

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería



**Diseño e implementación para el tratamiento
primario y secundario de agua de proceso de una
industria de procesamiento de cereales.**

Novenka Mastahinich Mazariegos

GUATEMALA

2009

**Diseño e implementación para el tratamiento
primario y secundario de agua de proceso de una
industria de procesamiento de cereales.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE

DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Excelencia que trasciende

**Diseño e implementación para el tratamiento
primario y secundario de agua de proceso de una
industria de procesamiento de cereales.**

Trabajo de graduación presentado por
Novenka Mastahinich Mazariegos
para optar al grado académico de
Ingeniera Química en el grado de Licenciado

GUATEMALA

2009

Vo. Bo.:

f) _____

Ingeniera Carmen Ortiz, asesora

Tribunal Examinador:

f) _____

Ing. Gamaliel Zambrano, director

f) _____

Ingeniera Carmen Ortiz, asesora

f) _____

Ingeniero Jaime Rosales, catedrático

Fecha de aprobación: Guatemala, 13 de enero de 2009.

Agradezco a:

Dios

Mi familia

Todos los que me han apoyado
durante estos 5 años.

ÍNDICE GENERAL

Página	
Lista de cuadros.....	v
Lista de ilustraciones.....	vi
Lista de gráficas.....	viii
Lista de tablas.....	ix
Resumen.....	xi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
A. Aguas residuales.....	4
B. Características de las aguas residuales.....	4
1. Acidez.....	4
2. Alcalinidad.....	5
3. Bacterias.....	5
4. Color.....	6
5. Compuestos orgánicos volátiles.....	6
6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	6
7. Demanda química de oxígeno (DQO).....	6
8. Fósforo.....	7
9. Grasas y aceites.....	7
10. Nitrógeno.....	8
11. Olor.....	8
12. Oxígeno disuelto.....	9
13. Ph.....	9
14. Sólidos.....	10
15. Temperatura.....	10
16. Turbidez.....	11
C. Muestreo.....	11
1. Muestreo a mano.....	12
2. Preservativos.....	13
3. Volumen de la muestra.....	13

D.	Principios de diseño y operación y mantenimiento de una PTAR...	14
1.	Diseño.....	14
2.	Operación y mantenimiento.....	15
3.	Arranque de un sistema de tratamiento.....	17
E.	Principios del tratamiento biológico.....	18
F.	Cribas y desarenador.....	18
1.	Cribado.....	18
2.	Pérdidas en rejillas.....	20
3.	Desarenadores.....	22
4.	Eliminación del material retenido en la rejillas o el desarenador.....	23
G.	Igualación.....	23
1.	Cálculo del volumen del tanque de igualamiento.....	24
H.	Neutralización.....	24
I.	Sedimentación de aguas residuales.....	25
1.	Tanques de sedimentación.....	25
J.	Sistemas anaerobios.....	27
1.	Reactores UASB.....	29
2.	Diseño de reactores UASB.....	31
K.	Trampa de grasas.....	32
L.	Pozos de infiltración.....	34
M.	Lechos de secado de lodos.....	35
N.	Tratamiento de sólidos y lodos de desecho.....	36
1.	Composta.....	36
III.	JUSTIFICACIÓN.....	37
IV.	OBJETIVOS.....	38
A.	Generales.....	38
B.	Específicos.....	38
V.	PROBLEMA A RESOLVER.....	39
VI.	METODOLOGÍA.....	40
A.	Primera etapa.....	40
B.	Segunda etapa.....	40
C.	Tercera etapa.....	41
VII.	RESULTADOS.....	42
A.	Balance de masa para la caja de cribas.....	42

	B. Balance de masa para el desarenador.....	43
	C. Balance de masa para los taques de homogenización.....	44
	D. Prueba para el tiempo de retención en los tanques de homogenización.....	45
	E. Diseño de los tanques de homogenización.....	46
	F. Diseño de la caja de cribas.....	48
	G. Diseño del desarenador.....	51
	H. Presupuesto proyecto de ampliación y mejora de eficiencia de la planta de tratamiento.....	53
	I. Manual para el arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	54
	J. Manual para la recolección de desechos sólidos, arenas, grasas y lodos.....	61
	K. Manual para la realización de composta con los desechos sólidos recolectados.....	67
VIII.	DISCUSIÓN.....	73
IX.	CONCLUSIONES.....	79
X.	RECOMENDACIONES.....	81
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
XII.	APÉNDICE.....	84
	A. Cálculos y datos necesarios para el balance de masa de la caja de cribas....	84
	B. Cálculos y datos necesarios para el balance del desarenador.....	87
	C. Datos necesarios para el balance de masa de los tanques de homogenización.....	90
	D. Cálculos de diseño del tanque de homogenización.....	91
	E. Datos recolectados y gráficas en la prueba del tiempo de retención para el sistema de homogenización.....	92
	F. Cálculos de diseño de la caja de cribas.....	97
	G. Cálculos de diseño del desarenador.....	99
	H. Caudal de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales.....	101
	I. Diagrama de flujo del sistema actual.....	102
	J. Diagrama de flujo del sistema a implementar.....	103
	K. Ubicación de las unidades de la PTAR (planta de tratamiento de agua residual).....	104
	L. Equipo de laboratorio utilizado para el análisis de calidad del agua residual.....	106
	M. Glosario.....	107

LISTA DE CUADROS

	Página
1: Preservativos y periodos máximos de almacenamiento.....	13
2: Valores de β para cada tipo de criba.....	21
3: Ventajas y desventajas de los lechos de secado de arena.....	35
4: pH dentro del reactor antes de la prueba de tiempo de retención en el tanque de homogenización.....	45
5: pH dentro del reactor durante la prueba de tiempo de retención en el tanque de homogenización.....	45
6: Datos recolectados durante la prueba del tiempo de retención del tanque de homogenización.....	46
7: Datos recolectados antes de realizar la prueba de tiempo de retención del tanque de homogenización.....	46
8: Dimensiones del tanque de homogenización.....	47
9: Dimensiones de la caja de cribas.....	49
10: Dimensiones de la criba.....	49
11: Dimensiones del deflector.....	49
12: Distribución de las cribas y deflectores dentro de la caja de cribas.....	49
13: Dimensiones del desarenador.....	51
14: Criterios de diseño del desarenador.....	51
15: Distribución del desarenador.....	51
16: Dimensiones de la caja para arenas.....	51
17: Criterio de diseño de la caja de arena.....	52
18: Presupuesto para el proyecto de ampliación de la planta de tratamientos...	53
19: Cronograma de actividades para llevar a cabo el proyecto de ampliación de la planta de tratamientos.....	54
20: Datos requeridos para el balance de masa de la caja de cribas.....	87
21: Datos requeridos para el balance de masa del desarenador.....	90
22: pH en la salida del los tanques de homogenización después del tiempo de retención obtenido en la prueba de tiempo de retención.....	91
23: Datos recolectado del ingresado al reactor con el tiempo de retención de prueba.....	93
24: pH dentro del reactor durante la prueba de tiempo de retención.....	94
25: Equipo utilizado para el análisis del agua residual.....	106

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
1. Tipos de rejillas para cribado.....	20
2. Caja de cribas.....	20
3. Desarenador convencional.....	23
4. Sedimentador.....	27
5. Descripción de un reactor UASB.....	31
6. principio de la trampa de grasas.....	33
7. trampas de grasas.....	34
8. Pozo de Infiltración.....	34
9. Diagrama de lecho de arena.....	36
10. Plano de los tanques de homogenización vista de planta.....	47
11. Plano de los tanques de homogenización vista de elevación frontal.....	48
12. Plano de los tanques de homogenización elevación lateral derecha.....	48
13. Plano de la caja de cribas vista elevación.....	49
14. Plano de la caja de cribas vista sección.....	50
15. Plano de la caja de cribas vista planta.....	50
16. Plano del desarenador vista planta.....	52
17. Plano del desarenador vista sección.....	52
18. Diagrama de Pitágoras para los cálculos de dimensionamiento de la criba.....	104
19. Planos de ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de agua residual.....	104
20. Planos de ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de agua residual donde se incluyen las tuberías.....	105

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
1. pH dentro del reactor antes de la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.....	95
2. pH dentro del reactor durante la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.....	95
3. Datos de DQO de entrada y salida del reactor antes de la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.....	96
4. Datos de DQO de entrada y salida del reactor durante la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.....	96
5. Caudal en L/seg de entrada a la planta de tratamiento, medición realizada del 3 de enero al 7 de febrero del 2008.....	101

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Secuencia de actividades en el proceso de desecho de la Planta de Tratamiento de agua residual.....	65
2. Secuencia de actividades para la realización de composta con los Sólidos de desecho.....	70

RESUMEN

El desarrollo de este trabajo, constituye el mejoramiento de la eficiencia de una planta de tratamiento para el agua residual proveniente de una planta productora de cereales. Actualmente la planta cuenta con una eficiencia del 22 % respecto al DQO (Demanda química de oxígeno). Para realizar el trabajo se inició con un análisis de la calidad del agua residual y del caudal que ingresa a la planta de tratamiento, obteniendo así los siguientes valores: 105 m³/día de caudal de entrada, un DQO de 5,156 mg/L y 890 mg/L de sólidos sedimentables. Durante el análisis se detectó inestabilidad en el reactor de flujo ascendente, para estabilizarlo se trabajó en pruebas en el tiempo de residencia en el tanque de homogenización antes de ingresar el agua al reactor, al finalizar la prueba y según los datos obtenidos el tiempo de retención adecuado en este tanque es de 16 h. Dentro de las observaciones realizadas se pudo notar que el tamiz encargado de retener sólidos gruesos no retenía todos los sólidos y no eliminaba las arenas.

Con base en esto se trabajó en el diseño de un pretratamiento que consta de una caja de cribas y un desarenador. La caja de cribas consta de dos cribas y un deflector, la primera criba tendrá un diámetro de agujero de 6 mm y la segunda de 3 mm, el deflector ayudara a eliminar los sólidos no sedimentables como las grasas. El desarenador eliminará las arenas que el tamiz no puede eliminar, el desarenador será de tipo convencional con flujo de agua laminar por lo que en la entrada se aumenta el diámetro y contendrá un deflector y un desnivel en la zona de desarenado que obligará que las arenas sedimenten en la caja de retención de sólidos. Para la estabilización del reactor se diseñaron 3 tanques de homogenización que cumplan las 16 horas de retención antes de ingresar el agua residual al reactor además se realizo un manual para el arranque de la planta de tratamiento para mantener las variables críticas bajo control como pH dentro del reactor se mantenga entre 6.5 y 7.5 y DQO(Demanda química de oxígeno) de entrada menor de 6,000 mg/L. Para el tratamiento de los desechos sólidos obtenidos en la planta de tratamiento se realizaron manuales para la extracción y la disposición final de los mismos.

I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales es un proceso que a su vez incorpora procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes del agua o del efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua ya limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente.

Dentro de la industria del cereal se desea realizar un adecuado tratamiento de sus aguas residuales provenientes de la planta de producción. Actualmente se tiene una planta de tratamiento de agua residual física y biológica la cual no funciona adecuadamente y maneja una eficiencia de 22 % respecto al DQO (Demanda Química de Oxígeno). La planta de tratamiento de agua residual actual consta de varias unidades, como el tamiz para la retención de sólidos grandes, una trampa de grasas para la retención de grasas como la manteca que se maneja en los cereales extruidos, un tanque de igualación, donde se realiza una dosificación por medio de soda cáustica para nivelar el pH entre 6.5 - 7.5 antes de ingresar al reactor. Las unidades mencionadas anteriormente son parte del tratamiento físico. Dentro del proceso biológico se encuentra un reactor UASB (reactor de flujo ascendente) que contiene un manto de lodos. Después del reactor UASB (reactor de flujo ascendente) se tiene un clarificador final donde se recolectan los lodos del reactor arrastrado y todos aquellos sólidos que pueden sedimentar. Al finalizar este proceso el agua se dirige a pozos de absorción. En esta planta se encuentra funcionando cuatro pozos de absorción los cuales se alternan para que no se saturen.

El objetivo principal es lograr que la PTAR (Planta de tratamiento de agua residual) que se encuentra en la planta productora de cereales trabaje con una mejor eficiencia. Para que esto suceda se debe trabajar en el diseño de un pre-tratamiento ya que no todos los sólidos son recolectados antes de ingresar al reactor, también estas aguas contienen un tipo de arenas el cual no lo retiene el tamiz. Este pre-tratamiento constará de una caja de cribas y un desarenador, las cribas se encargan de los sólidos grandes y grasas y el desarenador de las arenas mencionadas antes. Actualmente en el tanque de equalización el tiempo de residencia es de tres horas, este tiempo no es suficiente para que ocurran todas las reacciones de acidificación por lo que se desea aumentar el tiempo de retención en este tanque. Para esto se diseñará un tanque donde se

asegurará de cumplir con 16 h de retención luego el agua pasará al tanque de equalización donde se dosificara NaOH para nivelar el pH, ya que el reactor funciona adecuadamente a pH de 7.

Actualmente el Reactor UASB (Reactor de Flujo Ascendente) tiene un pH entre 5 – 6 en sus lodos, bajo estas condiciones las bacterias no pueden vivir ni crecer adecuadamente. Para solucionar este problema se realizará un manual donde se describa el procedimiento para realizar el arranque de la PTAR (Planta de tratamiento de agua residual). Se comenzará por vaciado el reactor, llenado con los nuevos lodos y luego se realizará un arranque del reactor paulatinamente para acostumar a las bacterias que se encuentran en el manto de lodos al medio donde vivirán.

Después del arranque del reactor de la planta de tratamiento y las modificaciones mencionadas esperamos que la eficiencia de la planta aumente para poder cumplir los requisitos exigidos por la empresa y por la ley. Para llevar a cabo este proyecto se necesita elaborar el presupuesto de la inversión para evaluar el proyecto desde un enfoque económico.

Durante el tratamiento del agua residual se recolectan sólidos de desecho y lodos a los cuales se les debe practicar un tratamiento que no afecte al medio ambiente. Un método utilizado que no afecta el medio ambiente es el de hacer composta con estos desechos. Se presentan los manuales para la recolección de los sólidos de desecho y el manual para realizar la composta con los desechos recolectados.

En el inicio del trabajo se presenta un resumen al tema de tratamiento de aguas residuales. Luego se expone un marco teórico, en la sección de antecedentes, donde se pone al lector en contacto con temas como: caracterización del agua residual, opciones de tratamientos, unidades de tratamiento tanto primario como secundario.

Seguido de esto se justifica la necesidad y ventajas que implica el diseño de la planta en cuestión y a continuación se establecen los objetivos que se pretenden cumplir. De igual manera se describe la metodología a seguir durante el proceso de ejecución del trabajo. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos durante la etapa de diseño del equipo. Sobre los resultados se discuten los aspectos más relevantes encontrados y finalmente se concluyen y se dan ciertas

recomendaciones al respecto. Por último, en el apéndice, se presentan datos para validar los cálculos realizados, resultados intermedios obtenidos.

II. ANTECEDENTES

A. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otros medios se introducen en las cloacas y son transportados mediante un sistema de alcantarillado. En general se consideran aguas residuales domésticas a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denomina aguas residuales municipales los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y se llaman aguas residuales industriales a las aguas residuales provenientes de la descarga de la industria de manufactura. También se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas crises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, agua residual doméstica, excluyendo las de los inodoros. (Romero Jairo, 1999:17)

B. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La expresión de características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de un propósito específico, sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de agua residual implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados. Un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas supone un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben analizar. (Romero Jairo, 1999:19)

1. **Acidez:** La acidez de un agua es una capacidad cuantitativa de neutralizar una base fuerte a un pH de 8.2. La titulación con NaOH mide la concentración de ácidos minerales como el ácido sulfúrico, de CO₂ disuelto y de sales de hidrólisis ácida. La acidez se genera en la disolución de CO₂ atmosférico, en la oxidación biológica de la materia orgánica o en la descarga de aguas residuales industriales. Su efecto corrosivo en agua residuales es de gran importancia, así como su posible efecto destructor o alterador de la flora y fauna de fuentes receptoras. Algunos

residuos industriales, por su alto contenido de acidez mineral, pueden requerir pretratamiento de neutralización antes del tratamiento biológico. (Romero Jairo, 1999:26)

2. Alcalinidad: La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos. Las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas. La alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio y magnesio. Su capacidad para neutralizar ácidos y prevenir cambios bruscos de pH la hace importante en el tratamiento químico de aguas residuales, en los procesos de acción biológica de nutrientes, en la remoción de amoníaco y en tratamientos anaerobios. (Romero Jairo, 1999:27)

3. Bacterias: organismos eubacteriales procarióticos unicelulares. Morfológicamente se clasifican como cocos, bacilos, curvados o vibriones, espirales o espirillas o espiroquetas y filamentosas. Son los organismos más importantes en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Así mismo, los organismos bacteriales patógenos que pueden acompañar las excretas humanas orinan uno de los problemas sanitarios más graves en áreas de malas condiciones sanitarias. Las bacterias se reproducen generalmente por fisión binaria, poseen pared celular, citoplasma con suspensiones coloidales de proteínas, carbohidratos y otros compuestos orgánicos. El citoplasma contiene ácido ribonucleico, cuya función principalmente es sintetizar proteínas y ácidos desoxirribonucleico, el cual contiene la información para la reproducción celular.

En el crecimiento óptimo de bacterias ocurre dentro de los intervalos de pH entre 6.5 y 7.5 y generalmente no tolera pH mayor que 9.5 y menor a 4.0. Las temperaturas inferiores a la temperatura óptima tienen mayor efecto significativo sobre el crecimiento bacteriano que las temperaturas superiores. La tasa de crecimiento se dobla aproximadamente con un incremento de 10 °C hasta alcanzar la temperatura óptima. Los intervalos típicos óptimos de temperatura para bacterias son:

- a. Bacterias psicrófilas o criófilas: 12 a 18 °C
- b. Bacterias mesofílicas: 25 a 40 °C
- c. Bacterias termofílicas: 55 a 65 °C

(Romero Jairo, 1999:31)

4. Color: las aguas residuales domésticas son generalmente de color grises y a medida que el agua envejece cambia a color gris oscuro y luego a negro. El color negro del agua residual séptica es producido principalmente por la formación de sulfuros metálicos. El color en aguas residuales industriales puede indicar el origen de la polución, así como el buen estado o deterioro de los procesos de tratamiento. Entre los residuos industriales de color fuerte se tienen los de la industria colorante de textiles y los de pulpa de papel. (Romero Jairo, 1999:37)

5. Compuestos Orgánicos Volátiles: en aguas residuales es común encontrar compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales al ser emitidos a la atmósfera pueden constituirse en contaminantes tóxicos para los usuarios o en gases orgánicos altamente reactivos, que pueden contribuir a la producción de ozonos o de compuestos muy olorosos. La existencia de emisiones de COV en plantas de tratamiento puede hacer necesario el estudio, análisis e implementación de sistemas de control. Generalmente se consideran como COV al que tiene un punto de ebullición de $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ o una presión mayor que 1 mmHg a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Romero Jairo, 1999:37)

6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): la demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, el ensayo estándar se realiza en cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg/L de O_2 . La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad del agua residual y superficial, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. (Romero Jairo, 1999:38).

7. Demanda Química de Oxígeno (DQO): la demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como sulfato de plata. El DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede

realizar en sólo unas tres horas. La interpretación correcta de los resultados de la demanda de oxígeno, para la oxidación de la materia orgánica, mediante DBO o DQO, es problemática por los diferentes factores y variables que afectan dichos ensayos. En general, se espera que el DQO sea aproximadamente igual a la del DBO última; pero, especialmente en aguas residuales industriales, existen factores que hacen que dicha afirmación no se cumpla. Dichos factores son:

- Muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente.
- Ciertos compuestos como los sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos y hierro ferroso son oxidados por dicromato e introducen una DQO inorgánica en los resultados de ensayo.
- La DBO está sujeta a error cuando se usan simientes bacteriales no aclimatadas adecuadamente al residuo.
- Ciertos compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos y la piridina no son oxidados por el dicromato.
- Para concentraciones de cloruros mayores de 1g/L se debe ejecutar el ensayo con un testigo de concentración de cloruros igual a al de la muestra.
- El tiempo de reflujó debe ser siempre dos horas, puesto que el resultado de DQO es función del tiempo de digestión. (Romero Jairo, 1999:54- 55)

8. Fósforo: como el nitrógeno, es esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Debido a los crecimientos indeseables de algas que ocurren en aguas superficiales, existe marcado interés en removerlo de las aguas residuales. Las formas usuales son los ortofosfatos, polifosfatos, fosfatos orgánicos. (Romero Jairo, 1999:58)

9. Grasas y aceites: Se definen como sustancias solubles en hexano, cuando el ensayo se realiza por extracción con hexano. En la técnica actual el ensayo se realiza por extracción con freón. Se consideran grasas y aceites los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencias y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. Generalmente provienen de la mantequilla, manteca, margarina, aceites vegetales, hidrocarburos y carnes. Los aceites y grasas de origen vegetal y animal son comúnmente biodegradables y, aún en forma emulsificada, pueden tratarse en plantas de tratamiento biológico. Sin embargo, cargas altas de grasas emulsificadas como las provenientes de mataderos, frigoríficos, lavanderías y otras industrias causan serios problemas de mantenimiento en las

plantas de tratamiento. Las grasas y aceites de origen mineral pueden ser no biodegradables y requieren pretratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. Sin embargo, no existe un método que permita distinguir las grasas y aceites vegetales o animales de las de origen mineral, aunque existe el procedimiento para diferenciar entre grasas y aceites polares y no polares. (Romero Jairo, 1999:59)

10. **Nitrógeno:** Nutrientes esenciales para el crecimiento de protistas y plantas. Las formas de interés en aguas residuales con las de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. Todas las formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno. Los datos del nitrógeno son necesarios para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamiento biológico; un agua residual con contenido insuficiente de nitrógeno puede requerir la adición de nitrógeno para su adecuada biodescomposición. En otros casos, cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno, en el agua residual, puede ser una condición de tratamiento.

En el ciclo del nitrógeno en aguas residuales domésticas es el nitrógeno orgánico; las bacterias rápidamente descomponen el nitrógeno orgánico en nitrógeno amoniacal y, si el medio es aerobio, en nitritos y nitratos. El predominio de los nitratos indica que el residuo se ha estabilizado con respecto a su demanda de oxígeno. Los nitratos, sin embargo, pueden ser utilizados por las algas y otros organismos acuáticos para formar proteínas y, por ello, pueden necesitarse la remoción del nitrógeno para prevenir dichos crecimientos. En los intestinos humanos el nitrato es reducido a nitrito, absorbido por el torrente sanguíneo y causante de la metahemoglobinemia infantil o la formación de nitrosaminas, las cuales son cancerígenas. (Romero Jairo, 1999:60)

11. **Olor:** las aguas residuales frescas tiene un olor característico desagradable, mientras que las aguas residuales sépticas tiene un olor muy ofensivo, generalmente producido por H_2S proveniente de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros. Las aguas residuales tienen, a veces, olores característicos específicos de los procesos industriales del cual provienen. Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales objeciones ambientales y su control en plantas de tratamiento es muy importante. Entre los problemas atribuibles a los olores ofensivos se señalan pérdida de apetito por los alimentos, menor consumo de agua, dificultades

respiratorias, náuseas, vómito, perturbaciones mentales, deterioro de las relaciones humanas, pérdida del orgullo comunitario y de nivel social, pérdida del valor de la propiedad y del potencial de su desarrollo. (Romero Jairo, 1999:62)

12. **Oxígeno disuelto:** Gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces oscila entre 7 mg/l a 35 °C y 14.6 mg/L a 0 °C para presión atmosférica. La baja disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) limita la capacidad autopurificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y embalses. La concentración de saturación de OD es función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la salinidad del agua. La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua. En general, todo suministro de oxígeno y las concentraciones de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de la mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales. La cantidad de oxígeno que se transfiere al agua residual, en un tanque de aireación en un proceso de lodos activados, debe ser suficiente para satisfacer la demanda de la masa microbiana existente en el sistema de tratamiento y para mantener un residual de OD generalmente del orden 2 mg/L. En aguas naturales, para evitar efectos perjudiciales sobre la vida acuática se recomienda emplear concentraciones mayores de 4 mg/L. (Romero Jairo, 1999:64)

13. **pH:** Medida de concentración de ión hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno. Aguas residuales en concentración molar de ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, por que predomina el HOCl (ácido hipocloroso); a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica NH₃ (amoníaco), la cual es tóxica, pero también removible mediante arrastre con aire, especialmente a pH de 10.5 a 11.5. El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6.5 a 8.5.

Entre las reacciones que ocurren en sistemas biológicos y produciendo disminución de pH se tienen:

- Destrucción de alcalinidad cáustica por producción bioquímica de CO₂
- Oxidación bioquímica de sulfuros
- Nitrificación
- Producción de ácidos orgánicos

A la vez, la oxidación bioquímica de ácidos orgánicos y la destrucción de sales de ácidos orgánicos producen incrementos en pH. (Romero Jairo, 1999:66)

14. **Sólidos:** El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento o disposición. Se considera como sólidos totales de una agua el residuo de evaporación y secado a 103 – 105 °C. Los sólidos sedimentables son una medida del volumen de sólidos asentados al fondo de un cono inhoff, en un periodo de una hora, y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación simple; expresan comúnmente en mL/L. Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente, para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación. Los sólidos suspendidos o no disueltos constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de tamaño menor de 1.2 mm y los suspendidos los que tiene tamaño mayor 1.2 mm, tamaño nominal de pos correspondiente a los filtros de fibra de vidrio usados para hacer la separación. Los sólidos volátiles son, básicamente, la fracción orgánica de los sólidos o porción de los sólidos que se volatilizan a temperatura de 550 ± 5 °C. Su determinación es muy importante en lodos activados, lodos crudos, y los digeridos. El residuo de la calcinación se conoce como sólidos fijos y constituyen la porción inorgánica o mineral de los sólidos. En tratamiento biológico de aguas residuales se recomienda un límite sólidos disueltos de 15.000 mg/L. (Romero Jairo, 1999:68)

15. **Temperatura:** Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento así como sobre el método de disposición final. En general, las aguas residuales son más cálidas que las de abastecimiento y, en aguas de enfriamiento, la polución térmica es significativa. La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. La tasa de sedimentación de

sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías, por el cambio en la viscosidad del agua. En general los tiempos de retención para tratamiento biológico disminuyen a mayor temperatura y los parámetros de diseño con función de ella. La temperatura óptima para la actividad bacteriana es de 25 °C a 35 °C. La digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden cuando la temperatura alcanza los 50 °C. Cuando la temperatura es menor de 15 °C la digestión metanogénica es muy lenta, y a temperaturas de 5 °C la bacteria autotrófica nitrificante deja de operar. (Romero Jairo, 1999:70)

16. **Turbidez:** Prácticamente, constituye una medida óptima del material suspendido en el agua. Las aguas residuales crudas son, en general, turbias; en aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de calidad. (Romero Jairo, 1999:70)

C. MUESTREO

Una caracterización del agua residual acertada requiere una técnica apropiada de muestreo que asegure resultados representativos del caudal global de aguas residuales y no solamente del caudal que circula en el instante del muestreo. Para que nuestra muestra sea representativa, se prefieren sitios de muestreo con un flujo muy turbulento donde el agua residual esté bien mezclada; sin embargo, éste debe seleccionarse de acuerdo con cada problema individual de estudio. Los períodos de muestreo dependen del régimen de variación del caudal, de la disponibilidad de recursos económicos y de los propósitos del programa de muestreo.

Las muestras instantáneas, representan solamente la característica del agua residual para el instante de muestreo y, en la mayoría de los casos, puede no ser representativas de un período prolongado puesto que estas características varían con el tiempo. Las muestras compuestas son solamente mezcla de muestras simples, para asegurar representatividad y detectar efectos de la descarga variable de los diferentes contaminantes.

La muestra simple son particularmente deseables cuando el flujo de agua residual no es continuo, cuando la descarga de contaminantes es intermitente, cuando las características del residuo son relativamente constantes o cuando el parámetro que se va a analizar puede cambiar de manera significativa durante el período de muestreo. Se usan muestras simples para análisis de OD, temperatura, pH, alcalinidad y acidez, coliformes y grasas.

Las muestras compuestas con preferibles cuando desean con conocer resultados promedios, par este efecto se toman muestras simples a intervalos de tiempo, por lo regular una hora, se almacenan apropiadamente en un refrigerador y , al final del período de muestreo, se mezclan en proporción directa al caudal aforado en cada instante de muestreo.

Las consideraciones básicas para ejecutar con éxito un programa de muestreo son:

- Definir el objetivo específico de la muestra.
- Revisar la información existente sobre el agua que se va a muestrear.
- Identificar las fuentes de contaminantes.
- Definir la variabilidad de la muestra.
- Seleccionar la localización más representativa.
- Establecer el horario representativo de la variabilidad de la muestra.
- Definir las normas requeridas para satisfacer el objetivo propuesto.
- Acordar con el laboratorio la cantidad de muestra y los preservativos requeridos.
- Revisar con el laboratorista los resultados y la necesidad eventual de muestras adicionales.
- Elaborar siempre un informe breve que permita satisfacer el objetivo propuesto y correlacione las concentraciones determinadas con los caudales observados.

La muestra se puede componer con base en el tiempo o en el caudal. En la muestra compuesta con respecto al caudal, muestra integrada, se añade a la mezcla una cantidad proporcional al caudal para cada instante de muestreo. En muestras compuestas con base en el tiempo, se agrega una cantidad fija de muestra, de cada período, a la mezcla. (Romero Jairo, 1999:76-80)

Ecuación 1:

$$\text{Volumen}_{\text{Necesario}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{total}_{\text{muestra}_{\text{compuesta}}}}}{\text{caudal}_{\text{promedio}} * \text{número}_{\text{muestras}}}$$

1. Muestreo a mano: El muestreo manual es el método más apropiado de muestreo para determinar grasas y aceites, así como compuestos orgánicos volátiles. La muestra se toma colocando un recipiente apropiado sobre el flujo y luego llenándolo. Se recomienda usar

recipientes de boca ancha, de por lo menos 5 cm de diámetro. El muestreo manual es ventajoso porque permite observar las condiciones de muestreo y cualquier requerimiento adicional. (Romero Jairo, 1999:76-80)

2. Preservativos: Ciertas características del agua, especialmente de agua residual industrial, requieren, para su determinación apropiada, que se agreguen preservativos que impidan la alteración del parámetro que se requiere analizar. Los preservativos se agregan al recipiente de muestreo antes de obtener la muestra o inmediatamente después de tomarla. Algunos preservativos usados y de los tiempos de almacenamiento máximos pueden diferentes parámetros se presentan en la siguiente tabla. (Romero Jairo, 1999:76-80)

Cuadro 1
Preservativos y periodos máximos de almacenamiento

PARÁMETRO	PRESERVATIVO	PERÍODO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Acidez – Alcalinidad	Refrigeración a 4 °C	24 h
Color	Refrigeración a 4 °C	24 h
DBO	Refrigeración a 4 °C	6 h
DQO	2 mL de H ₂ SO ₄ /L	7 días
Fósforo	40 mg HgCl ₂ /L	7 días
Grasas y aceites	2 mL de H ₂ SO ₄ /L a 4 °C	24 días
Nitrógeno	40 mg HgCl ₂ /L	7 días
OD	Determinar <i>en Situ</i>	Ninguno
pH	Determinar <i>en Situ</i>	Ninguno
Sólidos	Ninguno	7 días
Turbidez	Ninguno	7 días

3. Volumen de la muestra: La cantidad requerida de la muestra para análisis depende del número de parámetros que se desee determinar. En general, para análisis de un solo constituyente se requiere, por lo menos, 100 ml; para análisis de rutina de muestra simple, 2 L, y para muestras compuestas 4 L. En ciertos casos, se debe consultar al laboratorista la cantidad de muestra requerida para cada análisis. (Romero Jairo, 1999:76-80)

D. PRINCIPIOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PTAR

1. Diseño: El determinante más importante en la selección del sistema de tratamiento lo constituyen la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente. La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, cinco etapas principales:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.
- Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño y la comparación de costos de las alternativas propuestas
- Construcción
- Operación y mantenimiento del sistema construido. (Romero Jairo, 1999:179)

El costo inicial y los costos de operación y mantenimiento constituyen el factor primordial al adoptar una solución de control de contaminación hídrica exitosa. Por otra parte, un sistema de tratamiento requerida y convierte la operación del sistema en un problema que obliga a poner atención y destinar recursos exhibidos a esta actividad. La disponibilidad de personal técnico altamente calificado y de suficientes recursos económicos es prerrequisito para la adopción de diseño con equipos mecánicos complejos, consumos permanentes de energía y niveles de control y automatización altos. Finalmente, la flexibilidad de los procesos para aceptar modificaciones futuras, que aseguren una optimización factible, mediante la adición de equipo o tecnología innovadora, es un factor de gran influencia sobre el diseño. En resumen, los principales factores de importancia en la selección de procesos y operaciones de tratamiento son los siguientes: (Romero Jairo, 1999:180)

- **Factibilidad:** El proceso debe ser factible y, por consiguiente, compatible con las condiciones existentes de dinero disponible, terreno existente y aceptabilidad del cliente o de la comunidad propietaria del mismo.
- **Aplicabilidad:** El proceso debe ser capaz de proveer el rendimiento solicitado, es decir, estar en capacidad de producir un efluente con la calidad requerida para el rango de caudales previsto.
- **Confiabilidad:** El proceso debe ser lo más confiable posible, esto es, que sus condiciones óptimas de trabajo sean difíciles de alterar, que tenga capacidad de

soporte de cargas y caudales extremos y mínimas dependencia de tecnología y operación compleja.

- **Costo:** El proceso ha de ser de costo mínimos. La comunidad o el propietario debe estar en capacidad de costear todos los compuestos del sistema de tratamiento, así como su operación y mantenimiento.
- **Características del afluente:** Éstas determinan la necesidad de pretratamiento primario o tratamiento secundario, tipo de tratamiento, necesidad de neutralización o de igualamiento, así como el tamaño, cinética y tipo de reactor.
- **Procesamiento y producción de lodos:** La cantidad y calidad de lodos producidos determina la complejidad del tratamiento requerido para su disposición adecuada. Procesos sin problemas de tratamiento y disposición de lodos son los ideales.
- **Requerimiento de personal:** Procesos sencillos requieren menos personal, menor adiestramiento profesional y, por tanto, son más ventajosos. (Romero Jairo, 1999:180)

2. Operación y mantenimiento: Todo sistema de tratamiento de aguas residuales debe estar diseñando de tal manera que, cuando se opere adecuadamente, produzca en forma continua el caudal y calidad de efluente requerido. Si existen, equipos éstos deben de funcionar satisfactoriamente dentro de cualquier rango posible de operación; igualmente, el operador debe estar en capacidad de ajustar la operación a los requerimientos de cada momento. Se tiene que contar con equipos de laboratorio que permitan determinar las características esenciales de operación, hacer los ajustes requeridos y controlar la calidad del efluente. (Romero Jairo, 1999:183)

El sistema de tratamiento debe estar en capacidad de operar continuamente, aún en los casos en que sea necesario sacar de operación un equipo para mantenimiento o preparación. Esto supone la existencia de dos o más unidades de repuesto o de reserva de la previsión, en el diseño, de suficientes accesorios y conexiones que faciliten la derivación o el aislamiento de los equipos de operación crítica. La utilización de equipos automáticos y de controles elaborados requieren técnicos clasificados, lo cual influye en el costo de operación y mantenimiento, así como en la confiabilidad del sistema. (Romero Jairo, 1999:183)

El mantenimiento se define como el arte de mantener los equipos de la planta, las estructuras y todos los accesorios en condiciones adecuadas para prestar los servicios para los cuales fueron propuestos, por lo cual es esencial para lograr una operación eficiente del sistema de tratamiento. Para asegurar un mantenimiento adecuado se deben tener en cuenta siguientes pasos: (Romero Jairo, 1999:183)

- La responsabilidad del mantenimiento debe definirse claramente.
- La responsabilidad del mantenimiento debe asignarse a personas competentes.
- Los objetivos del mantenimiento deben definirse con claridad y establecerse un programa de mantenimiento.
- El programa de mantenimiento debe contar con presupuesto adecuado y seguro.
- El sistema de tratamiento debe contar con todos los repuestos, herramientas y controles requeridos para su mantenimiento.
- El mantenimiento preventivo tiene que planearse y programarse en forma permanente.
- Debe existir un registro, computarizado o escrito, de cualquier labor de mantenimiento, que permita controlar el programa correspondiente. Lo ideal sería que los registros de control fueran el mínimo necesario para administrar y ejecutar un programa efectivo de mantenimiento; suficiente para que no se olvide todo lo que hay que hacer, pero sin que incluyan esfuerzo de dedicación excesiva que desaliente su diligenciamiento actualizado y conduzca a debilitar una actividad vital en la buena marcha del sistema de tratamiento. (Romero Jairo, 1999:183)

El mantenimiento preventivo, además de estar constituido por el mantenimiento programado para prevenir las fallas o eventualidades salidas del servicio de un componente del sistema de tratamiento, es esencial para reducir fallas no programadas, eliminar las emergencias y reducir los costos de operación y de mantenimiento. Dependiendo del tipo de sistema de tratamiento, todo programa de mantenimiento debe incluir las labores relaciones con: (Romero Jairo, 1999:183)

- **Buen aseo general:** la planta, equipos, corredores, laboratorios, deben permanecer limpios y en orden, con una apariencia estética agradable.
- **Lubricación:** Hay que asegurar que todo equipo esté lubricado adecuadamente y posea un cronograma de lubricación acorde con las instrucciones del fabricante.

- **Refrigeración:** Se debe verificar el estado de funcionamiento de cualquier equipo, asegurando su operación a la temperatura apropiada y el reemplazó de empaques o rodamientos de acurdo con el programa de rutina de revisión e inspección.
- **Almacenamiento:** se ha de mantener un inventario apropiado de repuestos y equipos de reemplazo, en tal forma que no haya interrupciones de servicios ni períodos de espero prolongados entre reparaciones. (Romero Jairo, 1999:183)

El mantenimiento correctivo es, generalmente, una actividad de emergencia para reparar un equipo o estructura que causado una falla del sistema de tratamiento. Cuando el sistema de tratamiento está diseñado para operar continuamente, la administración no debe esperar a que un equipo o componente falle para repararlo o reemplazarlo. El control del tiempo de operación de un equipo o componente del sistema, así como de un rendimiento, provee percepción de una posible falla, por lo que no debe esperar que está ocurra. Cuando hay un mantenimiento correctivo, se ha de analizar si el equipo o componente debe repararse o reemplazarse por uno nuevo. (Romero Jairo, 1999:183)

3. Arranque de un sistema de tratamiento: Para operar exitosamente un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe contar con un sistema de diseño excelente, con un personal de operación capacitado adecuadamente y con dedicación apropiada a los requerimientos de dicha operación. El arranque de cada sistema de tratamiento debe aprovecharse para entrenar los operadores, familiarizarlo con el equipo y modificar cualquier procedimiento con el objeto de asegurar la obtención de la calidad requerida del efluente. (Romero Jairo, 1999:185)

Cada tipo de planta requiere de un arranque y operación específicos para obtener el efluente propuesto en el diseño. El arranque de un proceso biológico de tratamiento es un período que tiene que darse para que los microorganismos inoculados o existentes en el reactor se aclimaten, se acostumbren, se desenvuelvan y se multipliquen dentro de las características del ecosistema que están viviendo. (Romero Jairo, 1999:185)

El tratamiento anaerobio, generalmente, por la escasez y poca disponibilidad de lodo granulado específico para el afluente, se toma lodo floculento anaerobio de estaciones de tratamiento de desechos domésticos o de otras industrias, muchas veces de calidad inferior a la deseada para la inoculación de los reactores anaerobios. Debido a esta dificultad, el periodo de arranque puede exigir una duración de cuatro a seis meses. (Romero Jairo, 1999:185)

E. PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual, mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación. La actividad biológica también se utiliza para remover nitrógeno o fósforo del agua residual.

Existen cuatro grupos principales de procesos biológicos.

- aeróbico
- anóxicos
- anaerobios
- combinados, aerobios con anóxicos o con anaeróbicos.

En los procesos de tratamiento aerobio el tratamiento se efectúa en presencia de oxígeno. Los procesos anaerobios son aquellos en los cuales el tratamiento biológico ocurre en ausencia de oxígeno. En el proceso anóxico se remueve nitrógeno, mediante conversión de nitrato en nitrógeno gaseoso, en ausencia de oxígeno. El proceso anóxico se conoce como desnitrificación anaerobia, pero como las vías principales de conversión bioquímica no son anaerobias, sino una modificación de las vías aerobias, se considera más apropiado denominarlo proceso anóxico en vez de anaerobio.

F. CRIBAS Y DESARENADOR

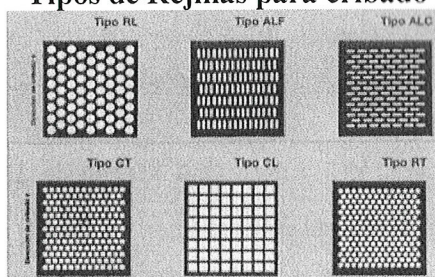
1. Cribado. El cribado es una operación utilizada para separar materiales gruesos del agua, mediante el paso de ella por un acriba o rejilla. La criba puede ser de cualquier material agujereado ordenadamente. Ejemplos: Una plancha o lámina metálica, de madera o de concreto con agujeros redondos, cuadrados o barras de hierro o acero. Según el tamaño de la abertura se

clasifican como rejillas gruesas o finas. Las gruesas son aquellas con aberturas iguales o mayores de 0.64 cm, mientras que las finas tienen aberturas menores a 0.64 cm. (Romero Jairo, 1999:287)

En el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas gruesas, principalmente de barras o varillas de acero, para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos etc., del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros y objetos grandes. Las plantas de tratamiento pueden o no necesitar rejillas, según las características de los residuos. Las partículas suspendidas mayores de 0.64 cm pueden removerse más económicamente mediante cribado que por cualquier otra operación unitaria. (Romero Jairo, 1999:287)

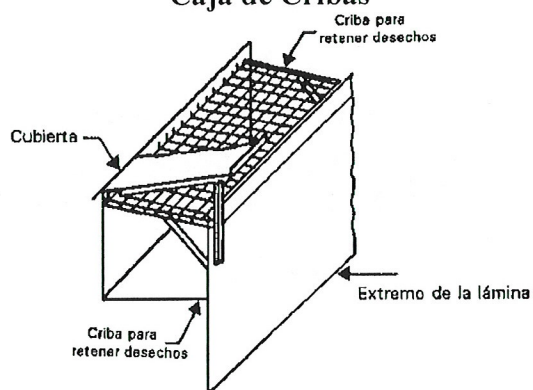
- **Rejas y cribas de barras:** Están formadas por barras usualmente espaciadas desde 2 hasta 15 cm. Generalmente tienen claros de 2.5 y 5 cm. Aunque algunas veces se usan las rejas grandes en posición vertical, la regla general es que deben instalarse con un ángulo de 45 a 60 grados con la vertical. Se limpia manualmente o por medio de rastrillos automáticos. Se recomienda que las rejas que se limpien a mano. Salvo las que empleen extemporáneamente, se instalen dando una inclinación de 30 a 45 grados con la vertical. Los sólidos separados por estos utensilios, se eliminarán enterrándolos o incinerándolos, o se reducen de tamaño con trituradoras o desmenuzadoras y se reintegran a las aguas residuales. (Falco, Cesar. 1964:47)
- **Cribas finas:** Las cribas con aberturas de 3mm o menos, también han sido usadas en el tratamiento de aguas negras. Se clasifican en cribas de banda, de disco y de tambor. Se usan en generalmente en tratamiento de muchos tipos de desechos industriales, pero no se consideran adecuadas para tratamiento de aguas negras, salvo en casos excepcionales, debido a las restringidas aplicaciones que tienen. (Falco, Cesar. 1964:47)

Ilustración 1 Tipos de Rejillas para cribado



(Cribas de goma. n.d. www.leonesadebandas.com/xcentroprodcribas.htm)

Ilustración 2 Caja de Cribas



(N.W. Hodson. Parcelas de Campo. 1997.

<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s05.htm>)

2. Pérdidas en rejillas. A medida que el material se acumula sobre la rejillas, ésta se va taponeando y la pérdida de energía, consecuentemente, aumenta. El diseño estructural debe ser el adecuado para impedir la rotura de la rejilla está taponada. El ingeniero determina el tipo de equipo para usar, las dimensiones del canal de aproximación a la rejilla, las variaciones en la profundidad de flujo dentro del canal, el espaciamiento entre las barras y el método de control de la rejilla. (Romero Jairo, 1999:288)

La pérdida de energía a través de la rejilla es función de la forma de las barras y de la altura o energía de velocidad del flujo entre las barras. La pérdida de energía en una rejilla limpia puede calcularse por siguientes ecuaciones: (Romero Jairo, 1999:288)

Ecuación 2:

$$H = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{4/3} h_v \text{sen} \theta$$

Donde: H = pérdida de energía, m.

β = factor de forma de las barras.

w = ancho máximo de la sección transversal de las barras, en la dirección de flujo, m.

b = espaciamiento o separación mínima entre las barras, m.

h_v = altura o energía de velocidad del flujo de aproximación, m.

θ = ángulo de la rejilla con la horizontal.

Cuadro 2

Valores de β para cada tipo de criba.

Tipo de β	Valor de β
Barras rectangulares de caras rectas	2.42
Barras rectangulares de cara semicircular de arriba y abajo	1.67
Barras rectangulares de cara semicircular de arriba	1.83
Barras circulares	1.79

Ecuación 3:

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

Donde: H = pérdida de energía, m.

V = velocidad del flujo a través de la rejilla, m/s.

v = velocidad de aproximación del flujo, m/s.

g = aceleración de la gravedad, m/s².

Ecuación 4:

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2$$

Donde: H = pérdida de energía, m.

Q = caudal de aproximación, m^3/s .

C = coeficiente de descarga.

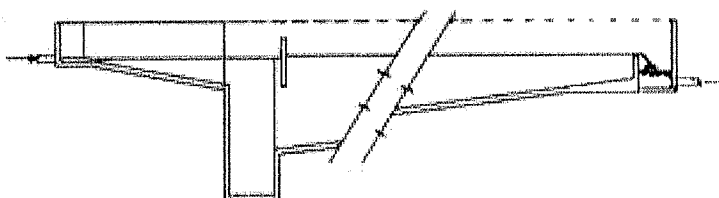
A = Área efectiva de flujo de la rejilla, m^2 .

g = aceleración de la gravedad, m/s^2 .

Nota: C es igual a 0.60 para rejillas limpias.

3. Desarenadores. Las aguas residuales contienen, por lo general, cantidades relativamente grandes de sólidos inorgánicos como arena, cenizas y grava, a los que generalmente se les llama arena. Las arenas pueden dañar a las bombas por abrasión y causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos por acumularse alrededor de las salidas causando obstrucciones. Por esta razón es práctica común eliminar este material por medio de cámaras desarenadoras. Éstas se localizan antes de las bombas y su limpieza se lleva a cabo mecánicamente como se describe después, debe ser precedida por cribas de barras o rastrillos gruesos. Los desarenadores se diseñan generalmente den forma de grandes canales. En estos canales la velocidad disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos inorgánicos pesados manteniéndose en suspensión el material orgánico. El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse y generalmente varían de 20 segundos a un minuto. Esto último se logra instalando varios desarenadores para que el flujo ese ajuste en ellos mediante vertederos proporcionales colocados al final de cada canal o mediante otros dispositivos que permitan regular la velocidad del flujo. Hay también desarenadores patentados. Una reciente innovación consiste en inyectar aire a la altura de un metro o más del fondo de una unidad del tipo de depósito. La acción revolvedora del aire mantiene en suspensión a la materia orgánica más ligera y deja que las arenas queden relativamente libres de material orgánica y que se depositen en la zona no agitada que queda bajo la de difusión del aire. (Falco, Cesar. 1964:48)

Ilustración 3

Desarenador convencional

(Organización panamericana de la salud. Guía de diseño de desarenadores y sedimentadores. 2005. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnopro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>)

4. Eliminación del material retenido en la rejillas o el desarenador. El material retenido en las rejillas o cribas se descompone rápidamente produciendo olores desagradables. Este material debe recolectarse en botes cubiertos, junto a las cribas, y retirarse diariamente o con mayor frecuencia para enterrarse o incinerarse. Las paredes y plataforma de la cámara de cribado y la criba misma, debe limpiarse con chorros de manguera y mantenerse limpios. Las arenas que contengan mucha materia orgánica pueden enterrarse para impedir las molestias de olores. (Falco, Cesar. 1964:49)

G. IGUALACIÓN

Es uno de los dispositivos de tratamiento más importantes es adecuado utilizar descargas de aguas residuales concentradas. Es importante estandarizar los flujos y las concentraciones de desechos. Descargar periódicas de aguas de desechos tiende a saturar las unidades de tratamiento. Puede haber o no variaciones en los niveles máximos de concentraciones que soporta una unidad del tratamiento, depende de la duración del mezclado. Se debe añadir mezcla mecánica en desechos que son puramente químicos. Los desechos biodegradables normalmente requieren una mezcla con aireación, con lo que los microbios se mantienen aeróbicamente y se controla la producción de malos olores. Los sistemas de aireación difusa ofrecen una mejor mezcla que los equipos de aireaciones superficial mecánica bajo las mismas condiciones. Tanto la mezcla como la transferencia de oxígeno son importantes en las aguas residuales biodegradables. La operación en ciclos regulares determina el tamaño de la unidad para estandarización. No se debe hacer estandarizaciones demasiado largas que permitan variaciones en los niveles de las aguas residuales. En una operación industrial de 5 días, 40 horas por semana

es normal realizar una estandarización de 2 días tan grandes como sea necesario para llevar a cabo una operación continua de tratamiento de aguas bajo condiciones uniformes. (Perry. 2007:22-58).

Por lo tanto el objetivo final del tanque de igualamiento es amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante.

Ventajas: Mejora la tratabilidad del agua residual. Disminuye cargas de choque sobre el tratamiento biológico. Diluyen sustancias inhibitoras, estabiliza el pH, mejora la eficiencia.

1. Cálculo del volumen del tanque de igualamiento. El volumen del tanque de igualamiento se calcula mediante un diagrama de masa, en el cual el caudal afluente acumulado se grafica contra la hora del día. El caudal promedio diario, en dicho diagrama, se representa por la recta que une el origen con el punto final de caudal acumulado. El problema se puede resolver restando el volumen diario promedio del volumen afluente horario y haciendo el gráfico con los volúmenes resultantes acumulados. En este caso los puntos mínimos y máximos de la curva se obtienen mediante rectas horizontales. (Perry. 2007:22-58).

El volumen requerido del tanque de igualamiento se obtiene trazando una recta paralela a la recta representativa del caudal promedio diario, por el punto de tangencia más extrema, superior e inferior, de la curva de caudales acumulados. El volumen necesario es igual a la distancia vertical entre las dos tangentes. Cuando la curva de caudal acumulado no se extiende sobre la recta de caudal promedio diario, el volumen es igual a la distancia vertical entre la tangente por el punto mínimo de la curva y la recta representativa del caudal promedio diario. (Romero, Jairo. 1999: 306)

H. NEUTRALIZACIÓN

Las aguas residuales ácida o básica se deben neutralizar antes de ser descargada. Si una industria produce ambos tipos de aguas, ácidas y básicas, los desechos se deben mezclar en porcentajes adecuados para obtener niveles de pH neutros. La unidad de igualación se puede usar también como unidad de neutralización. Cuando se necesita una neutralización química, el material más fácil de utilizar es el hidróxido de sodio en una forma líquida y se puede emplear en

varias concentraciones sin necesitar equipo sofisticado. La cal es el material de preferencia. Se utiliza cuando los flujos son lentos y hay suficiente tiempo para la reacción. El ácido sulfúrico es el principal ácido para neutralizar flujos con pH alto, aunque el sulfato de calcio se puede precipitar como resultado de la neutralización. Se puede utilizar ácido clorhídrico para neutralizar desechos básicos si el ácido sulfúrico no está permitido en el área. Para neutralización muy débil, se puede emplear dióxido de carbono para llevar a cabo la reacción. (Perry. 2007:22-58).

El pH es un factor importante para los sistemas de reacciones químicas y biológicas. Es importante también en aguas de consumo el pH debe estar entre 5 -9; en aguas dulces, para vida acuática, debe estar entre 6.5 y 8.5. Además el pH es importante para ejercer control de la corrosión. (Perry. 2007:22-58).

I. SEDIMENTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

1. Tanques de sedimentación. Estos son tanque cuya función principal consiste en separar los sólidos sedimentables de las aguas residuales, mediante el proceso de sedimentación. Los sólidos asentados se substraen continuamente o a intervalos frecuentes, para no dar tiempo a que se desarrolle la descomposición con formación de gases. Los sólidos pueden irse acumulando por gravedad, en una tolva o embudo, o hacia un punto más bajo del fondo del tanque, de donde se bombean o descargan por la acción de la presión hidrostática. (Falco, Cesar. 1964:60).

Los tanques de sedimentación pueden ser rectangulares o circulares, en los rectangulares, las aguas residuales entran por un extremo y fluyen horizontalmente hacia el otro extremo. En los tanques circulares entra las aguas residuales y fluyen radialmente, en sentido horizontal generalmente, hacia la periferia. En los tanques cuadrados pueden entrar las aguas residuales en el centro y fluir hacia los cuatro lados, o entrar por un lado y atravesar el tanque. (Falco, Cesar. 1964:60).

- **Entrada.** Las entradas deben diseñarse para dispersar la corriente de alimentación, para que se difunda homogéneamente el flujo por todo el tanque y para evitar los cortos circuitos. Las entradas pueden ser similares a vertederos, pero lo que más se usa en un canal de compuertas espaciadas.

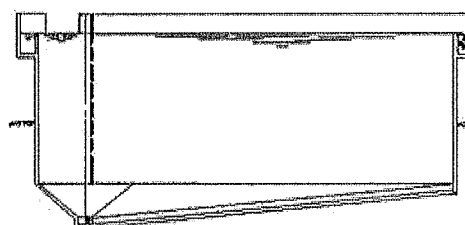
- **Deflectores.** Estos se encuentran generalmente a la entrada y a la salida del tanque, sirviendo, el primero, para ayudar a difundir el flujo y, el último, para detener el material que flota en el efluente.
- **Vertederos de salida.** Su diseño es sumamente variado. Los hay para hacer que las aguas negras sedimentadas salgan en forma de una película delgada por la superficie del tanque y generalmente son ajustables. Es muy importante que estén nivelados para que la descarga o salida sea uniforme en su cresta. El término carga del vertedero, se usa para expresar los metros cúbicos que pasan diariamente sobre un metro de vertedero. En las plantas de capacidad menor a 4,000 metros cúbicos por día, la carga de vertedero no debe ser mayor de 133 metros cúbicos por metro de vertedero y por día, lo cual puede aumentarse hasta 200 en las plantas más grandes.
- **Capacidad superficial de sedimentación.** Esta se expresa en términos de litros por metro cuadrado de superficie del tanque, basados en el gasto diario de aguas residuales. Si no hay un tratamiento secundario, esta capacidad no debe ser mayor de 27,000 litros por metro cuadrado y por día, en las plantas cuya capacidad aproximada sea de 4,000 metros cúbicos diarios o menos. La capacidad superficial es un factor importante porque parece ser que afecta directamente al porcentaje de eliminación de sólidos sedimentables y la DBO.
- **Período de retención.** Es el tiempo en horas que se retienen las aguas residuales en el tanque, basándose en el gasto y en el volumen del tanque, suponiendo un desplazamiento total y un flujo uniforme a través del compartimiento de sedimentación. Durante cierta época fue éste el factor comúnmente usado en el diseño. En la actualidad este factor se ha reemplazado por la carga de los vertederos y la capacidad superficial de sedimentación. Basándose en el gasto de diseño, los períodos de retención deben ser de dos horas cuando menos.
- **Eficiencia del tanque de sedimentación.** Debe eliminarse entre un 90 a 95 % de sólidos sedimentables, o sea un 40 a 60 % de sólidos suspendidos totales. La DBO debe disminuir en una 25 a 35 %. La cantidad y composición de los desechos industriales también debe ser un factor

importante que influye sobre el porcentaje de eliminación de sólidos sépticos y sobre la DBO en los tanques de sedimentación.

- **Operación de los tanques de sedimentación.** El establecer y mantener registros adecuados sobre el plan de trabajo del equipo de limpieza mecánica y de la descarga de lodos del taque, son los factores más importantes en la operación. No se deben dejar acumular sólidos en el tanque, se crea una carga indebida en el mecanismo, lo cual puede dañar el quipo. Los sólidos también pueden descomponerse en el tanque de sedimentación, resultado la correspondiente producción de gases y algo de lodos flotantes. Los lodos deben descargarse del tanque cuando menos una vez al día. No se considera como buna práctica el descargar lodos que contengan una cantidad excesiva de agua, que éste ocupa lugar en el almacenamiento de lodos y consume calor en los tanques digestión. Si se mantiene una capa de lodos de 30 a 45 cm, en la tova de lodos y se bombean cantidades cortas a intervalos frecuentes y a baja velocidad, será más fácil lograr una alta concentración de sólidos en los lodos. (Falco, Cesar. 1964:63-66).

Ilustración 4

Sedimentador



(Organización panamericana de la salud. Guía de diseño de desarenadores y sedimentadores. 2005. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>)

J. SISTEMAS ANAEROBIOS

El proceso anaerobio es la descomposición u oxidación de compuesto orgánicos, en ausencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios. Este proceso es menos eficiente en producción de energía que el aerobio,

puesto que la mayoría de la energía liberada en el catabolismo anaerobio proveniente de la sustancia descompuesta aún permanece como productos finales orgánicos reducidos como el metano, generándose aun cantidad de biomasa mucho menor que la producida en el proceso aerobio.(Romero, Jaire. 1999;233).

En este proceso complejo intervienen varios grupos de bacterias, tanto anaerobias estrictas como facultativas, en el que, a través de una serie de etapas y en ausencia de oxígeno, se desemboca fundamentalmente en la formación de metano y dióxido carbón. Cada etapa del proceso, que se describe a continuación, la llevan a cabo distintos grupos de bacterias, que ha estar en perfecto equilibrio.(Viñas, María, 1994)

El proceso de tratamiento anaerobio ha sido ampliamente conocido por su capacidad para convertir desechos en productos útiles, como metano, una excelente fuente de energía. El desarrollo de reactor anaerobio de mantos de lodo de flujo ascendente UASB (por sus siglas en inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket) representa la principal ventaja de la digestión anaerobia como sistema de tratamiento de aguas residuales de alta carga. (Viñas, María, 1994)

En el proceso de digestión anaeróbica, la materia orgánica mezclada con lodos biológicos presedimentados, convertida biológicamente, bajo condiciones anaeróbicas en una variedad de productos finales incluyendo metano y dióxido de carbono. El proceso se lleva a cabo en un reactor hermético, el lodo es estabilizado y retirado del reactor reduciendo su contenido orgánico y patógeno. (Viñas, María, 1994)

La conversión biológica de la materia orgánica ocurre en tres etapas: hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis. (Viñas, María, 1994)

Un grupo de organismos es responsable de la hidrolización de polímeros orgánicos y lípidos en compuestos más simples con cadenas menores, tales como monosacáridos, aminoácidos y otros compuestos. (Viñas, María, 1994)

Un segundo grupo de bacterias anaeróbicas fermenta los productos de descomposición en ácidos orgánicos simples, el más común de los cuales en un digestor anaeróbico es el ácido acético.

Este grupo de microorganismos descritos como no metanogénicos, consisten de bacterias anaeróbicas facultativas y anaeróbicas obligatorias. Todos estos organismos se identifican frecuentemente como acidógenos o formadores de ácidos. (Viñas, María, 1994)

Un tercer grupo de microorganismos convierten el hidrógeno y ácido acético formado por los formadores de ácidos en gas metano y dióxido de carbono. Las bacterias responsables por esta conversión son estrictamente anaeróbicas. Las bacterias más importantes del grupo metanogénicos son aquellas que utilizan el hidrógeno y ácido acético, ellas tienen tasas de crecimiento muy lentas. (Viñas, María, 1994)

La estabilización de residuos en la digestión anaeróbica es realizada cuando son producidos gas metano y dióxido de carbono. El gas metano es altamente insoluble y su salida de la capa biológica representa una verdadera estabilización de los residuos. En un reactor anaeróbico, los dos principales caminos envueltos en la formación de metano son:

- La conversión de hidrógeno y dióxido de carbono en metano y agua.
- La conversión de acetato de metano y dióxido de carbono. (Viñas, María, 1994)

El pH del medio acuoso debe extenderse entre el rango de 6.6 – 7.6 para asegurarse que el pH no bajará de 6.2 debido a que las bacterias metanogénicas no pueden funcionar bajo este punto. La temperatura óptima del proceso es de 20 – 30 °C. (Viñas, María, 1994)

1. Reactores UASB. Los sistemas anaeróbicos han sido utilizados principalmente en la industria que producen desechos muy concentrados de sustancias orgánicas, se utiliza en esta planta de tratamiento de agua residual un reactor biológico anaerobio de flujo ascendente RAFA o UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket); estos reactores resultan en general muy eficientes y económicos.

Un reactor de flujo ascendente, consiste básicamente de un tanque en el fondo del cual se encuentran localizado un digester y en la parte superior del mismo un sedimentador precedido de un sistema separador de gas. El agua residual a ser tratada es distribuida uniformemente en el fondo del reactor, fluye hacia arriba y pasa a través de una capa biológica de lodos, compuesta de gránulos formados biológicamente. (Viñas, María, 1994)

Estos lodos son porosos y con una densidad poco mayor que la del líquido, con lo que se consigue un buen contacto de éste con la biomasa. Estos reactores en la parte superior tiene un separador trifásico para separar gas-sólido-líquido, puesto que se acumula biogás alrededor de las partículas, éstas manifiestan una tendencia a ascender separándose con estos dispositivos. Se consigue una alta concentración de biomasa dentro del reactor que conlleva una elevada velocidad de eliminación de materia orgánica con rendimientos elevados de depuración. El agua residual se introduce por la parte inferior, homogéneamente repartida y ascendiendo lentamente a través del manto de lodos. (Viñas, María, 1994)

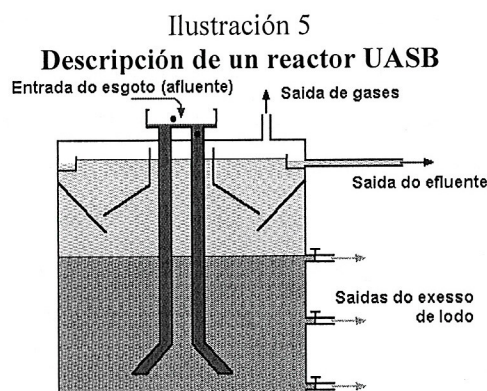
El tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo, en el cual deben desarrollar bacterias con buenas características de sedimentación, bien mezcladas por el gas en recirculación. La concentración de SSV en el manto de lodos puede alcanzar hasta 100 gr/L. los gases de la digestión anaerobia se adhieren a los granos o partículas biológicas o causan circulación interna para proveer la formación de más granos. El gas libre y las partículas con gas adheridos se elevan hacia la parte superior del reactor. Las partículas que se elevan chocan con el fondo de las pantallas desgasificadoras para que el gas se libere. Los lodos desgasificados caen de nuevo sobre la superficie del manto de lodos y el gas libre se captura en los domos localizados en la parte superior del reactor. La porción líquida fluye al sedimentador donde se separan los sólidos residuales del líquido. Esta recirculación interior de sólidos removidos permite edades de lodos prolongadas y hace innecesaria la recirculación externa. En el reactor el efluente es bombeado hacia el sistema de distribución interno, entrando en contacto con la cama de lodo anaeróbico. Cada ramal tiene apertura a través de las cuales fluye el afluente. Estos recorren todo el fondo del reactor. La reducción del DQO provoca la expansión de la cama de lodos que se eleva pro la velocidad ascendente producto de la generación de biogás y al velocidad del líquido. Cuando los lodos liberan de biogás adherido a su superficie, el lodo vuelve a caer a la

zona inferior del reactor, el biogás es colectado en la cámara para tal fin y el agua residual tratada abandona el reactor por rebalse. (Viñas, María, 1994)

2. Diseño de reactores UASB. Existen parámetros que se usan como criterios para realizar el dimensionamiento del reactor anaeróbico, en el diseño del reactor intervienen factores tanto de carga orgánica como de carga hidráulica. Dentro de los parámetros limitantes, la altura útil prudente es de 6 m por que la una altura arriba de este valor puede causar algunos problemas tales como la dificultad en la separación de sólido y gas, formación de espuma, etc. Para aguas cura DQO excede los 3,000 mg/L altura de 5 – 7 son aceptables. (Viñas, María, 1994)

Los principales problemas que tiene este tipo de reactor son: puesta en marcha, ya que se ha de conseguir que se desarrollen lodos lo más estables posibles, una cantidad de lodo que ocupe entre el 10 % y el 15 % del volumen total del reactor, es suficiente para garantizar el éxito de la puesta en marcha, si la biomasa está bien adaptada al sustrato. El arranque se hace paulatinamente, aumentando el caudal al reactor cuando este ya este adaptado, este arranque dura entre 6 a 12 meses. (Viñas, María, 1994)

Para la inoculación de un reactor UASB el mejor inóculo sería un lodo ya granulado, proveniente de otro reactor UASB, o lodos provenientes de un reactor anaeróbico. Normalmente de aguas residuales domésticas ya digerido. Cuando el inóculo disponible no es de buena calidad se debe tener cuidado con la partida del reactor. En este caso, la partida debe ser dada lentamente con pequeñas cargas. (Viñas, María, 1994)



(Agua, Técnica e servicios, LDA. 2006. http://oh2.pt/Equip/equip_trat_uasb.htm)

K. TRAMPA DE GRASAS

La trampa de grasas se incluyen en sistemas de tratamiento de aguas residuales para establecimientos como estaciones de servicio, moteles, hospitales, restaurantes y hoteles, en que existen una producción apreciable de grasas, con el objeto de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que puedan tener ellas sobre la acción bacteriana y la sedimentación en el tanque séptico. (Romero, Jairo. 199:727)

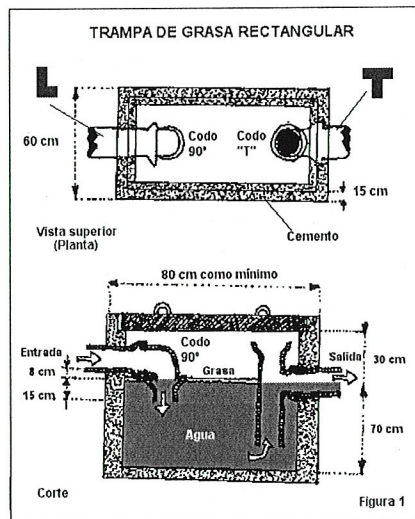
Los métodos estándar grasas y aceites como grupos de sustancias con características físicas similares, terminadas cuantitativamente con base en la solubilidad común con freón o hexano. El término grasas y aceites incluye materiales de origen vegetal, materiales de tejidos animales, petróleo o componentes del petróleo y otros materiales extraídos por el solvente. Al petróleo y a sus componentes también se les denomina hidrocarburos o aceites polares. El ensayo de hidrocarburos consiste, por tanto, en separar la porción no polares de los demás compuestos grasos y hacer su determinación grasoso polar presente; los hidrocarburos o aceites no polares no son adsorbidos. (Romero, Jairo. 199:727)

En aguas industriales la concentración de grasas y aceites es bastante grande. Las grasas y aceites pueden acumularse en los tanques y bombas, obstruyéndolas; en los sedimentadores causan problemas de flujo, sobre todo en lodos con alta concentración de grasas y aceites. Los hidrocarburos son difíciles de biodegradar de manera aerobia y prácticamente no degradables en sistemas anaerobios. Así mismo, las grasas y aceites dificultan el proceso de secado de lodos de dichas aguas residuales. (Romero, Jairo. 199:727)

El sistema más sencillo para la remoción de aceites y grasos no emulsificadas, usado para establecimiento e industrias pequeñas, es la trampa para grasas. Ésta es un diseñado para retener las grasas y aceites, así como para permitir su limpieza y mantenimiento apropiado. La trampa debe tener un diseño hidráulico y un tiempo de retención adecuado para el propósito propuesto; la distancia entre la entrada y salida de la trampa a de ser suficiente para permitir la separación diferencial por gravedad y no dejar escapar grasas por la unidad de salida. Las pantallas de control de flujo son esenciales para garantizar un régimen hidráulico apropiado y prevenir trastornos hidráulicos por cambios súbitos de caudal. (Romero, Jairo. 199:727)

Una trampa de grasa en una cámara pequeña de flotación en la cual la grasa flota a la superficie libre del agua y es retenida, mientras que el agua más clara subyacente es descargada. La entrada del agua residual se hace por debajo de la superficie del agua y la salida generalmente por el fondo; entre más grande sea el tanque más eficiente es el sistema. Normalmente deben tener entre 15 a 30 minutos de tiempo de retención. El mantenimiento pobre es lo que hace que en la mayoría de los casos las trampas de grasas no funcionen adecuadamente, la falta de limpieza continua permite la acumulación excesiva de grasa en la trampa y su descarga con el efluente. Para un buen funcionamiento de la trampa debe evitarse las cargas hidráulicas súbitas sobre ella ya que esto puede producir agitación excesiva del contenido de la trampa, impide la retención y flotación de la grasa y permite su escape por la unidad de salida. (Romero, Jairo. 199:727)

Ilustración 6
Principio de la trampa de grasas



(Construcción de trampas de grasa para aguas servidas. 27 de Noviembre del 2008.

<http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=362>)

Ilustración 7
Trampas de grasas



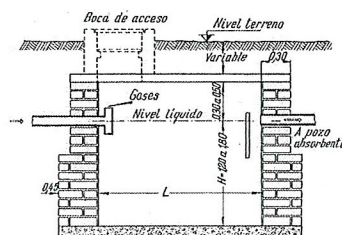
(Construcción de trampas de grasa para aguas servidas. 27 de Noviembre del 2008.

<http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=362>)

L. POZOS DE INFILTRACIÓN

Los pozos de infiltración son excavaciones profundas usadas para disposición subsuperficial de agua residual pretratadas. Las paredes del pozo se construyen con ladrillo, bloques, anillo o materiales prefabricados colocados a junta abierta rodeados de grava o piedra triturada. El agua residual entra en el pozo y se infiltra a través de las paredes laterales. Constituyen un método aceptable de disposición de aguas residuales cuando la disponibilidad de terreno es muy limitada. Para protección del agua subterránea se aconseja dejar una separación entre el fondo del pozo y el nivel freático de 1.2 m como mínimo. La superficie de infiltración dominante es la pared lateral, la profundidad y el diámetro del pozo se calcula para el área lateral de pozo y para el caudal de aguas residuales afluente. (Romero, Jairo. 199:737)

Ilustración 8
Pozo de infiltración



(Pozos de absorción prefabricados. 7 de abril del 2001.

<http://tanquediez.com/tecnica/pap.html>)

M. LECHOS DE SECADO DE ARENA

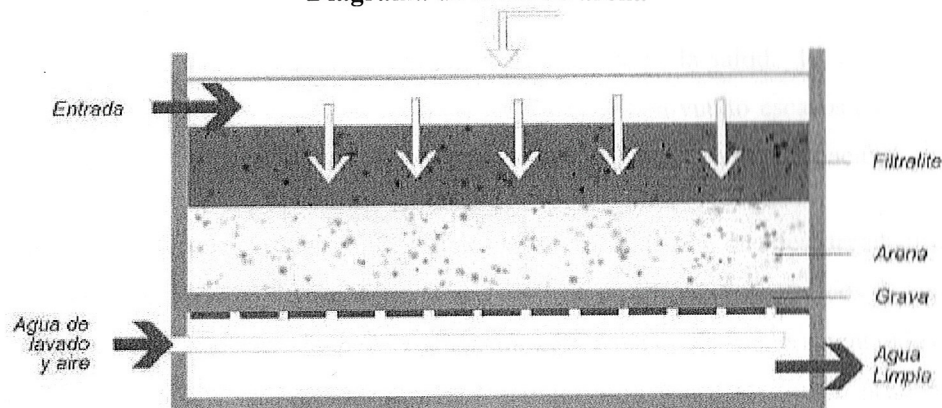
Éste es uno de los métodos más antiguos para reducir el contenido de humedad de los lodos en forma natural. Es el método más usado en plantas pequeñas. El lecho típico de arena para secado de lodos es un lecho rectangular poco profundo, con fondos porosos colocados sobre un sistema de drenaje. El lodo se aplica sobre el lecho en capas de 20 a 30 cm y se deja secar. El desaguado se efectuará mediante drenaje de las capas inferiores y evaporación de la superficie por acción del sol y del viento. Una vez formada una capa de lodos sobrenadante, el agua es removida por decantación y por evaporación. La pasta se agrieta a medida que se seca, permitiendo evaporación adicional y el escape de agua lluvia desde la superficie. Los lechos de secado de lodos son muy semejantes a filtros intermitentes de arena y tienen la ventaja de requerir poca atención en su operación. El diseño de lechos de secado de lodos está afectado por diferentes factores: (Romero, Jairo. 199:831)

- Clima
- Características del lodo
- Valor del terreno
- Pretratamiento

Cuadro3
Ventajas y desventajas de los lechos de secado de arena

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Costos bajos • No requiere operación especial • Consumo de energía bajo • Poco sensible a cambios en las características de lodos • Consumo químico bajo • Contenido alto de sólidos en la pasta 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño empírico que no permite análisis económico certero. • Requiere área grande • Requiere lodo estable • Sensible a cambios de clima • Visible al público • Requiere gran cantidad de mano de obra para retirar la pasta

Ilustración 9
Diagrama de lecho de arena



(Agua Potable. 8 de junio del 2001. <http://potablewater.iespana.es/filtracion.htm>)

N. TRATAMIENTO DE SÓLIDOS Y LODOS DE DESECHO

Uno de los principales problemas en el tratamiento de aguas residuales es el relacionado con el tratamiento y disposición de lodos y desechos sólidos. En los tanques de sedimentación y reactor se producen grandes volúmenes de lodos y en la caja de cribas, desarenadores, tamiz y trampa de grasa se producen desechos sólidos donde la disposición final puede representar un alto porcentaje de costo del tratamiento de agua.

Una forma económica para el tratamiento de esto desechos es el composta que al final puede utilizarse en los jardines o venderse.

1. Composta: Es un "abono natural", producto de la biodegradación de la materia orgánica, a través de un proceso muy sencillo. Un abono o compost está elaborado basándose en un pleno conocimiento de calidad de los materiales a utilizar y las necesidades nutricionales del suelo. Es una mezcla de estiércoles animales, residuos de cosecha, follajes verdes, tierra, agua, ceniza o cal. Resultado final es un abono orgánico balanceado que puede sustituir fertilizantes químicos y corregir diferencias nutricionales de los suelos.

III. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso natural, necesario para la vida y la salud. Es fundamental para todas las formas de vida conocida. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas es una preocupación.

En Guatemala todas las aguas industriales las reciben los ríos que descargan sus aguas en el lago de Amatitlán. El Lago de Amatitlán forma parte de un conjunto de cuerpos de agua que se encuentran en un proceso acelerado de contaminación. En Guatemala se incrementan los desafíos ambientales y se convierte cada vez más en un objetivo nacional prioritario. El problema no es solo de contaminación, es también de salud ya que la población que vive cerca del lago, utilizan esta agua para beber, lavar y para la pesca, estas actividades con el agua contaminada son un riesgo para la salud de las poblaciones.

El agua tratada de la PTAR (Planta de tratamiento de agua residual) se dirige a pozos de absorción y estas aguas terminan en el agua subterránea. Las aguas subterráneas presentan una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, con un volumen mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante. El agua del subsuelo es un recurso importante, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación.

Lo más importante de este trabajo es ayudar a conservar el recurso hídrico del país por medio de un mejor tratamiento para que cuando esta llegue a las aguas subterráneas contamine lo menos posible. Además se cuidará de la salud de los habitantes de Guatemala.

III. OBJETIVOS

A. Generales

- Mejorar la calidad del agua que ingresa a la planta de tratamientos por medio de la implementación de un pre-tratamiento.
- Aumentar el tiempo de residencia en el tanque de igualación.
- Mejorar la eficiencia del Reactor UASB manteniéndolo en sus condiciones óptimas.
- Evitar la contaminación por desechos sólidos biodegradables.

B. Específicos

- Diseñar una caja que contenga cribas y una trampa de grasas para evitar el ingreso de sólidos gruesos y grasas a la planta de tratamiento.
- Diseñar un desarenador para evitar el ingreso de arenas que contiene el agua residual a la planta de tratamiento.
- Diseñar un sistema de homogenización para aumentar el tiempo de residencia del agua residual antes de la dosificación.
- Desarrollar una metodología para el procedimiento:
 - a seguir en el arranque paulatino del reactor, por medio de la inyección de lodos de una planta de aguas residuales domésticas y durante este proceso mantener las variables críticas controladas.
 - de recolección y tratamiento de sólidos de desecho y lodos por medio de la realización de composta.
- Realizar un presupuesto de la inversión que se necesita para la implementación del proyecto de mejora de eficiencia y ampliación de la planta de tratamientos de agua residual.

IV. PROBLEMA A RESOLVER

En Guatemala, en mayo del 2007 entro en vigencia el Reglamento de Agua Residual y Disposición de Lodos según el cual se deben de cumplir ciertos parámetros durante cuatro etapas de implementación en mayo 2011, 2015, 2020 y 2024. Se realiza por etapas para que todas las empresas empiecen a trabajar en el tratamiento de sus aguas residuales y que en cada etapa cumplan con los parámetros exigidos ya que si no se hacen el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales multará. En cada etapa los parámetros son más estrictos. En PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) de la planta productora de cereales solo tienen una eficiencia de 22 % por lo que no se cumplen los parámetros exigidos en el reglamento de Aguas Residuales y Disposición de Lodos. La calidad del agua residual a la salida de la PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales) no es la adecuada por lo que contamina las aguas subterráneas afectando nuestro recurso natural.

Se pretende mejorar la eficiencia de la actual planta de tratamiento para cumplir con los parámetros requeridos durante las etapas del Reglamento de aguas residuales y disposición de lodos mediante el diseño de nuevas unidades de la planta de tratamiento y mejoras en la operación.

V. METODOLOGÍA

Este trabajo se llevó a cabo en tres etapas sumamente importantes.

Se inició con el análisis al agua residual para saber la calidad del agua que ingresa a la PTAR. En esta primera etapa se realizara una prueba de caudal para tener un dato que nos indique la cantidad de agua que necesitamos tratar.

En la segunda etapa se analizaron los datos obtenidos y respecto a estos se realizarán los diseños y modificaciones necesarios.

Durante la última etapa, tercera etapa, se redactó el trabajo escrito. A continuación se presentan detalles particulares a cada etapa.

A. PRIMERA ETAPA

Durante los primeros días se hizo un análisis de laboratorio de la calidad del agua residual de entrada y salida de la PTAR (Planta de tratamiento de agua residual) para poder observar el funcionamiento de la planta, con estos datos se diagnosticará la ubicación de los problemas. También se hará un análisis de caudal que ingresa a la PTAR (Planta de tratamiento de agua residual) para así poder dimensionar las unidades nuevas. Estos análisis se llevarán acabo en campo, la empresa donará el equipo y el laboratorio para hacer las pruebas necesarias para ver la calidad del agua residual. Los parámetros que se desean cumplir no son simplemente los que ley exige sino los necesarios para que el agua no contamine las aguas subterráneas.

B. SEGUNDA ETAPA

En esta parte, ya con todos los resultados en mano se analizan para detectar las unidades del proceso que no funcionan adecuadamente y aquellas que sí lo hacen. En las unidades que no funcionan adecuadamente se hará el análisis de recomendaciones. Si se

necesita hacer cambios en la operación se realizarán las recomendaciones. En esta etapa se elaborará el diseño de la caja de cribas, desarenador, tanque de homogenización y se implementará la metodología para rescatar el reactor UASB. Para el diseño se buscará bibliografía.

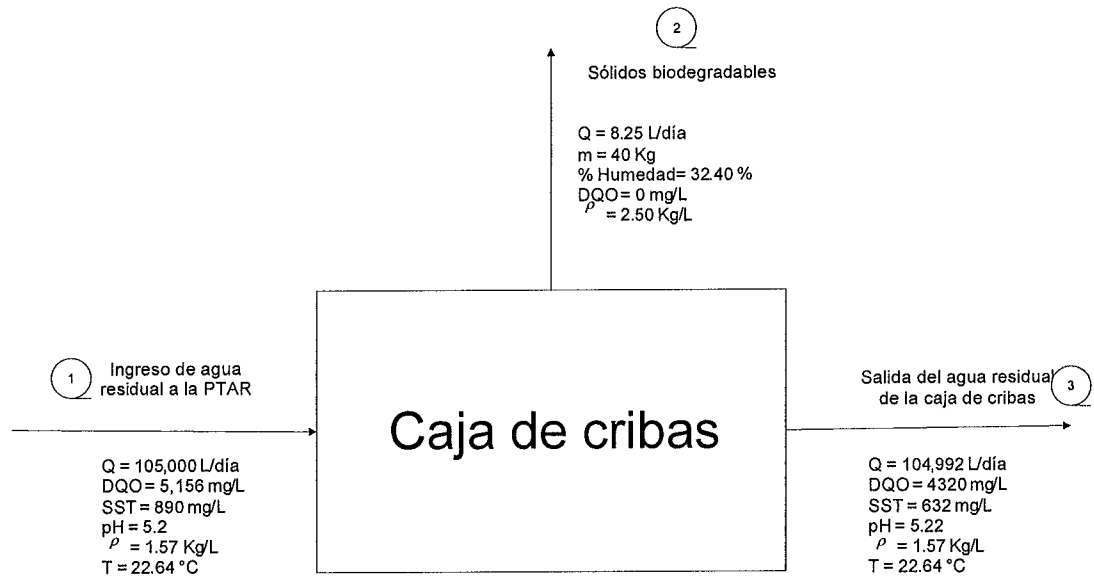
C. TERCERA ETAPA

Redacción del informe final, en éste se incluirán todos los datos obtenidos, el análisis de los mismos, los diseños, las modificaciones y todo aquello obtenido en las primeras y segunda etapa. Durante esta etapa se desarrollarán los procedimientos de arranque de la planta de tratamiento de agua residual, recolección de sólidos de desecho y lodos y la elaboración de composta con estos desechos.

VI. RESULTADOS

A. BALANCE DE MASA PARA LA CAJA DE CRIBAS

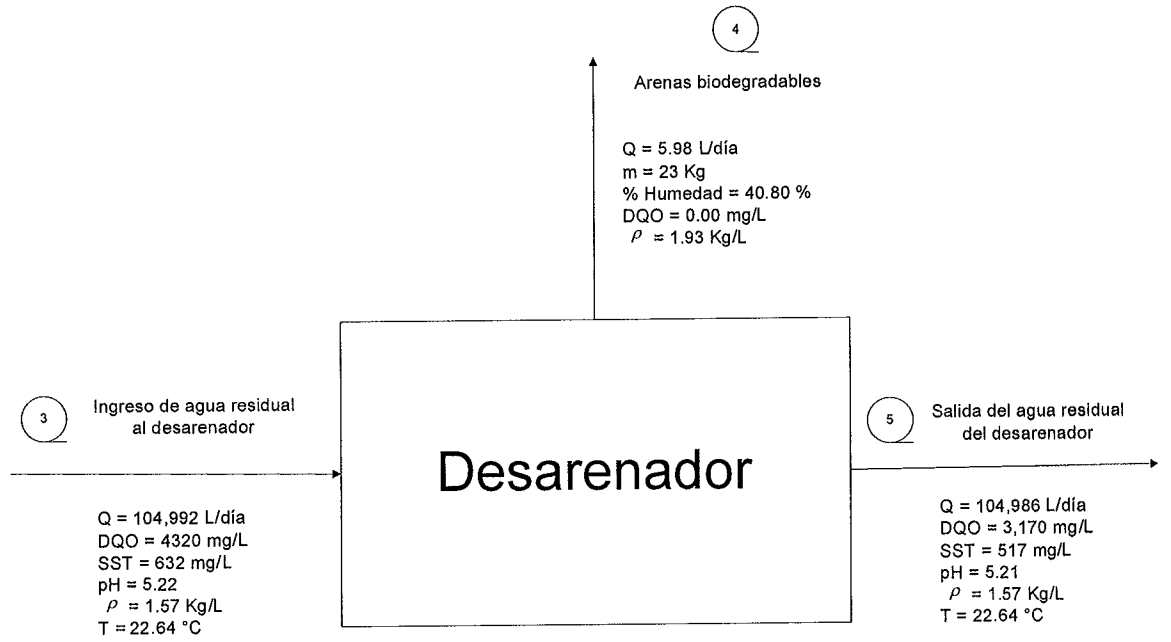
Balance de masa para la caja de cribas



Ver apéndice A

B. BALANCE DE MASA PARA EL DESARENADOR

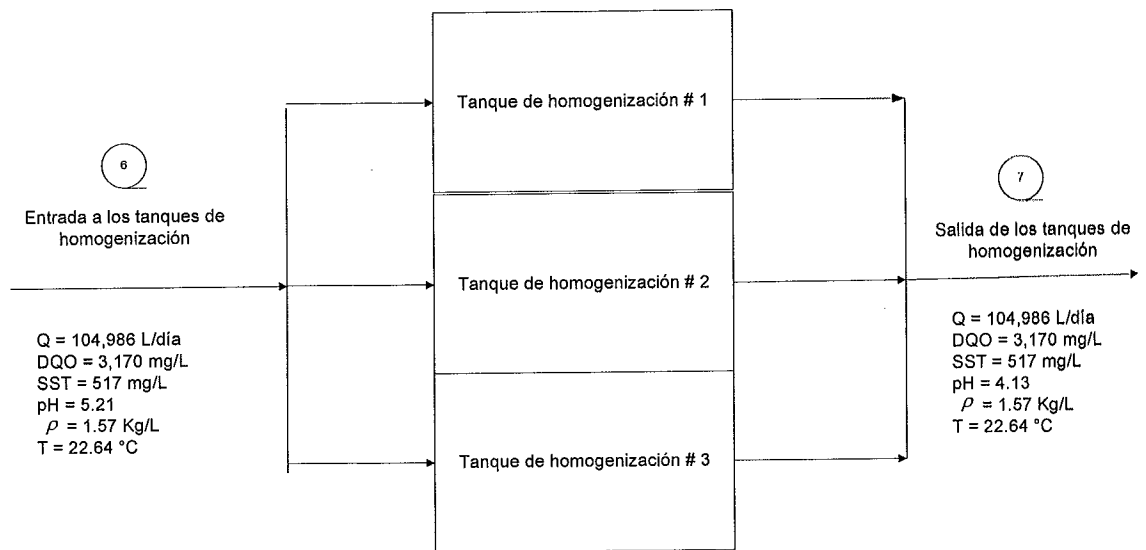
Balance de masa para el desarenador



Ver apéndice B

C. BALANCE DE MASA PARA LOS TANQUES DE HOMOGENIZACIÓN

Balance de masa para los tanques de homogenización



Ver apéndice C

D. PRUEBA PARA EL TIEMPO DE RETENCIÓN EN LOS TANQUES DE HOMOGENIZACIÓN

Durante el tiempo que se operó la planta de tratamientos el mayor problema es la inestabilidad del reactor ya que éste cuenta con pH dentro del reactor de 4.8 en promedio. Estas condiciones no son las adecuadas para que los microorganismos que forman el manto de lodos dentro del reactor vivan, crezcan y se reproduzcan.

Cuadro 4
**pH dentro del reactor antes de la prueba de tiempo de retención
 en el tanque de homogenización**

	PH				
	válvula				
	1	2	3	4	5
PROMEDIO	5.01	4.89	4.71	4.89	4.80
MÁXIMO	5.78	5.87	5.24	5.48	5.22
MÍNIMO	4.21	4.20	4.16	4.19	4.22

La principal causa de la inestabilidad del reactor son las reacciones de acidogénesis que ocurren dentro del reactor. Actualmente antes de ingresar el agua residual al reactor pasa por un tanque de igualación que tiene un tiempo de retención de aproximadamente 3 horas. El agua residual ingresa a pH entre 7.00 a 7.50. Las reacciones de acidogénesis deben realizarse antes de ingresar al reactor para que cuando el agua residual ingrese al reactor neutro se mantenga neutro y no se acidifique, que es lo que ocurre actualmente. Para esto se hace una prueba que dura aproximadamente 5 meses. En esta prueba el agua residual antes de ingresar al reactor pasaba 16 horas como máximo dentro del tanque de igualación. Día a día se verificaba el pH dentro del reactor para ver la estabilidad.

Cuadro 5
**pH dentro del reactor durante la prueba de tiempo de retención en el tanque de
 homogenización.**

	PH				
	válvula				
	1	2	3	4	5
PROMEDIO	6.50	6.57	6.55	6.57	6.57
MÁXIMO	7.26	7.29	7.29	7.32	7.28
MÍNIMO	5.47	5.63	5.59	5.62	5.61

Con este problema solucionado se mejoró el medio donde viven los microorganismos encargados de la degradación, obteniendo una mejora en la eficiencia en el reactor.

Cuadro 6

Datos recolectados durante la prueba del tiempo de retención del tanque de homogenización

	PH Entrada del reactor	DQO Entrada del reactor (mg/L)	DQO Salida del reactor (mg/L)	PH Salida del reactor	Tiempo de residencia (h)	PH Después del tiempo de retención	% de Eficiencia
PROMEDIO	8.42	3182.99	608.50	6.78	13	4.13	77%
MÁXIMO	13.56	10000.00	3270.00	8.93	16	5.00	95%
MÍNIO	7.04	480.00	150.00	5.99	8	3.76	12%

Cuadro 7

Datos recolectados antes de realizar la prueba de tiempo de retención del tanque de homogenización.

	Entrada UASB (mg/l)	Salida UASB (mg/l)	% Eficiencia del reactor
FECHA			
PROMEDIO	3936.21	3070.15	22%
MÁXIMO	10955	6400	42%
MÍNIMO	1040	1650	19%

Ver Apéndice E

E. Diseño de los tanques de homogenización

Se diseñan tres tanques de homogenización que aseguran 16 horas de retención. El objetivo de tener tres tanques es que roten mientras el primer tanque estará llenándose, el segundo tanque estará reposando el agua residual y el tercero vaciándose, luego se hará la rotación.

Cuadro 8
Dimensiones de los tanques de homogenización

Volumen total (m ³)	84
Tiempo de retención (h)	16
Caudal de ingreso (m ³ /día)	104.99
No. de tanques	3
Volumen de cada tanque (m ³)	28
Profundidad (m)	2.00
Largo (m)	2.65
Ancho (m)	5.30

Ver apéndice D

Ilustración 10
Plano de los tanques de homogenización vista de planta

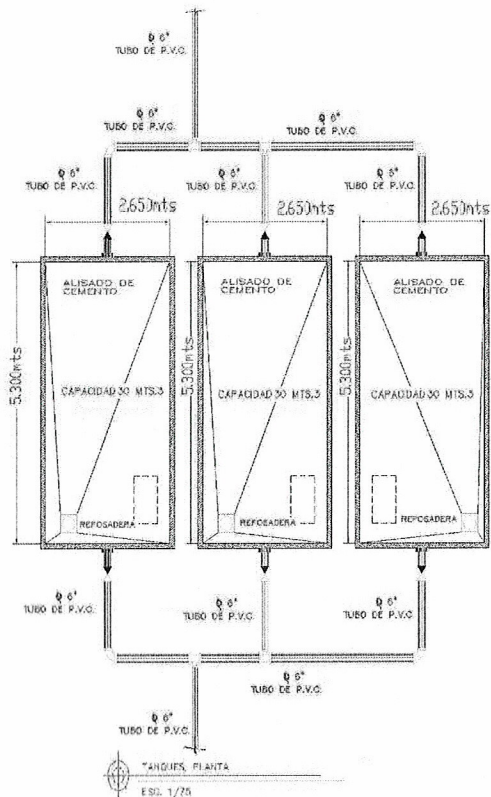


Ilustración 11
 Plano de los tanques de homogenización vista de elevación frontal

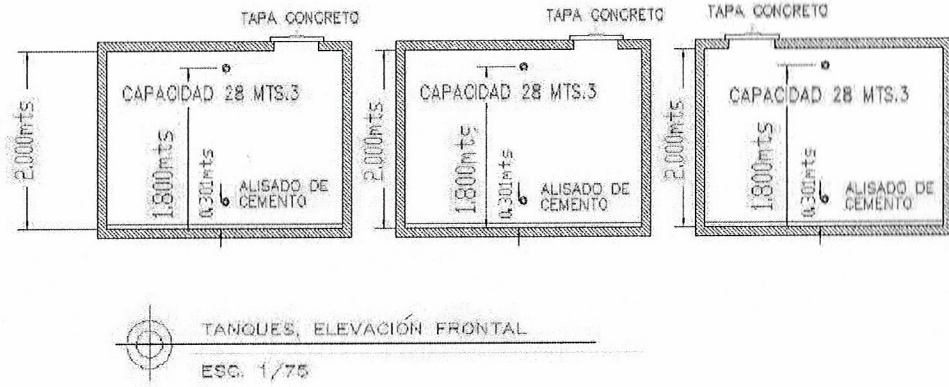
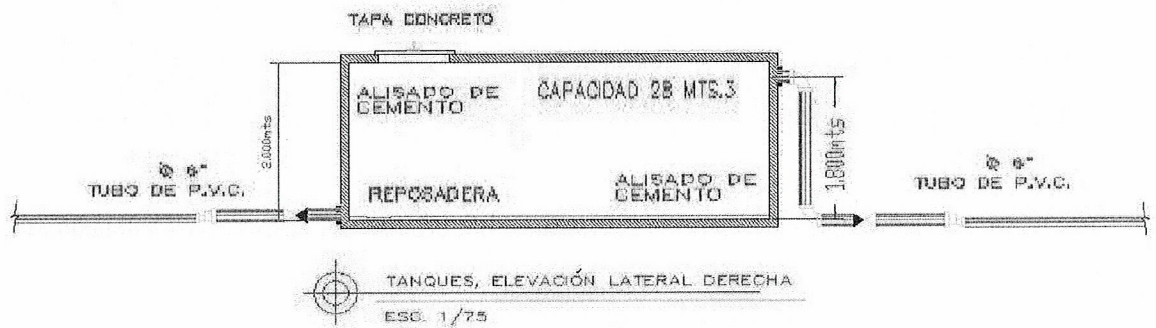


Ilustración 12
 Plano de los tanques de homogenización elevación lateral derecha



F. DISEÑO DE LA CAJA DE CRIBAS

Se realizar una caja de cribas que incluirá dos cribas y un deflector para retener sólidos gruesos y grasas.

Cuadro 9
Dimensiones de la caja de cribas.

Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen (m ³)	Área (m ²)
2.8	0.5	1.00	1.40	1.40

Cuadro 10
Dimensiones de la criba

Inclinación	Largo (m)	Ancho (m)	Diametro de los agujeros Malla # 1 (mm)	Diametro de los agujeros Malla # 2 (mm)	Material
45°	1.13	0.50	6.00	3.00	Acero inoxidable

Cuadro 11
Dimensiones del deflector

Largo (m)	Ancho (m)	Material
0.50	0.50	Acero Inoxidable

Cuadro 12
Distribución de las cribas y deflectores dentro de la caja de cribas

Largo que ocupa cada criba (m)	Distancia entre cada criba (m)	Distancia de la última criba al deflector (m)	Distancia del deflector al final (m)
0.80	0.30	0.30	0.30

Ver apéndice F

Ilustración 13
Plano de la caja de cribas vista planta

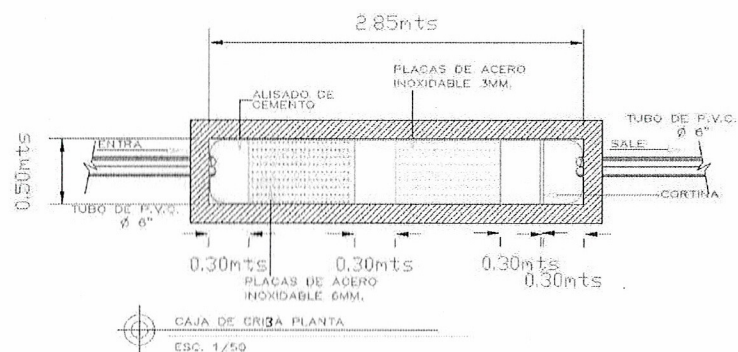


Ilustración 14
Plano de la caja de cribas vista sección

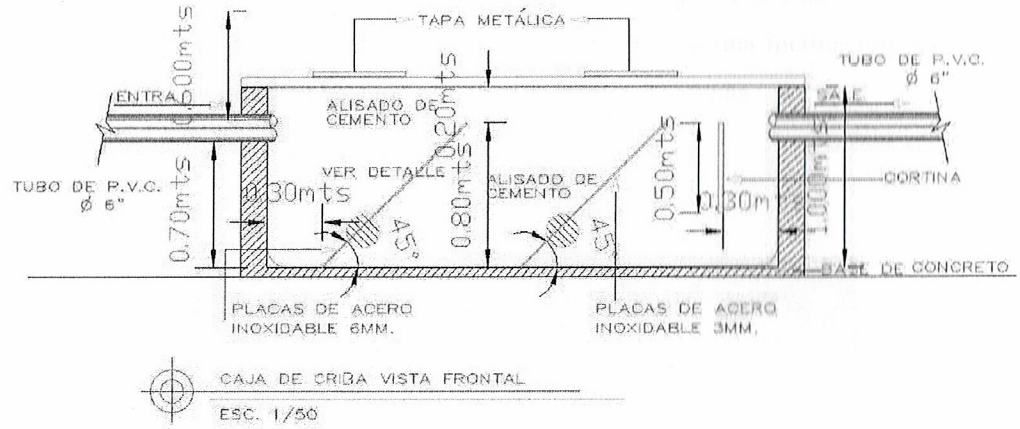
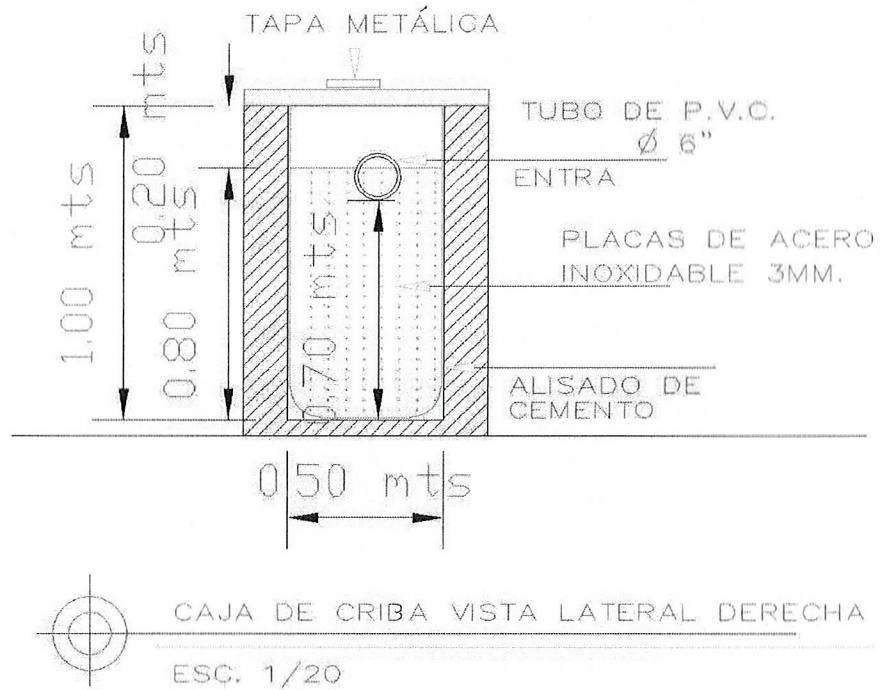


Ilustración 15
Plano de la caja de cribas vista elevación



G. DISEÑO DEL DESARENADOR

El desarenador tiene como objetivo eliminar las arenas de diámetro menor de 0.02 cm, el desarenador cuenta con un deflector que hace que las arenas bajen a la caja de recolección de arenas y luego para a una zona de desarenación la cual cuenta con una inclinación para que las arenas que sedimenten se resbalen hacia la caja de recolección de arenas.

Cuadro 13
Dimensiones del desarenador

Q (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
0.001215	2.18	3.5	0.5	1.00

Cuadro 14
Criterios de diseño del desarenador

Criterios de diseño	
Tiempo de residencia	1800 s
Periodo de operación	24 hr
En la transición debe tener un ángulo de divergencia suave no mayor de	12°30'
La relación largo/ancho	5
Pendiente a lo largo del desarenador	10 %
Altura del vertedero	0.70 m
Largo del deflector	0.50 m

Cuadro 15
Distribución del desarenador

Largo de la sección de entrada (m)	Largo de la caja de arenas (m)	Largo de la zona de desarenado (m)
1.00	0.50	2.00

Cuadro 16
Dimensiones de la caja para arenas

Volumen (m ³)	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
0.75	0.50	0.70	0.50

Cuadro 17
Criterio de diseño de la caja de arena

Criterios de diseño	
Tiempo de residencia	7 días
Flujo másico de arenas	23 Kg/día
Densidad de las arenas	1.93 Kg/L
Coefficiente de seguridad	100 %

Ver apéndice G.

Ilustración 16
Plano del desarenador vista planta

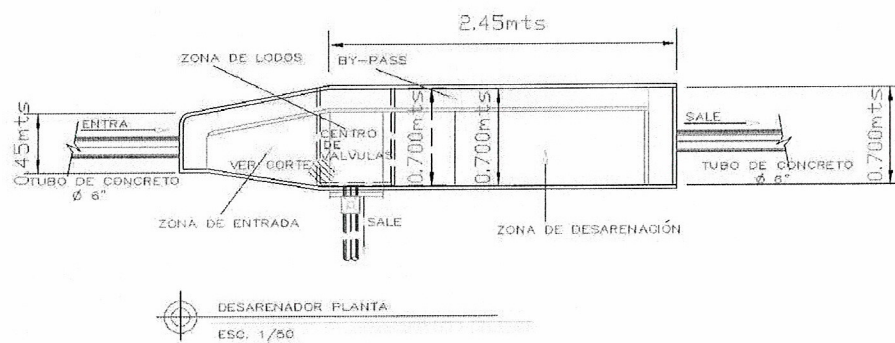
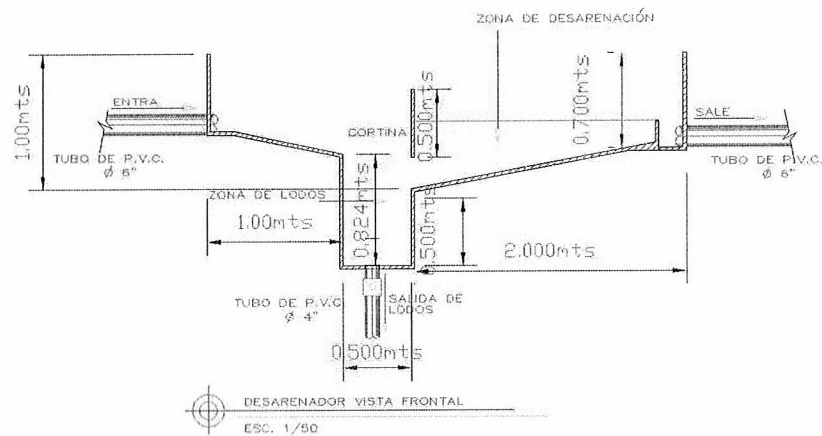


Ilustración 17
Plano del desarenador vista sección



H. PRESUPUESTO PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y MEJORA DE EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

Cuadro 18

Presupuesto para el proyecto de ampliación de la planta de tratamientos.

INVERSIÓN PROYECTO DE AMPLIACIÓN		
Caja de cribas	Precio	Descripción
Obra civil	Q 54,163.73	La empresa encargada de llevar a cabo el proyecto esta a cargo de brindar la obra civil, mano de obra, fabricación de los accesorios de acero inoxidable, suministros necesarios, accesorios de PVC, recolectar el ripio, pintar las áreas necesarias.
Accesorios de acero inoxidable.	Q 10,832.75	
Tubería y accesorios	Q 7,221.83	
	Q 72,218.30	
Desarenador	Precio	
Obra civil	Q 85,600.00	
Accesorios de acero inoxidable.	Q 6,225.00	
Tubería y accesorios	Q 18,675.00	
	Q 124,500.00	
Tanques de homogenización	Precio	
Excavación y base	Q 15,901.70	
Tanques	Q 300,972.00	
Tubería y accesorios	Q 24,474.00	
	Q 341,347.70	
	Precio	
Planos finales	Q 5,000.00	
Pintura epoxica	Q 15,000.00	
	Q 20,000.00	
Total inversión	Q 558,066.00	

Para la realización el presupuesto del proyecto se contacto una empresa de construcción la cual según los planos entregados realizó la presente cotización.

Cuadro 19
Cronograma de actividades para llevar a cabo el proyecto de ampliación de la planta de tratamientos.

ACTIVIDAD	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tanques Homogenización, Caja de Cribas y Desarenador												
Excavación y base Tanques de Homogenización, Caja de Cribas y Desarenador.	■	■	■	■								
Colocacion de pintura epóxica tanques										■	■	
Tubería de PVC y Accesorios								■	■	■	■	
Planos finales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pruebas												■
Extracción de ripio	■		■		■		■		■		■	
Obra Civil Tanques												
Cimentación y Piso Tanques			■	■	■	■	■	■	■			
Levantado de paredes						■	■	■	■			
Acabado de paredes							■	■				
Obra Civil Desarenador												
Cimentación			■	■	■	■	■	■				
Paredes						■	■	■				
Acabado de paredes							■	■				
Obra Civil Caja de Cribas												
Cimentación			■	■	■	■	■					
Paredes						■	■	■				
Acabado de paredes							■	■				

I. MANUAL PARA EL ARRANQUE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Nombre de la empresa:	Área responsable:	Código:	Frecuencia de revisión: Anual
			Fecha de última revisión
			Número de revisiones:
Procedimiento estándar de operación			
Elaboró: Novenka Mastahinich	Revisó:	Autorizó:	
Título			
Arranque de la planta de tratamiento de agua residual			

ÍNDICE

1. Objetivo.....	55
2. Alcance.....	56
3. Definiciones.....	56
4. Responsabilidad.....	56
5. Variables de control.....	56
6. Acciones correctivas.....	57
7. Procedimiento.....	58
A. Diagrama de flujo.....	58
B. Cronograma de actividades para el arranque de la PTAR (planta de tratamiento de agua residual.....	59
C. Tabla # 1: Secuencia de actividades para el arranque de la planta de tratamiento de agua residual.....	59
8. Historial de cambio.....	60
9. Anexos.....	60
A. Imagen 1: Tanque de igualación.....	60
B. Imagen 2: Reactor.....	61

1. OBJETIVO

- Especificar los pasos a seguir para arrancar la planta de tratamiento de agua residual.
- Presentar las acciones correctivas cuando se presenten problemas al operar la PTAR (planta de tratamiento de agua residual).
- Alcanzar la estabilidad del reactor manteniendo los variables de control en los rangos adecuado para que las bacterias vivan, crezcan y se reproduzcan adecuadamente.
- Facilitar al operario de la PTAR (planta de tratamiento de agua residual) la operación durante el arranque y la resolución de problemas mediante las acciones correctivas que se presentaran.

2. ALCANCE

Tratar el 100 % del agua que sale de la planta de producción manteniendo el reactor con las variables de control dentro del rango adecuado para que las bacterias vivan, crezcan y se reproduzcan en las mejores condiciones, logrando así aumentar la eficiencia del reactor.

3. DEFINICIONES

OPTAR: Planta de tratamiento de agua residual.

Reactor: tanque que posee bacterias que degradaran la materia orgánica.

Bacterias: son microorganismos unicelulares que se encargan de degradar la materia orgánica.

DQO: la Demanda Química de Oxígeno determina la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica.

pH: es una medida de la acidez o del agua residual.

4. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del **operario de turno** realizar el procedimiento del arranque de la PTAR (planta de tratamiento de agua residual adecuadamente) verificando los valores de pH dentro del reactor y el DQO de entrada al reactor para así poder mantener al reactor en sus condiciones óptimas. También su responsabilidad del operario poner en práctica las acciones correctivas cuando los valores de pH y DQO se encuentren fuera de los rangos establecidos.

Es responsabilidad del **supervisor de la PTAR** (planta de tratamiento de agua residual) verificar que el procedimiento de arranque de la planta de tratamiento de agua residual sea cumplido por los operarios, así como también es de su responsabilidad velar por que los parámetros de DQO y pH se cumplan y que se aplique las acciones correctivas en caso de que estos parámetros no sean los establecidos.

5. VARIABLES DE CONTROL

- **pH dentro del reactor:** dentro del reactor viven bacterias las cuales necesitan vivir en condiciones óptimas para poder vivir, crecer y reproducirse adecuadamente. El pH del reactor debe controlarse manteniéndolo entre 6.5 a 7.5.

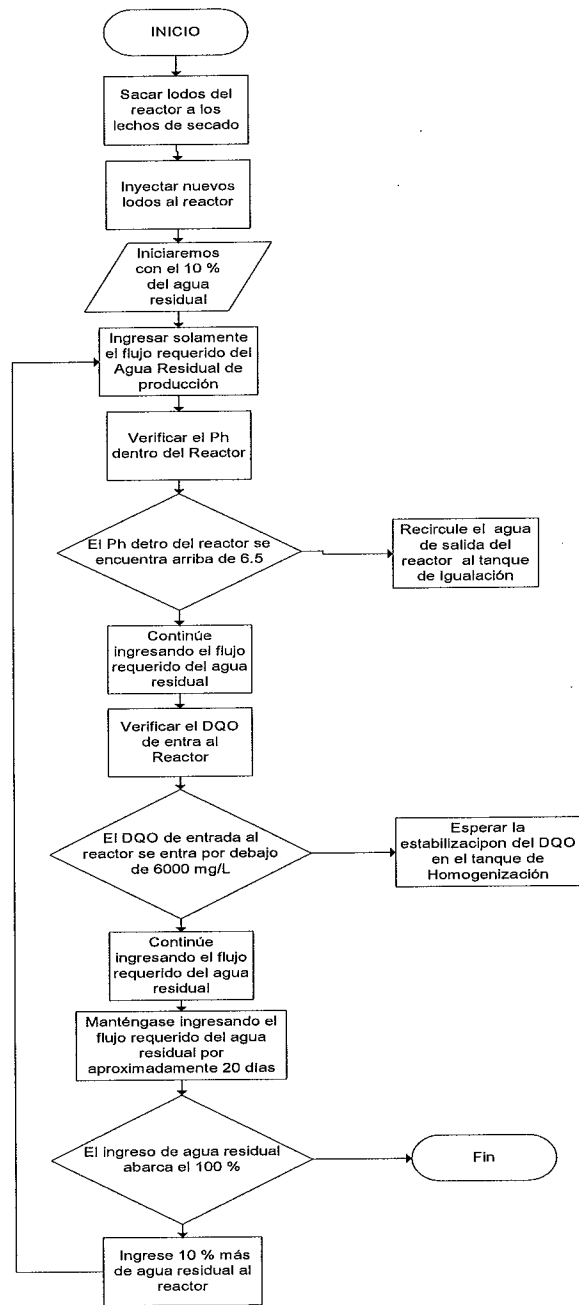
- **pH en la entrada del reactor:** al ingresar agua residual al reactor el pH debe mantenerse controlado entre el rango de 7 a 8. Si este ingresa más bajo puede causar dificultades y disminuir el pH dentro del reactor el cual también es una variable que debemos mantener controlada.
- **DQO:** la demanda química de oxígeno es un factor importante cuando se arranca una planta de tratamiento de agua residual, debido a que las bacterias no están acostumbradas a recibir cargas muy grandes se necesita controlar. Durante este arranque se trabajaran solamente DQO debajo de 6,000 mg/L.

6. ACCIONES CORRECTIVAS

- **pH fuera del rango de 6.5 y 7.5 dentro del reactor.** Cuando el pH dentro del reactor esta fuera de los rangos requeridos pudo ser causado por una carga orgánica arriba de 6,000 mg/L al ingresar el agua residual al reactor o por que el pH que ingreso al reactor estaba por debajo de 7. Para corregir este descontrol en el pH dentro del reactor se puede recircular el agua de salida del reactor directo al tanque de igualación donde se nivelara el pH y la carga orgánica estaría por debajo de 6,000 mg/L. Mantener la recirculación hasta que el pH del reactor se encuentre en 7.
- **DQO de Ingreso al reactor por debajo de 6,000 mg/L.** Cuando el DQO del agua residual a la entrada al reactor es muy alto y las bacterias no están acostumbradas a estas cargas desestabilizan el reactor creando condiciones no adecuadas para las bacterias que viven en el reactor. Cuando el agua residual contenga cargas mayores de 6,000 mg/L de DQO estas agua se deben de estabilizar en el tanque de homogenización ya que al recibir agua con cargas menores se diluirá y bajará el DQO.

7. PROCEDIMIENTO

A. DIAGRAMA DE FLUJO



B. CRONOGRAMA PARA EL ARRANQUE DE LA PTAR (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL)

ACTIVIDAD	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5 al Día 24	Día 25 al Día 64	Día 65 al Día 84	Día 85 al Día 104	Día 105 al Día 124	Día 125 al Día 144	Día 145 al Día 164	Día 165 al Día 184	Día 185 en adelante
Sacar lodos del reactor a lechos de secado	■	■											
Inyectar nuevos lodos al reactor			■	■									
Verificar el pH dentro del reactor					■	■	■	■	■	■	■	■	■
verificar el DQO de entrada al reactor					■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ingresar con el 10% del agua residual						■							
Ingresar con el 20% del agua residual							■						
Ingresar con el 40% del agua residual								■					
Ingresar con el 50% del agua residual									■				
Ingresar con el 60% del agua residual										■			
Ingresar con el 70% del agua residual											■		
Ingresar con el 80% del agua residual												■	
Ingresar con el 90% del agua residual													■
Ingresar con el 100% del agua residual													■

C. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Tabla 1
Secuencia de actividades para el arranque de la planta de tratamiento de agua residual.

No.	Actividad	Responsable
1	Sacar los lodos del reactor a los lechos de secado de lodos	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
2	Inyectar nuevos lodos al reactor de una planta de tratamiento que tenga un proceso parecido, estos lodos deben de ser anaeróbicos.	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
3	Iniciaremos ingresando solamente el 10 % del agua residual	Operario de la Planta de tratamiento
4	Ingresar solamente el flujo requerido de agua residual del agua de proceso	Operario de la Planta de tratamiento
5	El Ph dentro del reactor se encuentra arriba de 6.5 a). SI, seguir paso 4 b). NO, seguir paso 13	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
6	Continúe ingresando el flujo requerido del agua residual	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
7	Verificar el DQO de entra al Reactor	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento

Continuación Tabla 1

No.	Actividad	Responsable
8	El DQO de entrada al reactor se entra por debajo de 6000 mg/L a). SÍ, seguir paso 9 b). NO, seguir paso 14	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
9	Continúe ingresando el flujo requerido del agua residual	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
10	Manténgase ingresando el flujo requerido del agua residual por aproximadamente 20 días	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
11	El ingreso de agua residual abarca el 100 % a). SÍ, seguir paso 15 b). NO, seguir paso 12	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
12	Ingrese 10 % más de agua residual al reactor	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
13	Recircule el agua de salida del reactor al tanque de Igualación	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
14	Esperar la estabilización del DQO en el tanque de Homogenización	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento
15	Fin	Operario y supervisor de la Planta de tratamiento

8. HISTORIAL DE CAMBIO

FECHA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
03/11/2008	Novenka Mastahinich	Elaboró

9. ANEXOS**A. IMÁGENES**

IMAGEN 1
Tanque de Igualación

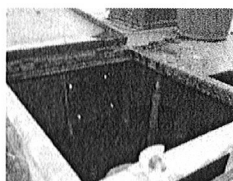
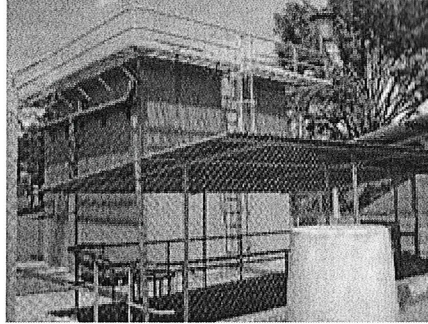


IMAGEN 2

Reactor



**J. MANUAL PARA LA RECOLECCIÓN DE DESECHOS
SÓLIDOS, ARENAS, GRASAS Y LODOS**

Nombre de la Empresa:	Área responsable:	Código:	Frecuencia de revisión: Anual
			Fecha de última revisión
			Número de revisiones:
Procedimiento estándar de operación			
Elaboró: Novenka Mastahinich	Revisó:	Autorizó:	
Título			
Manejo de desechos sólidos, arenas, grasas y lodos de la planta de tratamiento de agua residual			

ÍNDICE

1. Objetivo.....	62
2. Alcance.....	62
3. Definiciones.....	62
4. Responsabilidad.....	63
5. Procedimiento.....	63
A. Diagrama de Flujo.....	65
B. Cronograma de actividades la recolección de sólidos de la PTAR	

(planta de tratamiento de agua residual).....	65
C. Tabla # 1: Secuencia de actividades para el proceso de desechos de la PTAR planta de tratamiento de agua residual).....	65
6. Referencias.....	66
7. Historial de cambio.....	66
8. Anexos.....	66
A. Imagen 1: Áreas de limpieza.....	66
B. Imagen 2: Composta.....	68

1. OBJETIVO

- Establecer los lineamientos, criterios y responsabilidades bajo las cuales se dispondrá el producto de desecho de la planta de tratamiento para asegurar que el destino final sea una correcta disposición.

2. ALCANCE

Aplica a todo el producto de desecho, obtenido durante el proceso de tratamiento de agua residual, incluye sólidos, arenas, grasas y lodos.

3. DEFINICIONES

Área de limpieza: Son las etapas de la PTAR (Planta de tratamiento de agua residual) donde se acumulan desechos que necesitan ser removidos por el operario y luego serán recolectados para realizar composta.

- Botes: recipiente donde se recolectan los sólidos de desecho de la planta de tratamiento, estos botes esta rotulados con el nombre “Desechos Sólidos, PTAR (Planta de tratamiento de agua residual)”
- Composta: abono orgánico.
- Carretilla: es un recipiente donde se guardan los botes con desechos. Este recipiente esta rotulado con el nombre “uso exclusivo de la planta de tratamiento”.

4. RESPONSABILIDADES

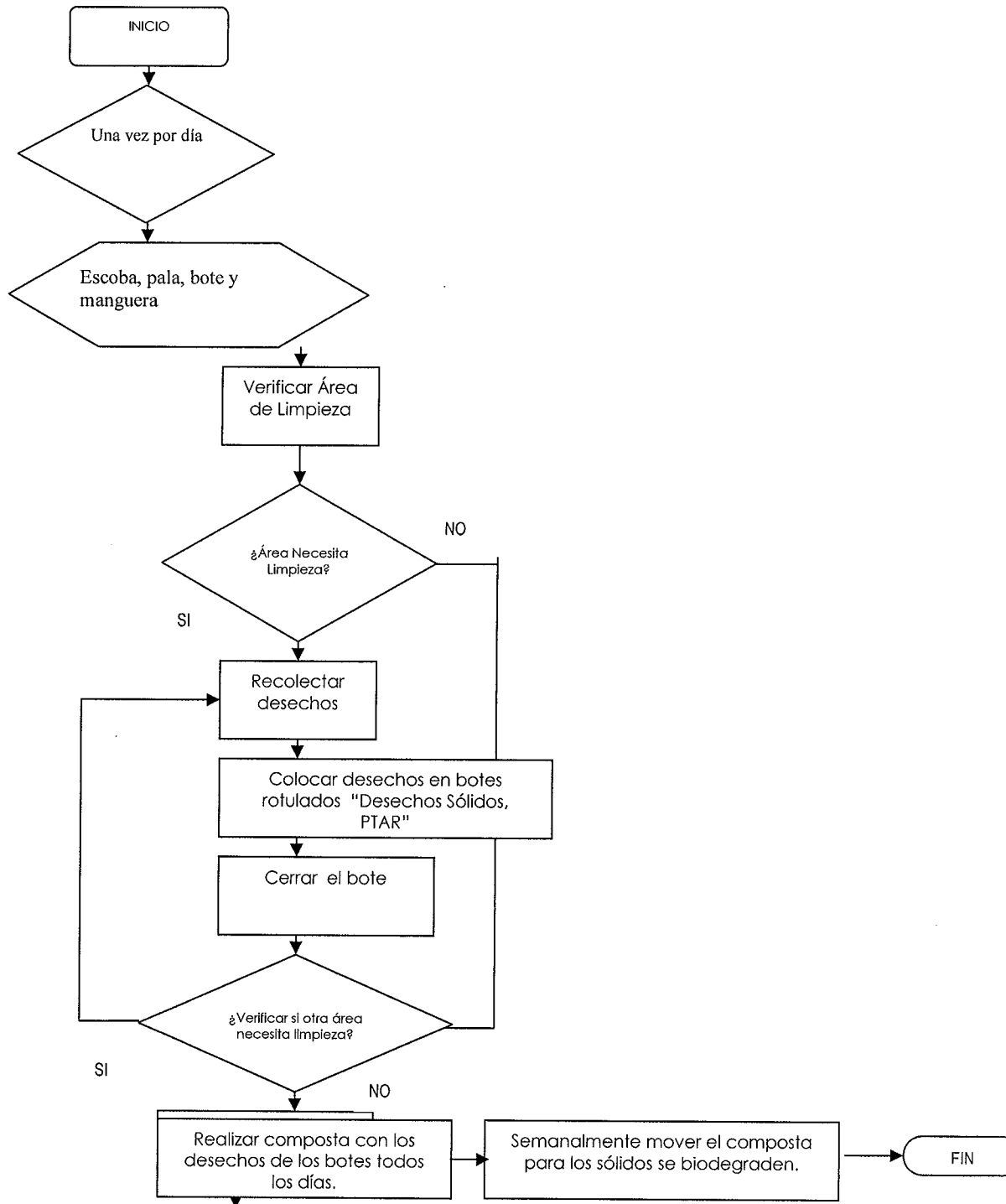
Es responsabilidad del **operario en turno** recolectar los desechos durante el proceso de tratamiento de agua residual. Los desechos incluyen sólidos retenidos en las cribas, arenas del desarenador, grasas de la trampa de grasas y lodos del reactor UASB (reactor de flujo ascendente) y del clarificador. El operario de turno también es el encargado de realizar el composta con los sólidos recolectados, esto se realiza todos los días.

Es responsabilidad del **supervisor de planta de tratamiento de agua residual** velar que este procedimiento se cumpla. También deberá velar que los operarios en la planta cuenten con los recursos necesarios para la recolección de desechos y que realicen este procedimiento de forma adecuada.

5. PROCEDIMIENTO

A. DIAGRAMA DE FLUJO

De acuerdo con la información presentada a continuación se presenta un diagrama de flujo que representa en forma gráfica el procedimiento que se debe seguir con los sólidos recolectados:



B. CRONOGRAMA PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS SÓLIDOS DE DESECHO DE LA PTAR (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL)

ACTIVIDAD	07:45 a.m.	08:00 a.m.	08:15 a.m.	08:30 a.m.	08:45 a.m.	09:00 a.m.	09:15 a.m.	09:30 a.m.	09:45 a.m.	10:00 a.m.	10:15 a.m.	10:30 a.m.	10:45 a.m.	11:00 a.m.	11:15 a.m.	11:30 a.m.	11:45 a.m.	12:00 p.m.	12:15 p.m.	12:30 p.m.	12:45 p.m.	01:00 p.m.	01:15 p.m.	01:30 p.m.	01:45 p.m.	02:00 p.m.	02:15 p.m.	02:30 p.m.	02:45 p.m.	03:00 p.m.	03:15 p.m.	03:30 p.m.	03:45 p.m.	04:00 p.m.	04:15 p.m.	04:30 p.m.	04:45 p.m.	05:00 p.m.		
Verificar área de limpieza																																								
Recolectar desechos caja de cribas																																								
Recolectar desechos desarenador																																								
Recolectar desechos tamiz																																								
Recolectar desechos trampa de grasa																																								
Colocar desechos en botes rotulados																																								
Cerrar bote																																								
colocar bote en carretilla																																								

C. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

TABLA 1
Secuencia de actividades en el proceso de desecho de la
Planta de tratamiento de agua residual.

No.	Actividad	Responsable	
		Operador de turno de planta de tratamiento de agua residual	Supervisor de planta de tratamiento de agua residual
1	Verificar el área de limpieza, ¿hay presencia de desechos acumulados? a). Sí, seguir paso 2 b). No, seguir paso 5	X	
2	Recolectar los desechos que se encuentre en las áreas de limpieza.	X	
3	Colocar desechos recolectados en botes rotulados "Desechos sólidos de la PTAR".	X	
4	Cerrar el bote para evitar derrames.	X	
5	Verificar otra área de limpieza, ¿hay presencia de desechos acumulados? a). Sí, seguir paso 2 b). No, seguir paso 6	X	
6	Colocar los botes dentro de la carretilla.	X	
7	Realizar composta con los desechos de los botes todos los días.	X	
8	Semanalmente mover el composta para los sólidos se biodegraden.	X	X

6. REFERENCIAS

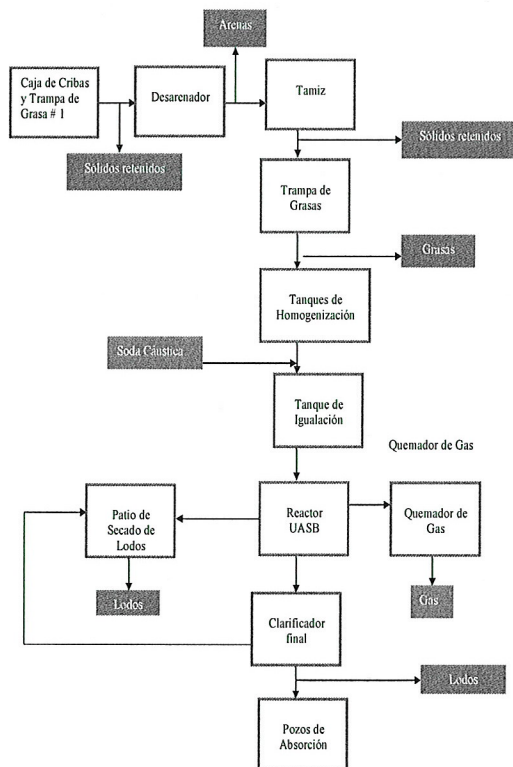
- Procedimiento estándar de operación “Realización de Composta con los Desechos Sólidos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual”

7. HISTORIAL DE CAMBIO

FECHA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
03/11/2008	Novenka Mastahinich	Elaboró

8. ANEXOS

A. IMAGEN 1: Área de limpieza



B. IMAGEN 2: Composta**K. Manual para la realización de composta con los desechos sólidos recolectados.**

Nombre de la Empresa:	Área responsable:	Código:	Frecuencia de Revisión: Anual
			Fecha de última revisión
			Número de revisiones:
Procedimiento estándar de operación			
Elaboró: Novenka Mastahinich	Revisó:	Autorizó:	
Título			
Realización de composta con los desechos sólidos de la planta de tratamiento de agua residual			

ÍNDICE

1. Objetivo.....	68
2. Alcance.....	68
3. Definiciones.....	68
4. Responsabilidad.....	69
5. Procedimiento.....	69
A. Diagrama de Flujo.....	69
B. Cronograma de actividades para la realización de composta con los sólidos de desecho recolectados.....	70

C. Tabla 1: Secuencia de actividades para la realización de composta con los sólidos de desecho recolectados.....	70
6. Referencias.....	71
7. Historial de cambio.....	71
8. Anexos.....	71
A. Imagen 1: Composta, sólidos de desecho con tierra negra.....	71
B. Imagen 2: Volcán de composta.....	72
C. Imagen 3: Rotulo de la prueba de compostaje.....	72

1. OBJETIVO

- Establecer los lineamientos, criterios y responsabilidades bajo las cuales se realizara composta con los productos de desecho de la planta de tratamiento para asegurar su correcta disposición final.

2. ALCANCE

Aplica a todo el producto de desecho, obtenido durante el proceso de tratamiento de agua residual, que no es reciclable y no se puede aprovechar como alimento para animales.

3. DEFINICIONES

- Botes: recipiente donde se recolectan los sólidos de desecho de la planta de tratamiento, estos botes están rotulados con el nombre “Desechos Sólidos, PTAR (Planta de tratamiento de agua residual)”
- Composta: abono orgánico.
- Carretilla: es un recipiente donde se guardan los botes con desechos. Este recipiente esta rotulado con el nombre “uso exclusivo de la planta de tratamiento”.
- Tierra negra: es la tierra que se utiliza para realizar el composta.
- Volcán de composta: es el la forma que toma la tierra negra con los sólidos para realizar composta.
- Volcán de composta terminado: cuando al mover el volcán este ya no tiene mal olor ni sólidos biodegradables a la vista. El olor característico de una composta terminada es a tierra.

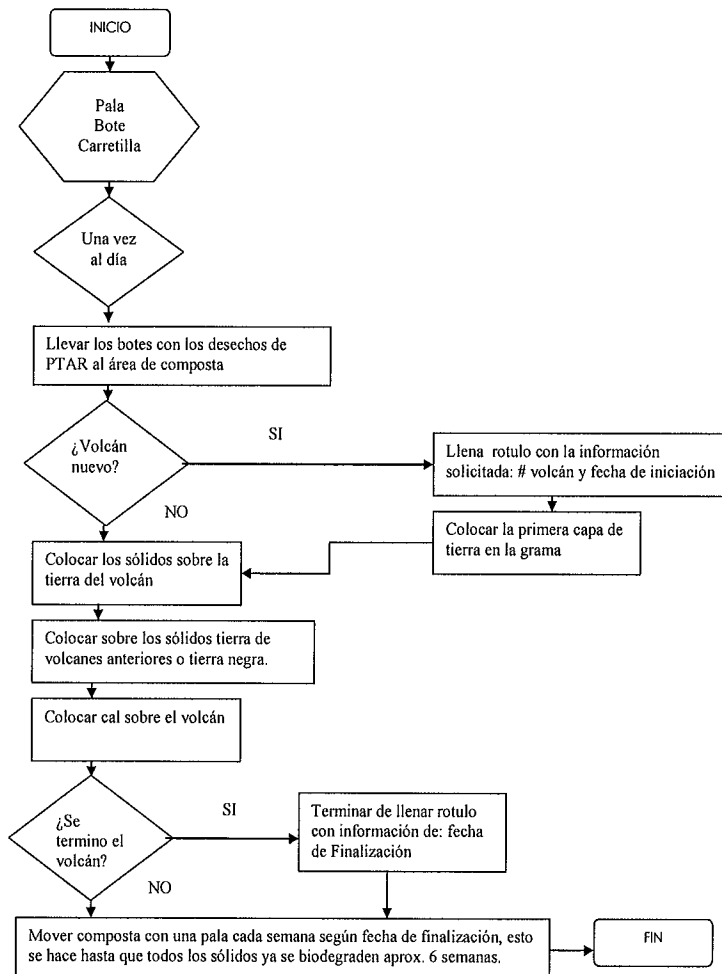
4. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del **operario en turno** realizar correctamente el composta con los sólidos recolectados en la PTAR, este procedimiento se realiza todos los días.

Es responsabilidad del **supervisor de planta de tratamiento de agua residual** velar que este procedimiento se cumpla. También deberá velar que los operarios en la planta cuenten con los recursos necesarios para la elaboración de composta y que realicen este procedimiento de forma adecuada.

5. PROCEDIMIENTO.

A. Diagrama de flujo



B. Cronograma para la realización de composta con los sólidos de desechos recolectados.

ACTIVIDAD	01:45 p.m.	02:00 p.m.	02:15 p.m.	02:30 p.m.	02:45 p.m.	03:00 p.m.	03:15 p.m.	03:30 p.m.	03:45 p.m.	04:00 p.m.	04:15 p.m.	04:30 p.m.	04:45 p.m.	05:00 p.m.
Llevar la carretilla con los botes con los desechos sólidos al área de compostaje		■												
Llenar rotulo con la información solicitada: # de volcán y fecha de iniciación		■												
Colocar primera capa de de tierra			■											
Colocar sólidos sobre la tierra del volcán				■										
Colocar tierra sobre los sólidos					■									
Colocar cal sobre la tierra						■								
Terminar de llenar el rotulo del compostaje							■							
Mover compostajes								■	■	■				

C. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Tabla 2

Secuencia de actividades para la realización de composta con los sólidos de desecho

No.	Actividad	Responsable	
		Operador en turno de planta de tratamiento de agua residual	Supervisor de planta de tratamiento de agua residual
1	Llevar los botes con los desechos de PTAR al área de composta	X	
2	¿Volcán nuevo? a). SÍ, seguir paso 3 b). NO, seguir paso 5	X	
3	Llenar rótulo con la información solicitada: # volcán y fecha de iniciación	X	
4	Colocar la primera capa de tierra en la grama	X	
5	Colocar los sólidos sobre la tierra del volcán.	X	
6	Colocar sobre los sólidos tierra de volcanes anteriores o tierra negra.	X	
7	Colocar cal sobre el volcán		X
8	¿Se termino el volcán? a). SÍ, seguir paso 9 b). NO, seguir paso 10	X	
9	Terminar de llenar rótulo con información de: fecha de finalización	X	X
10	Mover composta con una pala cada semana según fecha de finalización, esto se hace hasta que todos los sólidos ya se biodegraden aprox. 6 semanas.	X	

Nota: un volcán se termino cuando este ya no tiene sólidos biodegradables a la vista y no tiene mal olor. El olor de una composta terminada es a tierra.

6. REFERENCIAS

- Procedimiento estándar de operación “Manejo de Desechos Sólidos, Arenas, Grasas y Lodos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual”

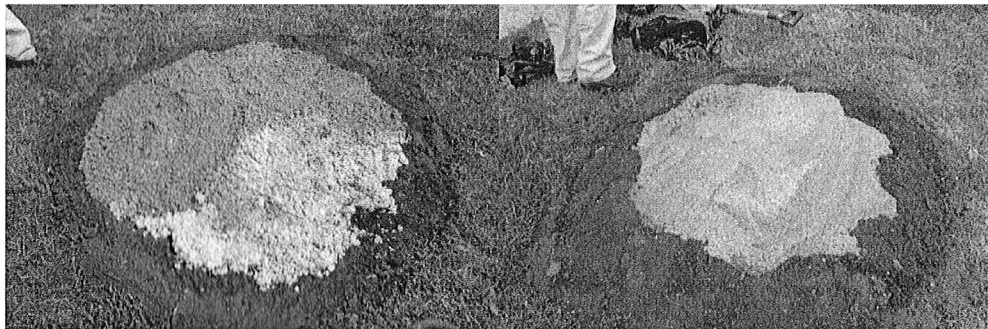
7. HISTORIAL DE CAMBIO

FECHA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
03/11/2008	Novenka Mastahinich	Se elaboró

8. ANEXOS

A. IMAGEN 1

Composta, sólidos con la tierra negra.





B. IMAGEN 2

Volcán de composta.



C. IMAGEN 3

Rótulo de la prueba de compostaje.

PRUEBA COMPOSTAJE

Montaña No. _____

DÍA Y FECHA EN QUE SE COLOCÓ LA PRIMERA CAPA DE SÓLIDOS: _____

DÍA Y FECHA EN QUE SE COLOCÓ LA ÚLTIMA CAPA DE SÓLIDOS: _____

TIEMPO ESTIMADO PARA LA PRUEBA: 6 a 8 semanas.

CUIDADOS

- Mover el compost semanalmente el día de la semana en que se colocó la última capa de sólidos.
- Verificar que la montaña siempre tenga cal en la parte de arriba.
- Verificar que todos los sólidos estén siempre cubiertos de tierra.

VII. DISCUSIÓN

Toda industria de proceso continuo, necesita para su operación normal el abastecimiento de agua para el desarrollo de sus actividades, generándose así como producto residual un afluente líquido que debe cumplir una determinada calidad para su correcta disposición.

Las aguas residuales son conducidas a una PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) donde se realiza la remoción de los contaminantes, a través de los métodos: biológicos y físico.

El objetivo principal es aumentar la eficiencia de la actual planta de tratamiento de agua residual de una planta productora de cereales, para cumplir con el reglamento de aguas residuales y las reglas establecidas por la empresa. Actualmente la planta de tratamiento cuenta con una eficiencia de 22 %.

Para trabajar en el mejoramiento de la operación de la planta de tratamiento e implementación de nuevas unidades se parte de los parámetros del afluente la planta de tratamiento obteniendo así los siguientes valores 105 m³/día de caudal de entrada, un DQO de 5,156 mg/L en la entrada de la y 890 mg/L de sólidos sedimentables en la entrada. Para la obtención de estos parámetros se trabajo en los análisis de laboratorio de calidad del agua residual. Durante los análisis de la calidad del agua residual se realizaron pruebas de DQO sin sólidos gruesos y sin arenas para ver la disminución de DQO (Demanda química de oxígeno). También se incluyeron el análisis de la cantidad de sólidos gruesos y arenas que contenía el agua residual mediante la sedimentación en conos imhoff, estos desechos se sometieron a pruebas de humedad y densidad. (Refiérase a los cuadro # 18 y 19 situados en el apéndice).

Durante la etapa de análisis se efectuaron observaciones importantes en la operación y funcionamiento de las unidades. El tamiz no funcionaba adecuadamente ya que se sobre-cargaba con los sólidos de desecho ocasionando rebales y la saturación también ocasiona que ciertos sólidos pasen a las siguientes unidades. El tamiz no retiene las arenas que contiene el agua residual. Otro observación muy importante fue que el reactor de flujo ascendente manejaba eficiencias muy bajas y dentro un manto de lodo se encontraba en condiciones no controladas de pH manejando así pH de 4.80.

Partiendo de lo anterior se inició el proceso de investigación con el cual se logró determinar las alternativas más convenientes para mejorar la eficiencia actual de la planta de tratamiento, de manera que esta se pueda verter en las aguas subterráneas sin contaminar.

El primer problema a resolver fue los rebalses ocasionados por el tamiz y los sólidos y arenas que no se retenían. Para esto se diseñó una caja de cribas para retener los sólidos gruesos, la caja consta de dos cribas colocadas a 45° de suelo y un deflector después de las cribas. La primera criba cuenta con agujeros de 6 mm de diámetro y la segunda de 3 mm de diámetro. La primera criba retiene aquellos sólidos más gruesos y la segunda lo que la primera no puede retener. El deflector evita que las grasas pasen a las siguientes unidades forzando al agua a pasar por debajo de ella y a las grasas a depositarse en la parte superior. Esta caja de cribas tiene un volumen de 1.40 m³ con las siguientes dimensiones: 2.80 m de largo, 0.5 m de ancho y 1.00 m de profundidad. Las dimensiones de las cribas son de 1.13 m de largo y 0.5 m de ancho. El deflector tiene un largo y ancho de 0.5 m. Los materiales de construcción deberán ser de concreto para la caja de cribas y acero inoxidable para las cribas y el deflector. Se trabaja con un recubrimiento epóxico en la caja de cribas para evitar que este se desgaste o raje por el pH del agua residual por esta misma razón se seleccionó acero inoxidable para las cribas y el deflector.

Para las arenas que el tamiz no recolecta se ha diseñado un desarenador que es el encargado de remover las partículas con diámetro menor de 0.2 cm. Este desarenador es de tipo convencional cuenta con una zona de entrada que tiene como función el conseguir una distribución uniforme de la línea de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad, una zona de eliminación de la arena, parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad, una zona de salida que está conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo y otra para el depósito y eliminación de las arenas sedimentadas, constituida por una tolva con pendiente del 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de la caja de recolección. En la zona de lodos se cuenta con un deflector que obliga a los sólidos a sedimentar, éste fuerza para que el agua pase por debajo del deflector. La zona de entrada cuenta con un ángulo de divergencia suave de 12°30'. El volumen de este tanque es de 2.18 m³ y las dimensiones son las siguientes: Largo de 3.5 m, ancho de 0.5 m y profundidad de 1.00m. La zona de entrada tiene un largo de 1.00 m, la de lodos de 0.5 m y la de desarenado 2m. El fondo

cuenta con una caja donde se acumulan las arenas que tiene un volumen de 0.75 m^3 , el diseño de la caja se realiza para siete días evitando así limpiezas frecuentes y un porcentaje de seguridad de 100% para evitar que se sature. Las dimensiones de esta caja son de 0.5 m de largo, 0.70 m de ancho y 0.50 m de profundidad. Los materiales de construcción son concreto con un recubrimiento epóxico para el desarenador y para la caja recolectora de arenas y el deflector será de acero inoxidable. En la caja de cribas se recolectarán aproximadamente 40 kg/día de sólidos y en el desarenador 23 kg/día de arenas.

Para el segundo problema, la inestabilidad del reactor de flujo ascendente se decide continuar trabajando con un el sistema actual anaerobio ya que hoy en el mundo son los más empleados para la degradación de la materia orgánica industrial. Estos tienen innumerables ventajas como las que se mencionan a continuación: bajo consumo de energía, producción mínima de lodo, baja área de implantación, no presenta problemas de olores, etc., por lo tanto la selección de este tipo de tratamiento es el más acertado y particularmente para el tratamiento de aguas residuales para una industria alimenticia.

El objetivo en esta sección de la investigación es estabilizar al reactor y encontrar las fallas dentro de la operación.

Se inicia con una prueba para verificar si el tiempo de retención en el tanque de homogenización es el correcto, durante el trascurso de esta prueba se colocaba un batch de agua residual, se estabiliza 16 horas y luego se ingresa al reactor. Luego de cinco meses de prueba se observó que el tiempo de retención influenciaba mucho en la estabilidad del reactor de flujo ascendente.

Para poder degradar la materia orgánica vía anaerobio, es necesario, que en el sistema tenga las unidades adecuadas para que se generen las fases requeridas que permitan transformar la materia orgánica a metano.

En términos generales, en un sistema anaerobio, el agua residual requiere para su degradación cuatro fases:

- la hidrólisis, que tiene por objeto romper las moléculas de grandes cadenas a macromoléculas de pequeño tamaño
- la segunda, es decir la acidificación consiste en transformar estas macromoléculas en ácidos grasos,
- la tercera, la acetogenesis, que permite pasar todos los ácidos grasos en ácido acético, y la cuarta y más importante, es la encargada de digerir el ácido acético y convertirlo en metano.

En cada una de estas fases intervienen diferentes tipos de microorganismos, con un medio de vida diferente, esto obliga, en los sistemas de tratamiento anaerobios de última tecnología, a dividir las fases en cuatro unidades, dos unidades que se llevan a cabo en un primer tanque llamado homogenización y las fases 3 y 4 se desarrollan en el reactor de flujo ascendente.

En las fases 1 y 2 se diseñó tres tanques de homogenización con un volumen dado de 28 m³, con el cual se brindan 16 horas de retención de agua, antes de ingresar al reactor de flujo ascendente.

Para poder contar con 16 horas de retención y su aseguramiento, se diseñaron los tres tanques que rotan durante la operación. Mientras un tanque esta llenándose el otro está ya lleno y solo en la etapa de reposo y el últimos esta vaciándose, formando así un ciclo. Estos tanques se construyen de concreto con un recubrimiento epóxico por los pH del agua residual y cuentan con una tapadera de metal para poder ingresar a los tanques.

Durante la prueba el pH dentro del reactor aumento de 4.80 a 6.57 como promedio y el la eficiencia respecto a DQO (Demanda química de oxígeno) aumento del 22 al 80% al obtener un DQO (Demanda química de oxígeno) promedio a la salida del reactor de 608 mg/L.

Al analizar la situación del reactor se decidió volverlo arrancar el reactor de flujo ascendente vigilando la estabilización del mismo. Para esto se realizó un manual de operación donde se describe el procedimiento para arrancar la planta de tratamiento, la cual se inicia al extrae el manto de lodos actuales (éstos se encontraron en malas condiciones), esto se puede notar por el color que los lodos tienen ya que deben de ser negros y estos tienen un color café quemado.

Luego se procederá a la inyección de lodos en el reactor de flujo ascendente de una planta de tratamiento de un condominio, estas bacterias se acostumbran rápidamente a diferentes condiciones.

El manual describe los puntos críticos de control como el pH dentro del reactor y la carga orgánica que se le ingresa reactor. El pH dentro debe mantenerse entre 6.5 y 7.5 y el DQO (Demanda química de oxígeno) debe no ser menores a 6,000 mg/L hasta que el reactor se acostumbre a altas cargas de DQO (Demanda química de oxígeno). Dentro del procedimiento se encuentran las acciones correctivas y la responsabilidad del los operarios y supervisor de la planta de tratamiento. El diagrama de flujo muestra paso a paso las diferentes formas de operar durante el arranque y se finaliza con un cuadro de actividades a seguir.

El presupuesto de la inversión para ejecutar el proyecto de mejora de eficiencia y ampliación de la planta de tratamiento se divide en tres etapas: 1) Es la caja de cribas con un costo de Q. 72,218.30, 2) El desarenador con un costo de Q. 124,500.00 y la tercera y ultima etapa es la de los tanques de homogenización con un costo de Q 341,347.70 esto costos incluyen la obra civil, excavación, accesorios de acero inoxidable, tuberías y accesorios de PVC y la pintura epóxica.

El costo total del proyecto es de Q 558,066.00. La empresa productora de cereales únicamente supervisa la ejecución del proyecto. Los beneficios de realizar un proyecto como este tipo llave en mano, es que el proveedor es el encargado de todo lo referente a la ejecución del proyecto (cotizaciones, materiales, cumplimiento del cronograma presentado, también es el responsable de todas las personas que estén trabajando para el proyecto, así como de la garantía de todo). El beneficio más importante es que la empresa productora de cereales solamente tiene que tener trato con el proveedor seleccionado, esto evita tener que supervisar a más de un proveedor.

Según el cronograma presentado el proyecto se puede llevar a cabo en aproximadamente 12 semanas el cual debe ser cumplido por el proveedor. Otro factor a tomar en cuenta y de suma importancia es el tratamiento de los desechos sólidos y los lodos que serán extraídos de la planta de tratamiento. Para esto se redactaron dos manuales de operación, el primero describe las áreas

y forma de limpieza de las unidades donde se extraerán sólidos, arenas, grasas y lodos y el segundo describe la forma de tratamiento de los desechos, realizando composta con ellos.

El compost es producto que se obtiene al someter la materia orgánica a un proceso de fermentación aerobia que la transforma en una mezcla estable, lo más homogénea posible y que guarde una relación entre sus componentes que le confieran un buen valor agronómico. La elección de este procedimiento se basa en el cuidado del medio ambiente evitando así que estos desechos se depositen en los rellenos sanitarios y aumentar el volumen de desechos sólidos de Guatemala.

La estabilización de la materia orgánica se consigue por la oxidación de las moléculas complejas que se transforman en otras más sencillas y estables. En este proceso se desarrolla calor que, al elevar la temperatura de la masa, produce la esterilización de ésta y la eliminación de agentes patógenos. La fermentación de la materia orgánica comporta, de una parte, degradación o descomposición y, de otra, reajuste o síntesis de nuevos productos. El proceso lo llevan a cabo los microorganismos (bacterias y hongos), y nuestra intervención se limita a proporcionar las condiciones idóneas para que el proceso se realice con la máxima rapidez y eficacia. En el procedimiento de compostas establecido se deben de mantener bajo control las variables como pH, oxígeno, humedad y temperatura, para esto cuando se forma un volcán de compostaje, mezcla de tierra negra y los desechos, se debe mover cada semana para mantener bajo control estas variables, dándole así uniformidad y homogenización a la mezcla de tierra y desechos.

En el presente trabajo se logra obtener la implementación de las nuevas unidades como son la caja de cribas, el desarenador y los tanques de homogenización y la estabilización del reactor que aumentaran la eficiencia de la planta de tratamiento para que cumpla con los parámetros establecidos por la ley, además se logra obtener un adecuado manejo de los desechos sólidos, arenas, grasas y lodos obtenidos durante el proceso de tratamiento.

VIII. CONCLUSIONES

1. La caja de cribas diseñada brindará la retención de los sólidos gruesos. Esta caja contará de dos cribas de distinto diámetro de agujeros y un deflector para retener grasas, la primera criba tiene agujeros de 6 mm de diámetro y la segunda, con agujero de 3 mm de diámetro. El volumen de la caja de cribas es de 1.4 m^3
2. El desarenador eliminará aquellas partículas con un diámetro de 0.2 mm, cuenta con un deflector y una zona desarenadora con el 10 % de inclinación para ayudar a que los sólidos se depositen en la caja de sólidos retenidos. El volumen del desarenador es de 2.18 m^3 . La caja de retención de sólidos del desarenador tiene un volumen de 0.75 m^3 y cuenta con una válvula para poder extraer los sólidos retenidos. Esta caja cuenta con un tiempo de retención para siete días evitando limpiezas frecuentes.
3. La construcción de tres tanques de homogenización de 28 m^3 se necesita para asegurar 16 horas de retención del agua residual antes que sea neutralizada e ingrese el reactor.
4. El tiempo de retención de 16 horas logra aumentar la eficiencia del reactor UASB (Reactor de flujo Ascendente) de 22 % con un pH interno de 4.80 a un eficiencia del 80 % manteniéndolo estable al reactor con un pH interno de 6.57.
5. La elaboración de manuales de limpieza de las unidades de la planta de tratamiento donde se obtienen sólidos biodegradables y la realización de composta logrará un tratamiento de sólidos de desecho amigable al medio ambiente.
6. La elaboración de un manual para el arranque de la planta de tratamiento logra mantener la estabilidad del reactor y lo acostumbra a las cargas de DQO (Demanda química de oxígeno) que ingresaran. Manteniendo así un ambiente con pH y DQO (Demanda química de oxígeno) controlados para el manto de lodos que vive dentro del reactor.

7. El presupuesto para realizar el proyecto de ampliación y mejora de eficiencia de la planta de tratamiento es de Q 558,066.00 el proyecto se realizará tipo llave en mano para que la empresa productora de cereales solamente se encargue de supervisar la ejecución del proyecto.

IX. RECOMENDACIONES

1. Darle seguimiento a los análisis de DQO (Demanda química de oxígeno), pH, sólidos sedimentables y DBO para controlar la eficiencia de la planta de tratamiento y poder observar si esta cumple con los parámetros establecidos por la ley y la empresa.
2. Controlar el pH dentro del reactor diariamente para mantenerlo estables y si existe algún descontrol poner en práctica las acciones correctivas presentadas en el manual del arranque de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)
3. Luego de la implementación de los nuevos diseños y el arranque de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) se debe realizar un estudio técnico de la calidad del agua residual para validar los parámetros de salida del agua residual.
4. Se recomienda elaborar los manuales de operación y mantenimiento de la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual) y capacitar al personal responsable de operación.
5. Se sugiere cubrir los tanques de homogenización debido al nivel de agua residual y su pH 4, así como recubrir con pintura epóxica, la caja de cribas, desarenador y tanques de homogenización.
6. Es necesario incluir, en el manual de mantenimiento, una frecuencia de recubrimiento epóxico anual para que el concreto no se dañe y así prolongar su tiempo de vida útil.
7. Debido a la importancia del pH en el reactor UASB (reactor de flujo ascendente), se recomienda contar con un potenciómetro para supervisar constantemente el nivel de acidez de las aguas residuales a la salida de la etapa de neutralización.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eckenfelder Jr., W., J. Patoczka & A. Watkin. 1985. *Wastewater treatment*. Chemical Engineering. 60-74.

Falco, Cesar. 1964. *Manual de tratamiento de aguas negras*. Mexico. Limusa-Wiley, S.A. 47 -69 págs.

Perry, R & D. Green. 2007. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 8ª. ed. Estados Unidos. McGrawHill inc. 22-58 a 22-81 págs.

Romero, Jairo Alberto. 1999. *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. 1ª ed. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1198 págs.

Viñas, María; Soubes, Matilde; Borzacconi, Liliana y Muxi, Lucía. 1994. *III Taller y Seminario Latinoamericano "Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales"*. Uruguay. Universidad de la Republica. 111 – 198 págs.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS CONSULTADOS:

Agua, Técnica e servicios, LDA. 2006. http://oh2.pt/Equip/equip_trat_uasb.htm.

Agua Potable. 8 de junio del 2001. <http://potablewater.iespana.es/filtracion.htm>

Construcción de trampas de grasa para aguas servidas. 27 de Noviembre del 2008. <http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=362>.

Cribas de goma. n.d, www.leonesadefandas.com/xcentroprodcribas.htm.

N.W. Hodson. Parcelas de Campo. 1997, <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s05.htm>.

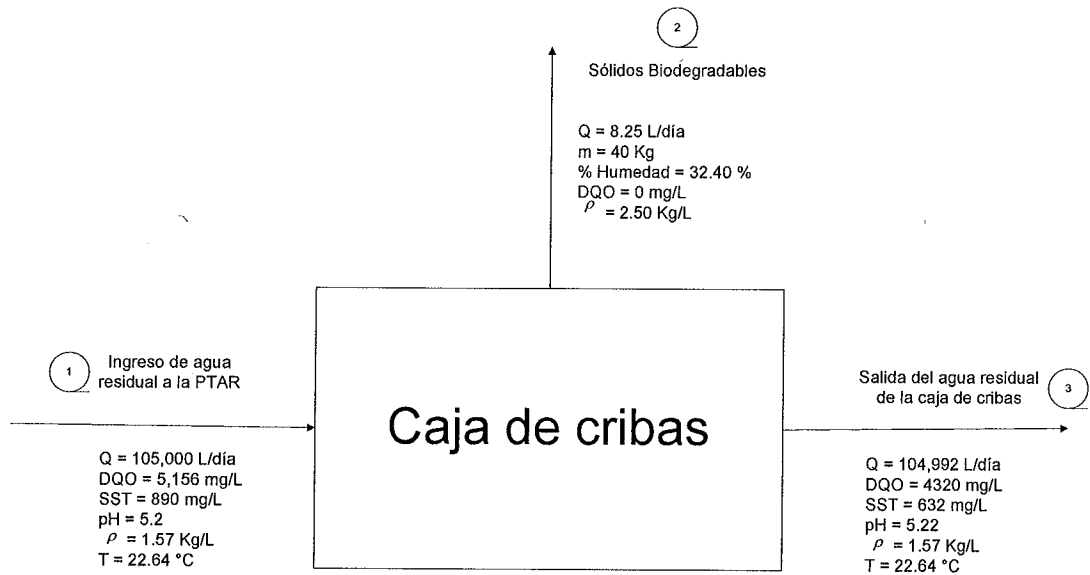
Organización panamericana de la salud. Guía de diseño de desarenadores y sedimentadores. 2005. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.

Pozos de absorción prefabricados. 7 de abril del 2001. <http://tanquediez.com/tecnica/pap.html>

X. APÉNDICE

A. Cálculos y datos necesarios para el balance de masa de la caja de cribas

Balance de Masa para la Caja de Cribas



Donde :

$V = \text{Volumen}_{\text{del}_{\text{agua}}_{\text{residual}}}$

$Q = \text{Caudal}$

$m = \text{Masa}_{\text{del}_{\text{agua}}_{\text{residual}}}$

$\rho = \text{Densidad}$

$m_{\text{tot}} = \text{Masa}_{\text{total}}$

$m_{AR} = \text{Masa}_{\text{del}_{\text{agua}}_{\text{residual}}_{\text{en}_{\text{la}}_{\text{etapa}}_{\text{2}}}$

$m_{\text{sólidos}} = \text{Masa}_{\text{de}_{\text{los}}_{\text{sólidos}}_{\text{presentes}}}$

$SST = \text{Sólidos}_{\text{suspendidos}}$

Base 1 días:

$$m_1 = m_2 + m_3$$

$$m_3 = m_1 - m_2$$

Calculo del volumen y la masa del agua que ingresa a la planta de tratamiento

$$V_1 = Q * Base$$

$$V_1 = 105,000 \frac{L}{dia} * 1 dia = 105,000L$$

$$m_1 = V_1 * \rho_1$$

$$m_1 = 105,00L * \frac{1.57Kg}{1L} = 164,850kg$$

Calculo del volumen y la masa en la salida de los sólidos biodegradables

$$m_2 = 40kg \quad \Longrightarrow \quad \text{Humedad del } 32.40 \%$$

$$m_{AR} = 40Kg * 0.3240 = 12.96Kg_{AR}$$

$$V_{AR} = m_{AR} * \rho_1$$

$$V_{AR} = 12.96Kg_{AR} * \frac{1L}{1.57Kg} = 8.25L$$

$$m_2 = (m_{tot} - m_{AR})$$

$$m_2 = (40 - 12.96) = 27.04Kg$$

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{27.04Kg}{2.50 \frac{Kg}{L}} = 10.81L$$

Calculo del volumen y la masa a la salida de la caja de cribas

$$m_3 = m_1 - m_2$$

$$m_3 = (164,850 - 12.96)Kg = 164,837Kg$$

$$V_3 = V_1 - V_2$$

$$V_3 = (105,000 - 8.25)L = 104,993L$$

Calculo de Sólidos suspendidos totales en la salida de la caja de cribas

$$SST_1 = 890 \text{ mg} / L$$

$$m_{1\text{Sólidos}} = SST_1 * V_1 = 890 \frac{\text{mg}}{L} * 105,000 L = 93450000 \text{ mg}$$

$$m_{1\text{Sólidos}} = 93.45 \text{ Kg}$$

$$m_{3\text{Sólidos}} = m_{1\text{Sólidos}} - m_{2\text{Sólidos}}$$

$$m_{3\text{Sólidos}} = 93.45 \text{ Kg} - 27.04 \text{ Kg} = 66.41 \text{ Kg}$$

$$m_{3\text{Sólidos}} = 66410000 \text{ mg}$$

$$SST_3 = \frac{m_{3\text{Sólidos}}}{V_3}$$

$$SST_3 = \frac{66410000 \text{ mg}}{104,992 L} = 632.524 \frac{\text{mg}}{L}$$

Calculo de pH en la salida de la caja de cribas

$$pH_1 = 5.2$$

$$V_1 = 105,000 L$$

$$V_3 = 104,992 L$$

$$pH_1 = -\text{Log}([H^+]) \quad \Longrightarrow \quad ([H^+]) = \text{Log}^{-1}(pH)$$

$$([H^+]) = \text{Log}^{-1}(5.2) = 0.000006 M$$

$$(\text{gmol}[H^+]_1) = [H^+]_1 * V_1$$

$$(\text{gmol}[H^+]_1) = 0.000006 \frac{\text{gmol}}{L} * 105,000 L$$

$$(\text{gmol}[H^+]_1) = 0.63$$

$$(\text{gmol}[H^+]_1) = (\text{gmol}[H^+]_3)$$

$$[H^+]_3 = \frac{gmol[H^+]_3}{V_3}$$

$$[H^+]_3 = \frac{0.63 gmol}{104.992 L}$$

$$[H^+]_3 = 0.000006 M$$

$$pH_3 = -\text{Log}([H^+]_3)$$

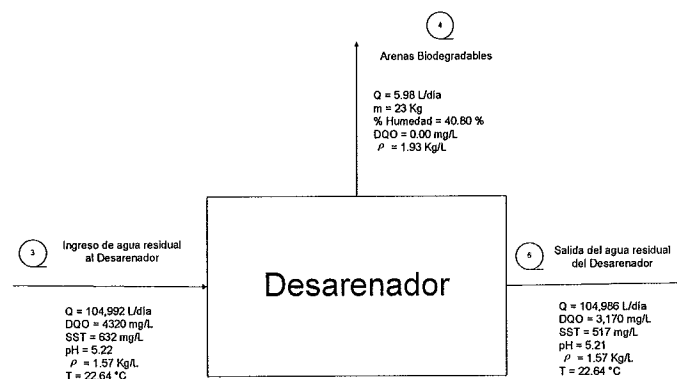
$$pH_3 = 5.22$$

Cuadro 20
Datos requeridos para el balance de masa de la caja de cribas

Caudal de entrada a la PTAR	105,000 L/día
DQO de entrada a la PTAR	5,156 mg/L
Sólidos sedimentables	890 mg/L
Temperatura de entrada a la PTAR	22.64
pH de entrada a la PTAR	5.2
Densidad del agua residual	1.57 Kg/L
Masa de sólidos biodegradables	40 Kg
% de humedad en los Sólidos biodegradables	32.40 %
Densidad de los sólidos biodegradables	2.50 Kg/L
DQO en la salida de la caja de cribas	4320 mg/L

B. Cálculos y datos necesarios para el balance del desarenador

Balance de Masa para el Desarenador



Donde :

$V = \text{Volumen}_{\text{del}_{\text{agua}_{\text{residual}}}}$

$Q = \text{Caudal}$

$m = \text{Masa}_{\text{del}_{\text{agua}_{\text{residual}}}}$

$\rho = \text{Densidad}$

$V_{AR} = \text{Volumen}_{\text{del}_{\text{agua}_{\text{residual}}}_{\text{en}_{\text{la}_{\text{etapa}_{\text{4}}}}}}$

$m_{\text{tot}} = \text{Masa}_{\text{total}}$

$m_{AR} = \text{Masa}_{\text{del}_{\text{agua}_{\text{residual}}}_{\text{en}_{\text{la}_{\text{etapa}_{\text{4}}}}}}$

$SST = \text{Sólidos}_{\text{suspendidos}}$

Base 1 días:

$$m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_5 = m_3 - m_4$$

Calculo del volumen y la masa del agua que ingreso al desarenador

$$V_3 = 104,992L$$

$$m_3 = 164,810Kg$$

$$m_4 = 23kg$$

Calculo del volumen y la masa en la salida de los arenas biodegradable

$$m_4 = 23kg \quad \Longrightarrow \quad \text{Humedad del } 40.80 \%$$

$$m_{4AR} = 23Kg * 0.4080 = 9.38Kg_{AR}$$

$$V_{4AR} = m_{AR} * \rho_1$$

$$V_{4AR} = 9.38Kg_{AR} * \frac{1L}{1.57Kg} = 5.98L$$

$$m_4 = (m_{\text{tot}} - m_{AR})$$

$$m_4 = (23 - 9.38) = 13.616Kg$$

$$V_4 = \frac{m_4}{\rho_4} = \frac{13.616Kg}{2.50 \frac{Kg}{L}} = 7.054L$$

Cálculo del volumen y la masa a la salida del desarenador

$$m_5 = m_3 - m_4$$

$$m_5 = (164,810 - 13.616)Kg = 164,823Kg$$

$$V_5 = V_3 - V_4$$

$$V_3 = (104,992 - 5.98)L = 104,986L$$

Cálculo de Sólidos suspendidos totales en la salida del desarenador

$$SST_3 = 632mg / L$$

$$m_{3Sólidos} = SST_1 * V_1 = 632 \frac{mg}{L} * 104,992L = 6.635 * 10^7 mg$$

$$m_{3Sólidos} = 66.35Kg$$

$$m_{5Sólidos} = m_{3Sólidos} - m_{4Sólidos}$$

$$m_{5Sólidos} = 66.35Kg - 13.616Kg = 52.73Kg$$

$$m_{5Sólidos} = 5.273 * 10^7 mg$$

$$SST_5 = \frac{m_{5Sólidos}}{V_5}$$

$$SST_5 = \frac{5.273 * 10^7 mg}{104,986L} = 517.07 \frac{mg}{L}$$

Cálculo de pH en la salida del desarenador

$$pH_3 = 5.22$$

$$V_3 = 104,992L$$

$$V_5 = 104,986L$$

$$pH_1 = -\text{Log}([H^+]) \quad \Longrightarrow \quad ([H^+]) = \text{Log}^{-1}(pH)$$

$$([H^+]) = \text{Log}^{-1}(5.22) = 0.000006M$$

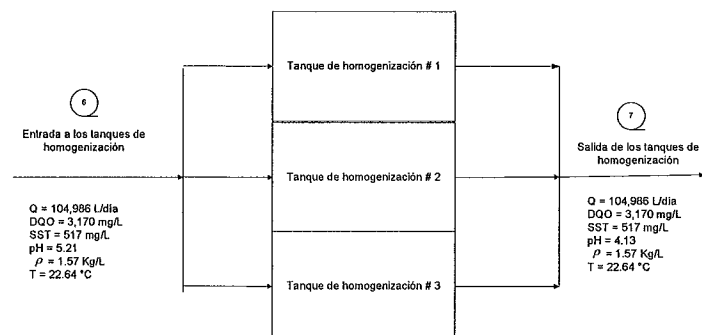
$$\begin{aligned} (gmol[H^+]_3) &= [H^+]_3 * V_3 \\ (gmol[H^+]_3) &= 0.000006 \frac{gmol}{L} * 104,992L \\ (gmol[H^+]_3) &= 0.6326 \\ (gmol[H^+]_3) &= (gmol[H^+]_5) \\ [H^+]_5 &= \frac{gmol[H^+]_5}{V_5} \\ [H^+]_5 &= \frac{0.6326 gmol}{104.986L} \\ [H^+]_5 &= 0.000006M \\ pH_5 &= -Log([H^+]_5) \\ pH_5 &= 5.21 \end{aligned}$$

Cuadro 21
Datos requeridos para el balance de masa del desarenador

Masa de arenas biodegradables	23 Kg
% de humedad en los arenas biodegradables	40.80 %
Densidad de los arenas biodegradables	1.93 Kg/L
DQO en la salida del desarenador	3170 mg/L

C. Datos necesarios para el balance de masa de los tanques de homogenización

Balance de Masa para los tanque de Homogenización



Cuadro 22

pH en la salida de los tanques de homogenización después del tiempo de retención obtenido en la prueba de tiempo de retención

	pH
PROMEDIO	4.13
MAXIMO	5.00
MINIO	3.76

D. Cálculos de diseño del tanque de homogenización

Donde:

V_{th} = Volumen _ del _ tan que _ de _ homogenización

V_{th_n} = Volumen _ de _ un _ tan que _ de _ homogenización

$t_{retención}$ = Tiempo _ de _ retención

Q_6 = Caudal _ que _ ingresa _ al _ sistema _ de _ homogenización

L = Largo _ de _ un _ tan que _ de _ homogenización

b = Ancho _ de _ un _ tan que _ de _ homogenización

h = Profundidad _ de _ un _ tan que _ de _ homogenización

Volumen del Tanque de Homogenización

$$V_{th} = Q_6 * t_{retención}$$

$$Q_6 = 104,986 L$$

$$t_{retención} = 16h$$

$$V_{th} = 104,986 \frac{L}{Día} * \frac{1m^3}{1000L} * 16h * \frac{1Día}{24h}$$

$$V_{th} = 70m^3$$

Factor de seguridad por imprevistos = 20 %

$$V_{th} = 70m^3 * (1.20)$$

$$V_{th} = 84m^3$$

Volumen del cada tanque de homogenización

$$V_{th1} = V_{th2} = V_{th3}$$

$$V_{th-n} = \frac{V_{th}}{n}$$

$$V_{th-n} = \frac{84m^3}{3}$$

$$V_{th1} = V_{th2} = V_{th3} = 28m^3$$

Dimensionamiento del cada tanque de homogenización

$$h = 2m$$

$$L = 2b$$

$$V = L * b * h$$

$$28m^3 = 2 * b * b * 2$$

$$b = 2.65m$$

$$L = 2 * 2.65$$

$$L = 5.30m$$

E. Datos recolectados y graficas de la prueba del tiempo de retención en el sistema de homogenización

Cuadro 23

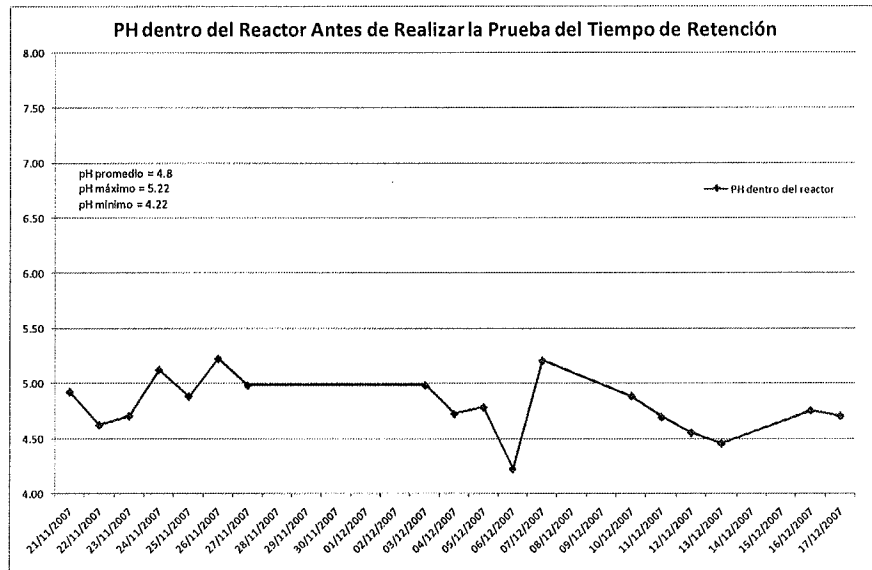
Datos recolectado del ingresado al reactor con el tiempo de retención de prueba

# Batch	Fecha	PH Entrada	DQO Entrada (mg/L)	DQO Salida (mg/L)	PH Salida	Tiempo de residencia tanque de Igualación	PH Después	% de Eficiencia
1	04/04/2008	7.11	1625	700	6.94	13	4.05	57%
2	08/04/2008	7.50	1940	810	6.79	12	4.03	58%
3	10/04/2008	7.31	2750	900	6.80	12	4.07	67%
4	11/04/2008	7.45	1740	654	6.95	13	4.98	62%
5	12/04/2008	7.35	1540	786	6.41	12	4.50	49%
6	14/04/2008	7.10	1605	985	6.75	12	4.03	39%
7	15/04/2008	7.21	1105	512	6.34	12	4.02	54%
8	17/04/2008	7.15	4885	520	6.38	13	4.05	89%
9	19/04/2008	7.18	5250	430	6.35	16	4.05	92%
10	21/04/2008	7.04	3435	321	6.23	16	4.59	91%
11	23/04/2008	7.31	3590	654	6.57	16	4.00	82%
12	25/04/2008	7.23	1725	234	6.75	16	4.00	86%
13	28/04/2008	7.43	725	515	6.45	8	4.00	29%
14	03/05/2008	7.53	2660	545	6.98	16	4.03	80%
15	05/05/2008	7.15	4435	300	6.87	16	4.02	93%
16	07/05/2008	9.40	1735	410	6.85	16	4.05	76%
17	08/05/2008	8.61	5880	710	6.45	8	5.00	88%
18	09/05/2008	8.21	6120	365	6.57	16	4.06	94%
19	11/05/2008	8.23	2260	455	6.47	16	4.07	80%
20	12/05/2008	8.27	2310	555	6.47	16	4.07	76%
21	13/05/2008	8.51	2095	675	6.45	16	4.06	68%
22	14/05/2008	8.39	1615	325	6.49	16	4.06	80%
23	15/05/2008	9.60	2335	265	6.55	16	4.05	89%
24	16/05/2008	8.44	4640	700	8.46	13	4.04	85%
25	17/05/2008	8.53	4140	470	7.03	13	4.04	89%
26	18/05/2008	8.33	5745	635	7.21	12	4.04	89%
27	19/05/2008	8.44	7580	960	6.92	13	4.04	87%
28	20/05/2008	8.70	2140	710	6.82	13	4.00	67%
29	23/05/2008	8.65	2810	665	7.27	13	4.00	76%
30	24/05/2008	8.55	2705	510	6.78	13	4.03	81%
31	25/05/2008	8.45	2180	570	6.59	12	4.02	74%
32	26/05/2008	8.35	1885	465	6.58	14	4.05	75%
33	27/05/2008	8.60	2335	405	6.78	13	4.05	83%
34	28/05/2008	8.55	2545	325	6.91	13	4.55	87%
35	29/05/2008	8.60	6455	395	6.52	13	4.00	94%
36	30/05/2008	8.43	3210	400	6.47	13	4.00	88%
37	31/05/2008	8.38	5840	575	6.94	13	4.00	90%
38	02/06/2008	8.45	2920	515	6.24	13	4.03	82%
39	04/06/2008	8.48	3910	395	6.47	13	4.02	90%
40	05/06/2008	8.63	4170	485	6.26	13	4.05	88%
41	06/06/2008	8.21	3375	720	6.28	13	5.00	79%
42	07/06/2008	8.59	3475	775	6.19	13	4.06	78%
43	08/06/2008	8.27	1980	845	6.15	13	4.07	57%
44	10/06/2008	8.44	1346	980	6.35	16	4.07	27%
45	17/06/2008	8.34	7015	375	6.24	16	4.06	95%
46	18/06/2008	8.65	1900	335	6.33	12	4.06	82%
47	19/06/2008	8.45	2300	275	6.27	12	4.05	88%
48	20/06/2008	8.23	1710	190	6.08	13	4.04	89%
49	21/06/2008	8.37	2395	190	6.43	12	4.04	92%
50	22/06/2008	8.63	1625	235	6.42	13	4.04	86%
51	23/06/2008	8.69	2960	230	8.93	12	4.04	92%
52	24/06/2008	8.50	2600	260	6.81	13	4.57	90%
53	25/06/2008	8.55	1505	620	6.83	12	3.98	59%
54	26/06/2008	9.30	480	150	6.94	14	3.76	69%
55	28/06/2008	8.73	1095	180	6.79	14	3.96	84%
56	04/07/2008	8.78	1020	243	6.80	12	4.08	76%
57	06/07/2008	8.57	7740	950	6.95	12	4.09	88%
58	09/07/2008	8.94	2565	320	6.41	9	4.05	88%
59	10/07/2008	8.58	3080	285	6.75	10	4.02	91%
60	11/07/2008	8.65	1945	335	6.34	10	3.91	83%
61	12/07/2008	8.87	1115	980	6.38	12	4.01	12%
62	13/07/2008	8.62	3735	970	6.35	13	4.01	74%
63	14/07/2008	8.20	3820	520	6.23	12	4.01	86%
64	15/07/2008	8.50	3840	610	6.13	12	4.02	84%
65	16/07/2008	8.53	3155	470	6.35	11	4.03	85%
66	19/07/2008	8.78	2805	470	8.22	12	4.03	83%
67	20/07/2008	8.67	10000	505	8.24	12	4.02	95%
68	24/07/2008	8.63	5590	625	7.14	15	4.36	89%
69	25/07/2008	9.25	4080	3270	7.10	13	4.32	20%
70	30/07/2008	8.68	4675	2620	7.05	16	4.23	44%
72	31/07/2008	8.31	3000	1940	6.80	12	4.05	35%
72	01/08/2008	10.39	2425	195	6.57	14	4.03	92%
73	02/08/2008	13.56	3405	1330	6.47	12	4.07	61%
74	03/08/2008	8.74	3645	1585	6.47	12	4.98	57%
75	04/08/2008	7.70	2495	1365	6.45	12	4.50	45%
76	12/08/2008	8.65	3390	630	6.49	11	4.03	81%
77	13/08/2008	8.23	4705	495	6.55	8	4.02	89%
78	14/08/2008	9.21	5550	370	8.46	14	4.05	93%
79	18/08/2008	8.43	2505	260	7.03	10	4.05	90%
80	19/08/2008	10.08	920	325	7.21	10	4.56	65%
81	20/08/2008	8.35	3575	275	6.92	9	4.23	92%
82	21/08/2008	7.92	2575	270	6.82	12	4.31	90%
83	23/08/2008	8.49	4010	460	7.27	11	4.27	89%
PROMEDIO		8.42	3182.99	608.50	6.74	13	4.13	77%
MAXIMO		13.56	10000.00	3270.00	8.93	16	5.00	95%
MINIMO		7.04	480.00	150.00	6.08	8	3.76	12%

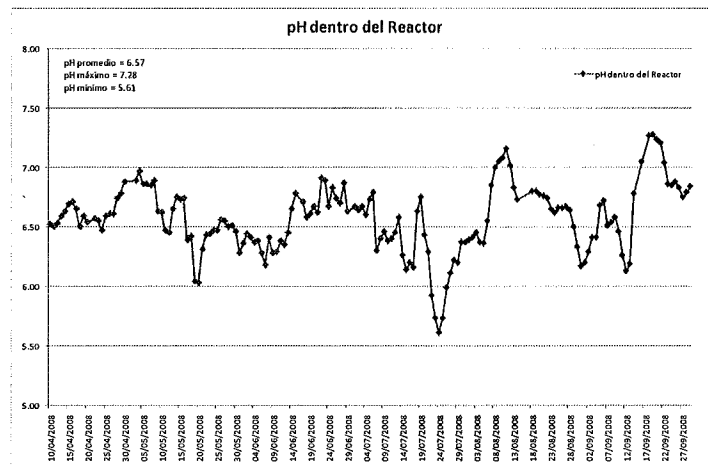
Cuadro 24
pH dentro del reactor durante la prueba de tiempo de retención

FECHA	PH Valvula 1	PH Valvula 2	PH Valvula 3	PH Valvula 4	PH Valvula 5
13/04/2008	6.57	6.59	6.60	6.60	6.59
14/04/2008	6.64	6.63	6.59	6.63	6.63
15/04/2008	6.72	6.70	6.66	6.69	6.69
19/04/2008	6.56	6.58	6.57	6.58	6.59
06/05/2008	6.92	6.85	6.81	6.86	6.86
22/05/2008	6.45	6.45	6.41	6.44	6.43
23/05/2008	6.59	6.51	6.46	6.48	6.44
24/05/2008	6.39	6.45	6.51	6.49	6.47
28/05/2008	6.50	6.49	6.49	6.51	6.50
29/05/2008	6.50	6.45	6.41	6.49	6.51
11/06/2008	6.49	6.46	6.46	6.48	6.38
15/06/2008	6.84	6.84	6.83	6.80	6.78
17/06/2008	6.51	6.68	6.71	6.72	6.71
18/06/2008	6.64	6.47	6.55	6.57	6.58
22/06/2008	6.92	6.94	6.93	6.94	6.91
23/06/2008	6.79	6.88	6.84	6.88	6.89
24/06/2008	6.50	6.67	6.76	6.68	6.67
28/06/2008	6.81	6.80	6.85	6.85	6.87
29/06/2008	6.60	6.61	6.64	6.64	6.63
11/07/2008	6.37	6.33	6.38	6.45	6.40
12/07/2008	6.40	6.42	6.39	6.46	6.45
13/07/2008	6.52	6.57	6.55	6.60	6.58
17/07/2008	6.15	6.20	6.13	6.18	6.16
18/07/2008	6.63	6.67	6.62	6.61	6.63
19/07/2008	6.66	6.77	6.67	6.74	6.75
23/07/2008	5.54	5.74	5.73	5.74	5.73
24/07/2008	5.47	5.63	5.59	5.62	5.61
28/07/2008	6.24	6.23	6.22	6.23	6.22
29/07/2008	6.30	6.26	6.22	6.21	6.20
30/07/2008	6.37	6.37	6.38	6.37	6.37
03/08/2008	6.37	6.43	6.37	6.44	6.45
04/08/2008	6.30	6.40	6.37	6.42	6.37
05/08/2008	6.31	6.37	6.39	6.39	6.36
09/08/2008	7.06	7.09	7.09	7.08	7.05
10/08/2008	7.03	7.07	7.06	7.06	7.08
11/08/2008	7.15	7.16	7.14	7.16	7.16
19/08/2008	6.57	6.80	6.77	6.81	6.80
20/08/2008	6.60	6.72	6.74	6.78	6.77
24/08/2008	6.58	6.67	6.67	6.74	6.62
25/08/2008	6.60	6.68	6.62	6.66	6.66
26/08/2008	6.54	6.71	6.68	6.68	6.66
30/08/2008	5.73	6.25	6.24	6.27	6.33
31/08/2008	6.04	6.20	6.14	6.18	6.17
01/09/2008	6.3	6.30	6.25	6.40	6.20
05/09/2008	6.80	6.81	6.65	6.67	6.68
20/09/2008	7.26	7.26	7.23	7.25	7.24
21/09/2008	7.01	7.20	7.17	7.19	7.21
25/09/2008	6.83	6.85	6.81	6.83	6.88
26/09/2008	6.79	6.84	6.81	6.88	6.83
27/09/2008	6.69	6.73	6.71	6.77	6.75
28/09/2008	6.73	6.79	6.70	6.81	6.79
29/09/2008	6.73	6.90	6.85	6.83	6.84
PROMEDIO	6.50	6.57	6.55	6.57	6.57
MÁXIMO	7.26	7.29	7.29	7.32	7.28
MINIMO	5.47	5.63	5.59	5.62	5.61

Gráfica 1
pH dentro del reactor antes de la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.

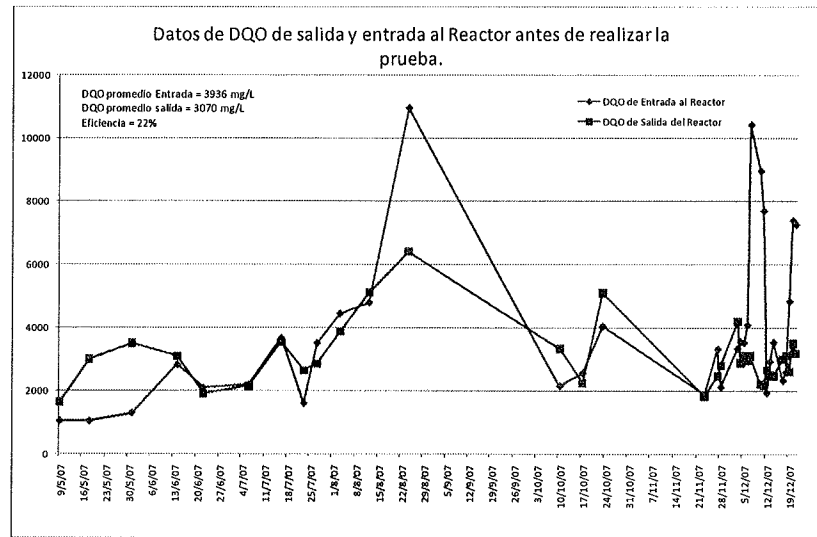


Gráfica 2
pH dentro del reactor durante la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.



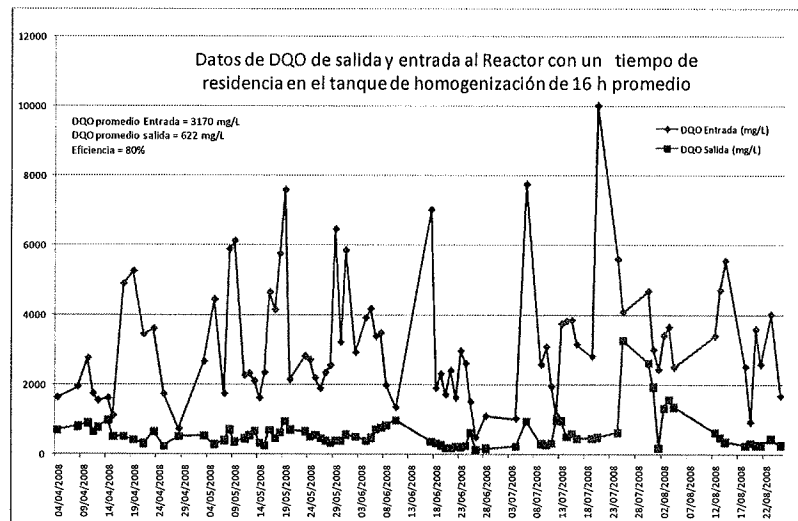
Gráfica 3

Datos de DQO de entrada y salida del reactor antes de la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.



Gráfica 4

Datos de DQO de entrada y salida del reactor durante la prueba del tiempo de retención en el tanque de homogenización.



F. Cálculos de diseño de la caja de cribas

$H = 1\text{ m}$

La caja consta de dos cribas y un deflector para recuperar las grasas entre cada criba habrá una distancia de 0.3 m

Cálculo de las dimensiones de la criba y el espacio que ocupará:

La altura de la criba llegara hasta 0.80 m

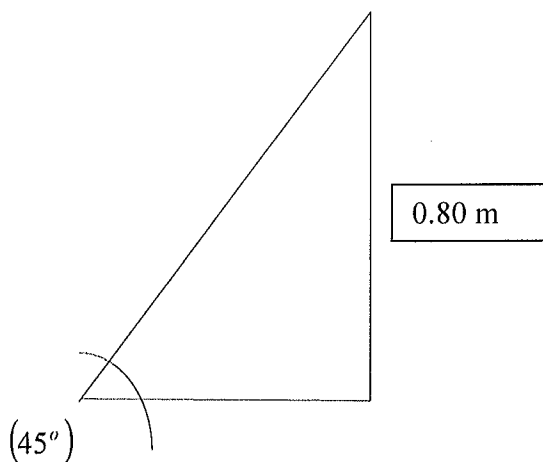


Ilustración # 17: diagrama de Pitágoras para los cálculos de dimensionamiento de la criba

$$\text{Tang}\theta = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Adyacente}}$$

$$\text{Tang}(45^\circ) = \frac{0.80\text{m}}{\text{Adyacente}}$$

$$\text{Adyacente} = 0.80\text{m}$$

$$\text{sen}\theta = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{seno}(45^\circ) = \frac{0.80\text{m}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{Hipotenusa} = 1.13\text{m}$$

Donde:

$V = \text{Volumen de la Caja de cribas}$

$A = \text{Área de la Caja de cribas}$

$V_e = \text{Velocidad del agua residual}$

$L = \text{Largo de la Caja de cribas}$

$b = \text{Ancho de la Caja de cribas}$

$h = \text{Profundidad de la Caja de cribas}$

Dimensionamiento del volumen de la caja de cribas

$$h = 1m$$

$$L = \sum \text{espacios entre cada unidad} + \text{espacio que ocupa cada unidad}$$

$$L = 0.3 + 0.8 + 0.3 + 0.8 + 0.3 + 0.3$$

$$L = 2.8m$$

$$L = 5b$$

$$\frac{L}{5} = b$$

$$b = 0.50m$$

Cálculo del volumen de la caja de cribas

$$V = L * b * H$$

$$V = (2.8 * 0.5 * 1)m$$

$$V = 1.4m^3$$

Área de la caja de cribas

$$A = L * b$$

$$A = (2.8 * 0.5)m$$

$$A = 1.4m^2$$

Velocidad del agua residual en la caja de cribas

$$V_e = Q * A$$

$$V_e = 0.001215 \frac{m^3}{s} * 1.4m^2$$

$$V_e = 0.001701 \frac{m^2}{s}$$

G. Cálculos de diseño del desarenador

Donde:

$V =$ Volumen _del _desarenador

$L =$ Largo _del _desarenador

$b =$ Ancho _del _desarenador

$h =$ Pr ofundidad _del _desarenador

$m =$ flujo _masico _de _las _arenas

$\rho_s =$ densidad _de _las _arenas

$h_{caja_arenas} = 0.48m = 0.5m$

$L_{caja_arenas} = 0.5m$

$V_{real_caja_arenas} =$ Volumen _de _caja _de _arenas

$T_R =$ tiempo _ : de _retención

Cálculos para el volumen

$$T_R = 1/2h = 1800s$$

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

$$V = T_R * Q$$

$$V = 1800s * 0.001215 \frac{m^3}{s}$$

$$V = 2.18m^3$$

Cálculos del dimensionamiento, largo, ancho y profundidad

$$h = 1m$$

$$L = 5b$$

$$V = L * b * h$$

$$V = 5 * b * b * h$$

$$2.18m^3 = 5 * b^2 * 1m$$

$$b = 0.66m = 0,70n$$

$$L = 5 * b$$

$$L = 5 * 0.70$$

$$L = 3.5m$$

Cálculos para el volumen y dimensiones de la caja de lodos

$$m = 23 \frac{Kg}{día}$$

$$\rho_s = 1.93 \frac{Kg}{L}$$

$$b = 0.7m$$

100 % de coeficiente de seguridad

Una caja para 7 días

$$23 \frac{Kg}{día} * \frac{1L}{1.93Kg} = 11.91 \frac{L}{día} = 0.01197 \frac{m^3}{día}$$

$$0.01197 \frac{m^3}{día} * 7días = 0.083797m^3$$

Coeficiente de seguridad del 100 %

$$V = 0.083797m^3 * 2 = 1.16758m^3$$

Volumen de la caja de lodos

$$L_{caja_arenas} = h_{caja_arenas}$$

$$V_{caja_arenas} = b * L * h$$

$$0.16758m^3 = (0.7 * h * h)m$$

$$h_{caja_arenas} = 0.48m = 0.5m$$

$$L_{caja_arenas} = 0.5m$$

$$V_{real_caja_arenas} = (0.7 * 0.5 * 0.5)m$$

$$V_{real_caja_arenas} = 0.175m$$

H. Caudal de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales

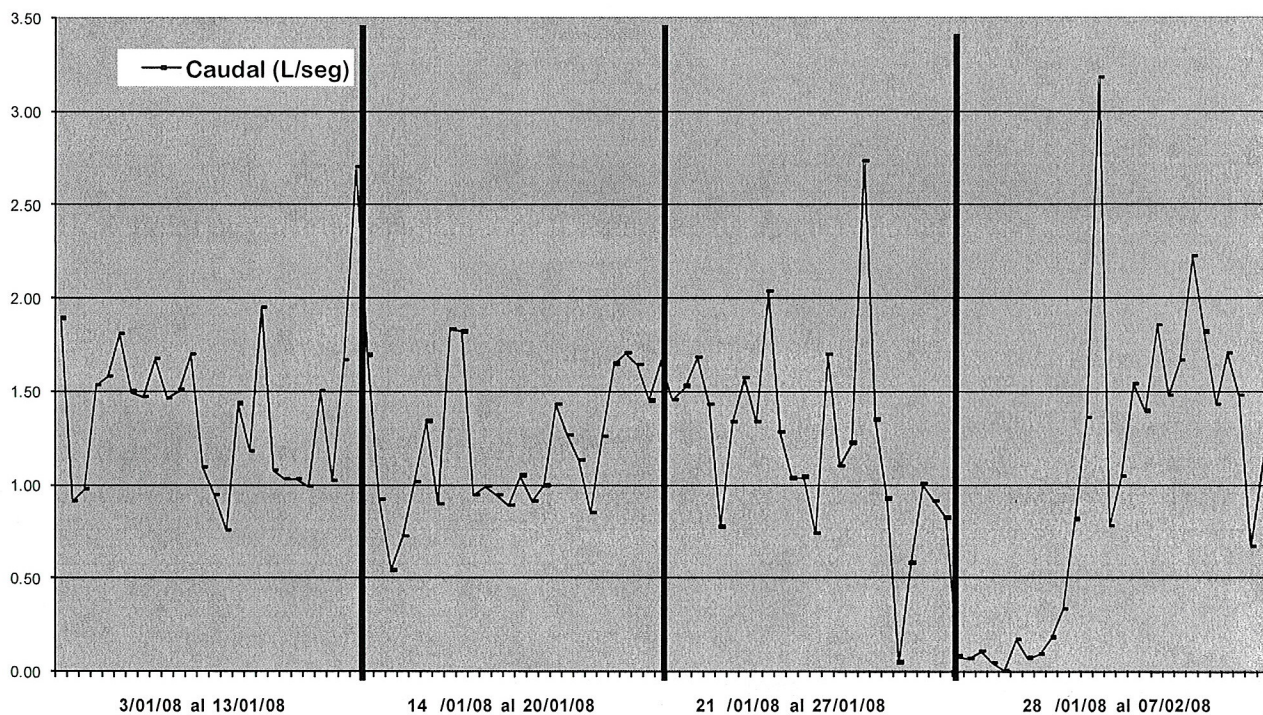
Gráfica 5

Caudal en L/seg de entrada a la planta de tratamiento,
medición realizada del 3 de enero al 7 de febrero del 2008.

Entrada a Planta de Tratamiento

Fechas: Del 3 de enero al 7 de Febrero del 2008

Total 3,416.97 m³
Promedio 95.50 m³ (diarios)



Donde:

$$Q_{promedio} = \text{Caudal}_{promedio}_{que}_{ingresa}_{a}_{la}_{planta}$$

$$Q_{entrada} = \text{Caudal}_{que}_{ingresa}_{a}_{la}_{planta}$$

Caudal promedio

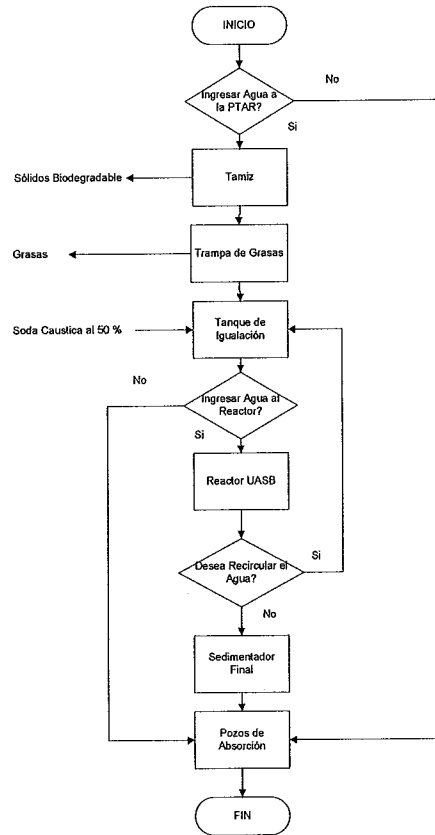
$$Q_{promedio} = 95.50m^3 / día$$

Factor de Imprevistos 10%

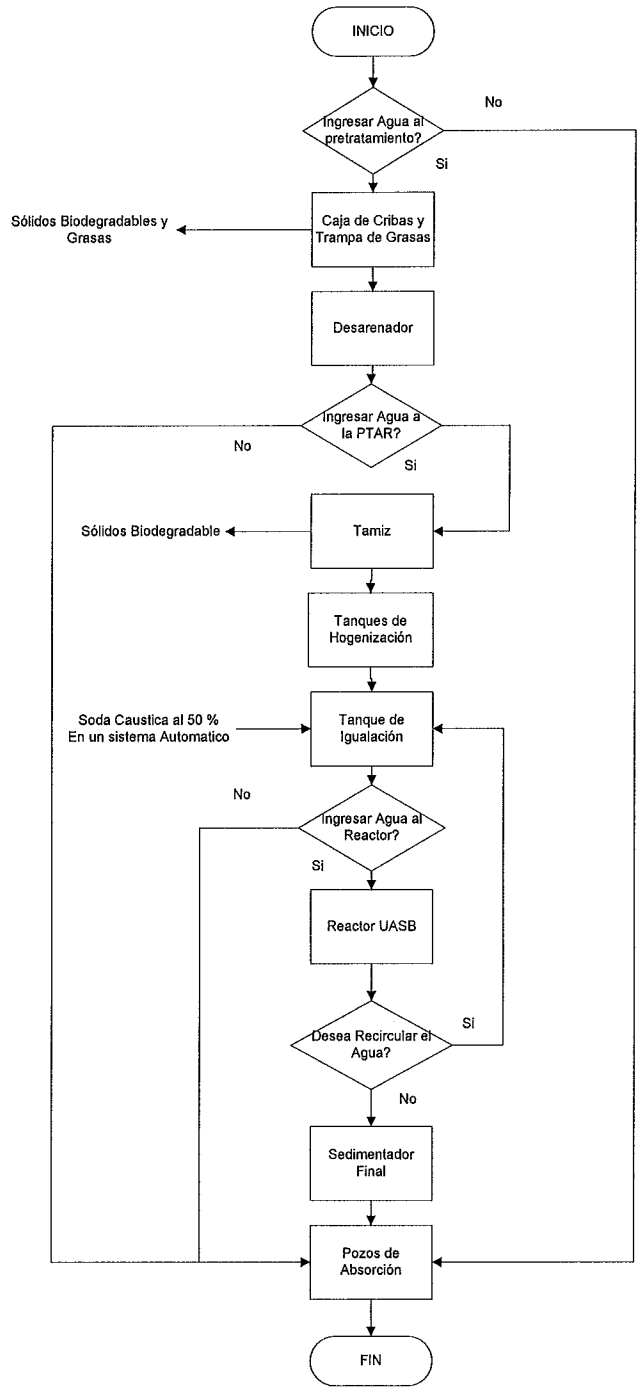
$$Q_{entrada} = 95.50m^3 / día * 1.10$$

$$Q_{entrada} = 105,000m^3 / día$$

I. Diagrama de Flujo del Sistema actual



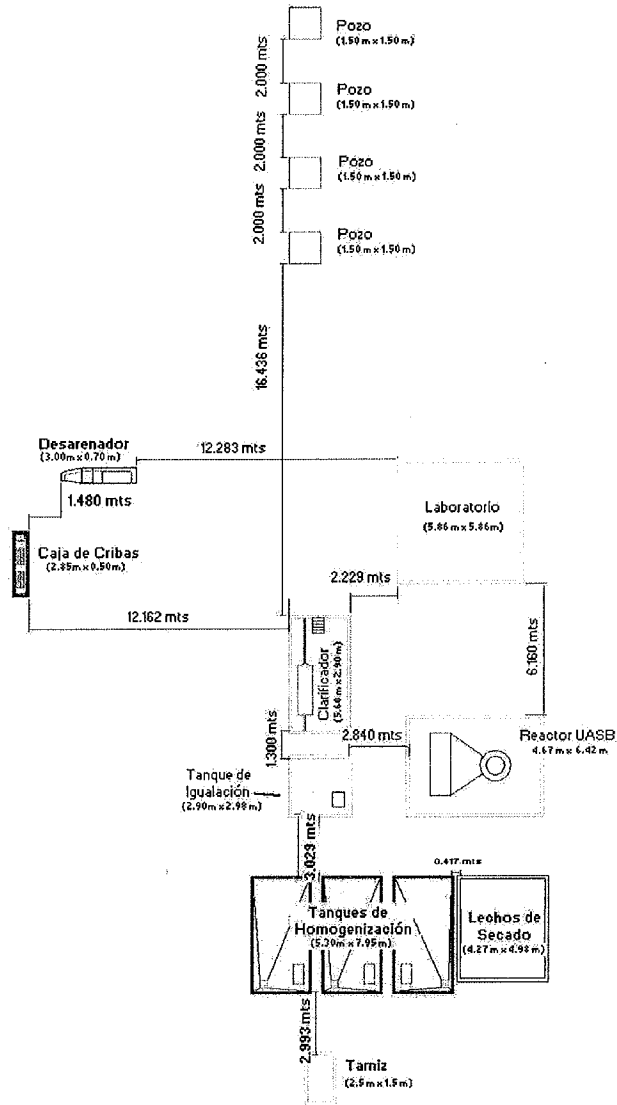
J. Diagrama de flujo del sistema a implementar



K. Ubicación de las unidades de la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual)

Ilustración 19

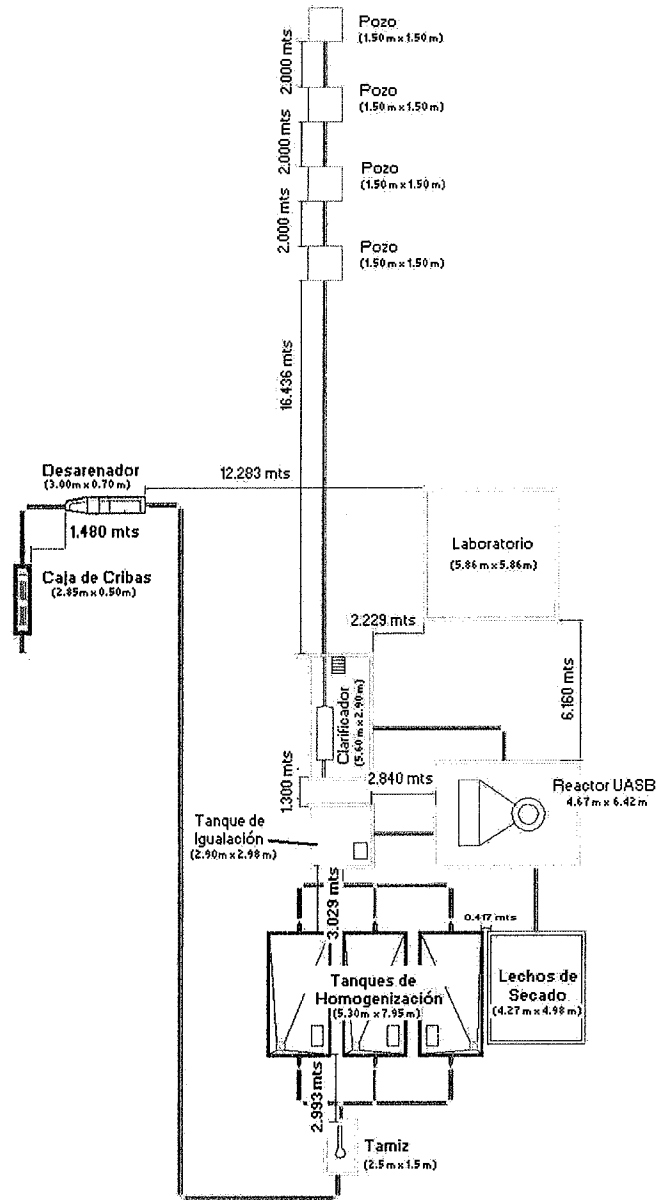
Planos de ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de agua residual



PLANTA UBICACIÓN DE LAS UNIDADES
ESC: 1/100

Ilustración 20

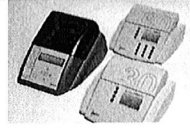
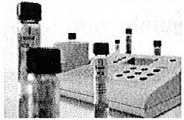
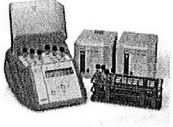


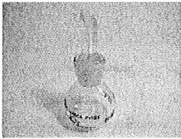

Planos de ubicación de las unidades de la planta de tratamiento de agua residual donde se incluye las tuberías



PLANTA UBICACIÓN DE LAS UNIDADES
ESC 1:100

L. Equipo de laboratorio utilizado para el análisis de calidad del agua residual

Cuadro 25
Equipo utilizado para el análisis del agua residual.

Análisis de calidad de agua residual	Equipo utilizado para realizar el análisis	Fotografía del equipo utilizado
DQO (Demanda química de oxígeno)	Fotómetro Spectroquant® NOVA 60	
DQO (Demanda química de oxígeno)	Test en cubetas DQO Método fotométrico 50 – 10,000 mg/l Spectroquant®	
DQO (Demanda química de oxígeno)	Termoreactores, Spectroquant® serie TR	
% de Humedad	Balanza para medición de humedad PCE-MB 200	
Densidad de sólidos	Balanza para medir densidad verificable de la serie PCE-LS	
Densidad de líquidos	PIC5 Picnómetro de 20 ml	
Sólidos sedimentables	SILBERBRAND. Graduados hasta 1000 ml.	

GLOSARIO

- **Acidez** La acidez de una sustancia es el grado en el que es ácida.
- **Afluente** Se llama así al caudal de aguas residuales que ingresa a la planta de tratamiento.
- **Aguas residuales** Es el líquido resultante de cualquier uso, proceso y operación de tipo agropecuario, doméstico o industrial.
- **Alcalinidad** es la capacidad de neutralizar ácidos.
- **Análisis de calidad del agua residual** pruebas químicas que determinan las cantidades de material orgánica e inorgánica presente en el agua, que afecta su calidad y proporciona datos acerca de contaminación o muestra variaciones ocasionadas por un tratamiento.
- **Arenas** sólidos suspendidos en el agua residual con un diámetro de 0.02 cm.
- **Arranque de la planta** Proceso ordenado por el cual se comienza a ejecutar el sistema operativo de la planta de tratamiento
- **Bacterias** Las bacterias son microorganismos unicelulares que presentan un tamaño de algunos micrómetros de largo, son los organismos más abundantes del planeta, se encargan de la degradación de la carga orgánica en el tratamiento de agua residuales.
- **Criba** Utensilio constituido por una tela metálica u otro elemento perforado, que sirve para separar los sólidos de los líquidos.
- **Composta** Es el resultado de un proceso de descomposición y transformación de compuestos orgánicos. Convertir la tierra en abono natural.
- **DBO₅** Cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación de la materia orgánica.
- **Deflector** Componente utilizado para un desvío parcial del flujo de agua residual.
- **Desarenador** Estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas residuales.
- **Descarga** Acción de depositar un vertido en un cuerpo receptor.
- **Desechos biodegradables** Son los desechos recolectados que se descomponen en forma natural en un tiempo relativamente corto

- **Desechos biodegradables** Son los desechos recolectados que se descomponen en forma natural en un tiempo relativamente corto
- **Desechos industriales** aguas residuales provenientes de procesos industriales, lavados o enfriamiento.
- **Diseño** Creación aplicada a la investigación de formas, colores y utilización de los objetos, tratando de buscar un equilibrio entre la funcionalidad y la estética del producto.
- **DQO** La demanda química de oxígeno necesario para estabilizar químicamente sustancias de origen orgánico e inorgánico presentes en el agua.
- **Efluente** Se refiere al caudal de agua que sale de la planta de tratamiento.
- **Grasas** Compuestos orgánicos que contienen carbón, hidrógeno y oxígeno, la proporción de oxígeno con respecto al carbono es pequeña.
- **Mantenimiento** Acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene.
- **Manto de lodos** Los lodos de planta de tratamiento son ricos en materia orgánica, en el se encuentran los microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica.
- **Muestreo** Método de investigación y análisis. Consiste en utilizar una pequeña fracción de una especie para deducir características de su conjunto.
- **Neutralización** Proceso por el que una disolución ácida o básica pasa a ser neutra.
- **Operación** Funcionamiento, accionamiento, procedimiento para que la planta de tratamiento trabaje.
- **Parámetro** Es aquella característica que puede ser sometida a medición.
- **Pozos de Infiltración** Excavaciones profundas usadas para disposición subsuperficial de agua residual pretratadas.
- **Prueba** Un hecho utilizado para demostrar una acción o teoría en ciencias.

- **pH** Potencial hidrógeno, se define como el logaritmo inverso de la concentración de iones hidrógeno y mide la intensidad de la reacción alcalina del agua.
- **Reactor UASB** Un tanque en el fondo del cual se encuentran localizado un digestor y en la parte superior del mismo un sedimentador precedido de un sistema separador de gas.
- **Rejilla** Su objetivo será retener materia flotante. Su limpieza será manual.
- **Sólidos totales** Cantidad de material sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.
- **Sólidos sedimentables** Material que se deposita en el fondo de un cuerpo de agua o unidades de tratamiento por acción de la gravedad.
- **Tanque de homogenización** Su objetivo será recibir las aguas que ya pasaron por el tratamiento primario, donde se podrá agregar si fuera necesario alguna sustancia química que ayude la neutralización, homogeneización, para su posterior bombeo al tratamiento secundario.
- **Trampa de grasas** Equipo utilizado para remover la grasas de las aguas residuales
- **Tratamiento Anaerobio** Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano.
- **Tratamiento biológico** La remoción de contaminantes mediante actividad biológica.
- **Tratamiento de aguas residuales** Es cualquier proceso físico, químico o biológico, definido para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de procesos unitarios preliminares, primario, secundario o avanzados, a fin de cumplir con las normas establecidas.
- **Tubería** Obra de ingeniería hidráulica por medio de la cual se transporta el agua entre dos puntos geográficos distantes.
- **Válvula** Accesorio que permite, o no, el paso de líquido por una tubería.