco botones al tacto para controlar la temperatura de lavado, la temperatura de enjuague y la velocidad de agitación. En tanto que en 1978 se adicionó el uso del microchip a la máquina de lavar automáticas.

En el Ecuador aparece el servicio de lavandería automática en seco en la ciudad de Quito en la década de los treinta, posteriormente aparecen empresas que se dedican únicamente al lavado en agua en el que los clientes dejan la ropa en los locales para su lavado y las retiran después de cierto tiempo, ofrecen el servicio de lavado al peso y por prenda dependiendo del tipo de ropa.

En Riobamba cantón de la provincia de Chimborazo un grupo de empresarios promovieron la implementación de lavanderías automáticas de lavado en seco en el año de 1990, y posteriormente debido al crecimiento poblacional y a la necesidad de ahorrar tiempo y dinero se establecen varias lavanderías automáticas a partir del 2000.

Lavandería Splendid, empresa riobambeña inició sus actividades desde el año 2005 para brindar a la ciudadanía el servicio de lavado, secado y doblado de ropa al peso, su creación tuvo como finalidad ofrecer comodidad a una sociedad moderna que requiere incluirse dentro del avance tecnológico y comercial del siglo XXI.

La empresa se caracteriza por ofrecer un servicio completo que incluye desde la recepción de la ropa hasta el secado y doblado de las prendas, el moderno sistema de lavado al estilo norteamericano realizado mediante procesos tecnificados, todo con maquinarias sofisticadas, siguiendo estrictas normas de higiene y clasificación de acuerdo al requerimiento de cada prenda y acorde a la necesidad del cliente.

Conociendo que las lavanderías automáticas se convirtieron en una opción para ahorrar tiempo y dinero, que ha dejado atrás el sistema de lavado tradicional y ha visto su propuesta como la mejor alternativa de ayuda a amas de casa, estudiantes, ejecutivos, turistas, etc.

En Lavandería Splendid, de acuerdo a los análisis de los parámetros físicos - químicos que se realizó en sus aguas residuales, se conoció que el principal problema es que la descarga al alcantarillado con respecto al Texto de Legislación Ambiental Secundario en su Libro VI, anexo 1 se encontró fuera de la norma.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la demanda del servicio de lavandería automático aumentó considerablemente debido a la falta de tiempo, a la mayor participación del rol de la mujer en la vida laboral y al aumento de personas que viven solas. Por consiguiente se elevó copiosamente la implementación de infraestructuras que brindan este servicio. De esta manera el foco de contaminación ambiental incrementó drásticamente, ya que el impacto ambiental generado tanto por las grandes y pequeñas lavanderías industriales en la ciudad de Riobamba ha traído consigo el deterioro de las fuentes naturales hídricas del sector, causando en algunos casos, graves consecuencias que rompen el equilibrio del ecosistema y el normal flujo energético de la naturaleza, provocando un daño de diferente manera a la salud de los ciudadanos.

Todos estos efectos tienen una causa muy particular por parte de los administradores de las industrias, y es la falta de interés de la conservación y protección del medio ambiente. Sin embargo, la empresa de lavado automático SPLENDID apela a este llamado que hace la naturaleza y siente la necesidad de la mitigación de los impactos generados debido a la alta demanda de consumo de esta actividad y todos los componentes orgánicos e inorgánicos que esta genera, los cuales están fuera de los límites permisibles de descarga al alcantarillado; y teniendo en cuenta que el agua hoy en día está considerada como un suministro no renovable. Además Lavandería SPLENDID pretende duplicar su servicio de lavandería en los próximos 10 años, por todos estos motivos se requiere del diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales tomando en cuenta que proporcional a esta ampliación también se tendrá la duplicación del caudal de agua residual.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un sistema de tratamiento del agua residual en el proceso de lavado de ropa de la empresa SPLENDID.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros físico – químicos del agua residual del proceso del lavado de ropa en la lavandería SPLENDID.
- Determinar experimentalmente el caudal de agua residual a tratar.
- Efectuar los cálculos de ingeniería para el respectivo dimensionamiento del sistema de tratamiento.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 LAVANDERÍAS

Una lavandería es un establecimiento industrial o comercial, donde se realiza el proceso de lavado de ropa haciendo uso del empleo de agua potable, detergentes y otros aditivos, generalmente los tipos de lavanderías más comunes se pueden clasificar en:

- Pequeñas lavanderías.
- Lavanderías industriales.
- Lavanderías de autoservicio.

La lavandería pequeña como su nombre lo indica posee poca capacidad de procesamiento por lo cual suele realizar la limpieza de ropa de particulares, la industrial es más grande que la anterior, ya que los requerimientos de lavado son mayor puesto que sus clientes son hoteles, restaurantes, hospitales, etc. Y la lavandería autoservicio de igual manera posee igual gran capacidad y tiene máquinas que son usadas por los clientes colocando monedas para su uso.

1.1.1 LAVANDERÍA AUTOMÁTICA

Desde comienzos del presente siglo, existían máquinas automatizadas de gran tamaño para la realización de esta actividad, sin embargo éstas solo eran accesibles para grandes colectividades e instituciones públicas.

Las primeras lavadoras domésticas de la misma manera no estaban al alcance de las amas de casa lo que originó la aparición de los primeros establecimientos de autoservicio de lavandería a comienzo de los años cincuenta. Esto supuso un considerable progreso para las amas de casa ya que de esta forma desertarían en definitivo del lavado manual, empezando a utilizar los nacientes adelantos que se

ponían a su disposición. Debido a la gran demanda de los servicios que prestaban las lavanderías de autoservicio y al crecimiento como un negocio próspero, se dio la gran propagación de estas empresas y de esta manera pronto se desató una fuerte y agresiva competencia entre los mismos, por ende se dio una fulminante caída de los precios del servicio y de sus rentabilidades. Luego en la década de los sesenta, y como consecuencia de los planes de desarrollo y crecimiento económico las moradas ya tuvieron acceso a las primeras lavadoras automáticas domésticas, lo que supone la desaparición de un gran número de estos establecimientos.

1.1.1.1 TIPOS DE LAVADORAS AUTOMÁTICAS

Existen tres tipos principales de lavadoras automáticas:

1.1.1.1.1 LAVADORAS DE CARGA SUPERIOR TRADICIONAL

Este tipo de lavadoras son con las que se ha crecido, ya que su carga se realiza por la parte superior y de esta manera se tiene acceso al tambor, los controles se encuentran en la parte posterior de la lavadora en un panel vertical. “El tambor se llena de agua hasta el nivel que usted selecciona en base al volumen de la carga y un agitador central gira de un lado al otro para mover la ropa sucia en el agua de lavado.”¹

Ventajas:

- Su adquisición es rentable, ya que son bien económicas con respecto toda la gama de lavadoras que existen en el mercado.
- Posee facilidad para cargar y descargar las prendas.
- Se puede interrumpir su ciclo para agregar más ropa a diferencia de las lavadoras de carga frontal.

¹ Tipos de Lavadoras. Best Buy. Recuperado de <http://espanol.bestbuy.com/site/Appliances-Promotions/Types-of-Washers/pcmcat239300050011.c?id=pcmcat239300050011>

Consideraciones:

- Con respecto a las lavadoras de carga frontal y de carga superior de alta eficiencia, estas son más ruidosas.
- Poseen menor eficiencia, ya que gastan mayor cantidad de agua y energía con respecto a su capacidad de procesamiento.

1.1.1.1.2 LAVADORAS DE CARGA SUPERIOR DE ALTA EFICIENCIA

Las lavadoras de carga superior de alta eficiencia poseen una apariencia similar a las de carga superior tradicionales antes mencionada, su tecnología permite lavar de manera más suave y eficaz ya que carece de agitador tradicional, por tal motivo existe mayor capacidad dentro del tambor y menos cargas para lavar. Operan con un detergente especial que deja las prendas limpias con menos consumo de agua.

Ventajas:

- Poseen precios menos elevados que de las lavadoras de alta eficiencia de carga frontal.
- Al carecer de tambor su agitación se torna más suave y aumenta el rendimiento de lavado y tienen mayor capacidad.
- El ciclo de centrifugado de alta velocidad extrae mayor cantidad de humedad de las prendas mojadas, reduciendo el tiempo de secado y ahorrando energía.

Consideraciones:

- Opera con un detergente especial de alta eficiencia para mejores resultados y ahorro de energía.
- Sus precios son más elevados que los de las lavadoras de carga superior tradicionales.

1.1.1.1.3 LAVADORAS DE CARGA FRONTAL DE ALTA EFICIENCIA

Es la más conocida ya que ofrecen el mejor rendimiento con su bajo consumo de agua y energía. Posee un tambor horizontal y una puerta transparente que se encuentra ubicada en el frente de la lavadora. “A medida que el tambor gira, limpia la ropa de manera suave levantándola y dejándola caer en una pequeña solución de agua y detergente”².

Ventajas:

- Posee las mismas ventajas que las lavadoras de carga superior de alta eficiencia, sin embargo, su eficiencia y rendimiento es mayor el de todos los tipos de lavadoras, puesto que su ahorro de energía y menor uso de agua es mayor, al igual que su capacidad y la reducción del tiempo de secado.

Consideraciones:

- Este tipo de lavadoras usa un detergente especial de alta eficiencia prescrito particularmente para usar en pequeñas cantidades de agua.
- Son aún más caras que las lavadoras de carga superior de alta eficiencia.

1.1.2 LAVANDERÍA INDUSTRIAL

A medida que se dio el crecimiento poblacional también se vio la necesidad del incremento de hospitales, empresas hoteleras, establecimientos del sector de la reconstrucción y sobretodo con el auge del turismo, produjo una gran cantidad de prendas para su limpieza con la necesidad de hacerlo en menos tiempo y consumo de energía, por tal motivo se crearon las primeras "macro lavanderías industriales" para prestar sus servicios a los sectores antes mencionados, necesitados de industrias que puedan tratar grandes volúmenes de ropa, y en periodos de tiempo cada vez más cortos.

² Tipos de Lavadoras. Best Buy. Recuperado de <http://espanol.bestbuy.com/site/Appliances-Promotions/Types-of-Washers/pcmcat239300050011.c?id=pcmcat239300050011>

“La constante caída del mercado de particulares, obliga a las empresas a orientar sus servicios hacia el sector de las colectividades. A su vez, los grandes centros hospitalarios empiezan a cuestionarse la idoneidad de sus instalaciones de lavandería, motivo por el cual se crearon las primeras lavanderías Ínter-hospitalarias”³

1.1.2.1 ETAPAS DE PROCESO DE LAVADO DE ROPA

El proceso de lavado básicamente consiste en tres etapas fundamentales, las cuales describiré brevemente a continuación:

1.1.2.2 ETAPA DE PRELAVADO

La etapa de Prelavado como su nombre lo indica, constituye el primer ciclo de lavado, “en dicha fase la entrada del agua es pequeña, entre el 20 y el 30%”⁴, al seleccionar la opción de prelavado, el agua arrastra el detergente, neutralizantes, desengrasantes y lejía introducidos en el dosificador simultáneamente pero por separado, hacia el tambor de la lavadora a través de la cubeta, en donde van a ser diluidos y en el interior del tambor se empieza a balancear, dependiendo del tipo de ropa se calentará el agua a la temperatura óptima de lavado de acuerdo al tejido.

Consecutivamente, se vierte más agua hasta su total cobertura para que el tambor alcance un elevado movimiento de rotación, luego se desecha el agua mediante un rápido centrifugado, y se da un breve aclarado a la ropa, donde se elimina polvo, suciedades gruesas y manchas rápidamente solubles

³ ROMÁN, J. (2010). Breve historia de la Lavandería Industrial. Tintorería & Lavandería. Recuperado de <http://www.tintoreriaylavanderia.com/tintoreria/lavanderia/454-breve-historia-de-la-lavanderia-industrial.html>

⁴ Lavandería. Editorial Cep. Recuperado de <http://www.editorialcep.com/oposiciones/generalitat-valenciana/temasmuestra/TEMA%20Ayudante%20de%20residencia.pdf>

1.1.2.3 ETAPA DE LAVADO

Esta etapa se puede decir que es el corazón de una lavandería industrial, aquí se da tanto el aclarado como el centrifugado de la ropa pero en forma prolongada, esto se realiza en dos partes:

- a) El agua entra en el tambor con los productos mencionados anteriormente los cuales son posteriormente diluidos, aquí se producen las mismas fases del prelavado, es decir, balanceo del tambor, centrifugado de la ropa, y separación de los restos de manchas y residuos que no se eliminaron en el prelavado.

- b) Luego se eliminan parcialmente los productos detergentes, alcalinos y el agua sucia.

1.1.2.4 ETAPA DE ENJUAGUE

Igual que en el lavado se realiza un aclarado y un centrifugado para que se impregne en toda la ropa el suavizante previamente colocado en el dosificador, finalmente se desaloja el agua y se realiza un centrifugado prolongado donde se eliminará la mayor cantidad de humedad en las prendas.

1.1.3 AGUAS RESIDUALES

Son aguas que han sido modificadas física o químicamente por su uso en actividades domésticas, industriales y comunitarias, las cuales son vertidas en la red de alcantarillado.

Desde el punto de vista de su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad tales como domésticas, comerciales, industriales y de

servicios, así como también las aguas subterráneas. Superficiales, de precipitación o meteorológicas que tienden a agregarse al agua residual.

1.1.3.1 AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LAVANDERÍA DE ROPA

En el proceso de lavado se producen los siguientes vertidos:

- Aguas Residuales del prelavado que contiene suciedad, polvo, detergentes, desengrasantes, neutralizante.
- Aguas Residuales del lavado que eliminan gran cantidad de suciedad detergentes, desengrasantes.
- Aguas Residuales del enjuague que contiene suavizante y detergentes.

“Los vertimientos de lavanderías se componen de jabones, carbonato de sodio y detergentes utilizados para quitar la grasa, suciedad y almidón que poseen los trajes y ropas sucias. Estos vertimientos poseen gran turbidez y alcalinidad y una materia orgánica rápidamente putrescible con una DBO₅ 400-1000 ppm.”⁵

Además de los componentes antes mencionados, cabe recalcar que en las aguas residuales existen monedas las cuales pueden provocar que tanto lavadoras como bombas se dañen.

En la siguiente tabla se puede ver el material, peso y diámetro de las monedas de centavos de dólar que se usan en Ecuador.

⁵ Restrepo, M., (1997). Guía para la apreciación de la Contaminación Hídrica. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/documentos/578_apreciacion97.doc

TABLA 1.1.3.1-1

Monedas de centavos de dólar estadounidense

Moneda	Material	Peso (g)	diámetro (mm)
 1 centavo	Cobre depositado en acero	2,5200	19,05
 5 centavos	Níquel depositado en acero	5	21,21
 10 centavos	Níquel depositado en acero	2,2400	17,91
 25 centavos	Níquel depositado en acero	5,6500	24,26
 50 centavos	Níquel depositado en acero	11,3200	30,61
 1 dólar	Cobre+Zinc+Níquel+Manganeso	8,10	26,65

Fuente: RAMOS G., Webmaster de G & K World Coins, s.f.

1.1.3.2 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTIMIENTOS DE LAVANDERÍAS

El origen de los vertimientos o descargas finales de una lavandería como su nombre lo indica se dan en el proceso de lavado de las prendas, las cuales se colocan en el interior de una lavadora industrial con agua, jabón y otros agentes como suavizantes para su respectivo lavado. La agitación se produce por la rotación del cilindro hueco interior lo que permite la liberación disolución de las impurezas de los tejidos.

“El consumo de aguas en las lavanderías es alto y por lo tanto los vertimientos llegan a los 33,3 litros de agua por kilogramo de ropa.”⁶

Como se mencionó anteriormente los vertimientos de lavanderías son de carácter fácilmente putrescible, fuertemente alcalinos, con gran turbidez, numerosos colores; “contienen básicamente grandes cantidades de jabón o detergente, carbonato de sodio, grasa, tintes, suciedad, y restos de ropa, pudiendo ser su DBO₅ media igual al doble de las aguas residuales urbanas y, en ocasiones, es igual a cinco veces este nivel.”⁷

TABLA 1.1.3.2 -1

Aguas residuales de una lavandería

ANÁLISIS	INTERVALO DE VALORES
PH	9,0 – 9,3
Alcalinidad como mg/L de Na ₂ CO ₃	60 – 250
Sólidos totales mg/L	800 – 1200
DBO ₅ mg/L	400 – 450

Fuente: AGUAS RESIDUALES DE LAVANDERIA., www.minambiente.gov.co/documentos/578_apreciacion97.doc

⁷ Restrepo, M., (1997). Guía para la apreciación de la Contaminación Hídrica. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/documentos/578_apreciacion97.doc

Una lavandería industrial representativa a partir de un caudal de 71 m³/d, presenta la carga contaminante en términos de carga en kilogramos por día (Kg/d), en la en la Tabla 1.1.3.2-2

TABLA 1.1.3.2 -2

Carga contaminante de una lavandería típica

PARÁMETRO	INTERVALO DE VALORES
PH	9,0 - 9,3
Alcalinidad Kg/d de Na ₂ CO ₃	4,26 - 17,75
Sólidos totales Kg/d	56,8 - 85,2
DBO ₅ Kg/d	28,4 - 31,95

Fuente: AGUAS RESIDUALES DE LAVANDERIA., www.minambiente.gov.co/documentos/578_apreciacion97.doc

1.1.3.3 TRATAMIENTOS DE LOS VERTIMIENTOS DE LAVANDERÍAS

Para tratar los vertimientos y eliminar alrededor del 75% de los sólidos orgánicos, se realiza:

- ✓ La acidificación con H₂SO₄, CO₂ o SO₂, seguida de coagulación con alumbre o sulfato férrico. Después de la coagulación química, se pueden purificar aún más los vertimientos de las lavanderías mediante tratamiento con filtros bacterianos o lodos activados con largos periodos de aireación.
- ✓ “El lodo que se obtenga se puede secar rápidamente y de forma directa en lechos de arena, digerirse anaeróbicamente o prensarse por medio de filtros. Como recuperación final se pueden obtener jabón o el fango una vez seco”⁸

⁸ Restrepo, M., (1997). Guía para la apreciación de la Contaminación Hídrica. Recuperado de www.minambiente.gov.co/documentos/578_apreciacion97.doc

1.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, depende principalmente de: las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, la disponibilidad de terreno, los costos de construcción y operación, la confiabilidad del sistema, la facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

1.2.1 NORMAS PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES

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

El libro VI Anexo 1 trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes, tiene como objeto la “prevención y control de la contaminación ambiental en lo que se refiere al agua.”⁹

1.2.1.1.1 LIBRO VI ANEXO 1. “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes de agua.

⁹ TULAS, Libro VI, Anexo 1.

1.2.1.1.2 NORMAS DE DESCARGA DE EFLUENTES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO.

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aun después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos y álcalis.

TABLA 1.2.1.1.-1

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

PARÁMETRO	Expresado como	UNIDAD	VALOR NORMA
Aceites y grasa	Solubles de hexano	mg/L	100
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Cinc	Zn	mg/L	10
Cobre	-	mg/L	1,0
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,2
Demanda bioquímica de oxígeno 5 días	DBO ₅	mg/L	250
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	500
Fósforo	PO ₄	mg/L	15
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/L	40

Potencial de hidrógeno	pH	Unid. pH	5 – 9
Sólidos sedimentables	-	mg/L	20
Sólidos suspendidos totales	-	mg/L	220
Sólidos totales	-	mg/L	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/L	400
Sulfuros	S	mg/L	1,0
Temperatura	-	°C	< 45
Tensoactivos	Activos al azul de metileno	mg/L	2,0

Fuente: TULAS, LIBRO VI, Anexo 1

1.2.2 PRE-TRATAMIENTO PRIMARIO

Con un pre-tratamiento se pretende separar del agua residual mediante operaciones físicas y mecánicas la mayor cantidad de materias o residuos que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (monedas, botones, piedras, etc.) crearían consigo problemas en el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales tales como: la obstrucción de tuberías y bombas, rotura de equipos, depósitos de arenas, etc.

Los objetivos que persigue este pre-tratamiento son:

- Interceptar y retener monedas o sólidos gruesos provenientes del proceso de lavado, de tal manera que se pueda proteger a la P.T.A.R. de la viable afluencia intempestiva de grandes cuerpos capaces de provocar daños u obturaciones en las múltiples unidades de la instalación como bombas, válvulas, tuberías y otros elementos.
- Separar y evacuar fácilmente los cuerpos antes mencionados, debido a que provocarían la disminución de la eficiencia de los procesos posteriores.

Para el cumplimiento de estos objetivos se hará uso de una malla metálica ubicada en un canal.

1.2.2.1 MALLAS METÁLICAS

La malla consiste en una superficie con aberturas de un tamaño determinado por el usuario. Estas aberturas pueden tener distintas geometrías, dependiendo del uso que se desee dar a la malla y de la forma geométrica del material a clasificar. Los tipos de aberturas más usadas son los de geometría cuadrada o rectangular.

1.2.2.2 CANAL

Un canal o vertedero es una estructura sencilla, barata, fácil de instalar pero costosa de mantener, constituye una presa en el flujo del agua residual, el material sedimentable se acumula antes de él y debe removerse permanentemente para así obtener valores constantes del caudal. El canal, preferiblemente debe ser horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella. Existen diferentes tipos de canales entre ellos se tienen: rectangulares de pared delgada con o sin contracciones, triangulares, canaleta Parshall, etc.

1.2.3 TRATAMIENTO PRIMARIO

En este tipo de tratamiento lo que se busca es remover los materiales que son sedimentables, empleando para ello tratamiento físicos o físico-químicos.

Entre éstos tratamientos primarios utilizados en el presente diseño de la P.T.A.R., se destacan:

- i. La sedimentación primaria
- ii. La precipitación química

1.2.3.1 SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

Es un proceso físico de separación que se emplea para remover sólidos sedimentables y material flotante de las aguas residuales crudas, reduciendo así el contenido de sólidos suspendidos presentes en el agua residual, mediante la acción de la gravedad y la reducción de la velocidad de flujo del agua cruda, haciéndola pasar por un tanque de sedimentación primaria, de tal forma que los sólidos en suspensión sedimenten de acuerdo a diferencias de densidades, se da sin la adición de sustancias químicas.

Mediante la aplicación de éste método, la remoción de impurezas es parcial, pues depende fundamentalmente de naturaleza y tamaño de las suspensiones, así como la temperatura y el tiempo de reposo del agua.

“Los tanques de sedimentación primaria eliminan entre el 50 – 70 % de sólidos suspendidos, y entre el 25 – 40 % de DBO₅, siempre que las consideraciones de diseño sean bien manejadas.”¹⁰

1.2.3.1.1 SEDIMENTADORES PRIMARIOS CIRCULARES

Son de uso común en plantas de tratamiento, ya que se puede lograr una buena remoción de lodos, el sistema de flujo es radial, para lo cual el agua residual se introduce por el centro o por la periferia del tanque.

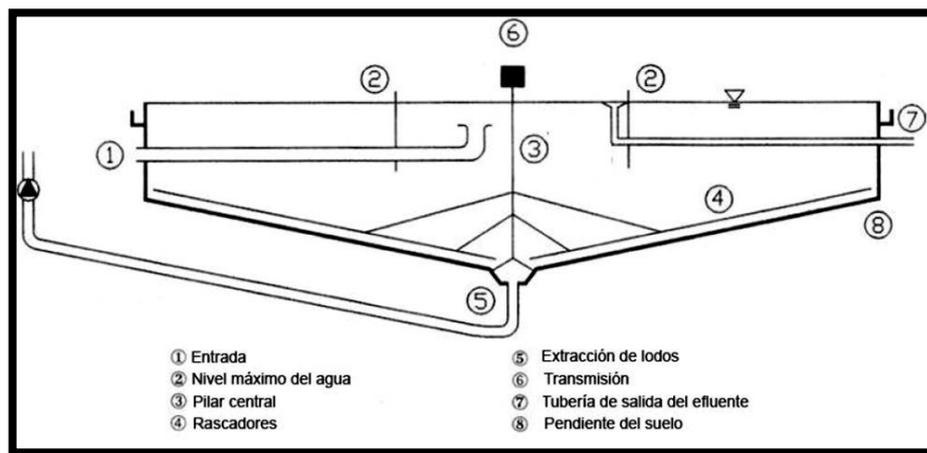
Comúnmente se emplea unidades de “alimentación central en donde el agua residual es llevada por tubería al centro del tanque, luego el agua pasa por una campana circular para distribuir el flujo en todas las direcciones. La campana circular tiene un diámetro entre 15– 20% del diámetro total del tanque y una profundidad entre 1 – 2,5 m.”¹¹

¹⁰ METCALF & EDDY., Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Mc Graw Hill, Bogotá, 2000.

¹¹ METCALF & EDDY., Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Mc Graw Hill, Bogotá, 2000.

La remoción de los lodos es mediante rastras para tanques con diámetros menores de 15m, y para grandes cantidades de lodo se usa unidades con succionadores.

Los vertederos de salida se extienden en forma usual alrededor de la periferia del tanque con deflectores que se extienden de 200 a 300 mm bajo la superficie del agua.



Fuente: HORAN., Tratamiento de Aguas Residuales., 2003

Fig. 1.2.3.1.1-1 Tanque de Sedimentación Primaria Circular

1.2.3.2 PRECIPITACIÓN QUÍMICA

Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión y de la DBO₅, sobre todo de las partículas coloidales; además permite “acondicionar el agua residual que contenga vertidos industriales, mejorar la eficiencia de los sedimentadores secundarios especialmente cuando se trata del proceso de lodos activados.”¹²

La precipitación química es un proceso que consiste en tres pasos:

¹² METCALF & EDDY., Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Bogotá, Mc Graw Hill, 2000.

- i. La coagulación la cual consiste en desestabilizar las partículas, reduciendo la fuerza entre éstas mediante la adición de productos químicos llamados coagulantes y con la ayuda de la agitación para que se lleve a cabo la interacción de las partículas de tal forma que se agrupen las moléculas de menor tamaño y densidad para producir moléculas de mayor tamaño.
- ii. La floculación se da después de un periodo rápido de mezcla, disminuyendo la velocidad de mezclado para que se dé la formación de flóculos más grandes.
- iii. Finalmente, la sedimentación que consiste en la separación de los componentes del agua en dos fases la sólida en la parte inferior y la líquida en la parte superior, gracias al efecto de la gravedad y a un tiempo de contacto entre las partículas.

A través de este tratamiento químico se puede obtener agua exenta de sólidos en suspensión y en estado coloidal, ya que se elimina del 80 al 90 % de los sólidos totales en suspensión, del 40 al 50% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, del 80 al 60 % de la Demanda Química de Oxígeno y del 80 al 90 de bacterias

En la Tabla 1.2.3.2-1 se encuentran los coagulantes y floculantes, recomendados para tratamiento de aguas residuales.

TABLA 1.2.3.2-1

Coagulantes y Floculantes

Compuesto	Efecto
Sulfato de aluminio	Coagulante
Sulfato férrico	Coagulante
Sulfato ferroso	Coagulante
Polímero a base de sales de Aluminio	Floculante
Polímero a base de sales de hierro	Floculante
Poliamina cuaternaria	Floculante
Polímero sintético catiónico	Floculante

Fuente: MAROTO J., 2013

1.2.4 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Se da para eliminar desechos y sustancias que no se eliminaron con la sedimentación primaria y para remover la demanda biológica de oxígeno. Con estos tratamientos secundarios se pueden expeler las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos.

Este proceso acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos. El procedimiento secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos).

1.2.4.1 SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

En este tipo de sedimentación se emplea un sedimentador secundario el cual es parte fundamental del proceso de lodos activos, cumple la función de clarificar el efluente mezclado para la descarga del efluente final y concentra el lodo activado para su retorno al proceso.

Los tanques de sedimentación para el proceso de lodos activados pueden ser rectangulares o circulares, y en pocas ocasiones se emplean tanques cuadrados los cuales tienen poca retención de sólidos.

En cualquier tipo de tanques de sedimentación lo importante es la recogida de lodos, de manera que, “en la recirculación de lodos no haya una succión del líquido de la parte superior a través del lodo y debe ser capaz de transportar y extraer los lodos densos acumulados en el tanque de sedimentación en caso de alguna falla.”¹³

¹³ METCALF & EDDY., Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Bogotá, Mc Graw Hill, 2000.

1.2.4.1.1 SEDIMENTADORES SECUNDARIOS CIRCULARES

Los tanques circulares suelen ser de dos tipos: de alimentación central y de alimentación periférica, los dos tipos de tanques transportan y evacuan los lodos mediante mecanismos rotatorios, cuya velocidad no debe ser mayor a 2 revoluciones por hora.

Para los tanques que trabajen con mecanismos de barrido deberán disponer de una tolva central para la acumulación de lodos, al menos de 0,6 m de diámetro y 4 m de profundidad máxima. El fondo debe tener una inclinación de 1:12 (vertical: horizontal). Además el diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque debe ser aproximadamente el 15-20% del diámetro de sedimentador. El retorno de lodos debe ser continuo y puede ser por medio de bombas centrífugas.

1.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

1.3.1 HIDROGRAMA

Se entiende como la representación gráfica de un conjunto de caudales determinados experimentalmente en un intervalo de tiempo establecido, dependiendo de la variación del mismo a lo largo del día. Para la realización de todo hidrograma se grafica el caudal en función de la unidad de tiempo. Su realización se efectúa para determinar gráficamente el volumen gastado y el caudal: máximo, mínimo, promedio, etc.

1.3.2 CAUDAL

Corresponde al volumen del efluente o afluente (m^3 , L, etc.) que pasa por una tubería, sección, conducto o canal en un determinado tiempo (segundo, minutos, horas, etc.)

Por definición se emplea la siguiente ecuación para su cálculo, proveniente de la ecuación de continuidad:

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

Ec. 1.3.2-1

Donde:

Q= Caudal (m³/d)

V= Volumen (m³)

t= tiempo (d)

Esta ecuación es aplicable para cualquier fluido incompresible o compresible. Además existen diferentes tipos de caudales, los cuales se explican a continuación:

1.3.2.1 CAUDAL MÁXIMO

Es el máximo consumo que se realiza, por lo tanto representa el mayor gasto en un día, debido a esto es un parámetro muy importante que se debe conocer en todo dimensionamiento de un P.T.A.R. Se puede determinar gráficamente en un hidrograma o aplicando la estadística.

1.3.2.2 CAUDAL MEDIO

Es el promedio del conjunto de caudales y nos indica el caudal más representativo que se consume durante el día. Igual que en el caso anterior se determina gráficamente en un hidrograma o con el empleo de la ecuación de la media aritmética que usualmente se usa en matemáticas o estadística.

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

Ec. 1.3.2.2-1

Donde:

\bar{Q} = Caudal medio (m³/h)

Q_i = Caudal en cada intervalo de tiempo (m³/h)

1.3.2.3 CAUDAL MÍNIMO

Es el menor consumo que se tiene a lo largo del día, por lo tanto representa el mínimo gasto de la cantidad de agua por unidad de tiempo. Igual que los dos casos anteriores, se puede determinar gráficamente a través de un hidrograma o aplicando la estadística.

1.3.2.4 CAUDAL DE DISEÑO

Los caudales de diseño constituyen datos esenciales para la formulación efectiva y diseño de los procesos de una P.T.A.R. Para determinar el caudal de diseño se puede hacer uso tanto del caudal máximo como del caudal promedio, sin embargo se empleará un indicador el cual servirá como dotación de la población y además se podrá realizar el dimensionamiento con una proyección de la producción que se requiera a futuro.

Para este cálculo primero se debe calcular el volumen de diseño empleando indicadores, mediante la siguiente ecuación:

$$V_{diseño} = Indicador \times M_{diseño}$$

Ec. 1.3.2.4-1

Donde:

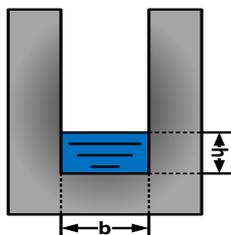
$V_{diseño}$ = Volumen de diseño (m³)

$M_{diseño}$ = Cantidad de ropa lavada (m³/Kg)

Una vez calculado el volumen de diseño se procederá a determinar el caudal de diseño a partir de la Ec. 1.3.2-1

1.3.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL

Para este diseño se considerará un canal abierto, en el cual la superficie del fluido está expuesto a la atmósfera, como se puede observar en la siguiente Figura:



Fuente: MAROTO, J. 2013

Fig. 1.3.3-1 Sección del canal

Para conocer la base de las mallas es necesario conocer las dimensiones del canal en donde van a ser dispuestas, las cuales se calculó a partir del *Software HCanales* (ver ANEXO XV) que se basa en la iteración de las ecuaciones que se presentan a continuación, teniendo presente que se refiere a base y altura del canal en función del agua residual que se transporta a través del mismo, es decir que serán tanto base, altura y área de mojado.

1.3.3.1 ÁREA DEL CANAL

Para determinar el área del canal se debe considerar que el canal es rectangular y que la base del mismo se va a asumir hasta tener una velocidad en los límites estipulados en la siguiente tabla.

Al ser rectangular el canal, el área de mojado del canal será de:

$$A = b * h$$

Ec. 1.3.3.1-1

Donde:

A= Área del canal (m²)

b= Base del canal (m)

h= Altura del canal hasta el nivel del agua (m)

1.3.3.2 RADIO HIDRÁULICO

El radio Hidráulico es un parámetro importante en el dimensionado de canales, tubos y otros componentes de las obras hidráulicas, generalmente es representado por la letra R, y expresado en m, es la relación entre:

$$R_h = \frac{A}{P}$$

Ec. 1.3.3.2-1

Donde:

A= Área mojada (m²).

P= Perímetro mojado (m)

Su cálculo está en función de la forma geométrica de la sección transversal del canal, en nuestro caso es una sección de tipo rectangular, por lo tanto para su cálculo se emplea:

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

Ec. 1.3.3.2-2

Donde:

b= ancho del canal (m)

h= Altura del canal (m)

1.3.3.3 VELOCIDAD DE TRANSPORTE

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

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

Ec. 1.3.3.3-1

Reemplazando la ecuación de la Continuidad en la Ec. 1.3.3.4-1, se tiene:

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

Ec. 1.3.3.3-2

Donde:

v = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de Manning

R_h = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

El coeficiente de Manning para canales revestidos como el que se va a diseñar en la presente propuesta, se puede obtener a través de la presente Tabla:

TABLA 1.3.3.3-1

Coeficiente de Manning para cunetas y canales revestidos

CUNETAS Y CANALES REVESTIDOS	
Material de revestimiento	Coeficiente de Manning
Hormigón	0,013 - 0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016 - 0,022
Encachado	0,020 - 0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017 - 0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023 - 0,033
Revestimiento bituminoso	0,013 - 0,016

Fuente: SOTELO G., Hidráulica de Canales, México, 2002

1.3.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA MALLAS EN UN CANAL

Lo que se debe considerar en este dimensionamiento será tanto la geometría de la malla como las características hidráulicas. Las características geométricas de las mallas se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 1.3.4-1

Geometría de las mallas

PARÁMETRO	VALORES
Grosor de los hilos	1 – 3 mm
Espaciamiento entre hilos	1 – 3 cm

Fuente: Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Tomo I y II

Para las características hidráulicas se considerará una velocidad en el canal entre 0,3 a 0,6 m/s y se determinarán el número de hilos por metro de ancho de canal, la porosidad de la malla, el coeficiente de pérdida de carga, el gradiente de velocidad producido al paso del flujo a través de la malla y la pérdida de carga producida por la malla mediante las siguientes ecuaciones:

1.3.4.1 NÚMERO DE HILOS POR METRO DE ANCHO DE CANAL

Como su nombre lo indica es el número de hilos que se encuentran por cada metro del ancho del canal, éste se determina mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{b}{e}$$

Ec. 1.3.4.1-1

Donde:

N = número de hilos por metro de ancho de canal (hilos / m)

b = ancho del canal (cm)

e = espaciado entre hilos (cm)

1.3.4.2 POROSIDAD DE LA MALLA

La porosidad o fracción de huecos es el tamaño y número de los poros de un filtro, malla o de una membrana semipermeable, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total, la cual varía entre 0-1, o como un porcentaje entre 0-100%. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\epsilon = (1 - Nd)^2$$

Ec. 1.3.4.2-1

Donde:

ϵ = Porosidad de la malla (adimensional)

N = número de hilos por metro de ancho de canal (hilos / m)

d = grosor de los hilos (m)

1.3.4.3 COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA

EL coeficiente de pérdida de carga se abrevia mediante la letra K, y es un coeficiente cuyo valor es constante y hace referencia a la forma de los hilos, los cuales en general son circulares. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{0,55 (1 - \epsilon^2)}{\epsilon^2}$$

Ec. 1.3.4.3-1

Donde:

ϵ = Porosidad de la malla (adimensional)

K = Coeficiente de pérdida de carga (adimensional)

1.3.4.4 GRADIENTE DE VELOCIDAD

Es el gradiente de velocidad producido al paso del flujo a través de la malla, se mide en s^{-1} y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$G = 350 \sqrt{\frac{K}{e}} \times v^{1,5}$$

Ec. 1.3.4.4-1

Donde:

G= Gradiente de velocidad (s^{-1})

e= espaciamento entre hilos (cm)

K= Coeficiente de pérdida de carga (adimensional)

v= Velocidad del canal (m/s)

1.3.4.5 PÉRDIDA DE CARGA

La pérdida de carga producida por la malla debe ser menor a 15 m para que no se produzca el atascamiento del canal y el fluido pueda seguir su curso a lo largo del canal una vez que pase por las mallas.

$$h_c = \frac{Kv^2}{2g}$$

Ec. 1.3.4.5-1

donde:

h_c = Pérdida de carga (m)

K= Coeficiente de pérdida de carga (adimensional)

v= Velocidad del canal (m/s)

g= Aceleración de la gravedad (m/s^2)

1.3.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

En industrias pequeñas generalmente se emplean tanques circulares ya que la barredora de lodos requiere menos partes móviles que el mecanismo de arrastre de un sedimentador rectangular y porque los muros pueden ser más delgados que el de los tanques rectangulares. Por lo tanto el tanque de sedimentación a dimensionar para la P.T.A.R. será circular.

A continuación se muestra una tabla, en la cual se indican los parámetros de diseño de los sedimentadores primarios.

TABLA 1.3.5-1

Parámetros de diseño para sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario

PARÁMETROS	INTERVALO	TÍPICO
RECTANGULAR		
Profundidad (m)	3-4,5	3,6
Longitud (m)	15-90	25-40
Anchura (m)	3-25	5-10
Velocidad de los rascadores (m/min)	0,6-1,2	0,9
CIRCULAR		
Profundidad (m)	3-3,4	3,6
Longitud (m)	3-60	12-45
Anchura (m)	6,25-16	8
Velocidad de los rascadores (m/min)	0,02-0,05	0,03

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

1.3.5.1 VOLUMEN DEL TANQUE

Para el cálculo del volumen del tanque se parte de la ecuación del tiempo que permanece el agua residual en el tanque o sistema denominado tiempo de retención hidráulica, se calcula a partir de la Ec.1.3.5.1-1 que se describe a continuación:

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

Ec. 1.3.5.1-1

Donde:

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulica (h)

V = Volumen del sedimentador primario (m³)

Q = Caudal de diseño de la P.T.A.R (m³/h)

De esa ecuación se despeja el volumen y se tiene la Ec. 1.3.5.1-2

$$V = T_{rh} \times Q$$

Ec. 1.3.5.1-2

1.3.5.2 RADIO DEL TANQUE

Para el cálculo del radio del tanque se parte de la ecuación del volumen del tanque de sedimentación primaria, por ser un sedimentador circular, se calcula a partir de la Ec.1.3.5.2-1 que se describe a continuación:

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

Ec. 1.3.5.2-1

Despejando el radio se tiene la siguiente expresión:

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \times h}}$$

Ec. 1.3.5.2-2

Donde:

V = Volumen del tanque (m³)

h = Altura del tanque (m)

r = Radio del tanque (m)

1.3.5.3 DIÁMETRO DEL TANQUE

Se determina usando la Ec.1.3.5.3-1 en función al radio determinado anteriormente.

$$\emptyset = 2r$$

Ec. 1.3.5.3-1

Donde:

\emptyset = Diámetro del sedimentador (m)

r = Radio del tanque sedimentador (m)

1.3.5.4 ÁREA DEL TANQUE

Como el sedimentador a dimensionar es circular, el área del tanque se calcula en base a la ecuación del área del círculo, con la siguiente ecuación:

$$A_s = \pi r^2$$

Ec. 1.3.5.4-1

Donde:

r = Radio del tanque sedimentador (m)

A_s = Área superficial del tanque sedimentador (m²)

π = Número irracional pi (3,14159)

1.3.5.5 CARGA SUPERFICIAL

“La carga superficial expresa la velocidad de sedimentación teórica a partir de la cual las partículas serán removidas por la estructura, por tanto la capacidad de sedimentación es independiente de la profundidad y del periodo de permanencia de la partícula”.¹⁴ Se calcula mediante la siguiente expresión:

¹⁴ PÉREZ, L., (2005). Teoría de la Sedimentación. Recuperado del internet: <http://escuelas.fi.uba.ar/iis/Sedimentacion.pdf>

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

Ec. 1.3.5.5-1

Donde:

C_s = Carga superficial ($m^3/m \times d$)

A_s = Área Superficial del sedimentador (m^2)

Q = Caudal de diseño (m^3/d)

Sin embargo los tanques de sedimentación primaria, poseen estándares de diseño que se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 1.3.5.5-1

Consideraciones de diseños de sedimentación primaria

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria seguida de tratamiento secundario		
Tiempo de retención (h)	1,5-2,5	2
Carga superficie ($m^3/m*d$)	32-48	-
Carga sobre vertedero ($m^3/m*d$)	10000-40000	20000
Sedimentación primaria con adición del fango activo en exceso		
Tiempo de retención (h)	1,5-2,5	2
Carga superficie ($m^3/m*d$)	24-60	-
Carga sobre vertedero ($m^3/m*d$)	10000-40000	20000

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales

1.3.5.6 FONDO DEL SEDIMENTADOR

Para ello se hizo uso del gradiente hidráulico el cual se define como “la pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua; es decir, representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud, medida en el sentido del flujo de agua”¹⁵. Para su cálculo se emplea la Ec.1.3.5.6-1

¹⁵ REBOLLO, L., https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/Pg-MA-ASIG/Pg-ASIG-67044/TAB42351/T4-Movimiento%20del%20agua%20en%20el%20subsuelo.pdf

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Ec. 1.3.5.6-1

Donde:

i = Gradiente hidráulico (adimensional)

Δy = Cateto opuesto de α (m)

Δx = Cateto Adyacente de α (m)

Despejando el cateto opuesto se tiene:

$$\Delta y = i \times \Delta x$$

Ec. 1.3.5.6-2

Donde Δy es la pendiente que debe tener la base cónica del tanque de sedimentación primaria.

1.3.5.7 REMOCIÓN DE DBO₅ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

La eficiencia de remoción de DBO₅ y sólidos suspendidos, está en función de la concentración del afluente y del tiempo de retención.

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$

Ec. 1.3.5.7-1

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado (%)

T_{rh} = Tiempo nominal de retención (h)

a, b = Constantes empíricas

TABLA 1.3.5.7-1

Valores de las constantes empíricas, a y b a 20°C

Variables	a, h	b
DBO ₅	0,018	0,02
SST	0,0075	0,014

Fuente: CRITES R., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones

1.3.6 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL TANQUE DE FLOCULACIÓN

Como se mencionó en apartados anteriores, en este tanque se dará parte del proceso químico, y para ello se debe realizar previamente la prueba de Jarras, y considerar los siguientes parámetros de diseño, expuestos en la Tabla 1.3.6-1:

TABLA 1.3.6-1

Parámetros de diseño para floculadores

CARACTERÍSTICAS	VALOR	
	Intervalo	Típico
Tiempo de retención (min)	20 – 60	30
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de velocidad hasta el 30% de velocidad máxima (m/s)	0,45 – 1,00	0,60
Floculación por agitación por aire, con difusores de tubo poroso (m ³ /10 ³ m ³)	0,60 – 1,20	0,75

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

1.3.6.1 ÁREA SUPERFICIAL

Para la determinación del área superficial del floculador se empleará la ecuación 1.3.5.5-1 de la carga superficial, la cual expresa la cantidad de volumen de agua que se esparcirá sobre un área determinada, de esta ecuación se despeja el área y se tiene la Ec.1.3.6.1-1:

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

Ec. 1.3.6.1-1

Donde:

C_s = Carga superficial ($m^3/m \times d$)

A_s = Área Superficial (m^2)

Q = Caudal de diseño

La carga de superficie recomendada para diferentes suspensiones químicas se encuentra en la siguiente tabla:

TABLA 1.3.6.1-1

Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Carga de superficie (m^3/m^2d)	
	Intervalo	Caudal punta
Flóculo de alúmina	25 – 50	50
Flóculo de hierro	25 – 50	50
Flóculo de cal	30 – 60	60
Agua residual cruda	25 – 50	50

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

1.3.6.2 RADIO DEL FLOCULADOR

Para la determinación del radio del floculador se hace uso de la ecuación 1.3.5.4-1 del área del cilindro, de la cual se despeja el radio, y se tiene:

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

Ec. 1.3.6.2-1

Donde:

A_s = Área del floculador

π = Número irracional

r = Radio del floculador

1.3.6.3 DIÁMETRO DEL FLOCULADOR

El floculador al ser cilíndrico con base cónica igual al sedimentador primario, para el cálculo del diámetro se empleará la Ec. 1.3.5.3-1:

1.3.6.4 VOLUMEN DEL FLOCULADOR

El volumen del tanque floculador se calcula a partir de la Ec.1.3.5.2-1, ya que la forma geométrica del tanque es cilíndrica.

1.3.6.5 FONDO DEL FLOCULADOR

Para su cálculo se emplea la Ec.1.3.5.6-2, con la cual se determina la inclinación que debe poseer la pendiente de fondo.

1.3.6.6 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El tiempo de retención que debe tener el agua residual en el floculador se calcula de acuerdo a la Ec. 1.3.5.1-1.

1.3.6.7 GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO

Al realizar la prueba de jarras, se obtiene un gradiente de velocidad, calculado en base a la siguiente ecuación:

$$G = 0,25 \times n^{1,25}$$

Ec. 1.3.6.7-1

Donde:

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

n= velocidad de rotación (rpm)

1.3.6.8 POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA

Camp y Stein en 1943 estudiaron la formación y efectos de velocidad en diferentes clases de tanques para la mezcla, desarrollando la siguiente ecuación para determinar la potencia disipada de la mezcla:

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

Ec. 1.3.6.8-1

Donde:

W = Potencia necesaria (W)

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

μ = Viscosidad dinámica ($N s/m^2$)

V = Volumen del floculador (m^3)

Para valores de tiempo de retención hidráulico comprendidos entre 30 – 60 min los valores del gradiente medio de velocidad (G) oscilan entre 50 – 100 s^{-1} .

1.3.6.9 ÁREA REQUERIDA DE LAS PALETAS

Se determina a partir de la ecuación de la potencia suministrada a un fluido por medio de un sistema mecánico de paletas la cual se puede relacionar con la fuerza de resistencia al avance de las paletas, por medio de la siguiente ecuación:

$$W = \frac{C_D \times A \times \rho \times v^3}{2}$$

Ec. 1.3.6.9-1

Donde:

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

W = Potencia necesaria (HP)

C_D = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

v = Velocidad relativa de las paletas (se asumen valores entre 0,6 y 0,75 m/s)

De esta ecuación se despeja el área de sección transversal requerida de las paletas y se tiene la Ec.1.3.6.9-2:

$$A = \frac{2 \times W}{C_D \times \rho \times v^3}$$

Ec. 1.3.6.9-2

El valor del coeficiente de resistencia al avance de las paletas puede estimarse, de acuerdo a la Tabla 1.3.6.9-1:

TABLA 1.3.6.9-1

Valores de C_D

l/b	C_D
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: ROUSE

1.3.6.10 LONGITUD DE LA PALETA

Para el cálculo de la longitud de la paleta se emplea la Ec.1.3.6.10-2 que representa el área de sección transversal de la misma:

$$A = l \times b$$

Ec. 1.3.6.10-1

Donde:

l = longitud de la paleta (m)

b = ancho de la paleta (m)

Despejando l de la ecuación anterior se tiene:

$$l = \frac{A}{b}$$

Ec. 1.3.6.10-2

1.3.7 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

El sedimentador secundario que se va a emplear en el proceso químico será circular ya que éste se emplea para industrias pequeñas, y para su dimensionamiento se debe tener presente algunas consideraciones de diseño descritas en la tabla 1.3.7-1:

TABLA 1.3.7-1

Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios

Tipo de tratamiento	Carga de superficie $\text{m}^3/\text{m d}$		Carga de sólidos $\text{kg}/\text{m}^2 \times \text{h}$		Profundidad (m)
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	16 - 32	41 - 49	3,90 - 5,85	9,76	3,6 - 6,0
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	16 - 32	41 - 49	4,88 - 6,83	9,76	3,5 - 6,0

Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	8 – 16	24,42 - 32	0,97 - 4,88	6,83	3,6 - 6,0
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16 – 24	41 - 49	2,93 - 4,88	7,81	3,0 - 4,5
Sedimentación a continuación de biodiscos:					
Efluente secundario	16 – 32	41 - 49	3,90 - 5,85	9,76	3,0 - 4,5
Efluente nitrificado	16 – 24	32 - 41	2,93 - 4,88	7,81	3,0 - 4,5

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales.

1.3.7.1 ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR

El área del sedimentador secundario, se obtiene a partir de la relación propuesta por Metcalf y Eddy, utilizando el valor de la carga superficial de acuerdo a los requerimientos, para ello se emplea la Ec. 1.3.6.1-1

1.3.7.2 RADIO DEL SEDIMENTADOR

Como se indicó en el dimensionamiento del Sedimentador primario, para industrias pequeñas se emplean sedimentadores circulares, por lo tanto se utiliza la Ec. 1.3.6.2-1 del radio del círculo.

1.3.7.3 DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

Se obtiene mediante la Ec.1.3.5.3-1, el cual es el doble del radio del sedimentador. Además entre el 20 al 25% del diámetro es el reparto central, entonces:

$$R_c = \emptyset \times 20\%$$

Ec. 1.3.7.3-1

Donde:

\emptyset = Diámetro del sedimentador secundario (m)

R_c = Reparto central del diámetro (m)

Para la determinación de la profundidad del sedimentador secundario se toma como referencia valores establecidos en la tabla 1.3.7-1.

La altura de reparto se toma 1/4 de la profundidad:

$$H_r = \frac{1}{4} \times h$$

Ec. 1.3.7.3-2

Donde:

H_r = Altura de reparto (m)

h = profundidad (m)

1.3.7.4 VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

De la misma manera que en el cálculo del volumen del tanque del sedimentador primario se emplea la Ec. 1.3.5.2-1 del volumen del cilindro.

1.3.7.5 FONDO DEL SEDIMENTADOR

Como ya se explicó se va a calcular la inclinación que debe tener la pendiente de fondo mediante la Ec.1.3.5.6-2, para que se encuentre entre los parámetros adecuados de velocidad de arrastre de los lodos que se producen durante la sedimentación.

1.3.7.6 CARGA DE REBOSE SOBRE EL VERTEDERO PERIMETRAL DE SALIDA

La carga de rebose sobre el vertedero perimetral de salida se determina a través de la Ec. 1.3.7.6-1 que relaciona el caudal de diseño y el diámetro del sedimentador secundario:

$$C_v = \frac{Q}{\pi \times \emptyset}$$

Ec. 1.3.7.6-1

Donde:

C_v = Carga de vertedero (m^2/h)

Q = Caudal a tratar en el sedimentador secundario (m^3/h)

\emptyset = Diámetro del sedimentador (m)

1.3.7.7 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El tiempo de retención que debe tener el agua residual en el floculador se calcula de acuerdo a la Ec.1.3.5.1-1.

1.3.8 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE LÍNEA DE TUBERÍA EN SERIE

Existen tres métodos para determinar los principales parámetros involucrados en todo sistema de tuberías en serie:

- CLASE I: Se emplea para la determinación de las pérdidas de energía (primarias o secundarias)
- CLASE II: Se utiliza para la determinación de la velocidad de flujo de volumen.

- CLASE III: Se usa para la determinación del diámetro interno y externo de la tubería.

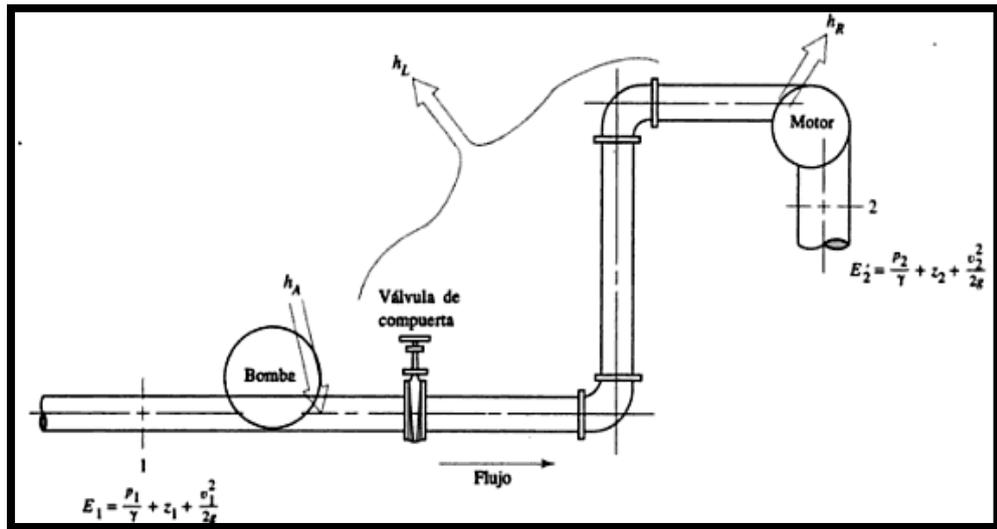
Para el dimensionamiento del sistema de tubería se requiere del conocimiento teórico y computacional de los Sistemas Clase III y I. En primer lugar se debe determinar el diámetro nominal de la tubería por ello se empezará a explicar el procedimiento que se sigue en los Sistemas de Clase III

1.3.8.1 PROCEDIMIENTO DE DIMENSIONAMIENTO PARA SISTEMAS CLASE III

Los primeros pasos hasta el literal g), representan los conocimientos teóricos y básicos de la mecánica de fluidos. Los últimos pasos comprenden una rutina de iteración computacional.

- a) Escribir la ecuación de la energía del sistema, siendo esta una expansión de la ecuación de Bernoulli, que hace posible resolver problemas en los que se presentan pérdidas y adiciones de energía la cual es aplicable a un gran número de problemas, sin embargo tiene varias limitaciones que deben tenerse en cuenta con el fin de aplicar esta ecuación, tales como:
 - Es válida para fluidos incompresibles, puesto que el proceso específico del fluido se tomó como el mismo en las dos secciones de interés.
 - No puede haber transferencias de calor hacia dentro o fuera del fluido.

La ecuación general de energía que se aplicará estará en función a la siguiente Figura.



Fuente: MOOT, R., Mecánica de Fluidos aplicada

Fig. 1.3.8.1-1 Sistema de Flujo de fluido que ilustra la ecuación general de energía

La ecuación de energía de este sistema será:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_L - h_R = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ec. 1.3.8.1-1

Donde:

$\frac{p}{\gamma}$ = Cabeza de presiones (J/N).

$\frac{v^2}{2g}$ = Cabeza de velocidades (J/N).

z = Cabeza de alturas (J/N).

h_A = Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico (J/N).

h_R = Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico (J/N).

h_L = Pérdidas de energía por parte del sistema, debidas a fricción en los conductos, o pérdidas menores debida a la presencia de accesorios (J/N).

- b) Como segundo paso es despejar la pérdida de energía total h_L y evaluar las cabezas de presión y elevaciones conocidas.
- c) Luego se debe expresar la pérdida de energía en términos de velocidad, utilizando la ecuación de Darcy ya que esta se emplea para calcular la pérdida de energía en secciones largas y rectas de conductos redondos, tanto para flujo laminar como para turbulento:

$$h_L = f \times \frac{L}{\phi} \times \frac{v^2}{2g}$$

Ec. 1.3.8.1-2

Donde:

h_L = pérdida de energía debido a la fricción (J/N)

L = Longitud de la corriente de flujo (m)

ϕ =Diámetro del conducto (m)

v = Velocidad de flujo promedio (m)

f = Factor de fricción (sin dimensiones)

Para determinar del factor de fricción se lo hace en función del régimen de flujo:

- Para flujo laminar ($N_R < 2000$), es decir cuando el fluido fluye en capas de manera uniforme y regular, se emplea la siguiente ecuación del resultado de la igualación entre la ecuación de Darcy y la ecuación de Hagen-Poiseuille:

$$f = \frac{64}{N_R}$$

Ec. 1.3.8.1-3

Donde:

N_R = Número de Reynolds

- Para flujo turbulento, es decir, cuando el fluido alcanza una velocidad tal de manera que el flujo ya no es uniforme ni regular, para ello se emplea una ecuación empírica de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{1}{3,7(\phi/\varepsilon)} + \frac{2,51}{N_R \sqrt{f}} \right]$$

Ec. 1.3.8.1-4

Donde:

ε =Rugosidad absoluta

- d) Después se debe expresar la velocidad en términos del caudal y el diámetro de la tubería:

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

Ec. 1.3.8.1-5

Donde:

v = Velocidad promedio del fluido (m/s)

Q =Caudal de diseño (m³/s)

- e) Luego se sustituye la expresión de v en la ecuación de Darcy:

$$h_L = f \times \frac{L}{\phi} \times \frac{16 Q^2}{\pi^2 \phi^4 (2g)}$$

$$h_L = \frac{8 L Q^2}{\pi^2 g} \times \frac{f}{\phi^5}$$

Ec. 1.3.8.1-6

- f) De la Ec. 1.3.8.1-6 se despeja el diámetro, en donde todos los términos que forman C_1 son conocidos e independientes del diámetro de la tubería.

$$\phi = \left(\frac{8 L Q^2}{\pi^2 g h_L} \times f \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$\phi = (C_1 f)^{0,2}$$

Ec. 1.3.8.1-7

- g) Luego se procede a expresar el número de Reynolds en términos del diámetro y de la viscosidad, el cual es un número adimensional que establece el régimen del flujo a través de tuberías:

$$N_R = \frac{v\phi\rho}{\mu} = \frac{v\phi}{\nu}$$

Ec. 1.3.8.1-8

Donde:

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³)

μ = Viscosidad Dinámica (Pa.s)

ν = Viscosidad Cinemática (m²/s)

Se reemplaza ν , entonces se tiene:

$$N_R = \frac{4Q}{\pi\phi^2} \times \frac{\phi}{\nu} = \frac{4Q}{\pi\nu} \times \frac{1}{\phi}$$

$$N_R = \frac{C_2}{\phi}$$

Ec. 1.3.8.1-9

- h) Para el proceso de iteración puesto que tanto N_R como ϕ/ε son incógnitas, se asume un valor de prueba inicial para el factor de fricción $f=0,02$ aunque en la realidad no existen procedimientos específicos para seleccionar este valor.
- i) Calcule el diámetro de la Ec.1.3.8.1-7
- j) Calcule número de Reynolds de la Ec.1.3.8.8-9

k) Calcule la rugosidad relativa de la tubería de acuerdo al material, mediante la siguiente ecuación:

$$RR = \frac{\varepsilon}{\phi}$$

Ec. 1.3.8.1-10

Donde:

ε = Rugosidad absoluta del material (m)

ϕ = Diámetro interno de la tubería (m)

RR= Rugosidad relativa (adimensional)

l) Determine el nuevo valor de fricción f .

m) Finalmente, se debe comparar el valor de f con el que se asumió en el literal h) y realizar las respectivas iteraciones hasta que no exista un cambio significativo en f .

El diámetro correcto será el calculado en el literal i).

1.3.8.2 PROCEDIMIENTO DE DIMENSIONAMIENTO PARA SISTEMAS CLASE I

Los sistemas de Clase I se encargan de determinar las pérdidas totales en el sistema, teniendo en cuenta las consideraciones ubicadas en la siguiente tabla:

TABLA 1.3.8.2-1

Rangos permisibles del tendido de un sistema de bombeo

PARÁMETRO	RANGO
Velocidad del agua residual (m/s)	0,3 - 6
Pérdidas longitudinales h_L (%)	<15

Fuente: MOOT R., Mecánica de Fluidos Aplicada, México, 2000

Como en la clase III ya se determinó el diámetro interno de la tubería, se procederá a determinar las pérdidas longitudinales, mediante la Ecuación 1.3.8.1-2 de Darcy.

Como se sabe las pérdidas de energía son proporcionales a la velocidad del fluido, conforme pasa por un codo, expansión o contracción de la sección del flujo, o por una válvula, es decir que se tendrán pérdidas secundarias o menores las cuales se determinan mediante siguiente ecuación:

$$h'_L = k \frac{v^2}{2g}$$

Ec. 1.3.8.2-1

Donde:

h'_L =Pérdidas secundarias (J/N)

k = Coeficiente de resistencia

El coeficiente de resistencia K es un factor tabulado que depende del tipo de accesorio o fitting utilizado en el sistema de transporte de fluido). Para determinar este factor se requiere del empleo del Método 2-K de Hooper, mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{K_1}{N_R} + K_2 \left(1 + \frac{1}{\phi} \right)$$

Ec. 1.3.8.2-2

Donde:

K_2 y K_1 = Coeficientes dados en tablas

ϕ = Diámetro de la tubería (in)

N_R = Número de Reynolds

Los coeficientes del Método 2-K propuesto por Hooper se encuentran en el anexo

1.3.9 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO

En el diseño de un sistema de bombeo hay muchos elementos que deben considerarse, no importa la clase o tipo de bomba. Estos elementos constituyen: columna, capacidad, naturaleza del líquido, tuberías, motores, etc.

1.3.9.1 ALTURAS DINÁMICAS

Es la columna de líquido que se encuentra presente en una tubería siempre y cuando exista movimiento en su interior, entre estas se tienen:

Altura Dinámica de Succión (hs).- Es la suma de la altura estática de succión más la carga de presión, menos la carga de pérdidas por fricción que se encuentre en esta línea, es decir:

$$hs = Zs + [Ps/\rho.g] - hfs$$

Ec. 1.3.9.1-1

Donde:

hs = Altura dinámica de succión

Zs = Altura estática de succión

Ps = Presión presente en la succión

ρ = Densidad del líquido

g = Gravedad

hfs = Perdidas por fricción de succión

Altura Dinámica de Descarga (hd).- Es la suma de la altura estática de descarga más la carga de presión, más la carga de pérdidas por fricción en la descarga, es decir:

$$hd = Zd + [Pd/\rho.g] - hfd$$

Ec. 1.3.9.1-2

Donde:

h_d = Altura dinámica de descarga

Z_d = Altura estática de descarga

P_d = Presión presente en la descarga

ρ = Densidad del líquido

g = Gravedad

h_{fd} = Pérdidas por fricción de descarga

Altura Dinámica Total (HDT).- Es la diferencia entre la altura dinámica de descarga y la altura dinámica de succión, por lo tanto es la carga necesaria que se debe suministrar al fluido a través de la bomba para que este se mueva de un punto a otro. Así se tiene:

$$HDT = h_d - h_s$$

Ec. 1.3.9.1-3

De la ecuación anterior se reemplaza h_d y h_s :

$$HDT = Z_d + [P_d/\rho \cdot g] - h_{fd} - Z_s + [P_s/\rho \cdot g] - h_{fs}$$

Ec. 1.3.9.1-4

Uniéndolo en términos semejantes nos queda:

$$HDT = [Z_d - Z_s] + [(P_d - P_s)/\rho \cdot g] + [h_{fd} + h_{fs}]$$

Ec. 1.3.9.1-5

CAPÍTULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 METODOLOGÍA

La metodología empleada para la realización de la presente investigación se basa en tres etapas:

2.1.1 ETAPA 1

En la primera etapa se realizó el reconocimiento de la empresa Lavandería SPLENDID la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba en las coordenadas geográficas son: latitud $1^{\circ}40'33.694''S$ y una altitud de $78^{\circ}38'40.808''E$. De esta manera se pudo saber cuál es el espacio físico del que se disponía para la implementación de la P.T.A.R y así se pudo realizar los respectivos planos. Además se determinó como punto de muestreo la caja de revisión del agua residual de la empresa.

2.1.2 ETAPA 2

Como segunda etapa se tiene la determinación del caudal y la toma de muestras in situ, pero la Lavandería SPLENDID posee un proceso batch, es decir, por pedido de ropa lavada, por tal motivo se realizó la medición del caudal a partir de los indicadores, los cuales, estaban en función de la cantidad de agua consumida por cada kilogramo de ropa lavada.

Para la toma de muestras en campo se empleó un muestreo compuesto, por el lapso de cuatro semanas, esto se realizó en los días y horas de mayor demanda, es decir, desde las 10:00 am hasta las 15:00 pm, teniendo un total de 4 muestras, las mismas que fueron analizadas en LAB CESTTA y el Laboratorio de Análisis Técnicos ambos

laboratorios Certificados correspondientemente, con el cual se tuvo conocimiento de las características medias del agua residual a tratar.

2.1.2.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN

Los recipientes empleados para la toma de muestras fueron de vidrio oscuro, los mismos que se lavaron con agua destilada para asegurar su inocuidad. Para la toma de muestras se realizó los respectivos cálculos para determinar la cantidad adecuada que se tomó en cada intervalo.

Cuando se tomó la muestra Para el llenado de recipientes en el caso de los parámetros físico – químicos primero se homogenizó la muestra con las respectivas alícuotas tomadas cada hora, obteniendo al final de cada día 6 litros de los cuales se tomaron 2 L de la muestra compuesta necesarios para realizar los análisis de laboratorio y las prácticas experimentales, a fin de lograr el correcto dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Los frascos se llenaron completamente y fueron bien tapados, para evitar la presencia de aire en la muestra. Además de esto se tomó en cuenta que la muestra solo puede durar 6 horas ya que a después del tiempo indicado ésta ya no sirve.

2.1.2.2 MANEJO DE LAS MUESTRAS

Cada una de las muestras fueron debidamente identificadas con etiquetas en las cuales se colocaron sus respectivos datos: nombre de la etapa que se tomó la muestra, fecha, hora de inicio, hora final de la toma, y responsable del muestreo.

El transporte de las muestras se realizó en un cooler portátil con hielo, para su conservación y se llevó al laboratorio para el respectivo análisis de los parámetros indicados.

2.1.2.3 PLAN DE MUESTREO

El plan de muestreo compuesto aplicado se resume en la siguiente tabla:

TABLA 2.1.2.3-1

Plan de muestreo

	29/09/2012		05/10/2012		11/10/2012		19/10/2012	
HORA	Q (L/s)	Vi (L)						
8:00	0,5583		0,5033		0,5540		0,8177	
9:00	1,0288		0,4494		1,0941		1,1933	
10:00	0,7220	1,0666	1,0493	1,4629	1,0834	1,5981	0,6645	0,8363
11:00	0,6418	0,9482	0,5790	0,8072	0,9488	1,3994	0,9911	1,2473
12:00	0,5981	0,8835	0,7806	1,0883	0,5949	0,8775	0,5056	0,6363
13:00	0,4888	0,7220	0,5056	0,7048	0,6285	0,9271	0,6131	0,7716
14:00	0,5120	0,7564	0,8540	1,1905	0,4833	0,7129	1,1976	1,5073
15:00	1,0989	1,6233	0,5353	0,7463	0,3288	0,4850	0,7955	1,0012
16:00	0,8460		0,6200		0,9524		1,0482	
17:00	0,6321		0,4805		0,5577		0,6277	
Qprom (L/s)	0,6769	6	0,7173	6	0,6780	6	0,7946	6
Qmin (L/s)	0,4888		0,4494		0,3288		0,5056	
Qmax (L/s)	1,0989		1,0493		1,0941		1,1976	
N	6							
Vmuestra (L)	6							

Fuente: MAROTO J., 2012

2.1.3 ETAPA 3

Finalmente, con los resultados obtenidos se procedió a diseñar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en base al campo de conocimiento técnico, práctico o combinado que se tiene, con el fin de disminuir la carga contaminante que genera la Lavandería SPLENDID en la descarga al alcantarillado de la ciudad de Riobamba.

2.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1 MÉTODOS

2.2.1.1 INDUCTIVO

Mediante la aplicación del método inductivo en el desarrollo de la presente tesis se ha permitido partir de los fundamentos y principios de las Operaciones Unitarias, así como también del TULAS en el libro VI Anexo 1 que trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes al alcantarillado, y sobre todo de los respectivos análisis realizados para tener una idea más clara y general de que tipos de tratamientos requiere el agua residual a tratar en la Lavandería SPLENDID, y de esta manera realizar una selección adecuada de los materiales y dimensiones a fin de establecer un diseño global de la Planta de Tratamiento de aguas residuales que posea la mejor eficiencia posible.

2.2.1.2 DEDUCTIVO

Con la aplicación del método deductivo se ha permitido partir de los resultados que se obtuvieron del análisis que se realizó al agua residual para efectuar una caracterización cualitativa y cuantitativa del tipo de agua residual a tratar.

2.2.1.3 EXPERIMENTAL

Este método es el más importante, ya que una vez tomadas las muestras se utilizan varios métodos experimentales para realizar los análisis físicos - químicos del agua residual, los cuales se muestran a continuación, con sus respectivos materiales y procedimientos a seguir. Siendo de esencial importancia este método para el conocimiento de los parámetros que se encuentran fuera de la Norma establecida.

Además se empleó este método para la selección del agente floculador y su adecuada dosificación, elección de velocidad y tiempo de agitación de las palas así como tiempo de reposo posterior, mediante la realización de pruebas experimentales tales como la prueba de jarras y columnas de sedimentación.

2.2.2 TÉCNICAS

2.2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

2.2.2.1.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

TABLA 2.2.2.1.1-1
ESTÁNDAR METHODS 2310 A Y B

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	REACTIVOS	CÁLCULOS
Para la toma de muestras después del proceso de lavado y realizar las respectivas pruebas de caracterización	Recipientes de vidrio oscuros capacidad de 1L	Muestreo compuesto cada hora durante 6 horas recolectando alícuotas específicas por cada hora y homogenizando teniendo 6 litros.	Ácido sulfúrico	$V_i = \frac{Q_i \times V_{total}}{n \times Q_{prom}}$ <p>Donde:</p> <p>V_i=volumen por intervalo (L)</p> <p>Q_i= Caudal en cada intervalo (L/s)</p> <p>V_{total}=Volumen A.R. (L/s)</p> <p>n=número de muestra a recolectar</p> <p>Q_{prom}= Caudal promedio (L/s)</p>

Fuente: ESTÁNDAR METHODS 2310 A y B

2.2.2.2 TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL

2.2.2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA. ESTÁNDAR METHODS / 2550 B

TABLA 2.2.2.2.1-1

Determinación de la Temperatura

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio	- Termómetro digital	- Agua	- Introduce el bulbo del termómetro en la muestras - Esperar unos segundos hasta que se estabilice - Anotar el valor de la temperatura	- Lectura

Fuente: STANDARD METHODS 2550 edición 17.

2.2.2.2.2 DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO. PEE/05 APHA 4500 H⁺

TABLA 2.2.2.2-1
Determinación de pH

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H ⁺	- pH-metro	- Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH-metro)	- Acondicionar el electrodo de la celda de medida como se reportó anteriormente, se mide la temperatura de la muestra y se coloca en el instrumento el valor correspondiente en la corrección manual del instrumento.	- Medida directa

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.3 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES. PEE/56 APHA 2540 D

TABLA 2.2.2.2.3-1

Determinación de Sólidos Sedimentables

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Los sólidos sedimentables de las aguas residuales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de peso (mg/L).	<ul style="list-style-type: none"> - Cono de Imhoff graduado de 1000ml - Soporte 	<ul style="list-style-type: none"> - Muestra de agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar lentamente en el cono de Imhoff la muestra de agua a analizar previamente homogenizada. - Dejar sedimentar por ½ hora interviniendo de cuando en cuando, cautamente. - Anotar el valor indicado 	<ul style="list-style-type: none"> - Medida directa expresada en mL/L ó mg/L

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.4 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. PEE/13 APHA 2540 D

TABLA 2.2.2.2.4-1

Determinación de Sólidos Suspendedos Totales

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Se filtra una muestra homogenizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio.</p> <p>El resultado retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 – 105 °C.</p> <p>El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Embudo - Vaso de precipitación - Soporte - Papel filtro - Estufa - Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> - Muestra de agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesar el papel filtro tarado - Por medio de un embudo filtrar 50mL de agua residual. - Una vez filtrada el agua, secar el papel filtro en una estufa por dos horas. - Pesar el papel filtro seco con la muestra. 	<p>$SST = ((A-B) * 1000) / V$</p> <p>Donde:</p> <p>SST: sólidos suspendidos totales(mg/L)</p> <p>V: volumen de la muestra (mL)</p> <p>A: peso de residuo seco + filtro (mg)</p> <p>B: tara del filtro (mg)</p>

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M. Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.5 DETERMINACIÓN DE SULFURO MEDIANTE AZUL DE METILENO. PEE/53 APHA 4500 S²⁻

TABLA 2.2.2.2.5-1

Determinación de Sulfuro mediante azul de metileno

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Se basa en la reacción del anión S ²⁻ con FeCl y DPD (dimetil p-fenilendiamina) para producir azul de metileno. Se añade al medio de reacción fosfato amónico para eliminar la interferencia de color debida al cloruro férrico. Este método sirve para determinar concentraciones de hasta 20mg/L de S ²⁻	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro - Matraces aforados 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Disolución de ácido sulfuro 1/1 - Disolución diamónico - Disolución de ácido amino-sulfúrico - Disolución reactiva de ácido amino-sulfúrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operar con 75 mL de muestra problemas o disoluciones patrón - Añadir 5 mL de disolución relativa de ácido amino-sulfúrico y 1,5 mL de disolución de FeCl - Mezclar inmediatamente por inversión del matraz, solo una vez. Esperar 5 minutos - Añadir 16mL de disolución de (NH₄)₂HPO₄ y mezclar por inversión del matraz una sola vez. Esperar 15 minutos para desarrollo del color. - Efectuar las medidas en el espectrofotometría a 664 nm - Obtener las lecturas de transmitancia de patrones y muestras. 	Medida directa

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.6 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO). PEE/09 APHA 5220 D

TABLA 2.2.2.2.6-1

Determinación de la Demanda Química de Oxígeno

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Indica la cantidad de contaminantes que pueden oxidarse mediante un oxidante químico (dicromato potásico, etc); estos contaminantes pueden ser materia orgánica e inorgánica; se expresa en mg de oxidación por litro.	<ul style="list-style-type: none"> - Vaso de precipitación - Soporte - Papel filtro - Estufa - Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> - Sulfato de mercurio (Hg_2SO_4) - Dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) 0,25N - Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico - Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25N(NH_4)₂Fe(SO_4)₂.6 H_2O o SAL DE MOHR - Indicador de DQO o soluciones de ferroína 	<ul style="list-style-type: none"> - Se enciende la placa calefactora. - Se pesan 0,44 g de Hg_2SO_4 en 1 matraz para reflujo de 100mL. - Se añaden 20mL de muestra. - Se añaden 30 mL de solución de Ag_2SO_4 en H_2SO_4 y enfriar. - Se añaden 12,5 mL de solución de ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N - Se somete a reflujo durante 2 horas. - La muestra se oxidada se diluye hasta 75mL con agua destilada y se deja enfriar. - Se añaden 5 gotas del indicador ferroína. - Se valora el exceso de dicromato con la sal de Mohr. 	$DQO(mgO_2/L)$ $= \frac{[(A - B) * N * 8000]}{V(ml)de\ muestra}$ <p>Donde:</p> <p>A=volumen (mL) de sal de Mohr gastado en el blanco.</p> <p>B= Volumen (mL) de sal de Mohr gastado en la muestra.</p> <p>N= Normalidad de la sal de Mohr.</p>

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.7 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅). PEE/46 APHA 5210 B

TABLA 2.2.2.2.7-1

Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Mide la cantidad de materia orgánica biodegradable; se determina midiendo la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia orgánica como fuente de energía para su metabolismo; los ensayos se realizan durante 5 días.	<ul style="list-style-type: none"> - Botellas de DBO(Weattom) - Pipetas - Balón de 1000mL - Bureta - Pinzas universales - Soporte universal - 1 erlenmeyer de 500mL 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua aireada (H₂O) - Cloruro de magnesio (MgCl₂) - Cloruro férrico (FeCl₃) - Cloruro de calcio (CaCl₂) - Solución buffer de pH neutro - Sulfato de manganeso (MnSO₄) - Reactivo álcali-yoduro-azida - Ácido sulfúrico (H₂SO₄) - Tiosulfato de sodio 0,025M (Na₂S₂O₃) - Solución de almidón 	<ul style="list-style-type: none"> - En un balón colocar 500mL de agua aireada. - Añadir 50mL de agua residual y 1ml de inóculo. - Añadir 1mL de MgCl₂, de FeCl₃ de CaCl₂ y 2mL de solución buffer. - Aforar con agua aireada y homogenizar la solución. - Llenar 2 botellas de DBO con esta solución y taparlas. - 1 botella de DBO debe ser guardada en total oscuridad. - En la otra botella poner 1ml de MnSO₄ y 1mL de reactivo álcali-yoduro-azida, tapar y dejar que repose. - Se titula con Na₂S₂O₃ 	$DBO_5 = (X - Y) * FD$ <p>Donde:</p> <p>X= Concentración de O₂ disuelto antes de la incubación.</p> <p>Y= Concentración de O₂ disuelto después de la incubación</p> <p>FD= Factor de dilución</p>

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.8 DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS. PEE/42 APHA 5520 C

TABLA 2.2.2.2.8-1

Determinación de Aceites y Grasas

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Este método se basa en la adsorción de grasas y aceites en tierras de diatomeas, los cuales son extraídos en un soxhlet empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo; siendo este valor de contenido de grasas y aceites.	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de extracción Soxhlet - Estufa eléctrica - Balanza analítica - Equipo de filtración a vacío. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido Clorhídrico concentrado (HCl) - Hexano (C₆H₁₄) - Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) - Suspensión de tierra de diatomeas-sílice 	<ul style="list-style-type: none"> - Adicionar hexano al matraz de extracción y preparar el equipo Soxhlet. - Controlar la temperatura del reflujo y extraer a una velocidad de 20 ciclos/hora durante un periodo de 4h. - Una vez terminada la extracción retirar el matraz del equipo Soxhlet, y evaporar el disolvente. - El matraz de extracción libre de disolvente se coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente. - Pesarse el matraz de extracción y determinar la concentración de grasas y aceites recuperables. 	$G/A = (A - B)/V$ <p>Donde:</p> <p>G/A= grasas y aceites (mg/L)</p> <p>A= peso final del matraz de extracción (mg)</p> <p>B= peso inicial del matraz de extracción (mg)</p> <p>V= volumen de la muestra, en litros.</p>

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.9 DETERMINACIÓN DE TENSOACTIVOS. APHA/AWWA 5540 C

TABLA 2.2.2.2.9-1

Determinación de Tensoactivos

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
Se basa en la formación de un par iónico extractable en cloroformo de color azul por la reacción del azul de metileno catiónico y un tensoactivo aniónico incluyendo al sulfonato de alquilbenceno linela, otros sulfonatos y ésteres de sulfonatos. La muestra se acidifica y se mezcla con una disolución de azul de metileno. La intensidad del color azul presente en la fase orgánica se mide espectrofotométricamente y es proporcional a la cantidad de surfactantes aniónicos presentes en la muestra.	- Espectrofotómetro	- Cloruro de metileno o cloroformo. - Solución indicadora mixta. - Solución ácida indicadora - Solución 0,004 M de Hacine	- Se pesa la muestra 0,8 – 1 gramo - Tomar 20mL de solución y llevar a tubo nessler con tapa esmerilada, 10mL de agua, 15mL de cloroformo y 10mL de solución ácida de indicador. - Valorar con solución hacine, agitando energéticamente el tubo nessler, el punto de viraje es cuando la coloración rojiza se torna azul.	$AP=V*MR*E*500*100$ Donde: AP= contenido de materia activa aniónica en la muestra en por ciento V= volumen de solución de reactivo catiónicos usado en mL MR= molaridad del reactor catiónico E= peso molecular muestra (ácido dodecil benceno) M= peso de la muestra

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.2.10 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO. APHA/AWWA 2540 C

TABLA 2.2.2.2.10-1

Determinación de Fósforo

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>El fósforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuesto orgánico o inorgánico.</p> <p>Para liberar el fosforo que esta combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión, el fósforo está en forma de orto fosfatos, que se determinan por método colorimétrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pipeta - Erlenmeyer - Vaso de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Solución de ácido sulfúrico - Persulfato amónico (NH₄)₂S₂O₈ - Hidróxido sódico NaOH 1N - Indicador de fenolftaleína. - Solución de vanadato-molibdato amónico - Patrón de 200 ppm de fósforo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se introduce 50mL de muestra homogenizada en un matraz erlenmeyer de 125mL. - Se añade 1mL de la solución de ácido sulfúrico. - Se añade 0,4g de persulfatoamónico. - Se lleva a ebullición, y se mantiene regularmente durante unos 45 minutos hasta tener un volumen final aproximado de 10mL. - Se deja enfriar, y se añaden unos 10mL de agua destilada y unas gotas del indicador fenolftaleína - Se añade NaOH 1N hasta el viraje a coloración rosa de fenolftaleína - Se lleva a 50mL con agua destilada - Determinación de fósforo 	<p>$P(\text{ppm}) = \frac{A * K * 25 * F}{5}$</p> <p>Donde:</p> <p>A= Absorbancia</p> <p>K= pendiente de la recta de calibración</p> <p>F= factor de dilución de la muestra</p>

Fuente: FERNANDEZ J. CURT M., Métodos analíticos para aguas residuales

2.2.2.3 PROCESOS DE TRATABILIDAD

2.2.2.3.1 TEST DE JARRAS

TABLA 2.2.2.3.1-1

Determinación del Test de Jarras

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
<p>Determina la dosis más efectiva de floculante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, específicamente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente. Se puede utilizar también con objeto de determinar las velocidades de sedimentación para el diseño de tanques de sedimentación y conocer el potencial de agua cruda para la filtración directa.</p> <p>Este método conlleva el ajuste del pH, selección del agente coagulante-floculante y de dosis adecuada, elección de velocidad y tiempo de agitación de las palas así como tiempo de reposo posterior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Test de jarras - pH metro - Turbidímetro - Vaso de precipitación - Pipetas graduadas de 10 mL 	<ul style="list-style-type: none"> - Policloruro de aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> - Se utiliza un dispositivo llamado floculador provisto de 4 puntos de agitación que permite agitar simultáneamente - Se coloca 1 L en cada uno de los vasos - Se adiciona floculante (policloruro de aluminio) en distintas concentraciones. - Se mantiene una agitación 65 y 150 RPM de 1 a 3 min para que la mezcla sea rápido y se disperse - Finalmente se cesa la agitación para que la disolución permanezca en reposo durante 10 ó 30 minutos y estos flóculos sedimenten. - Después se toma agua clarificada de dichos vasos y se procede a determinar la turbidez y el pH 	<ul style="list-style-type: none"> - Turbidez - pH - Tiempo de sedimentación

Fuente: CATARINA., udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/.../capitulo3.pdf

2.3 DATOS

2.3.1 DATOS EXPERIMENTALES DE LOS INDICADORES

TABLA 2.3.1-1

Datos experimentales de la determinación de consumo de agua por cantidad de ropa lavada

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
VOLUMEN (m³)	8,175	8,129	8,174	9,526	9,294	10,577
CANTIDAD (Kg)	300	304,55	309,09	345,45	350	381,81
INDICADOR(m³/Kg)	0,0273	0,0267	0,0264	0,0276	0,0266	0,0277

Fuente: MAROTO J., 2013

2.3.2 DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL

TABLA 2.3.2-1

Datos de los Análisis Físicos Químicos del agua residual

Parámetros	Expresados como	Unidad	Resultados				Resultado promedio	Valor límite permisible
			29/09/2012	05/10/2012	11/10/2012	19/10/2012		
			M1	M2	M3	M4	Mn	
Caudal	Q	L/s	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	1,5 veces el caudal
Temperatura	T	°C	19	19	19	19	19	<40
Potencial de hidrógeno	pH	Unidad pH	7,37	7,39	7,45	7,14	7,337	5 – 9
Sólidos sedimentables	-	ml/L	0,7	1000	250	100	337,67	20
Sólidos suspendidos	-	mg/L	290	480	500	500	442,5	220
Sólidos totales	ST	mg/L	1460	1520	1128	1200	1327	1600
Tensoactivos	Activos al azul de metileno	mg/L	10,3	2,88	13,5	41,25	16,98	2,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	1250	3485	2130	1380	2061,25	500
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/L	720	1045	1360	230	838,75	250
Aceites y grasas	Soluble en hexano	mg/L	104,8	3,8	2,13	1,7	28,11	100
Sulfatos	S ²⁻	mg/L	78	128,33	109,74	272,58	147,16	400
Fósforo total	PO ₄	mg/L	4,20	2,6	1,9	2,85	2,89	15

Fuente: LABORATORIO LABCESTTA.

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS

2.3.3 DATOS DEL TEST DE JARRAS

TABLA 2.3.3-1

Datos iniciales antes de la Prueba de Jarras

Determinación	Unidad	Resultados
Turbidez (NTU)	NTU	174
Alcalinidad (mg/L)	mg/L	340
DBO ₅	mg/L	838,75

Fuente: MAROTO J., 2012

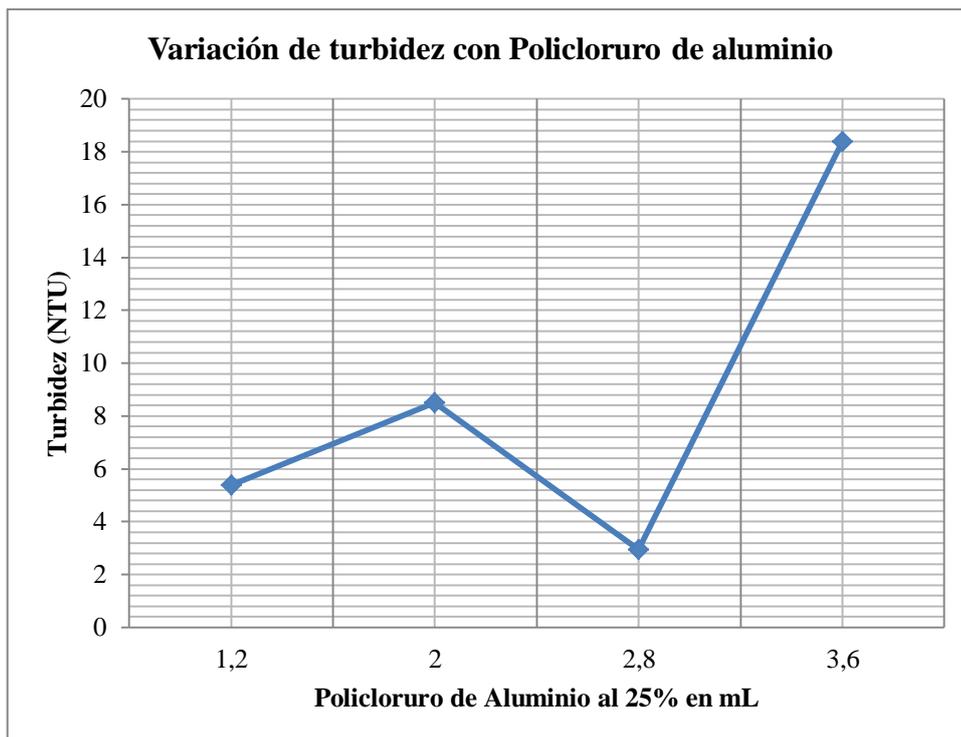
2.3.3.1 VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL FLOCULANTE

TABLA 2.3.3.1-1

Variación de la concentración del Floculante

Velocidad de mezclado			65 RPM por 1min		
# de jarra con capacidad de 1000mL	pH del agua residual	Dosis de solución de policloruro de aluminio al 25% (mL)	Tiempo (min)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	7,17	1,2	30	6,47	5,40
2	7,17	2	30	6,73	8,5
3	7,17	2,8	30	6,59	3,3
4	7,17	3,6	30	6,85	18,40

Fuente: MAROTO J., 2012



Elaborado por: MAROTO J., 2013

Gráfico 2.3.3.1-Variación de turbidez con Policloruro de Aluminio

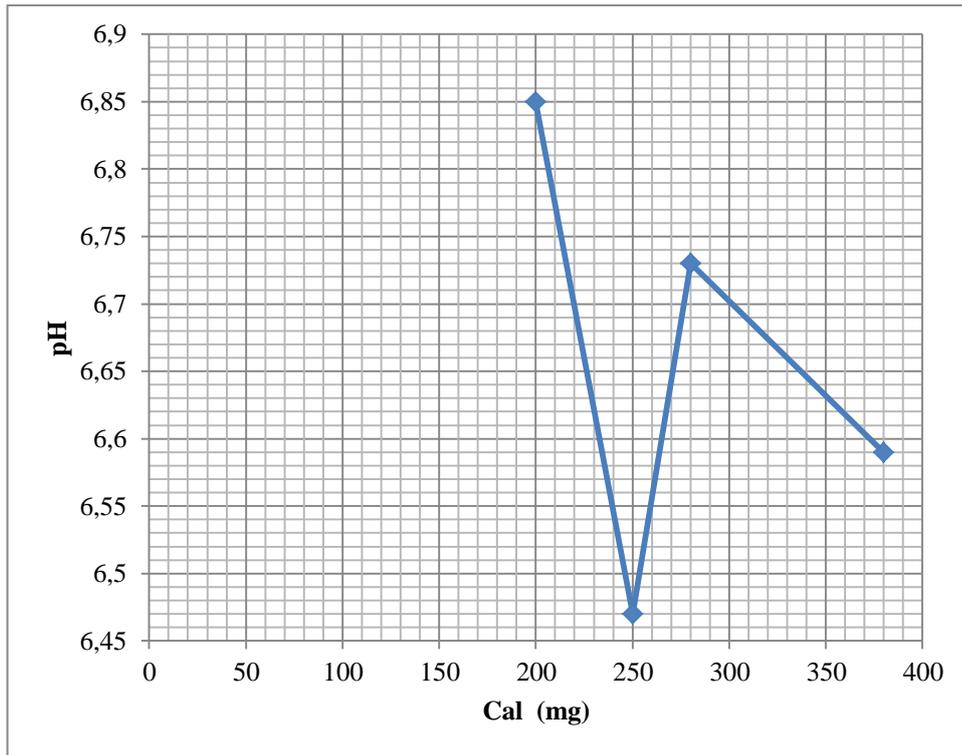
2.3.3.2 VARIACIÓN DEL pH CON POLICLORURO DE ALUMINIO MÁS CAL

TABLA 2.3.3.2-1

Variación de la turbidez con policloruro de aluminio más cal

Velocidad de mezclado			65 RPM por 1min			
# de jarra con capacidad de 1000mL	pH del agua residual	Dosis de solución de policloruro de aluminio al 25% (mL)	Cal (mg)	Tiempo (min)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	7,17	2,8	200	30	6,59	8,6
2	7,17	2,8	250	30	6,73	6,4
3	7,17	2,8	280	30	6,74	7,7
4	7,17	2,8	380	30	6,85	8

Fuente: MAROTO J., 2013



Elaborado por: MAROTO J., 2013

Gráfico 2.3.3.2-1 Variación del pH con Policloruro de aluminio más cal

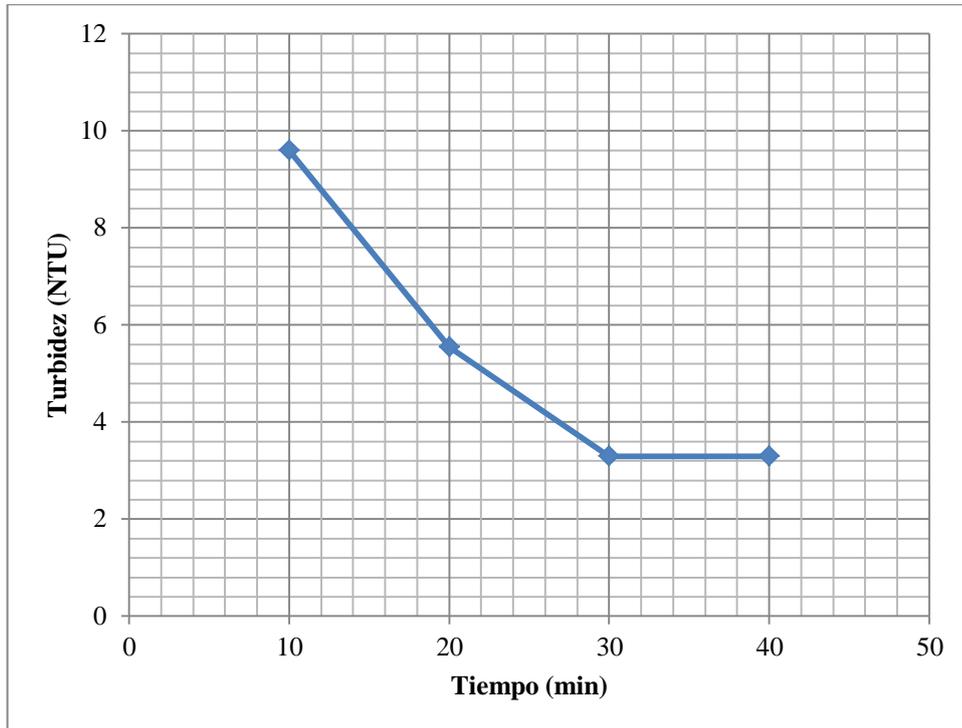
2.3.3.3 VARIACIÓN DEL TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN

TABLA 2.3.3.3-1

Variación del tiempo de sedimentación

Velocidad de mezclado			65 RPM por 1min		
# de jarra con capacidad de 1000mL	pH del agua residual	Dosis de solución de policloruro de aluminio al 25%(mL)	Tiempo (min)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	7,17	2,8	10	6,59	9,6
2	7,17	2,8	20	6,59	5,54
3	7,17	2,8	30	6,59	3,3
4	7,17	2,8	40	6,59	3,3

Fuente: MAROTO J., 2013



Elaborado por: MAROTO J., 2013

Gráfico 2.3.3.3-1 Variación de la turbidez con respecto al tiempo de sedimentación

2.3.3.4 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO CON POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25%

Para llegar a estos datos se realizó tres tipos de pruebas tal como es la variación de concentración del floculante, mantener la misma cantidad de floculante más adición de cantidad de cal, y por último se mantuvo la concentración del floculante y se varió el tiempo de reposo.

En la tabla 2.3.4.4-1 se indican los parámetros más óptimos obtenidos mediante la prueba de jarras, que se van a utilizar para el posterior dimensionamiento del floculador.

TABLA 2.3.3.4-1

Resultados del tratamiento con Policloruro de Aluminio

Parámetro	Resultado
Dosis de policloruro de aluminio al 25% (mL)	2,8
Tiempo de sedimentación (min)	30
Turbidez final (NTU)	3,3
DBO ₅ final (mg/L)	397
pH final	6,89
Tiempo de velocidad de mezcla a 65 rpm (min)	1

Fuente: MAROTO J., 2013

2.3.4 DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO

Cómo se hizo mención en el anterior capítulo, se deben conocer los siguientes aspectos resumidos en la tabla 2.3.5-1, los cuales se hallaron experimentalmente y otros en tablas termodinámicas:

TABLA 2.3.4-1

Características del Agua residual

CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO	
Fluido	Agua Residual proveniente del Proceso de Lavado
Temperatura (°C)	19
Viscosidad Dinámica (Pa.s)	1,02E-03
Viscosidad Cinemática (m ² /s)	9,255E-07
Densidad (Kg/m ³)	1100
Peso Específico (N/m ³)	10780
Presión de Vapor de H ₂ O (Pa)	2198

Fuente: MAROTO J., 2013

También se debe conocer las características del lugar, por lo tanto al estar ubicada esta Lavandería industrial en la Ciudad de Riobamba y la disposición de acuerdo al espacio dentro de la empresa, se tendrán los siguientes parámetros:

TABLA 2.3.4-2

Características del Lugar

CARÁCTERÍSTICAS DEL LUGAR	
Presión Inicial (Pa)	72600
Presión Final (Pa)	72600
Altura Inicial (m)	1
Altura Final, (m)	7,6
Velocidad inicial (m/s)	0
Velocidad final (m/s)	0
Longitud del Tendido (m)	12,9
Caudal, (m ³ /s)	0,00073

Fuente: MAROTO J., 2013

Las características del material y cédula de las tuberías para el sistema de bombeo se escogieron en función a su resistencia y economía:

TABLA 2.3.4-3

Características de las tuberías

TUBERÍAS	
Material	PVC
Sch	40
Rugosidad_Absoluta, (m)	1,52E-06

Fuente: MAROTO J., 2013

2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

De acuerdo a los resultados de las muestras, resumidos en la Tabla 2.3.2-1, se encontró:

La temperatura del A.R. es 19 °C y se encuentra dentro de los límites permisibles de descarga hacia el alcantarillado siendo menor a 40°C, lo cual es favorable para las operaciones y procesos de tratamiento, ya que así se economizó empleando tuberías de PVC, y tanques de sedimentación sin aislantes térmicos o un previo proceso tratamiento para la disminución de la temperatura.

El pH se encontró dentro de la norma con un valor de 7,337, sin embargo se debe considerar que el pH varía con la cantidad de floculante adicionado, y al ser 2,8 mL de Policloruro de Aluminio éste tiende a disminuir a 6,89.

Las grasas y aceites están en un rango de 28,11 mg/L y no representan gran preocupación ya que el valor límite permisible es de 100 mg/L, pero se debe considerar que en una lavandería industrial los valores varían de acuerdo al tipo de ropa a lavar.

Los Sólidos Suspendidos Totales, la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno con 442,5 mg/L, 2061,25 mg/L y 838,75 mg/L respectivamente y de acuerdo a lo que estipula el TULAS se encuentran fuera de los límites permisibles siendo de 220 mg/L, 500 mg/L y 250 mg/L correspondientemente, por ende para disminuir este parámetro se requerirá del dimensionamiento de una P.T.A.R

En el ensayo de Jarras que se realizó para: ajuste del pH, selección y dosis adecuada del agente floculante, elección de velocidad y tiempo de agitación de las paletas así como tiempo de reposo posterior, se obtuvieron los siguientes resultados:

La dosis más adecuada de policloruro de aluminio es de 2,8 mL al 25% por cada litro de agua residual en un tiempo de agitación de las palas de 30 s en donde las partículas que ésta posea sea completa y espontáneamente floculadas a una velocidad de mezclado de 65 rpm ya que a partir de este tiempo se obtiene la reducción de la turbidez de 174 NTU a 3,3 NTU.

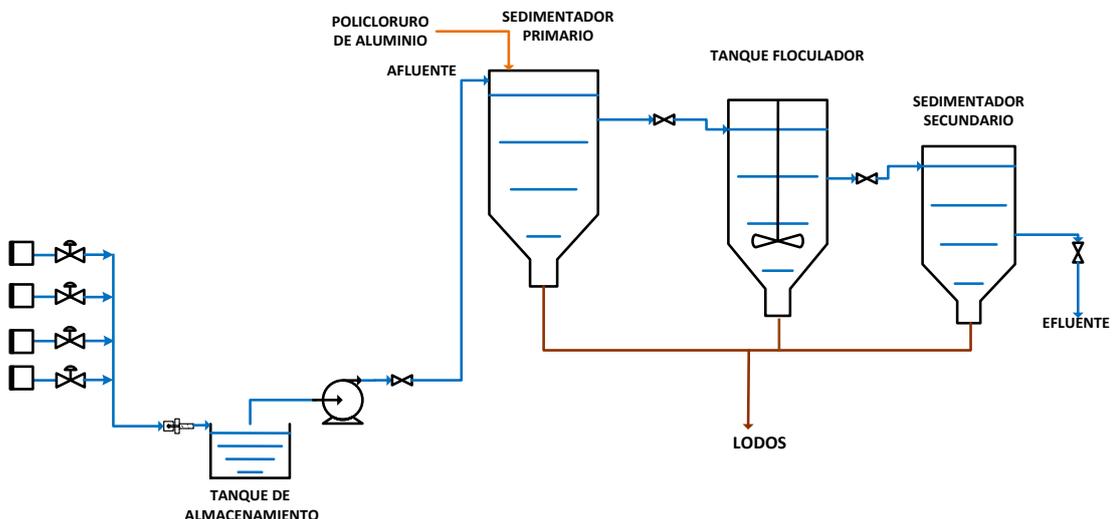
CAPÍTULO III

3 DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA LAVANDERÍA AUTOMÁTICA SPLENDID

Para tratar el agua residual procedente del proceso de lavado de ropa de la Empresa de Lavado Automático – Splendid, se dimensionará una planta de tratamiento que constará de:

- ✓ Un canal a través del cual pasará el caudal de producción diario de A.R.
- ✓ En el mismo canal se instalarán mallas para realizar un pre-tratamiento
- ✓ Luego se ubica un tanque de almacenamiento del agua residual.
- ✓ Seguidamente se ubicará un sedimentador primario.
- ✓ Después un floculador que será agitado por paletas rectangulares.
- ✓ Finalmente, un sedimentador secundario.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la planta de tratamiento de agua residual:



Fuente: MAROTO J., 2013

Fig. 3-1 Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Agua Residual para la lavandería SPLENDID

3.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño, se tomará en cuenta dos consideraciones:

- ✓ Se requiere que la planta sea dimensionado con el fin de aumentar la actividad al doble.
- ✓ Se debe tomar en cuenta los valores máximos de los indicadores dados en la Tabla 2.3.1-1 como la dotación, estos valores recaen en el día sábado donde existe mayor actividad, de esta manera se calcula en primera instancia el volumen de diseño mediante la ecuación 1.3.2.4-1:

$$V_{diseño} = 0,0277 \times 381,81 \times 2$$
$$V_{diseño} = 21,15 \text{ m}^3$$

Una vez determinado el volumen, se procede a calcular el caudal de diseño a partir de la ecuación 1.3.2-1:

$$Q_{diseño} = \frac{21,15}{8}$$
$$Q = 2,64 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$Q = 21,15 \text{ m}^3/\text{d}$$
$$Q = 0,00073 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL CANAL

Los factores que se consideró en el diseño del canal ubicado antes del sedimentador primario son:

- La clase de material que conforma el cuerpo del canal, que define el coeficiente de rugosidad de Manning como $n = 0,013$ para revestimiento en concreto.

- La velocidad mínima permisible que evita la sedimentación del material sedimentable presenta en el agua residual es de 0,3 - 0,6 m/s, siendo de 0,45 m/s en promedio.
- La pendiente del fondo del canal, se establece en 1% y las pendientes laterales igual a cero debido a que se trata de un canal rectangular
- El caudal de diseño corresponde a 0,00073 m³ /s
- La longitud total del canal se define como 2,0 m

3.2.1 CÁLCULO DEL ANCHO DEL CANAL

Para el cálculo de ancho del canal se procedió a establecer diferentes valores del mismo de tal manera que al calcular la velocidad mínima permisible para evitar la sedimentación del material sedimentable presente en el agua se encuentre en el rango de 0,3 a 0,6 m/s. Para realizar las diferentes iteraciones se empleará el *Software HCanales* ubicada en el ANEXO N° XV, por lo tanto la base será de:

$$b = 20 \text{ cm}$$

3.2.2 CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DEL CANAL

Se calcula a partir de la Ec. 1.3.3.3-1 y se reemplaza en la ecuación 1.3.3.1-1

Se tiene:

$$\frac{Q}{b \times h} = \frac{1}{n} * \left(\frac{b \times h}{b + 2h} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$\frac{0,00073}{0,20h} = \frac{1}{0,013} * \left(\frac{0,20 h}{0,20 + 2h} \right)^{2/3} * 0,01^{1/2}$$

$$9,49 \times 10^{-5} = 0,20h \left(\frac{0,20h}{0,20 + 2h} \right)^{2/3}$$

Por tanteo se tiene:

$$9,49 \times 10^{-5} = 0,20 \times 0,0105 \left(\frac{0,20 \times 0,0105}{0,20 + 2 \times 0,0105} \right)^{2/3}$$

$$9,49 \times 10^{-5} \approx 9,42 \times 10^{-5}$$

$$\therefore h = 0,0105 \text{ m}$$

3.2.3 CÁLCULO DEL ÁREA DEL CANAL

Para el cálculo del área de mojado de canal se empleó la Ec. 1.3.3.1-1

$$A = 0,20 \times 0,0105$$

$$A = 0,0021 \text{ m}^2$$

3.2.4 CÁLCULO DEL RADIO HIDRÁULICO

De la misma manera se calcula el radio hidráulico en función de la forma rectangular del canal, y se emplea la Ec. 1.3.3.1-2

$$R_h = \frac{0,20 \times 0,0105}{0,20 + 2 \times 0,0105}$$

$$R_h = 0,0095 \text{ m}$$

3.2.5 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD

Se calcula la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la Ec. 1.3.3.3-2, usando una pendiente del 1 % y un coeficiente de Mannig de 0,013 para hormigón ubicado en la Tabla 1.3.3.3-1.

$$v = \frac{1}{0,013} \times 0,0095^{2/3} \times 0,01^{1/2}$$

$$v = 0,345 \text{ m/s}$$

3.3 CÁLCULO DE DISEÑO PARA MALLAS EN EL CANAL

Como se expresó anteriormente se dará un pre-tratamiento para ello el sistema de tratamiento de aguas residuales, dispondrá de una malla ubicada en el canal, a continuación se realizan los diferentes cálculos:

3.3.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE HILOS POR METRO DE ANCHO DE CANAL

Se determina mediante la Ec. 1.3.4.1-1.

$$N = \frac{20}{1}$$
$$N = 20 \text{ hilos /m}$$

3.3.2 CÁLCULO DE LA POROSIDAD DE LA MALLA

La porosidad de la malla se calcula mediante la Ec. 1.3.4.2-1:

$$\epsilon = [1 - 20(3)]^2$$
$$\epsilon = 0,8836$$

3.3.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA

Para el cálculo del coeficiente de pérdida de carga se emplea la Ec. 1.3.4.3-1

$$K = \frac{0,55 (1 - 0,8836^2)}{0,8836^2}$$
$$K = 0,1545$$

3.3.4 GRADIENTE DE VELOCIDAD

El gradiente de velocidad a los 19°C que se encuentra el agua residual, se determina mediante la Ec. 1.3.4.4-1.

$$G_{19} = 350 \sqrt{\frac{0,1545}{0,01}} \times 0,345^{1,5}$$
$$G_{19} = 278,78 \text{ s}^{-1}$$

3.3.5 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA

La pérdida de carga que sufre el fluido se determina mediante la Ec. 1.3.4.5-1

$$h_c = \frac{0,1545 \times 0,345^2}{2 \times 9,8}$$
$$h_c = 0,000938 \text{ m}$$

3.4 CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO

3.4.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE

Se calcula a partir de la Ec.1.3.5.1-2 del tiempo de retención hidráulica que se describe a continuación:

$$V = 2,5 \times 2,64$$

$$V = 6,600 \text{ m}^3$$

3.4.2 CÁLCULO DEL RADIO DEL TANQUE

Se calcula en base a la Ec.1.3.5.2-2, y de acuerdo a la tabla 1.3.5-1 se establece una altura de 3 m:

$$r = \sqrt{\frac{6,60}{\pi \times 3}}$$
$$r = 0,837 \text{ m}$$

3.4.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL TANQUE

Se determina usando la Ec.1.3.5.3-1 en función al radio determinado anteriormente.

$$\emptyset = 2 \times 0,836$$
$$\emptyset = 1,674 \text{ m}$$

3.4.4 CÁLCULO DEL ÁREA DEL TANQUE

El área del tanque se calcula mediante la Ec.1.3.5.4-1:

$$A_s = \pi(0,836)^2$$
$$A_s = 2,201 \text{ m}^2$$

3.4.5 CÁLCULO DE LA CARGA SUPERFICIAL

Se calcula a partir de la Ec.1.3.5.5-1

$$C_s = \frac{21,15}{2,20}$$
$$C_s = 9,610 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$$

3.4.6 CÁLCULO DEL FONDO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO

El gradiente hidráulico no debe estar entre el rango del 10 al 20 %, por lo tanto para determinar Δy se tendrá y la $\text{tg } \alpha=0,1$, reemplazando en la Ec. 1.3.5.6-2.

$$\Delta y = 0,1 \times 0,7354$$

$$\Delta y = 0,07354 \text{ m}$$

3.4.7 CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE DBO₅ Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

3.4.7.1 CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE DBO₅

La eficiencia de remoción de DBO₅ y sólidos suspendidos, está en función de la concentración del afluente y del tiempo de retención con la Ec. 1.3.5.7-1 y los valores de a y b se encuentran en la Tabla 1.3.5.7-1

$$R_{\text{DBO}_5} = \frac{2,50}{0,018 + (0,02 \times 2,50)}$$
$$R_{\text{DBO}_5} = 37 \%$$

En función a los análisis realizados de las muestras de aguas residuales expuestos en la Tabla 2.3.2-1, se tiene una DBO₅ en el afluente del sedimentador primario de 838,75 mg/L, por lo tanto la cantidad de DBO₅ en el efluente será de:

$$\text{DBO}_5' = 838,75 \times 0,37$$

$$\text{DBO}_5' = 310,34 \text{ mg/L}$$

$$\text{DBO}_5 = 838,75 - 310,34$$

$$\text{DBO}_5 = 528,41 \text{ mg/L}$$

3.4.7.2 CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Para el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos:

$$R_s = \frac{2,50}{0,0075 + (0,014 \times 2,50)}$$
$$R_s = 59 \%$$

$$SST' = 442,15 \times 0,59$$

$$SST' = 260,87 \text{ mg/L}$$

$$SST = 442,15 - 269,87$$

$$SST = 181,28 \text{ mg/L}$$

3.5 CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL FLOCULADOR

3.5.1 CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL

Se calcula a partir de la Ec.1.3.6.1-1 del tiempo de retención hidráulica que se describe a continuación:

$$A_s = \frac{21,15}{25}$$
$$A_s = 0,846 \text{ m}^2$$

3.5.2 CÁLCULO DEL RADIO DEL FLOCULADOR

Se calcula en base a la Ec.1.3.6.2-2, y de acuerdo a la tabla 1.3.6-1 se establece una altura de 3 m:

$$r = \sqrt{\frac{0,846}{\pi}}$$

$$r = 0,519 \text{ m}$$

3.5.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL FLOCULADOR

Se determina usando la Ec.1.3.5.3-1 en función al radio determinado anteriormente.

$$\emptyset = 2 \times 0,519$$

$$\emptyset = 1,038 \text{ m}$$

3.5.4 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE

El área del tanque se calcula mediante la Ec.1.3.5.2-1:

$$V = \pi(0,519)^2 \times 2,5$$

$$V = 2,116 \text{ m}^3$$

3.5.5 CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

Se calcula a partir de la Ec.1.3.5.1-1

$$T_{rh} = \frac{2,116}{2,64}$$

$$T_{rh} = 0,80 \text{ h}$$

3.5.6 CÁLCULO DE LA PENDIENTE DEL FONDO DEL FLOCULADOR

El gradiente hidráulico no debe estar entre el rango del 10 al 20 %, por lo tanto para determinar Δy se tendrá la $\text{tg } \alpha=0,1$, reemplazando en la Ec. 1.3.5.6-2

$$\Delta y = 0,1 \times 0,4174$$

$$\Delta y = 0,04174 \text{ m}$$

3.5.7 CÁLCULO DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO

Se realizó la prueba de jarras en el laboratorio con la cual se obtuvo el número de revoluciones por minuto de 65 que debe tener la paleta para que la mezcla sea eficiente, calculándose el gradiente de velocidad a partir de la Ec. 1.3.6.7-1

$$G = 0,25 \times 65^{1,25}$$

$$G = 46,14 \text{ s}^{-1}$$

3.5.8 CÁLCULO DE LA POTENCIA DISIPADA DE LA MEZCLA

El parámetro más importante en el diseño de unidades para mezcla es la cantidad de potencia que se debe suministrar. A continuación se determina esta potencia con la Ec. 1.3.6.8-1

$$W = (46,14 \text{ s}^{-1})^2 \times (1,02 \times 10^{-3}) \times 2,116$$

$$W = 4,60 \text{ kW}$$

$$W = 6,17 \text{ HP}$$

3.5.9 CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA DE LAS PALETAS

Una vez calculados los parámetros anteriores se procede a determinar el área requerida de las paletas mediante la Ec. 1.3.6.9-2:

$$A = \frac{2 \times 6,17}{1,20 \times 1100 \times (0,75)^3}$$
$$A = 0,0222 \text{ m}^2$$

3.5.10 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA PALETA

Los valores de l/b se obtienen de la tabla 1.3.6.9-1 y la longitud de la paleta se calcula mediante la Ec. 1.3.6.10-1

$$l = \frac{A}{b}$$
$$\frac{l}{b} = 5$$
$$b = \frac{l}{5}$$
$$l = \frac{A}{l/5}$$
$$l = \sqrt{5 \times 0,0222}$$
$$l = 0,333 \text{ m}$$

Por tanto:

$$b = \frac{0,333}{5}$$
$$b = 0,066 \text{ m}$$

3.6 CÁLCULO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

3.6.1 CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR

Se determina en base a la carga superficial, expuestas en la tabla 1.3.6.1-1.

$$A_S = \frac{21,15}{16}$$
$$A_S = 1,322 \text{ m}^2$$

3.6.2 CÁLCULO DEL RADIO DEL SEDIMENTADOR

Al igual que el tanque de sedimentación primaria, el tanque de sedimentación secundaria también será circular, por lo tanto el radio se puede calcular a partir de la Ec.1.3.6.2-1

$$r = \sqrt{\frac{1,322}{\pi}}$$
$$r = 0,649 \text{ m}$$

3.6.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

Se puede determinar usando Ec.1.3.5.3-1:

$$\emptyset = 2 \times 0,649$$
$$\emptyset = 1,298 \text{ m}$$

El diámetro de reparto central se estima entre un 15 o 20 % del diámetro total y se calcula mediante la Ec.1.3.7.3-1:

$$R_c = 1,298 \times 0,20$$

$$R_c = 0,260 \text{ m}$$

Para la determinación de la profundidad del sedimentador secundario se toma como referencia valores establecidos en la Tabla 1.3.7-1, sin embargo se debe considerar que el espacio físico no nos permite instalar sedimentadores tan grandes y además se requiere de una diferencia de altura para que el agua fluya del sedimentador primario hacia el sedimentador secundario, por lo tanto la altura será de:

$$h = 3,0 \text{ m}$$

La altura de reparto se toma 1/4 de la profundidad con la Ec.1.3.7.3-2:

$$H_r = \frac{1}{4} \times 3,00 \text{ m}$$
$$H_r = 0,750 \text{ m}$$

3.6.4 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

El área del tanque se calcula mediante la Ec.1.3.5.2-1:

$$V = \pi(0,649)^2 \times 3,00$$
$$V = 3,97 \text{ m}^3$$

3.6.5 CÁLCULO DEL FONDO DEL SEDIMENTADOR

El gradiente hidráulico no debe estar entre el rango del 10 al 20 %, por lo tanto para determinar Δy se tendrá la $\text{tg } \alpha = 0,1$, reemplazando en la Ec. 1.3.5.6-2

$$\Delta y = 0,1 \times 0,5474$$
$$\Delta y = 0,05474 \text{ m}$$

3.6.6 CÁLCULO DE LA CARGA DE REBOSE SOBRE EL VERTEDERO PERIFÉRICO DE SALIDA

La carga de rebose que se ejerce sobre el vertedero se puede determinar a través de la Ec.1.3.7.6-1:

$$C_v = \frac{2,64}{3,14159 \times 0,649}$$
$$C_v = 1,29 \text{ m}^2/h$$

3.6.7 CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO

Se calcula en base al caudal a tratar y volumen del tanque se determina con la siguiente ecuación 1.3.5.1-1:

$$T_{rh} = \frac{3,97}{2,64}$$
$$T_{rh} = 1,50 \text{ h}$$

3.6.8 RENDIMIENTO DEL PROCESO DE PRECIPITACIÓN QUÍMICA

La eficiencia del floculador estará en función de los análisis pertinentes de la DBO₅, realizados en el efluente y afluente de la prueba de jarras:

$$R = \frac{838,75 - 397}{838,75} \times 100\%$$
$$R = 53 \%$$

Por lo tanto se tendrá una carga de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de:

$$DBO' = 528,41 \times 0,53$$
$$DBO' = 280,06 \text{ mg/L}$$

$$DBO_5 = 528,41 - 280,06$$

$$DBO_5 = 248,35 \text{ mg/L}$$

3.7 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DEL SISTEMA DE TUBERÍA Y POTENCIA DE LA BOMBA

3.7.1 DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO INTERNO DEL TENDIDO

Se empleará un programa desarrollado por la Srta. Ana Julia Intriago estudiante de la carrera de Ingeniería Química, para el dimensionamiento del diámetro interno de la tubería, aplicando la Clase III y la Clase I de Mecánica de Fluidos, para ello se deben considerar varios parámetros en el tendido ubicados en la tabla 2.3.4-1 y 2.3.4-2.

Aplicando la clase III de Mecánica de Fluidos con sus correspondientes ecuaciones, se tiene un diámetro interno de 0,0178 m, lo cual se puede verificar en la Tabla 3.7.1-2:

TABLA 3.7.1-1

Dimensionamiento del Diámetro Interno con aplicación de la Clase III

DIMENSIONADO CLASE III	
CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	
Presión Inicial, (Pa)	72600
Presión Final, (Pa)	72600
Altura Inicial, (m)	1
Altura Final, (m)	7,6
Velocidad inicial, (m/s)	0
Velocidad final, (m/s)	0
Longitud del Tendido, (m)	12,9
Caudal, (m ³ /s)	0,00073
RESULTADOS	
Pérdidas Bernoulli hf, (J/N)	6,6000
Diámetro Interior, (m)	0,0178
Número de Reynolds	56736,3570
Rugosidad Relativa	0,0001
Velocidad del Fluido (m/s)	2,9485
Factor Friccion	0,0206

CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO	
Fluido	Agua
Temperatura, (°C)	19
Viscosidad Dinámica, (Pa.s)	1,02E-03
Viscosidad Cinemática, (m ² /s)	9,2545E-07
Densidad, (Kg/m ³)	1100
Peso Específico, (N/m ³)	10780
Presión de Vapor de H ₂ O, (Pa)	2198

Elaborado por: MAROTO J., 2013

3.7.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA

Una vez que se calculó el diámetro interno de la tubería se emplea la Clase I de Mecánica de Fluidos para el cálculo del diámetro nominal, para ello se van a considerar los parámetros ubicados en la Tabla 2.3.4-3 y la tabla 3.7.1-1. Con estos parámetros se procede a emplear el catálogo de tuberías de PVC PLASTIC PIPE ASTM D-1785 ubicado en el ANEXO XVI, de tal manera que se tendrá un diámetro nominal inferior y otro superior con respecto al diámetro interno del tendido.

Para realizar la correcta elección del diámetro se van a considerar los parámetros anteriormente citados en la Tabla 1.3.8.2-1, y en función a estos valores se establece cual es el diámetro que cumple con las condiciones dadas, como se lo puede observar en la Tabla 3.7.2-1:

TABLA 3.7.2-1

Dimensionamiento Clase I

TUBERÍAS	
Material	PVC
Sch	40
Rugosidad Absoluta, (m)	1,52E-06
Diametro Nominal, (in)	1
Diametro Real, (m)	0,0266446

RESULTADOS (DIÁMETRO REAL CLASE I)	
Pérdidas Bernoulli hf, (J/N):	6,6
Diametro Real, (m)	0,0266446
Número de Reynolds:	37919,59628
Rugosidad Relativa:	5,71973E-05
Velocidad del Fluido (m/s):	1,31707223
Factor Friccion	0,022416615
Perdidas Totales, (J/N):	1,69041302
Sumatoria de Kt	8,260
Porcentaje (%)	13,1039769

RESULTADOS (DIÁMETRO TEÓRICO CLASE III)	
Pérdidas Bernoulli hf, (J/N):	6,6
Diámetro Teórico, (m):	0,017807849
Número de Reynolds:	56736,35698
Rugosidad Relativa:	8,55802E-05
Velocidad del Fluido (m/s):	2,948526776
Factor Friccion	0,020642357
Perdidas Totales, (J/N):	11,74022211
Sumatoria de Kt	11,533
Porcentaje (%)	91,00947369

Elaborado por: MAROTO J., 2013

Por lo tanto el diámetro nominal de la tubería será:

$$D_N = 1 \text{ in}$$

3.7.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Para la determinación de la potencia de la bomba se empleó el siguiente Programa, desarrollado por el Dr. Gerardo León, sobre el Diseño de Sistema de Bombeo de Fluidos Newtonianos y Fluidos no Newtonianos.

TABLA 3.7.3-1

Dimensionamiento de la potencia de la Bomba

DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO DE FLUIDOS NEWTONIANOS Y NO NEWTONIANOS INFORMATICA APLIC/ Desarrollado por: Gerardo León Ch. ♦ 2008		
NOMBRE: Juan Carlos Maroto FECHA:		
DESCRIPCION: Tipo de Bomba: Centrífuga		
MATERIAL DE TUBERIA	TIPO	
Aceros Remachados		
Concreto		
Madera Cepillada		
Hierro Fundido		
Hierro Galvanizado		
Hierro Fundido Asfaltado		
Aceros Comerciales		
Hierro Forjado		
Tubería Estirada ó PVC ó Cobre y Latón	x	
Otros, (Rugosidad, mm)		
Rugosidad, (m)	0,0000015	
PARÁMETROS DE BOMBEO		
PARAMETRO	SUCCION	DESCARGA
Succión, (P,N)	N	Negativa
Longitud de Tubería,(m)	1,2	11,7
Altura Estática, (m)	1	7,6
Diámetro de Tubería, (m)	0,0266446	0,0266446
Presión Manométrica,(Pa)		
Velocidad del Fluido, (m/s)	1,3171	1,3171
Número de Reynolds	34401,39	34401,39
Tipo de Flujo	Turbulento	Turbulento
Factor de Fricción, f	0,0228	0,0228
ACCESORIOS	SUCCION	DESCARGA
Valvula Globo		
Válvula Angulo		
Válvula Retención		1
Válvula Compuerta		1
Codo en U		
T estándar		
Codo Estándar	1	2
Codo Radio Medio		
Codo Radio Largo		
Codo 45		
Entrada	1	
Salida		1
Brida		
Otros, (Sumatoria)		0,3
K TOTAL	1,4	5,79
hL, (m)	0,2576	1,6778
PARAMETRO		
Caudal, (m3/s)	7,34E-04	
No. de Bombas	1	
Caudal Unitario, (m3/s)	0,000734375	
Densidad, (Kg/m3)	1100	
Visc. Cinemática,(m2/s)	1,02E-06	
Presión Atm. (Pa)	7,26E+04	
Presión Vapor, (Pa)	2198	
Factor, K	1,2	
Eficiencia Bomba, (%)	80	
PRESION EJERCIDO POR ALTURA		
Densidad, (Kg/m3) :	1100	
Altura de Fluido, (m):		
Presión, (N/m2) :		
RESULTADOS DEL DISEÑO		
Pérdidas Totales, (m) :	1,94	
Carga Consum. en Perd.(%):	22,50	
Succión, (m) :	1,35	
HDT, (m) :	10,62	
Potencia Hidráulica, (KW) :	0,0842	
(HP) :	0,11	
Potencia Motor Bomba, (KW) :	0,1052	
(HP) :	0,14	
NPSHa, (m) :	5,27	
Presión de Salida Bomba, (Atm):	1,04	
Altura Máx. de Succión, (m) :	6,27	
Carga Velocidad Succión, (m) :	0,0884	
Margen de Cavitación, (m H2O):	8,45	
OBSERVACIONES:		

Elaborado por: MAROTO J., 2013

Finalmente, se puede saber que la potencia de la bomba será de 0,11 HP, sin embargo en el mercado no existe este tamaño de bomba, por ello se empleó una de 0,5 HP.

3.8 RENDIMIENTO TOTAL EL PROCESO

El rendimiento total del proceso se tuvo en función a la DBO₅ con un valor de:

$$\eta_{DBO_5 T} = \frac{838,75 - 248,35}{838,75} \times 100\%$$

$$\eta_{DBO_5 T} = 70,40\%$$

3.9 ANÁLISIS ECONÓMICO

3.9.1 COSTO DE INVERSIÓN

TABLA 3.9.1-1

Costo de equipos y accesorios

Cantidad	Equipo / accesorios	Material	Capacidad / dimensiones	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	canal	Hormigón simple	0,3465 m ³	170/ m ³	58,91
1	Bomba centrífuga	Hierro fundido	0,5 HP	85	85
16 m	tubería	PVC	DN= 1 pulg	3,67/m	58,88
7	Codo de 90	PVC	DN= 1 pulg	1,50	10,50
3	Válvula de compuerta	Acero inoxidable	DN= 1 pulg	22,50	61,92
1	Válvula check	Acero inoxidable	DN= 1 pulg	29,50	29,50
1	Tanque	Hormigón simple	1 m ³	170/ m ³	170

1	Sedimentador circular	ferrocemento	6,6 m ³	250/ m ³	1617
1	Floculador	ferrocemento	2,116m ³	1000	1000
1	Sedimentador secundario	ferrocemento	3,97m ³	250/ m ³	972,65
TOTAL					4063,86

Fuente: MAROTO J., 2013

TABLA 3.9.1-2

Costo de instalación hidráulica y mano de obra

Ítem	Costo (\$)
Instalación hidráulica	700
Mano de obra	1000
TOTAL	1700

Fuente: MAROTO J., 2013

TABLA 3.9.1-3

Costo Total de inversión

Detalle	Costo (\$)
Equipos y accesorios	4063,86
Instalación hidráulica y mano de obra	1700
TOTAL	5763,86

Fuente: MAROTO J., 2013

3.9.2 COSTO DE OPERACIÓN

TABLA 3.9.2-1

Costo del Tratamiento del AR

Producto	Dosis (Kg)	Costo por 25 kilogramo (\$)	Costo por volumen AR a tratar (\$)
Policloruro de aluminio	0,0075	70	0,071
Costo mensual (\$) (24 veces al mes)			1,86

Fuente: MAROTO J., 2013

TABLA 3.9.2-2

Costo total de operación

Detalle	Costo(\$)
Operador	318
Mantenimiento	200
Servicios Básicos	30
Policloruro de aluminio	1,86
Total	549,86

3.10 RESULTADOS**3.10.1 RESULTADOS DEL CAUDAL DE DISEÑO****TABLA 3.10.1-1**

Resultado del caudal de diseño

VARIABLE	UNIDAD		
Q	(m ³ /d)	(m ³ /h)	(m ³ /s)
	21,15	2,64	0,00073

Fuente: MAROTO J., 2013

Donde:Q = Caudal de diseño (m³/d, m³/h, m³/s)**3.10.2 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL****TABLA 3.10.2-1**

Resultados del dimensionamiento del canal

PARÁMETRO	RESULTADO
b (m)	0,20
h (m)	0,0105
l (m)	2,00

R (m)	0,0095
A (m ²)	0,0021
v (m/s)	0,345

Fuente: MAROTO J., 2013

Donde:

b = Base mojada del canal (m)

h = Altura mojada del canal (m)

l = Largo de diseño del canal (m)

R = Radio Hidráulico (m)

v = Velocidad de transporte (m/s)

3.10.3 RESULTADOS DE LAS MALLAS PARA EL CANAL

Estas mallas están destinadas a retener monedas, pelusas, pelos provenientes del proceso de lavado de ropa.

TABLA 3.10.3-1

Resultados del dimensionamiento de las mallas para el canal

PARÁMETRO	RESULTADO
d (mm)	3
e (mm)	10
ε (Adimensional)	0,8836
K(Adimensional)	0,1545
G ₁₉ (s ⁻¹)	278,78
h _c (m)	0,00094

Elaborado por: MAROTO J., 2013

Donde:

d = Espesor (m)

e = Espaciamiento (mm)

ε = Porosidad

K = Constante de Pérdida de carga

G_{19} = Gradiente de velocidad (s^{-1})

h_c = Pérdida de carga (m)

3.10.4 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO

Las dimensiones del sedimentador circular primario para un caudal de diseño de $21,15m^3/d$ se encuentran en la tabla 3.10.4-1

TABLA 3.10.4-1

Resultados del Dimensionamiento del Sedimentador Primario

PARÁMETRO	RESULTADO
$V(m^3)$	6,60
r (m)	0,837
\emptyset (m)	1,674
A (m^2)	2,201
C_s (m^3/m^2d)	9,610
Δy (m)	0,07354
Trh (h)	2,5
R_{DBO_5} (%)	37
R_{SST} (%)	59
DBO_5 (mg/L)	528,41
SST (mg/L)	181,28

Fuente: MAROTO J., 2013

Donde:

V = Volumen del tanque (m^3)

r = radio del tanque (m)

\emptyset = Diámetro del tanque (m)

A_s = Área del tanque (m^2)

C_s = Carga superficial (m^3/m^2d)

Δy = Cateto opuesto del ángulo de inclinación (m)

Trh = Tiempo de retención hidráulica (h)

R_{DBO_5} = Remoción de la DBO_5 (%)

DBO_5 = Concentración en el efluente de DBO_5 (mg/L)

R_{SST} = Remoción de sólidos sedimentables (%)

SST = Sólidos sedimentables (mg/L)

3.10.5 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL FLOCULADOR

Los resultados del dimensionamiento del Floculador en base a los cálculos realizados y a la prueba de jarras se los encuentra en la siguiente tabla:

TABLA 3.10.5-1

Resultados del Dimensionamiento del Floculador

PARÁMETRO	RESULTADO
C_s (m^3/m^2d)	25
A_s (m^2)	0,846
r (m)	0,519
\emptyset (m)	1,038
V(m^3)	2,116
Trh (h)	0,80
Δy (m)	0,04174
G (s^{-1})	46,14
P (HP)	6,17
A (m^2)	0,0224
l (m)	0,333
b (m)	0,066

Elaborado por: MAROTO J., 2013

Donde:

V = Volumen del tanque (m^3)

r = radio del tanque (m)

\emptyset = Diámetro del tanque (m)

A_s = Área superficial del tanque (m^2)

C_s = Carga superficial (m^3/m^2d)

Δy = Cateto opuesto del ángulo de inclinación (m)

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulica (h)

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

P = Potencia disipada de la mezcla (HP)

A = Área de la paletas (m^2)

l = longitud de la paleta (m)

b = Ancho de la paleta (m)

3.10.6 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO

Las dimensiones del mismo se encuentran resumidas en la tabla 3.10.6-1, usando una carga superficial de 16 m/h

TABLA 3.10.6-1

Resultados del Dimensionamiento del Sedimentador Secundario

VARIABLE	RESULTADO
A_s (m^2)	1,322
r (m)	0,649
\emptyset (m)	1,298
h (m)	3,00
R_c (m)	0,260
H_r (m)	0,750
V (m^3)	3,97

Δy (m)	0,05474
C_V (m ² /h)	1,290
T_{rh} (h)	1,500

Elaborado por: MAROTO J., 2013

Donde:

A_S = Área superficial del tanque (m²)

r = radio del tanque (m)

\emptyset = Diámetro del tanque (m)

h = altura del sedimentador (m)

V = Volumen del tanque (m³)

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulica (h)

Δy = Cateto opuesto del ángulo de inclinación (m)

3.10.7 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO

TABLA 3.10.7-1

Resultados del dimensionamiento Sistema de Bombeo

VARIABLE	RESULTADO
L (m)	12,90
v (m/s)	1,317
h_f (%)	13,10
W (HP)	0,11
N_{Re}	34401,39
\emptyset_N (m)	0,02664

Fuente: MAROTO J., 2013

Donde:

L = Longitud del tendido (m)

v = Velocidad (m/s)

h_f = Pérdidas Totales (%)

W = Potencia de la Bomba (HP)

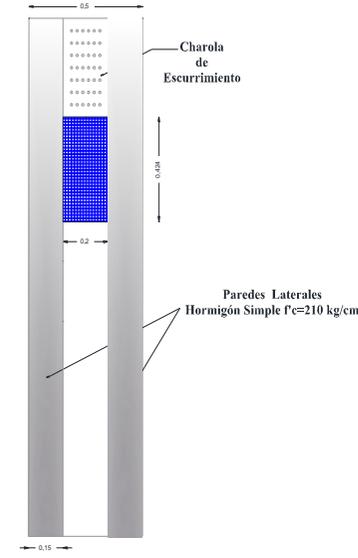
N_{Re} = Número de Reynolds

\varnothing_N = Diámetro Nominal (m)

3.11 PROPUESTA

TABLA 3.11-1

Propuesta de la PTAR para la Lavandería SPLENDID

DATOS	PLANO
CANAL	
<p>$b = 0,20 \text{ m}$</p> <p>$h = 0,0105 \text{ m}$</p> <p>$l = 0,424 \text{ m}$</p> <p>$R = 0,0095 \text{ m}$</p> <p>$A = 0,0021 \text{ m}^2/\text{s}$</p> <p>$v = 0,345 \text{ m/s}$</p>	 <p style="text-align: center;"><u>CANAL DE DRENAJE</u></p>

MALLAS

$d = 3\text{mm}$

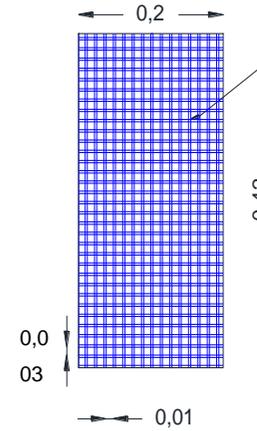
$e = 10\text{mm}$

$\epsilon = 0,8836$

$K = 0,1545$

$G_{19} = 278,78 \text{ s}^{-1}$

$h_c = 0,00094 \text{ m}$



Malla de Acero Ø 3mm
Cantidad Requerida : 0.084m

MALLA METÁLICA

SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO

$$V = 6,60 \text{ m}^3$$

$$r = 0,837 \text{ m}$$

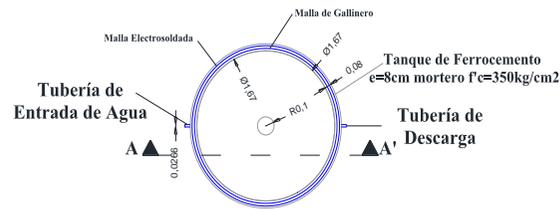
$$\varnothing = 1,674 \text{ m}$$

$$A = 2,201 \text{ m}^2$$

$$C_s = 9,61 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}$$

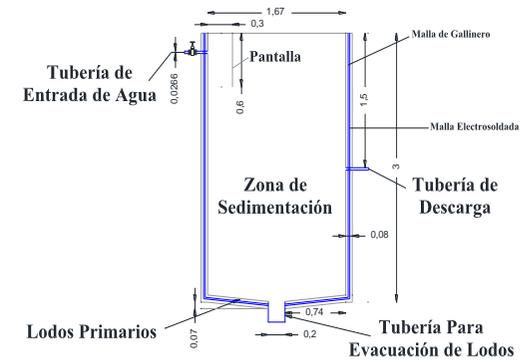
$$\Delta y = 0,07354 \text{ m}$$

$$\text{Trh} = 2,5 \text{ h}$$



TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIO

Vista Superior
Escala 1:400



TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIO

Corte A-A'
Escala 1:400

FLOCULADOR

$$C_s = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2 d$$

$$A = 0,846 \text{ m}^2$$

$$r = 0,519 \text{ m}$$

$$\varnothing = 1,038 \text{ m}$$

$$V = 2,116 \text{ m}^3$$

$$T_{rh} = 0,80 \text{ h}$$

$$\Delta y = 0,04174 \text{ m}$$

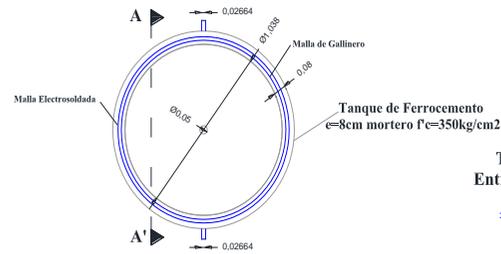
$$G = 46,14 \text{ s}^{-1}$$

$$P = 6,17 \text{ HP}$$

$$A = 0,0224 \text{ m}^2$$

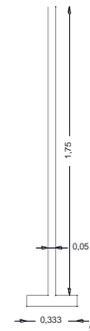
$$l = 0,333 \text{ m}$$

$$b = 0,066 \text{ m}$$



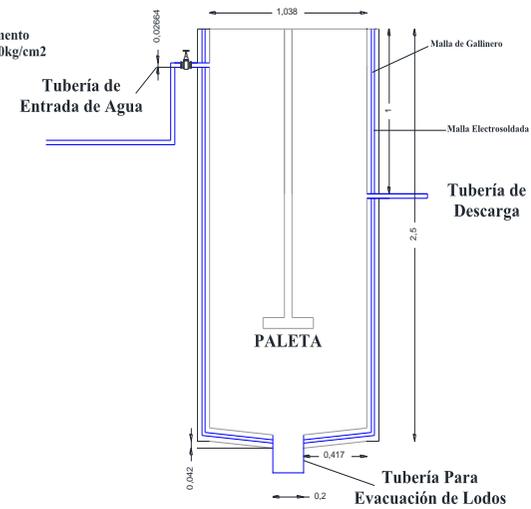
TANQUE FLOCULADOR CIRCULAR

Vista Superior
Escala 1:200



DETALLE DE PALETA

Vista Frontal



TANQUE FLOCULADOR CIRCULAR

Corte A-A'

SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO

$$A_S = 1,322 \text{ m}^2$$

$$r = 0,649 \text{ m}$$

$$\varnothing = 1,298 \text{ m}$$

$$h = 3,00 \text{ m}$$

$$R_c = 0,26 \text{ m}$$

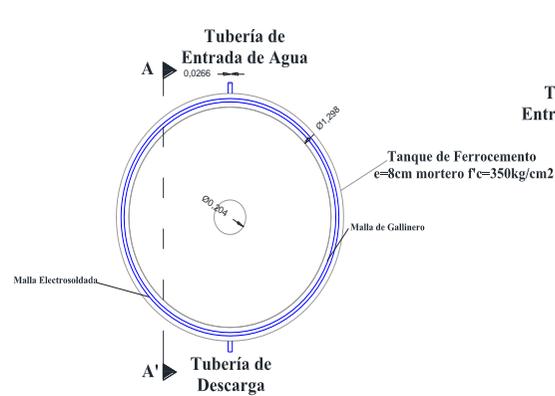
$$H_r = 0,750 \text{ m}$$

$$V = 3,97 \text{ m}^3$$

$$\Delta y = 0,05474 \text{ m}$$

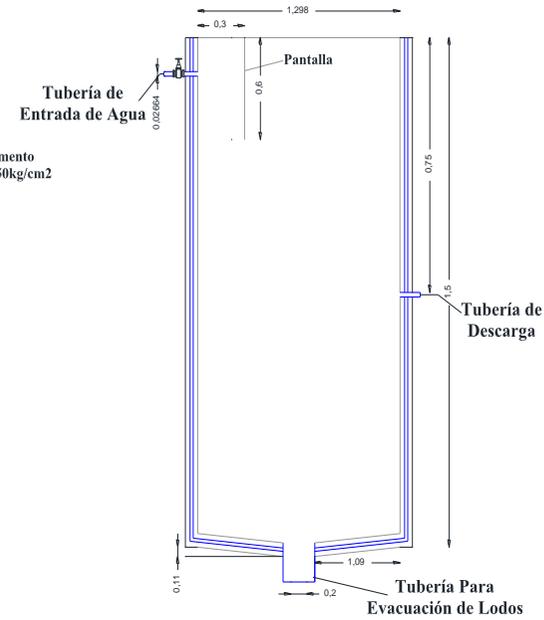
$$T_{rh} = 1,50 \text{ h}$$

$$CV = 1,29 \text{ m}^2/\text{h}$$



TANQUE DE SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

Vista Superior



TANQUE DE SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

Corte A-A'

Elaborado por: MAROTO, J., 2013

3.12 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se realizó el reconocimiento de la empresa, determinando el espacio físico disponible y punto de muestreo del agua residual en la caja de revisión, cada semana se tomó muestreo compuesto durante 6 horas por el lapso de 1 mes con un total de 4 muestras, las mismas que fueron analizadas en laboratorio LABCESTTA y el Laboratorio de Análisis Técnicos de acuerdo a los parámetros que se encuentran en el TULAS LIBRO VI, Anexo 1, de la tabla de límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Los siguientes parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles: Tensoactivos 16,98 mg/L debido a la utilización de gran cantidad de detergentes, el DBO₅ 838,75 mg/L por la presencia de material biológico que salen del desprendimiento de la materia orgánica (manchas de comida) que se encuentra en la ropa, el DQO 2061,25mg/L ya que presenta una elevada cantidad de materia inorgánica por la utilización diferentes sustancia como son desengrasantes, suavizantes, componentes de detergentes, los Sólidos Suspendidos 442,5 mg/L se da por la suciedad, polvo, desprendimiento de tinturas que se encuentra en la ropa, los Sólidos Sedimentables 337,675 mg/L por la cantidad de suciedad que sale de la ropa al momento del lavado que son más pesadas.

El volumen de diseño se lo realizó mediante indicadores en el día de mayor demanda de lavado, en función de la cantidad de agua gastada por Kg de ropa lavada, para lo cual utilizamos el valor indicador del día sábado ya que es el día en donde existe la mayor cantidad de lavado de ropa que consume 10,577 m³agua/381,81 kg de ropa lavada, debido a que la empresa tiene una visión de duplicar su servicio por su gran demanda, realizamos el cálculo del volumen de diseño a 21,15 m³/d , se tabularon los datos y se procedió a realizar los cálculos de ingeniería, llegando a determinar que este tipo de agua residual requiere para su tratamiento de: un canal con caudal de diseño de 0,00073 m³/s con forma rectangular estará después de la caja de revisión, cuya base de 20 cm largo de 2,00 m, altura mojada del canal de 0,0105 m ayudará a mantener una velocidad de 0,345 m/s para evitar la sedimentación de las partículas y la formación de espumas que provocaría el elevado contenido de Tensoactivos, se coloca una mallas que será de

3 mm de espesor, 10 mm de abertura con una pérdida de carga ínfima de 0,00094 m para evitar el paso de monedas, botones, etc con el fin de evitar daño a la bomba, el sedimentador primario de 3 m de alto y 0,837 m de radio, un tanque floculador de 2,5 m de alto y 1,038 m de diámetro empleando para dicho proceso policloruro de aluminio y finalmente un sedimentador secundario de 3,00 m de altura y 1,298 m de diámetro.

Con este tratamiento primario compuesto de un tratamiento físico y químico se logrará una remoción del 37 % de DBO₅ y 59 % de SST con la ayuda del sedimentador primario, y en el proceso de precipitación química se logrará una remoción del 52% empleando el floculador con la adición de policloruro de aluminio que nos permite el agrupamiento de los solidos suspendidos mediante una coagulación-floculación y posteriormente la precipitación química, con el sedimentador secundario los valores disminuyen a 248,35 mg/L de DBO₅, que con este ultimo llegamos a llegar a los valores permisibles de tal manera que el rendimiento de todo el proceso es de 70,4% lo cual nos permite descargada al alcantarillado disminuyendo el impacto ambiental que este proceso genera.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El agua residual presenta una gran carga contaminante con elevados valores en la turbidez con 174NTU, los Tensoactivos con 16,98 mg/L, la DBO₅ con 838,75 mg/L, la DQO con 2061,25mg/L, los Sólidos Suspendidos con 442,5 mg/L y los Sólidos Sedimentables 337,675 mg/L.
- Se determinó experimentalmente in situ el caudal de agua residual a tratar, mediante los indicadores del consumo de agua por cantidad de ropa lavada y con la duplicación en los servicios que ofertase tendrá un caudal de 2,64 m³/h, siendo éste muy significativo a través del tiempo.
- Se efectuó cada uno de los cálculos de ingeniería, de tal manera que consta de un canal rectangular con caudal de diseño de 0,00073 m³/s el mismo que estará después de la caja de revisión, cuya base de 20 cm largo de 2,00 m, altura mojada del canal de 0,0105 m, una malla de 3 mm de espesor, 10 mm de abertura ,un sedimentador primario de 3 m de alto y 0,837 m de radio, un tanque floculador de 2,5 m de alto y 1,038 m de diámetro, un sedimentador secundario de 3,00 m de altura y 1,298 m de diámetro, con un rendimiento neto del tratamiento del agua residual del 70,4% de tal manera que el agua puede ser descarga hacia el alcantarillado.

4.2 RECOMENDACIONES

- Implementar Normas Internas en la Empresa de lavado automático SPLENDID, a través de estudios de Impacto Ambiental.
- El lodo generado como subproducto del tratamiento del agua residual por no contener microorganismos patógenos debe ser dispuesto directamente para relleno sanitario o ser desechado en los botaderos.
- Al construir el sistema de tratamiento propuesto deben seguirse los lineamientos de diseño expuesto en el presente trabajo.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **CRITES, R. y TCHOBANGLIOUS, G.**, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2^{da} ed., Bogotá – Colombia., Editorial McGraw – Hill Interamericana., 2000., Pp. 33 – 67; 179-336.

- 2.- **FERNÁNDEZ J.**, El Agua un bien para todos. Conservación, recuperación y usos., 2^{da} ed., Salamanca – España., Editorial Ramos., 2001., Pp. 171 – 179

- 3.- **HILLEBOE, H.**, Manual de tratamiento de aguas negras. 2^{da} ed. México., Editorial Limusa., 1998., Pp. 84 – 101.

- 4.- **METCALF & EDDY.**, Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3^{ra} ed., Vol. II., Madrid – España., McGraw – Hill Interamericana., 1995., Pp. 508 – 515; 538 – 551; 555 – 557.

- 5.- **RAMALHO, R.**, Tratamiento de aguas residuales., 2^{da} ed., Barcelona – España., Editorial Reverté S.A., 1996., Pp. 92 – 112.

- 6.- **RODRÍGUEZ, A.**, Tratamiento Avanzados de Aguas Residuales Industriales., 2^{da} ed., Madrid – España., Elecé Industria Gráfica., 2006., Pp. 18 – 61.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

1.- LAVANDERIA

<http://www.tintoreriaylavanderia.com/tintoreria/lavanderia/454-breve-historia-de-la-lavanderia-industrial.html>

2012-06-30

2.- TIPOS DE LAVANDERIA

http://catarina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lad/valencia_t_p/capitulo3.pdf

2012-06-30

3.- HISTORIA DE LAVANDERIA

<http://www.lavanderia.us/HTML>

2012-06-30

4.- REUTILIZACIÓN DEL AGUA

<http://www.lenntech.es/reutilizacion-agua.htm#ixzz1ZwNbsGHY>

2011

2012-06-30

5.- EL AGUA FUENTE DE VIDA

<http://www.clubdelamar.org/elagua.htm> 2008

2012-06-30

6.- GENERALIDADES DEL AGUA RESIDUAL

<http://www.agualatinuamerica.com/docs/PDF/DeLa>

[LaveSepOct02.pdf](#) 2002

2012-06-30

7.- TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/tipostratamientos.html>

2012-06-30

ANEXOS

ANEXO I

MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL

a)



b)



NOTAS

CUADRO CATEGORIAL

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL
AGUA RESIDUAL

- a) Descarga de Efluentes
- b) Caudalímetro

Por calificar Para información
 Por aprobar Para archivar
 Por eliminar Certificado

Realizado por: Juan Carlos Maroto

Lámina	Escala	Fecha
1		19/10/2012

ANEXO II
MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL

a)



b)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH	MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL	
a) Recogida de muestras	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS		
b) Muestras etiquetadas	Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/>	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		
	Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Carlos Maroto	Lámina	Escala
			2	
				Fecha
				19/10/2012

ANEXO III

MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL

a)



b)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	<p style="text-align: center;">ESPOCH</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">Realizado por: Juan Carlos Maroto</p>	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL		
a) Toma de la temperatura a la muestra N°1. b) Toma de la temperatura la muestra N°2.	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		Lámina 3	Escala	Fecha 19/10/2012

**ANEXO IV
PRUEBA DE JARRAS**

a)



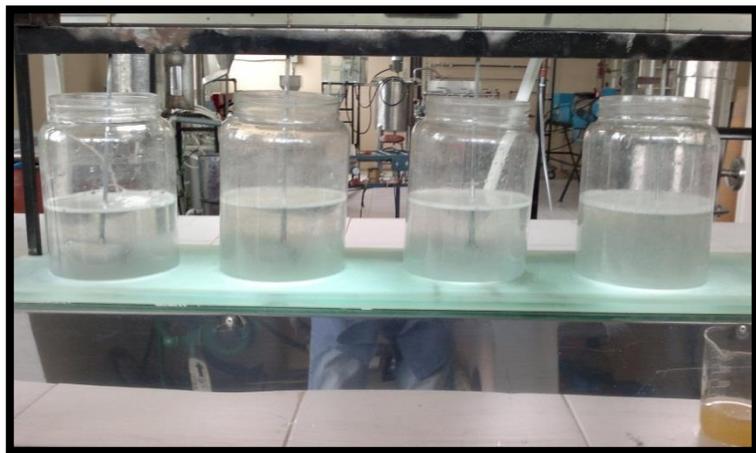
b)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH	PRUEBA DE JARRAS		
a) Equipo de la Prueba de Jarras con muestras b) Muestras en agitación	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Juan Carlos Maroto	PRUEBA DE JARRAS		
			Lámina	Escala	Fecha
			4		21/11/2012

ANEXO V
FINALIZACIÓN DEL PROCESO DE FLOCULACIÓN

a)



b)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH	MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL		
a) Flocculación b) Sedimentación	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Juan Carlos Maroto	Lámina	Escala	Fecha
			5		21/11/2012

ANEXO VI

AGUA RESIDUAL CLARIFICADA

a)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	AGUA RESIDUAL CLARIFICADA		
a) Clarificación de las muestras			Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Carlos Maroto	Lámina
			6		21/11/2012

ANEXO VII

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M1

a)

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No:	1245
ST:	12 – 0588 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	SPLENDID
Atn:	Juan Carlos Maroto
Dirección:	Ciudadela la Cerámica/ Riobamba
FECHA:	07 de Octubre del 2012
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2012 / 09 / 29 – 11:50
FECHA DE MUESTREO:	2012 / 09 / 29 09:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2012 / 09 / 29 - 2012 / 10 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Descarga
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB- A 1755-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	A-1
PUNTO DE MUESTREO:	Descarga del proceso
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Ing. Rubén Choto
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANALISIS:	T máx.: 25,0 °C. T mín: 15,0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H ⁺	Unidades de pH	7,37	5-9	±15
*Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	0,7	20	-
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	290	220	±10%
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	1460	1 600	±11%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	10,3	2,0	±15%
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	1250	500	±3%
Demanda bioquímica de oxígeno	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	720	250	±20%
*Aceites y grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	104,8	100	±1%
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 APHA 4500-SO ₄ ²⁻ E	mg/L	78	400	±7%
*Fosforo total	PEE/LABCESTTA/21 APHA 4500-P B5/ APHA 4500-PC	mg/L	4,20	15	±14%
*Caudal	In Situ	L/s	0,94	1.5 veces el caudal	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 2
Edición 1

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M1		
a) Hoja de resultados de la muestra N°1 reportado por LAB CESTTA.	Por calificar <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Carlos	Lámina	Escala	Fecha
	Por aprobar <input type="checkbox"/>		7		29/09/12
	Por eliminar <input type="checkbox"/>				
	Para información <input checked="" type="checkbox"/>				
	Para archivar <input type="checkbox"/>				
	Certificado <input type="checkbox"/>				

ANEXO VIII

RESULTADOS DE LA TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL – M1

a)

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 oae <small>Organismo de Acreditación Ecuatoriana</small> ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

				promedio horario del sistema de alcantarillado.	
* Temperatura	PEE/LABCESTTA/04 APHA 2550 B	°C	19	< 40	-

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con Límites de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla 11 TULAS.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Aylaréz
RESPONSABLE TÉCNICO


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 2 de 2
Edición 1

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH	RESULTADOS LA TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL – M1		
a) Hoja resultados de la muestra N°1 reportado por LAB CESTTA.	Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA Realizado por: Juan Maroto	Lámina	Escala	Fecha
			8		29/09/12

ANEXO IX

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M2

a)



**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703
Riobamba - Ecuador

Telefax: 2998 200 ext 332

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Juan Carlos Maroto

Fecha de Análisis: 05 de octubre del 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 25 de octubre de 2012

Tipo de muestras: Agua residual Industria Splendid lavado de ropa

Localidad: Ciudadela la Cerámica

Código LAT/0193-12

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.8-8.5	7.39
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₃ ²⁻	200	128.33
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	< 0.3	2.6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	3485
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	1045
Grasas y Aceites	mg/L	2510-B	100	3.8
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	1520.0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2530-F	200	1000.0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2530-D	200	480.0

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

**TULAS 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.

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M1		
a) Hoja de informe del informe y resultados reportado por LAB DE ANÁLISIS TÉCNICOS	Por calificar <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Maroto	Lámina	Escala	Fecha
	Por aprobar <input type="checkbox"/>		9		29/09/12
	Por eliminar <input type="checkbox"/>				
	Para información <input checked="" type="checkbox"/>				
	Para archivar <input type="checkbox"/>				
	Certificado <input type="checkbox"/>				

ANEXO X

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TENSOACTIVOS DEL AGUA RESIDUAL – M2

a)

 LABCESTTA <small>Tecnología & Soluciones</small> SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 1294 ST: 12 – 0608 ANÁLISIS DE AGUAS	
Nombre Peticionario: SPLENDID Atn. Sr. Juan Carlos Maroto Dirección: Ciudadela la Cerámica	
FECHA: 13 de Octubre del 2012 NUMERO DE MUESTRAS: 1 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 10/ 05 – 09:48 FECHA DE MUESTREO: 2012 / 10/ 05 – 09:30 FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 10/ 05 - 2012 /10 /13 TIPO DE MUESTRA: Descarga CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1797-12 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA. PUNTO DE MUESTREO: Descarga del proceso ANÁLISIS SOLICITADO: Químico PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Juan Carlos Maroto CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C	

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	13,5	2,0	±15%

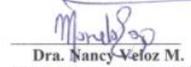
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con la TABLA 11 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tulas)

RESPONSABLES DEL INFORME:


 Dr. Mauricio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


 Dra. Nancy Velez M.
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
Edición 1

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TENSOACTIVOS DEL AGUA RESIDUAL		
a) Hoja de informe del informe y resultados reportado por LAB CESTTA de la muestra	Por calificar <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA			
	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
	Por eliminar <input type="checkbox"/>		Realizado por: Juan Maroto	Lámina	Escala
	Para información <input checked="" type="checkbox"/>		10		13/09/12
	Para archivar <input type="checkbox"/>				
	Certificado <input type="checkbox"/>				

ANEXO XI

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M3

a)



**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703
Riobamba - Ecuador

Telefax: 2998 200 ext 332

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Juan Carlos Maroto

Fecha de Análisis: 14 de octubre del 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 25 de octubre de 2012

Tipo de muestras: Agua residual Industria Splendid lavado de ropa

Localidad: Ciudadela la Cerámica

Código LAT/204-12

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.8-8.5	7.45
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₃ ²⁻	200	109.74
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	< 0.3	1.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	2130
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	1360
Grasas y Aceites	mg/L	2510-B	100	2.13
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	1128
Sólidos Sedimentables	mg/L	2530-F	200	250
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2530-D	200	500.0

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

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Atentamente.



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

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

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA Realizado por: Juan Maroto	RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M2		
			Lámina	Escala	Fecha
a) Hoja de informe del informe y resultados reportado por LAB DE ANÁLISIS TÉCNICOS de la muestra	Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		11		11/10/12

ANEXO XII

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TENSOACTIVOS DEL AGUA RESIDUAL – M3

a)

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 1323 ST: 12 – 0621 ANÁLISIS DE AGUAS	
Nombre Peticionario: SPLENDID Atm. Sr. Juan Carlos Maroto Dirección: Ciudadela la Cerámica	
FECHA: 23 de Octubre del 2012 NUMERO DE MUESTRAS: 1 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 10/ 11 – 11:32 FECHA DE MUESTREO: 2012 / 10/ 11 – 10:00 FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 10/ 10 - 2012 /10 /19 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1824-12 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA. PUNTO DE MUESTREO: Descarga del proceso ANÁLISIS SOLICITADO: Químico PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Juan Carlos Maroto CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C	

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	2,88	2,0	±15%

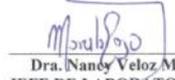
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con la TABLA II Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tulas)

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 1
Edición 1

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	RESULTADOS DEL ANÁLISIS TENSOACTIVOS DEL AGUA RESIDUAL – M2		
a) Hoja de informe del informe y resultados reportado por LAB CESTTA de la muestra	Por calificar <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Maroto	Lámina	Escala	Fecha
	Por aprobar <input type="checkbox"/>		12		11/10/12
	Por eliminar <input type="checkbox"/>				
	Para información <input checked="" type="checkbox"/>				
	Para archivar <input type="checkbox"/>				
	Certificado <input type="checkbox"/>				

ANEXO XIII

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL M-4

a)



**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703
Riobamba - Ecuador

Telefax: 2998 200 ext 332

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Juan Carlos Maroto

Fecha de Análisis: 19 de octubre del 2012

Fecha de Entrega de Resultados: 25 de octubre de 2012

Tipo de muestras: Agua residual Industria Splendid lavado de ropa

Localidad: Ciudadela la Cerámica

Código LAT/0208-12

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6.8-8.5	7.14
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₃ ²⁻	200	272.58
Fosfatos	mg/L	4500-PO ₄ -B	< 0.3	2.85
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	1380
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	230
Grasas y Aceites	mg/L	2510-B	100	1.7
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1600	1200
Sólidos Sedimentables	mg/L	2530-F	200	100
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2530-D	200	500

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

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Atentamente.



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

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

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA Realizado por: Juan Maroto	RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL – M3		
			Lámina	Escala	Fecha
a) Hoja de informe del informe y resultados reportado por LAB DE ANÁLISIS TÉCNICOS	Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		13		19/10/12

ANEXO XIV

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TENSOACTIVOS DEL AGUA RESIDUAL – M4

a)

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 OAE Organismo de Acreditación Ecuatoriana ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 1330
 ST: 12 – 0627 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: SPLENDID
 Atn. Sr. Juan Carlos Maroto
 Dirección: Ciudadela la Cerámica

FECHA: 25 de Octubre del 2012
 NUMERO DE MUESTRAS: 1
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 10/ 19 – 11:00
 FECHA DE MUESTREO: 2012 / 10/ 19 – 10:05
 FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 10/ 19 - 2012 /10 /25
 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual
 CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 1832-12
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA.
 PUNTO DE MUESTREO: Descarga del proceso
 ANÁLISIS SOLICITADO: Químico
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Sr. Juan Carlos Maroto
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	41,25	2,0	±15%

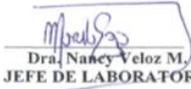
OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con la TABLA 11 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tulas)

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
 JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 1

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA Realizado por: Juan Maroto	RESULTADOS DEL ANÁLISIS TENSOACTIVOS DEL AGUA RESIDUAL – M4		
			Lámina	Escala	Fecha
a) Hoja de informe y resultados reportado por LAB CESTTA de la muestra	Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		14		19/10/12

ANEXO XV

DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL

a)

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Riobamba** Proyecto: **Tesis de Grado**
 Tramo: **Canal Rectangular** Revestimiento: **Concreto**

Datos:
 Caudal (Q): **0.00073** m³/s
 Ancho de solera (b): **0.20** m
 Talud (Z): **0**
 Rugosidad (n): **0.013**
 Pendiente (S): **0.01** m/m

Diagrama:

Resultados:
 Tirante normal (y): **0.0105** m Perímetro (p): **0.2211** m
 Área hidráulica (A): **0.0021** m² Radio hidráulico (R): **0.0095** m
 Espejo de agua (T): **0.2000** m Velocidad (v): **0.3461** m/s
 Número de Froude (F): **1.0758** Energía específica (E): **0.0167** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Botones: **Calcular**, **Limpiar Pantalla**, **Imprimir**, **Menú Principal**, **Calculadora**

Ingresar el nombre del Proyecto: 10:48 21/05/2013

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	DIMENSIONES DEL CANAL		
			Lámina	Escala	Fecha
b) Resultados del Software HCanales	Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Maroto	15		19/10/12

ANEXO XVI
CATÁLOGO DE TUBERÍAS

* US	Metric	C
R 0.00006	0.001524	140

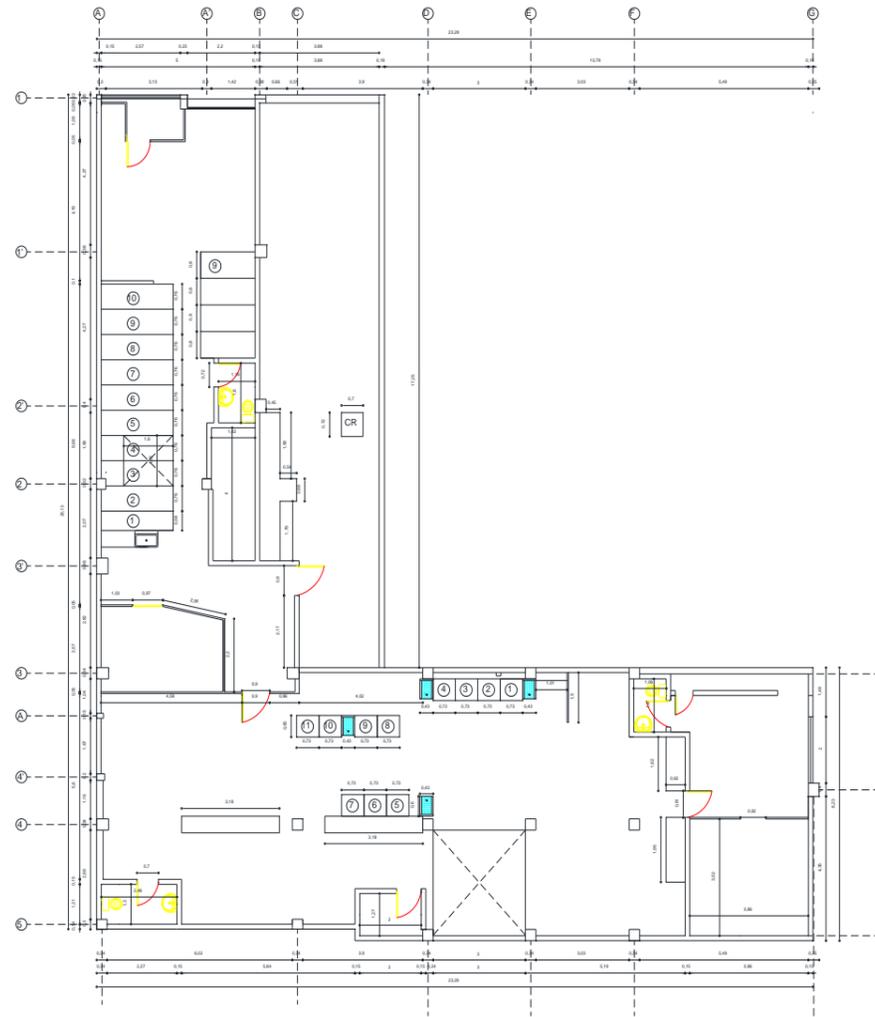
a)

* Schedule	Size	Size	Inside Dia	Thickness	Inside Dia	Thickness
*	(in)	(mm)	(in)	(in)	(mm)	(mm)
Z 40	0.5	12.7	0.622	0.109	15.7988	2.7686
Z 40	0.75	19.05	0.824	0.113	20.9296	2.8702
Z 40	1	25.4	1.049	0.133	26.6446	3.3782
Z 40	1.25	31.75	1.38	0.14	35.052	3.556
Z 40	1.5	38.1	1.61	0.145	40.894	3.683
Z 40	2	50.8	2.067	0.154	52.5018	3.9116
Z 40	2.5	63.5	2.469	0.203	62.7126	5.1562
Z 40	3	76.2	3.068	0.216	77.9272	5.4864
Z 40	4	101.6	4.026	0.237	102.2604	6.0198
Z 40	5	127	5.047	0.258	128.1938	6.5532
Z 40	6	152.4	6.065	0.28	154.051	7.112
Z 40	8	203.2	7.981	0.322	202.7174	8.1788
Z 40	10	254	10.02	0.365	254.508	9.271
Z 40	12	304.8	11.938	0.406	303.2252	10.3124
Z 40	14	355.6	13.124	0.438	333.3496	11.1252
Z 40	16	406.4	15	0.5	381	12.7
*						
Z 80	0.25	6.35	0.302	0.119	7.6708	3.0226
Z 80	0.375	9.53	0.423	0.126	10.7442	3.2004
Z 80	0.5	12.7	0.546	0.147	13.8684	3.7338
Z 80	0.75	19.05	0.742	0.154	18.8468	3.9116
Z 80	1	25.4	0.957	0.179	24.3078	4.5466
Z 80	1.25	31.75	1.278	0.191	32.4612	4.8514
Z 80	1.5	38.1	1.5	0.2	38.1	5.08
Z 80	2	50.8	1.939	0.218	49.2506	5.5372
Z 80	2.5	63.5	2.323	0.276	59.0042	7.0104
Z 80	3	76.2	2.9	0.3	73.66	7.62
Z 80	4	101.6	3.826	0.337	97.1804	8.5598
Z 80	5	127	4.813	0.375	122.2502	9.525
Z 80	6	152.4	5.761	0.432	146.3294	10.9728
Z 80	8	203.2	7.625	0.5	193.675	12.7
Z 80	10	254	9.564	0.593	242.9256	15.0622
Z 80	12	304.8	11.376	0.687	288.9504	17.4498
Z 80	14	355.6	12.5	0.75	317.5	19.05
Z 80	16	406.4	14.314	0.843	363.5756	21.4122

NOTAS:	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA ING. QUÍMICA	CATÁLOGO DE TUBERÍAS		
			Lámina	Escala	Fecha
a) PVC PLASTIC ASTM D-1785	Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Maroto	16		20/01/13

a)

**ANEXO XVII
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**



NOTAS

a) Vista Planta de la Lavandería SPLENDID

CUADRO CATEGORIAL

- Por calificar Para información
 Por aprobar Para archivar
 Por eliminar Certificado

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Realizado por: Juan Carlos Maroto

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES

Lámina

17

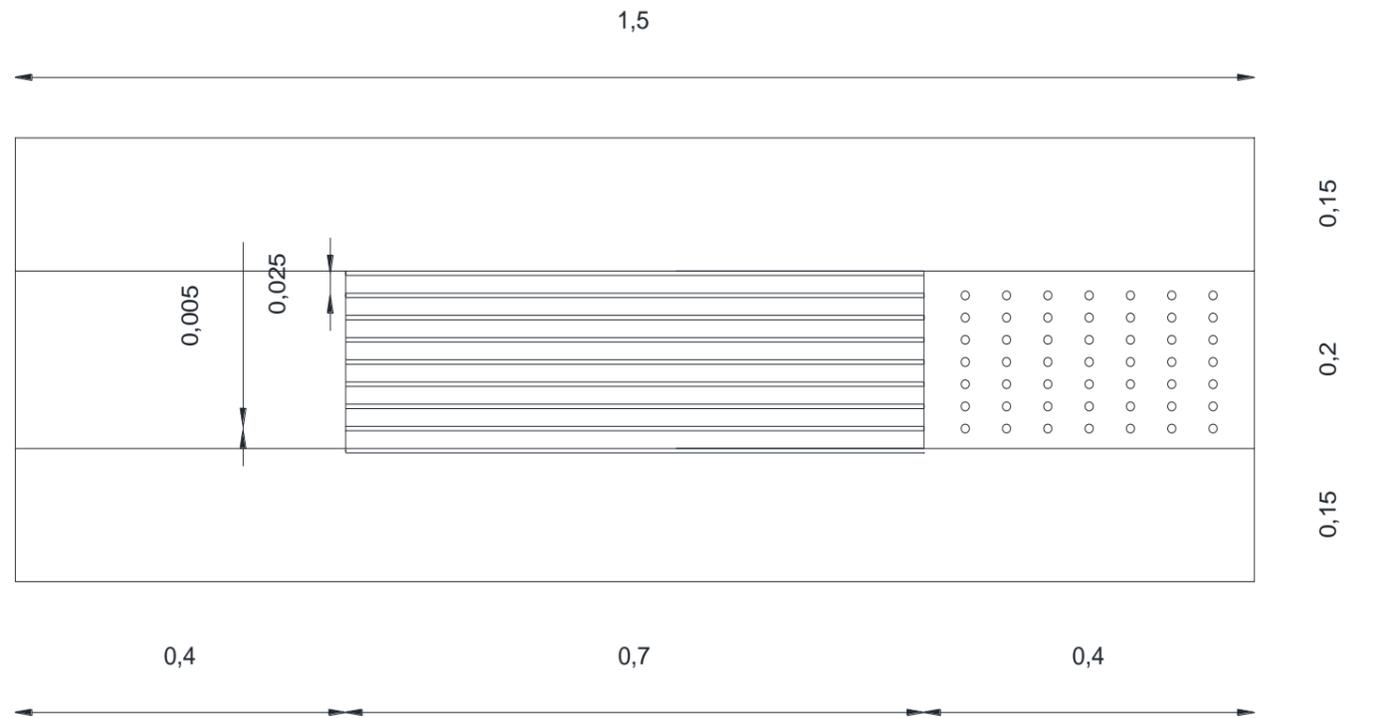
Escala

Fecha

21/01/2013

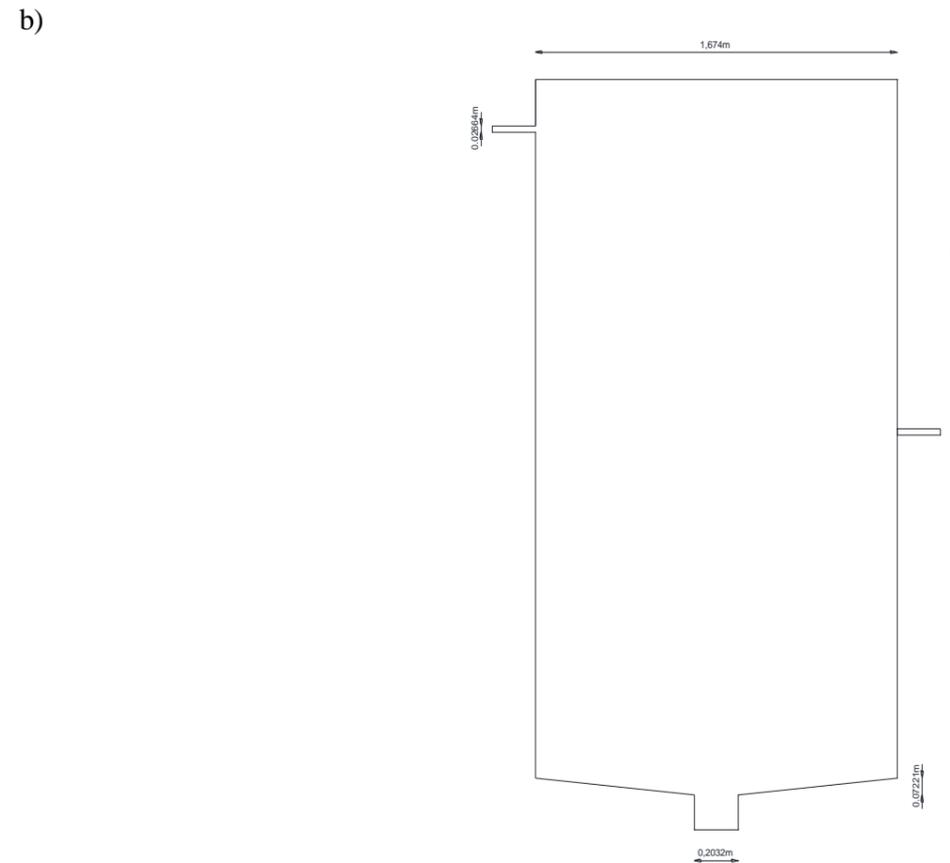
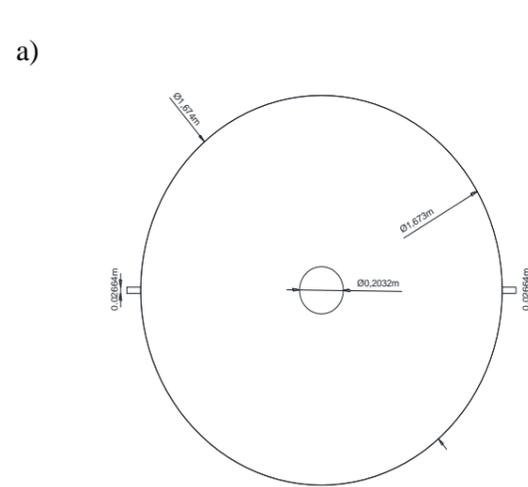
**ANEXO XVIII
CANAL**

a)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Juan Carlos Maroto	CANAL CON EL SISTEMA DE REJILLAS		
			Lámina	Escala	Fecha
a) Vista Planta del Canal b) Vista Frontal	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		19		21/11/2012

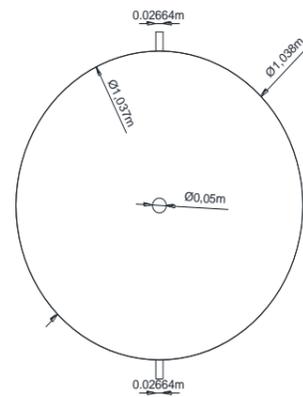
ANEXO XIX
SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	SEDIMENTADOR CIRCULAR PRIMARIO		
c) Vista Superior	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Carlos Maroto	Lámina	Escala	Fecha
d) Vista Frontal	Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/>		20		21/11/2012
	Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>				

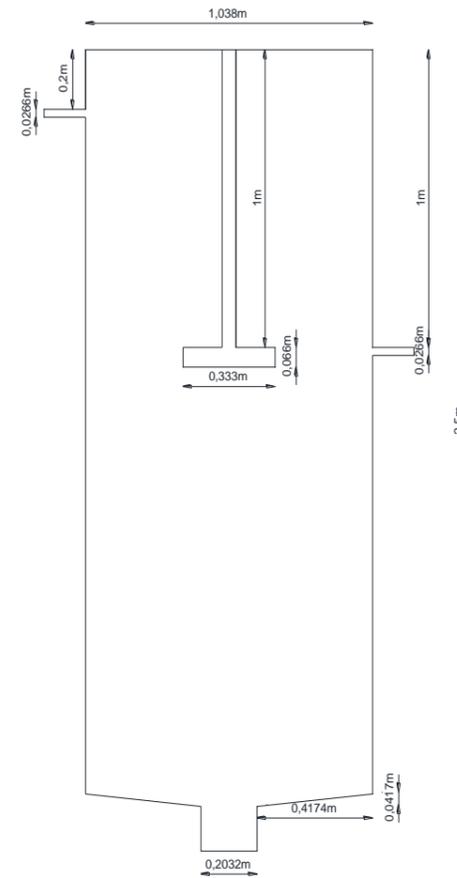
**ANEXO XX
TANQUE FLOCULADOR**

a)



PALETA

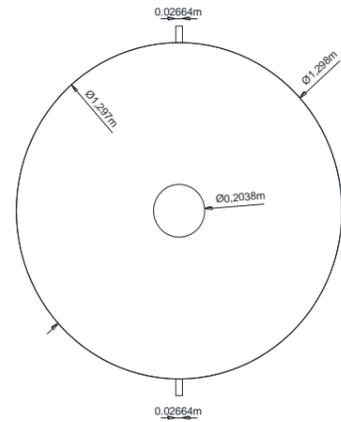
b)



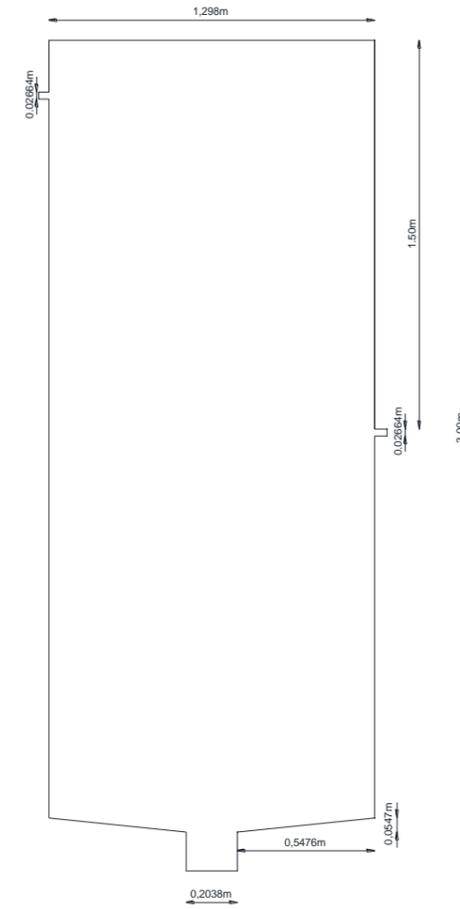
NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Juan Carlos Maroto	TANQUE FLOCULADOR		
			Lámina	Escala	Fecha
			e) Vista Superior f) Vista Frontal	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	

ANEXO XXI
SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO

a)



b)



NOTAS	CUADRO CATEGORIAL	ESPOCH	SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO		
g) Vista Superior	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input checked="" type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS			
h) Vista Frontal	Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/>	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
	Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	Realizado por: Juan Carlos Maroto	Lámina	Escala	Fecha
			22		21/11/2012

