

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA LÁCTEOS
ANDINOS DE NARIÑO LTDA**

CARLOS ALFONSO ESPAÑA JURADO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2008

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA LÁCTEOS
ANDINOS DE NARIÑO LTDA**

CARLOS ALFONSO ESPAÑA JURADO

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Químico

Director

Profesor. ÁLVARO RAMÍREZ GARCÍA

Ingeniero Químico Ph.D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2008

*Este trabajo está dedicado a mis padres
José Vicente y Mariana quienes con
su apoyo, confianza y paciencia hicieron
de este sueño una realidad*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	01
OBJETIVOS	03
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	04
1.1 FUNCIONAMIENTO	04
1.1.1 Diagrama de flujo	04
1.1.2 Efluente planta de producción	05
1.1.3 Descripción de etapas del proceso	05
1.1.3.1 Cámara de ingreso (cámara 1)	06
1.1.3.2 Cámara válvula 0 (cámara 2)	06
1.1.3.3 Trampa de grasas	06
1.1.3.4 Contenedor para tratamiento especializado de grasas	06
1.1.3.5 Estanque de igualación 1	07
1.1.3.6 Estanque de igualación 2	07
1.1.3.7 Tanque de igualación y control de caudal	07
1.1.3.8 Biorreactor	08
1.1.3.9 Sedimentador final	08
1.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO	09
1.2.1 Oxidación biológica	10
1.2.2 Proceso aerobio	11

CAPITULO 2. PARTE EXPERIMENTAL	13
2.1 PUESTA EN MARCHA	13
2.1.1 Llenado de estanques	13
2.1.2 Inoculación inicial	13
2.1.3 Llenado de tanques	13
2.1.4 Cálculo del caudal de aforo	13
2.1.5 Monitoreo y control de temperatura, pH, oxígeno y cloro disuelto	13
2.1.6 Mantenición de la población bacteriana	14
2.1.7 Periodo de muestreo	14
2.2 MONITOREO DE CONDICIONES AMBIENTALES DEL SISTEMA	14
2.2.1 Control de temperatura	14
2.2.2 Control de pH	15
2.2.3 Control de oxígeno disuelto	15
2.2.4 Control de cloro residual	15
2.3 MUESTREO	15
2.3.1 Puntos de muestreo	17
2.3.2 Análisis de muestras	17
CAPÍTULO 3. RESULTADOS	19
3.1 Cálculo del caudal de aforo (Q_{af})	19
3.2 Monitoreo de condiciones ambientales	21
3.3 Análisis de laboratorio	23
3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	26
3.5 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN	26

3.5.1 Diagramas de flujo	27
3.5.2 Clarificador	28
3.5.3 Filtro	28
3.5.4 Tanque de almacenamiento	30
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	34

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Oxidantes y reductores de respiraciones bacteriales	10
Tabla 2. Norma de vertimientos industriales, artículo 72 del Decreto 1594 de 1984	16
Tabla 3. Parámetros analizados, tipo de muestreo y método de análisis	16
Tabla 4. Análisis Noviembre 7 2007	23
Tabla 5. Análisis Noviembre 26 2007	24
Tabla 6. Análisis Enero 15 2008	24
Tabla 7. Análisis Enero 25 2008	24
Tabla 8. Análisis Febrero 05 2008	24
Tabla 9. Análisis Febrero 15 2008	25
Tabla 10. Porcentajes de remoción promedio	25
Tabla 11. Cuadro comparativo respecto al Decreto 1594 de 1984	25
Tabla 12. Datos típicos para filtros de medio doble	29

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo planta de tratamiento de aguas residuales	04
Figura 2. Cámara de ingreso	05
Figura 3. Cámara válvula 0	05
Figura 4. Trampa de grasas	06
Figura 5. Contenedor para tratamiento especializado de grasas	06
Figura 6. Interior contenedor para tratamiento especializado de grasas	06
Figura 7. Estanque de igualación 1	07
Figura 8. Estanques de igualación	07
Figura 9. Estanque de igualación 2	07
Figura 10. Motobomba 1	07
Figura 11. Tanque de igualación y control de caudal	08
Figura 12. Controlador de nivel (Interior tanque 1)	08
Figura 13. Sedimentador final, Biorreactor, Tanque de igualación y control de caudal	08
Figura 14. Tanques sedimentador final y Biorreactor	08
Figura 15. Motobomba para reciclo	09
Figura 16. Temporizador y arreglo eléctrico de la Motobomba de reciclo	09
Figura 17. Descomposición microbial de la materia orgánica	10
Figura 18. Oxidación biológica del ácido láctico en ácido pirúvico	10
Figura 19. Esquema general del proceso aerobio	11

Figura 20. Proceso de oxidación aerobia	11
Figura 21. Esquema proceso de oxidación aerobia	11
Figura 22. Control de temperatura	21
Figura 23. Control de pH	22
Figura 24. Control de oxígeno disuelto	22
Figura 25. Control de Cloro disuelto	23
Figura 26. Diagrama de flujo de la propuesta de modificación	26

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PRESENTACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	34
ANEXO B. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA	36
ANEXO C. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO	42
ANEXO D. FUNCIONAMIENTO DETALLADO	48
ANEXO E. TABLAS DE CONTROL DE TEMPERATURA, pH y O.D.	56
ANEXO F. MUESTREO	58
ANEXO G. RESULTADOS DE LABORATORIO	60
ANEXO H. PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	66
ANEXO I. CARTA DE CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	68

RESUMEN

TÍTULO DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA LÁCTEOS ANDINOS DE NARIÑO LTDA*

AUTOR: Carlos Alfonso España Jurado**

PALABRAS CLAVES: Planta de tratamiento, análisis de eficiencia y funcionamiento, biorremediación, aguas residuales, tratamiento biológico.

CONTENIDO

El presente trabajo de grado tiene por objetivo, realizar una evaluación de la eficiencia y el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Lácteos Andinos de Nariño LTDA, la cual consiste en una obra civil diseñada para disminuir el impacto ambiental creado por el vertimiento de las aguas de proceso nuevamente al ambiente.

Este seguimiento se llevó a cabo mediante caracterización, muestreo y evaluación fisicoquímica a nivel de laboratorio de los parámetros exigidos por la norma de vertimientos industriales (Grasas y aceites, Sólidos suspendidos, Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ y Demanda química de oxígeno DQO). Con base en los resultados obtenidos se planteó a la empresa modificaciones al sistema para aumentar la eficiencia y disminuir los costos.

Este documento está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se trata lo referente a generalidades de la planta, su funcionamiento y teoría acerca del tratamiento biológico empleado. En el segundo capítulo se trata lo referente a la parte experimental relacionado con la puesta en marcha, monitoreo y muestreo. En el tercer capítulo se muestran los resultados y el análisis de resultados de las pruebas fisicoquímicas realizadas durante el periodo de trabajo, se muestra un cuadro comparativo entre los resultados obtenidos y los considerados aceptables por la norma ambiental vigente, en este capítulo también se presentan las modificaciones al tratamiento actual planteadas a la empresa. Finalmente en cuarto capítulo se plantean las principales conclusiones del trabajo.

*Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Químico

**Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química.

Director Ph.D Álvaro Ramírez García

TITLE: EFFICIENCY AND FUNCTIONING ANALYSIS FROM LÁCTEOS ANDINOS DE NARIÑO LTDA'S WASTEWATERS TREATMENT PLANT*

AUTHOR: Carlos Alfonso España Jurado**

KEYWORDS: Treatment plant, efficiency and functioning analysis, bioremediation, wastewaters, biological treatment.

DESCRIPTION

The following project has as a main objective to do an efficiency and functioning assessment from the *Lácteos Andinos de Nariño LTDS's* wastewater treatment plant, which consist in a civil work designed to decrease the environmental impact created by the dumping of the process waters to the environment.

This pursuit was made through characterization, testing and physicochemical evaluation at laboratory level of the parameters demanded by the industrial dumping norm (Fatness and oil, suspended solids, biochemical oxygen demand BOD5, and chemical oxygen demand QOD). Based on the gotten results were planted some modifications to the enterprise to increase the proficiency and costs.

The document is divided into four chapters. The first one deals with the referent to the plant generalities, its functioning and theory about the biological treatment employed. The second chapter is about the experimental part related with the plant start, control and sampling. The third chapter shows the results and analysis results of the physicochemistry testes done during the work period, it shows a comparative table among the results obtained and the ones considered accepted by the valid environmental norm, in this chapter is also presented the modifications to the current process posed to the enterprise. Finally in the fourth chapter is showed the main conclusions of the work.

*Degree Project

**Faculty of Physical Chemistry, Chemical Engineering. Director Ph.D
Álvaro Ramírez García

INTRODUCCION

En el presente documento se evaluó el funcionamiento y la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR de La Empresa Lácteos Andinos de Nariño LTDA, terminada de construir en el mes de Agosto de 2007, y puesta en marcha desde el mes de Septiembre de 2007. Posteriormente se realizó un seguimiento del proceso de biorremediación elegido con el fin de evaluar las expectativas ambientales creadas, y justificar el emprendimiento e inversión hecho por la empresa. Este seguimiento se llevó a cabo mediante caracterización, muestreo y evaluación fisicoquímica a nivel de laboratorio de los parámetros exigidos por la norma de vertimientos industriales (Grasas y aceites, Sólidos suspendidos, Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 y Demanda química de oxígeno DQO). Con base en los resultados obtenidos se planteó a la empresa modificaciones al sistema para aumentar la eficiencia y disminuir los costos.

Durante el periodo de trabajo se contó con un equipo multidisciplinario formado por dos ingenieros civiles constructores de la obra, un bacteriólogo contratista, encargado de brindar asesoría oportuna respecto a la correcta activación y disposición de las bacterias digestoras implicadas en el proceso de biorremediación, y un estudiante de último nivel de ingeniería química. El aporte del ingeniero químico fue la puesta en marcha, cálculo y sintonización del caudal de aforo, preparación y disposición de inoculaciones de bacterias biorremediadoras, toma de datos respecto a condiciones ambientales de trabajo, muestreo y seguimiento de las características fisicoquímicas de los caudales de trabajo, simultaneo al informe detallado a la empresa acerca de las condiciones de trabajo de la planta, así como de los índices de remoción alcanzados, con el fin de poner en contraste los niveles de remoción considerados aceptables por el Decreto 1594 de 1984.

Este documento está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se trata lo referente a generalidades de la planta, su funcionamiento y teoría acerca del tratamiento biológico empleado. En el segundo capítulo se trata lo referente a la parte experimental relacionado con la puesta en marcha, monitoreo y muestreo. En el tercer capítulo se muestran los resultados y el análisis de resultados, en este capítulo también se presentan las modificaciones al tratamiento actual. Finalmente en cuarto capítulo se plantean las conclusiones del trabajo.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar el funcionamiento y la eficiencia de la nueva Planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Lácteos Andinos de Nariño LTDA, mediante la caracterización fisicoquímica de los caudales de agua residual antes, durante y después del tratamiento de biorremediación.

Objetivos Específicos

Analizar la eficiencia global de la nueva Planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Lácteos Andinos de Nariño.

Identificar posibles falencias implicadas en el proceso de biorremediación, y plantear posibles medidas correctivas viables para la empresa.

Entregar a la empresa informes detallados respecto a las condiciones de trabajo de la planta y niveles de eficiencia alcanzada, desde su puesta en marcha hasta la finalización del periodo de trabajo. Además de un manual de funcionamiento y mantenimiento de cada etapa del proceso.

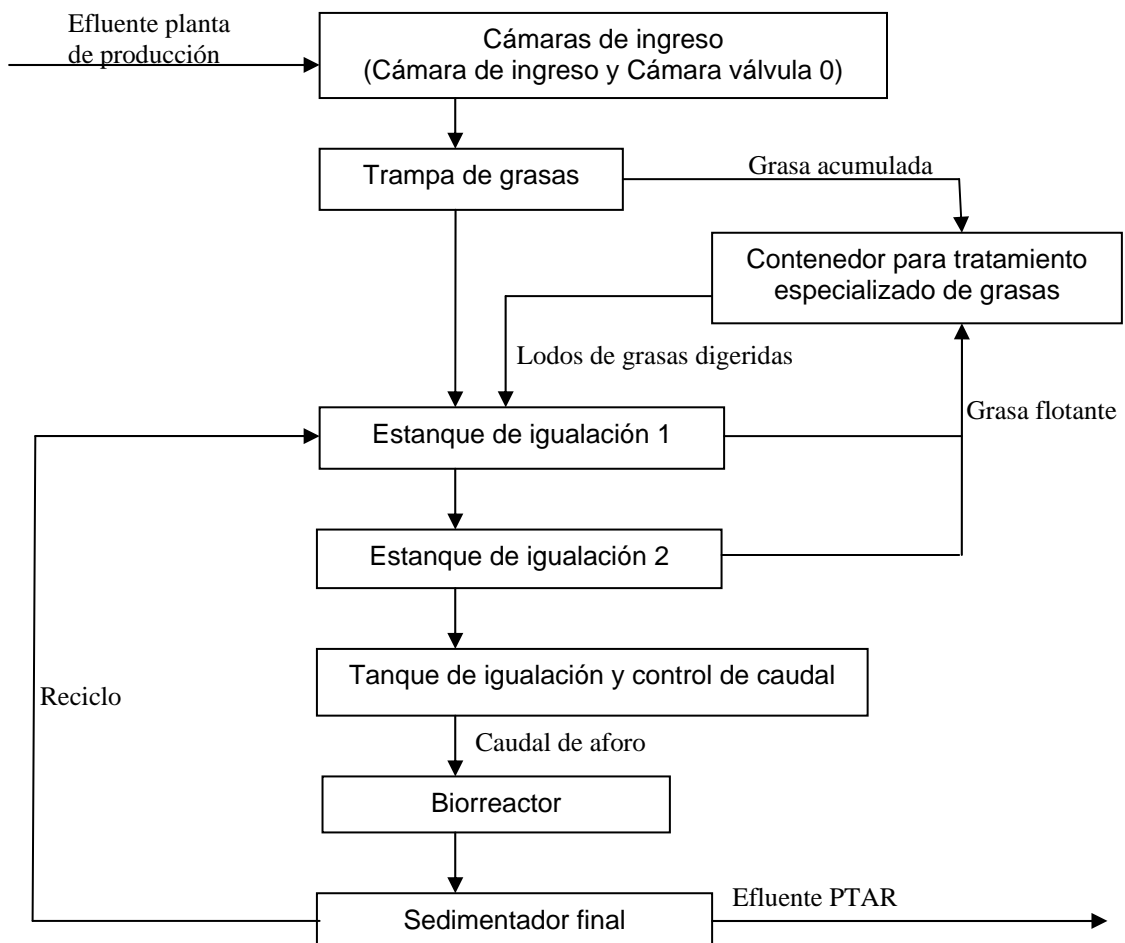
CAPITULO 1. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta el proceso utilizado en la planta de tratamiento de aguas residuales, su funcionamiento y los conceptos generales referentes al proceso de biorremediación.

1.1 FUNCIONAMIENTO

1.1.1 Diagrama de flujo: En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del proceso actual de la PTAR.

Figura 1. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales



1.1.2 Efluente planta de producción: En este caso el agua destinada al tratamiento de biorremediación son aguas de lavado de los distintos procesos llevados en la planta de producción, principalmente lavado de lienzos en el proceso de elaboración de quesos, lavado diario de cantinas, lavado de equipos e instalaciones en general.

El lavado se realiza con detergentes biodegradables y solución de NaOH para desinfección. Las aguas provenientes de sanitarios, lavamanos y laboratorios son dispuestas hacia el alcantarillado público, los residuos ácidos generados en el laboratorio fisicoquímico se almacenan y entregan a disposición de la empresa de aseo de la región.

1.1.3 Descripción de etapas del proceso: A continuación se describe de forma breve cada una de las etapas implicadas en el proceso. Una descripción detallada se encuentra en el (ANEXO D), además de planos detallados donde se evidencia en forma explícita la disposición espacial de las etapas del proceso (ANEXO H).

1.1.3.1 Cámara de ingreso (cámara 1): El agua proveniente del lavado y producción dentro de la planta procesadora es evacuada hacia una cámara de llegada hecha en mampostería impermeabilizada. En esta cámara el agua se almacena por espacio máximo de 2 minutos hasta alcanzar la conducción de salida que la conduce hacia los componentes de tratamiento que posee la planta de tratamiento.

Figura 2. Cámara de ingreso



Figura 3. Cámara válvula 0



1.1.3.2 Cámara válvula 0 (cámara 2): Contiene la válvula 0. El cierre de esta válvula implica la salida de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

1.1.3.3 Trampa de grasas: Compartimiento en el cual hay separación de las grasas presentes en el agua de proceso. La salida de la trampa posee un aditamento en forma de “T”, que impide que las grasas flotantes acumuladas en la superficie fluyan hacia la siguiente etapa del proceso. Las grasas acumuladas en la trampa son retiradas y trasladadas hacia la cajilla de tratamiento especializado de grasas.

Figura 4. Trampa de grasas



1.1.3.4 Contenedor para tratamiento especializado de grasas: Es una cajilla en mampostería cuyo propósito es el tratamiento especializado de las grasas acumuladas en la trampa de grasas y de grasa flotante en los estanques de igualación. En este contenedor se lleva a cabo un tratamiento de biorremediación específico para la descomposición de estos residuos cuya emisión final llega al estanque de igualación No 1.

Figura 5. Contenedor para tratamiento de grasas



Figura 6. Interior contenedor para tratamiento especializado de grasas



1.1.3.5 Estanque de igualación 1: Es un depósito recubierto con Geomembrana tipo 40000 de alta densidad la cual impide la filtración del agua residual acumulada hacia el suelo inmediato, su capacidad efectiva es de 180m^3 y con un TRH (Tiempo de Retención Horario) 8.5 días. Su función es la de permitir la formación de flock biológico creado por el consorcio de bacterias especializadas suministradas al tratamiento y de esta manera iniciar con la degradación o digestión de la materia orgánica.

Figura 7. Estanque de igualación 1



Figura 8. Estanques de igualación



1.1.3.6 Estanque de igualación 2: Es un depósito recubierto con Geomembrana tipo 40000 de alta densidad la cual impide la filtración del líquido acumulado hacia el suelo inmediato. Su capacidad es de 210m^3 , TRH 9.5 días aproximado y su función principal es la de permitir la formación de flock biológico más concentrado y de esta manera continuar con la degradación de la materia orgánica en un porcentaje mayor al estanque anterior.

Figura 9. Estanque de igualación 2



Figura 10. Motobomba 1



1.1.3.7 Tanque de igualación y control de caudal: Tanque de acero inoxidable de 15m^3 de capacidad y cuya función es la de homogenizar el caudal que pasa

hacia las siguientes etapas del tratamiento de biorremediación suprimiendo los picos ocasionados diariamente por la producción de la planta de proceso. El nivel inferior del tanque se encuentra sobre el nivel superior de los tanques 2 y 3, biorreactor y sedimentador final respectivamente como se ve en la figura 13, con el fin de garantizar flujo continuo por gravedad hacia estos. El funcionamiento de este tanque radica en el llenado rápido hecho por una bomba, que es accionada por un controlador de nivel on-off.

Figura 11. Tanque de igualación y control de caudal



Figura 12. Controlador de nivel (Interior tanque 1)



1.1.3.8 Biorreactor: El Biorreactor en condiciones normales siempre permanece lleno, facilitando la proliferación de las bacterias especializadas y la formación de flock biológico, siempre y cuando el flujo a través de este permanezca constante.

Figura 13. Sedimentador final, Biorreactor, Tanque de igualación y control de caudal



Figura 14. Tanques sedimentador final y Biorreactor

1.1.3.9 Sedimentador final: Tanque de acero inoxidable de 15m³ de capacidad y cuya finalidad es de servir como sedimentador para los sólidos que aún no hayan

sedimentado, para ello se dispone de una entrada de flujo por la parte inferior del tanque para facilitar que los sólidos presentes sedimenten.

El sedimentador cuenta con un sistema de reciclo para mejorar el proceso de biorremediación global, el cual está regulado por un controlador de tiempo o temporizador “timer” on-off. La recirculación se hace una vez al día por un tiempo de 30 minutos, el cual corresponde a aproximadamente al 85% del volumen total del tanque.

Figura 15. Motobomba para reciclo



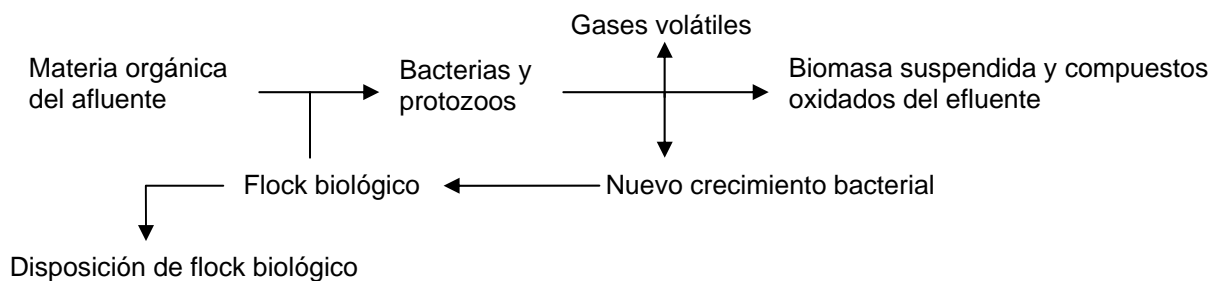
Figura 16. Temporizador y arreglo eléctrico de la Motobomba de reciclo



1.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. Esta se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual, mediante su conversión en gases y biomasa extraíble por sedimentación. La actividad biológica también se usa para remoción de nitrógeno y fósforo del agua residual. En la figura 17 se representa de manera esquemática el proceso de descomposición microbial de la materia orgánica.

Figura 17. Descomposición microbial de la materia orgánica



1.2.1 Oxidación biológica: La oxidación biológica es la conversión bacteriana de los elementos de su forma orgánica a su forma inorgánica altamente oxidada en un proceso también conocido como mineralización. La oxidación orgánica puede entenderse como una remoción de electrones o átomos de hidrógeno de las moléculas orgánicas. En la oxidación aerobia el oxígeno es el aceptador final de electrones y por lo tanto es reducido, mientras que los donantes orgánicos e inorgánicos de electrones son oxidados. Un ejemplo es la oxidación biológica del ácido láctico en ácido pirúvico mostrado en la figura 18.

Figura 18. Oxidación biológica del ácido láctico en ácido pirúvico

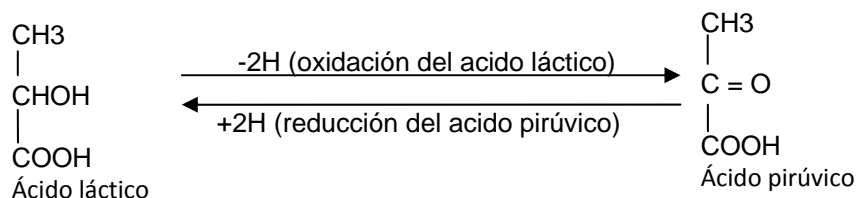
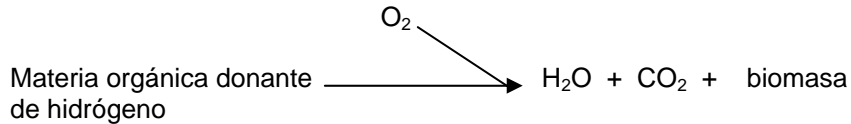


Tabla 1. Oxidantes y reductores de respiraciones bacteriales (2)

Reductor	Oxidante	Productos	Organismo
H ₂	O ₂	H ₂ O	Bacteria del hidrógeno
H ₂	SO ₄ ²⁻	H ₂ O + S ²⁻	Desulfovibrio
Compuestos orgánicos	O ₂	CO ₂ + H ₂ O	Bacterias, plantas y animales
NH ₃	O ₂	NO ₂ ⁻ + H ₂ O	Bacteria nitrificante
NO ₂ ⁻	O ₂	NO ₃ ⁻ + H ₂ O	Bacteria nitrificante
Compuestos orgánicos	NO ₃ ⁻	N ₂ + CO ₂	Bacteria desnitrificante
Fe ²⁺	O ₂	Fe ³⁺	Ferrobacillus (bacteria del hierro)
S ²⁻	O ₂	SO ₄ ²⁻ + H ₂ O	Thiobacillus (bacteria del azufre)

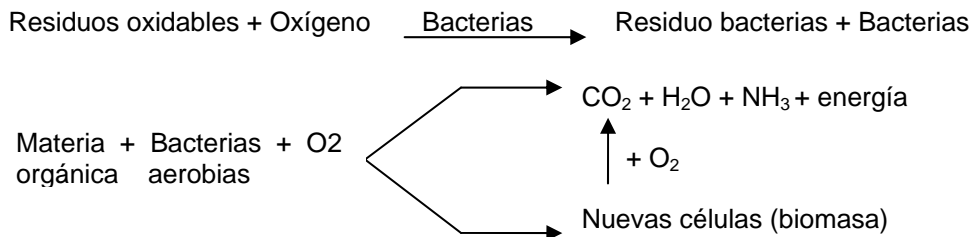
1.2.2 Proceso aerobio: El proceso aerobio es un proceso de respiración de oxígeno en el cual el oxígeno libre es el único aceptador de electrones; este es reducido y el carbono es oxidado, al igual que la materia orgánica o inorgánica.

Figura 19. Esquema general del proceso aerobio



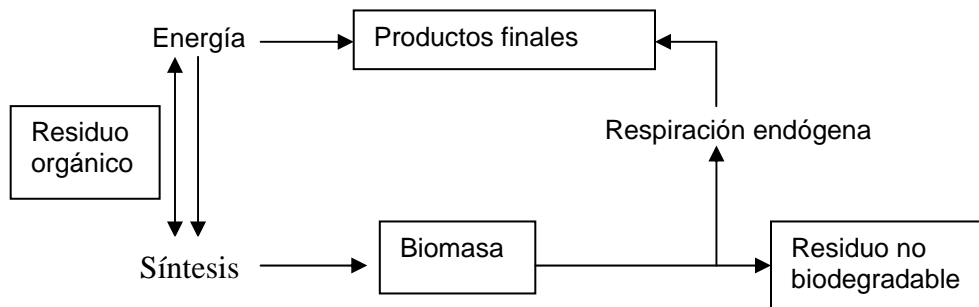
En la figura 20 se muestra el proceso de oxidación aerobia. (2)

Figura 20. Proceso de oxidación aerobia



O en forma esquemática como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Esquema proceso de oxidación aerobia



Usualmente, las bacterias son los organismos más importantes en el tratamiento aerobio de las aguas residuales porque son buenos oxidadores de la materia orgánica a la vez que tienen buenas tasas de crecimiento y desarrollo en aguas residuales, creando capas floculentas y gelatinosas de buenas características para la remoción de la materia orgánica. Las bacterias más comunes tanto en

CAPITULO 2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 PUESTA EN MARCHA

2.1.1 Llenado de estanques: Se llenaron alternadamente los estanques de igualación mediante el bypass del estanque 1, con el fin de evitar carga en el muro de separación. Esta acción tuvo una duración de dos semanas, en las cuales se alcanzó niveles adecuados para iniciar el proceso de inoculación.

2.1.2 Inoculación inicial: Cuando las piscinas lograron un nivel de $\frac{1}{2}$ de su profundidad, se prosiguió a hacer las primeras inoculaciones, con un exceso en la carga bacteriana con el fin de garantizar la proliferación de estas en los estanques. Se hicieron dos inoculaciones iniciales de 6 libras cada una, distribuidas sobre la superficie de los estanques 1 y 2.

2.1.3 Llenado de tanques: Una vez alcanzado el nivel máximo de los estanques se realizó el llenado de los tanques 1, 2 y 3, con la motobomba 1 para el tanque 1, y flujo por gravedad para los tanques 2 y 3.

2.1.4 Cálculo del caudal de aforo: Una vez el sistema (estanques 1 y 2, y tanques 1, 2 y 3) estuvo completo se midió el caudal de entrada cada $\frac{1}{2}$ hora durante dos semanas, con el fin de estimar el caudal promedio diario de entrada. Luego se determinó el balance de flujo volumétrico del sistema, con el fin de hallar el valor del caudal de aforo.

2.1.5 Monitoreo y control de temperatura, pH, oxígeno y cloro disuelto: Se monitoreó diariamente la temperatura, pH, oxígeno y cloro disuelto de los estanques 1, 2 y efluente, con el propósito de verificar condiciones en las cuales las bacterias digestoras puedan desarrollarse normalmente. Las muestras fueron

tomadas en diferentes puntos y profundidades de los estanques. Las mediciones se realizaron *in situ* y de acuerdo al manual de funcionamiento del equipo de medición.

2.1.6 Manutención de la población bacteriana: Durante todo el tiempo de trabajo se realizaron pequeñas inoculaciones diarias, con el fin de mantener la población bacteriana que ha salido por el efluente de la PTAR, usando una libra a lo largo de la semana.

2.1.7 Periodo de muestreo: Luego de un tiempo de tres meses de formación de flock biológico, se hicieron 6 muestreos por intervalos de 15 a 20 días con el fin de poder evidenciar cambios significativos y determinar los niveles de eficiencia alcanzados.

2.2 MONITOREO DE CONDICIONES AMBIENTALES DEL SISTEMA

Se monitoreó la temperatura, pH, oxígeno y cloro disuelto, parámetros a los cuales las bacterias son más sensibles, y susceptibles a hacer un cambio en su comportamiento.

2.2.1 Control de temperatura: El monitoreo de la temperatura se realizó diariamente en horas de la mañana con un termómetro de vidrio con bulbo de mercurio. Se midió la temperatura en el ambiente, en la trampa de grasas, en los estanques de igualación y en el efluente de la PTAR, con la finalidad de verificar tanto condiciones favorables de supervivencia bacteriana, así como de vertimiento a la fuente receptora.

El intervalo de temperatura en el cual las bacterias proliferan está comprendido entre los 10 y 40°C. A temperaturas por fuera de estos rangos las bacterias tienden a inhibirse y a suspender el proceso de oxidación.

2.2.2 Control de pH: El monitoreo de pH se realizó diariamente en horas de la mañana con un pHmetro potenciométrico PCE-PH 22. Se realizaron mediciones a: los estanques de igualación, al efluente de la PTAR, con la finalidad de verificar tanto condiciones favorables de supervivencia, así como de vertimiento a la fuente receptora.

El intervalo de unidades de pH en el que las bacterias pueden desarrollarse está entre las 5 y 9 unidades de pH. Valores por fuera de este intervalo hacen que las bacterias se inhiban y empiecen a morir.

2.2.3 Control de oxígeno disuelto: El monitoreo de Oxígeno disuelto (O.D) se hizo paralelamente con el de pH, diariamente en horas de la mañana con un medidor de oxígeno disuelto Hanna Oxy-check. Aunque la norma no exige niveles de O.D para descargas industriales. Se realizaron las mediciones debido a que las bacterias, por su naturaleza aerobia, necesitan niveles mínimos de oxígeno disuelto para ejercer su función oxidante.

2.2.4 Control de cloro residual: Debido a la naturaleza bactericida del cloro y al uso esporádico de desinfectantes en la planta de producción, se hicieron mediciones preventivas. Los análisis de cloro residual se hicieron dos veces al mes, por colorimetría, usando un test de valoración de cloro para piscinas, los valores recomendados son inferiores a las 0.5ppm de cloro.

2.3 MUESTREO

Luego de la puesta en marcha y luego de tres meses para la formación de flock biológico siguió el periodo de muestreo. Se hizo un análisis fisicoquímico cuantitativo de los parámetros exigidos en el artículo 72 del decreto 1594 de 1984 encontrados en la tabla 2. Los intervalos de muestreo fueron de 15 a 20 días con

el fin de evidenciar cambios significativos. El tipo de muestreo y el método de análisis se pueden hallar en la tabla 3.

Tabla 2. Normas de vertimientos industriales, artículo 72 del decreto 1594 de 1984 (7)

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
-pH	5-9 unidades	5-9 unidades
-Temperatura	<40°C	<40°C
-Materia Flotante	Ausente	Ausente
-Grasas y Aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
-Sólidos Suspendidos	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
-DBO para desechos domésticos	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga
-DQO para desechos industriales	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga

*Se entiende por usuario existente aquel cuya actividad ha venido realizándose a la fecha de entrada en vigencia del decreto en mención.

*Se entiende por usuario nuevo aquel cuya actividad se inicia después de entrada en vigencia del decreto en mención.

Las muestras se tomaron de acuerdo con las especificaciones dadas por Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (6), con el fin de comparar con los parámetros evaluados por la entidad reguladora de medio ambiente de la región Corponariño.

Tabla 3. Parámetros analizados, tipo de muestreo realizado y método de análisis

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	MÉTODO DE ANÁLISIS
pH	Puntual	Potenciométrico
Temperatura	Puntual	Termométrico
Sólidos Totales	Compuesta	Gravimétrico
Sólidos Suspendidos	Compuesta	Gravimétrico
Grasas y Aceites	Compuesta	Gravimétrico
DBO ₅	Compuesta	Incubación 5 días a 20°C
DQO	Compuesta	Reflujo abierto con dicromato de potasio

Para asegurar representatividad y detectar los efectos de las descargas variables se hizo muestreo compuesto por un periodo mayor a 7 horas con una frecuencia entre toma de muestras simples de ½ hora, en los cuales el volumen de cada una de las muestras simples es proporcional al caudal de descarga en el momento de su toma (ANEXO F).

2.3.1 Puntos de muestreo

Se escogieron los puntos de muestreo, antes, durante y después del tratamiento así:

M1: Efluente planta de producción, el agua antes del tratamiento

M2: Efluente tanque 1, intermedio del tratamiento, después de la etapa principal.

M3: Efluente de la PTAR, el agua después del tratamiento.

2.3.2 Análisis de muestras

Una vez realizado el proceso de muestreo las muestras se almacenaron y refrigeraron en recipientes aislados a temperaturas por debajo de los 4°C, hasta su análisis en el laboratorio.

Los sólidos totales y suspendidos fueron determinados gravimétricamente luego del proceso de evaporación a 103°C. Para los sólidos suspendidos se evaporó la muestra luego de pasarse por un filtro membrana de fibra de vidrio.

La medición de grasas se realizó gravimétricamente según el Método de Separación Soxhlet (6). Inicialmente la muestra es acidificada, filtrada y secada. Luego se somete a extracción por reflujo con hexano. Luego de ser retirada la presencia del disolvente por evaporación y secado se determinó la cantidad de grasas.

La demanda química de oxígeno DQO se realizó mediante el proceso de oxidación por Reflujo abierto con dicromato de potasio. La muestra se sometió a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$. Después de la digestión el dicromato no reducido se midió por titulación para determinar la cantidad de dicromato consumido y hallar la materia oxidable equivalente.

La demanda bioquímica de oxígeno se realizó por el proceso de Incubación de 5 días a 20°C en la oscuridad. El método se basó en medir la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente. Se determinó por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el final al término del periodo de incubación.

Los anteriores análisis se realizaron con base en los procedimientos sugeridos en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.

CAPITULO 3. RESULTADOS

3.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE AFORO (Q_{af})

En el estado estable se debe cumplir que:

$$V_{salida} = V_{entrada};$$

Además:

$t_{llenado}$ t (entre cada reciclo); condición necesaria para evitar la entrada de aire en la bomba de reciclo, y haya garantía de caudal de salida. Donde $t_{llenado}$ es el tiempo de llenado del tanque 3 inmediatamente después del reciclo.

Variables independientes:

$Q_{entrada}$: El caudal promedio diario de entrada determina el volumen de entrada $V_{entrada}$

t_{rec} : Tiempo de reciclo, el cual es determinado arbitrariamente, de acuerdo a la intensidad de trabajo de la planta.

Variables dependientes:

Q_{af} : Caudal de aforo

El flujo volumétrico promedio de la jornada de trabajo (11 horas de descarga diarias aproximado) se estableció experimentalmente como:

$$Q_{76pm} = 0.21L/s; \text{ por lo tanto}$$

$$Q_{entrada} = 0.096L/s; \text{ corresponde al flujo volumétrico de entrada promedio diario}$$

$$V_{entrada} = Q_{entrada} * 24h = 8294L \quad 8300L \text{ corresponde al volumen de entrada promedio diario.}$$

Para que haya condiciones de estado estable se debe cumplir que:

$$V_{salida} = V_{entrada} = 8294L$$

El volumen reciclado está dado por

$$V_{rec} = Q_{rec} * t_{rec} \quad \text{donde } Q_{rec} = 428.6L/min \text{ (caudal impulsado por la bomba 2) y } t_{rec} = 30 \text{ minutos (tiempo determinado arbitrariamente por los contratistas)}$$

$$V_{rec} = 12828L$$

Para que no haya acumulación ni pérdidas de volumen en el sistema

$$V_{af} = V_{entrada} + V_{vac}$$

$$V_{vac} = Q_{rec} * t_{rec} - Q_{af} * t_{rec}$$

Por lo tanto

$$V_{af} = Q_{af} * 1440\text{min} = 8294\text{L} + 428,6\text{L}/\text{min} * 30\text{min} - Q_{af} * 30\text{min}$$

$Q_{af} = 14.34\text{L}/\text{min} = 0.24\text{L}/\text{s}$, el cual corresponde al caudal de aforo usado durante todo el periodo de trabajo.

De forma demostrativa se hace a continuación la respectiva verificación:

$$V_{vac} = 428.6\text{L}/\text{min} * 30\text{min} - 0.24 * 30\text{min} = 12427\text{L}$$

El tiempo de llenado del tanque 3 es por lo tanto

$$t_{llenado} = V_{vac} / Q_{af} = 12427\text{L} / 14.34\text{L}/\text{min} = 866.6\text{min} = 14.44\text{h}$$

Por lo tanto el periodo diario de descarga $t_{salida} = 9.56\text{h}$ por lo tanto

$V_{salida} = Q_{af} * t_{salida} = 0.24\text{L}/\text{s} * 9.56\text{h} = 8260\text{L} \quad 8300\text{L}$ que es igual al volumen de entrada diario hallado experimentalmente, cumpliendo la condición para alcanzar el estado estable teórico.

Durante el periodo de trabajo los valores teóricos calculados se comportaron de manera admisible. Iniciando el reciclo a las 6 p.m. y teniendo nuevamente caudal de salida entre las 8:30 y 9:00 a.m., además de conservar un nivel casi constante en el estanque de igualación 2.

Nomenclatura:

$V_{entrada}$: Volumen promedio de entrada diario

V_{salida} : Volumen promedio de salida diario

V_{rec} : Volumen reciclado diario

V_{af} : Volumen promedio diario evacuado por el tanque 1

V_{vac} : Volumen desocupado luego del periodo de reciclo

$Q_{76\text{pm}}$: Flujo volumétrico promedio en la jornada de trabajo

$Q_{entrada}$: Caudal promedio de entrada diario

Q_{rec} : Caudal de reciclo

Q_{af} : Caudal de aforo

t_{salida} : Tiempo vertimiento en la salida

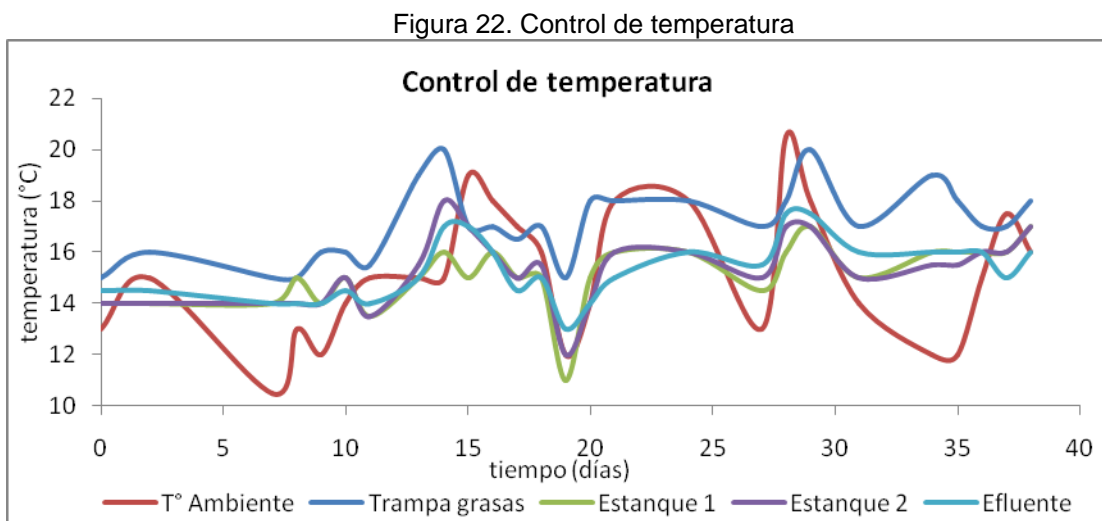
t_{rec} : Tiempo total de reciclo

$t_{llenado}$: Tiempo de llenado del tanque 3 inmediatamente después del reciclo

3.2 MONITOREO DE CONDICIONES AMBIENTALES

En las figuras 22, 23 y 24 se muestra el monitoreo de la temperatura, pH y oxígeno disuelto, respectivamente. Los datos completos se encuentran en el ANEXO E.

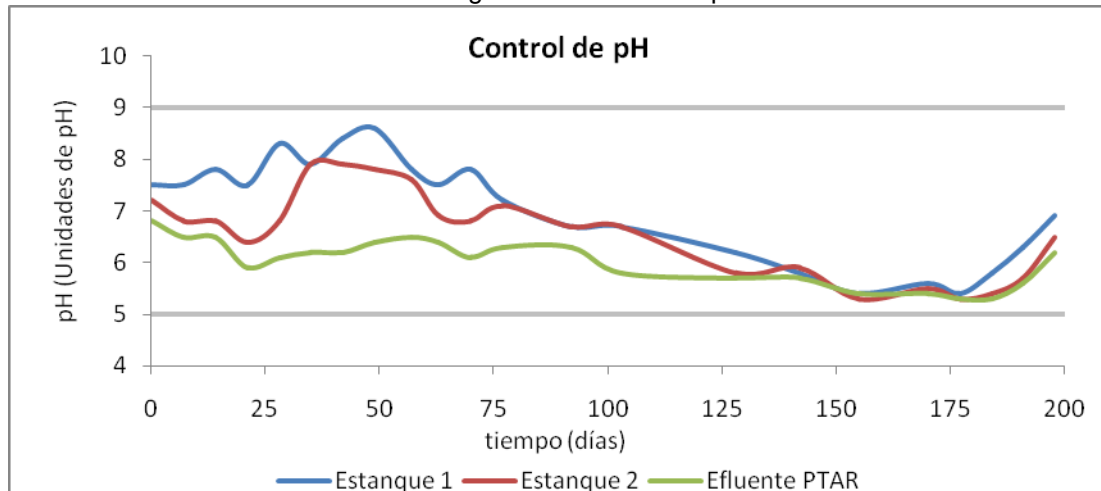
Se observa en la figura 22 que la temperatura del sistema permanece dentro del intervalo de temperaturas comprendido entre los 10°C y 20°C y no fue superior a los 40°C, temperatura límite permitida por el decreto 1594 de 1984. Las variaciones en las temperaturas se deben a variaciones en la temperatura ambiente.



En la figura 23 se observa que al incrementar el tiempo de remanencia del agua residual (estanque1 8.5 días, estanque2 18 días, efluente 20 días), disminuye el pH, debido a que los productos del catabolismo bacteriano son de carácter ácido. A partir del segundo mes (60 días) se observa una disminución en el pH del sistema, indicativo del aumento en la población bacteriana. Se decidió suspender las inoculaciones a partir del quinto mes (150 días) ya que se aproximaba al valor mínimo permitido por el decreto 1584 (pH = 5). Después de interrumpir las

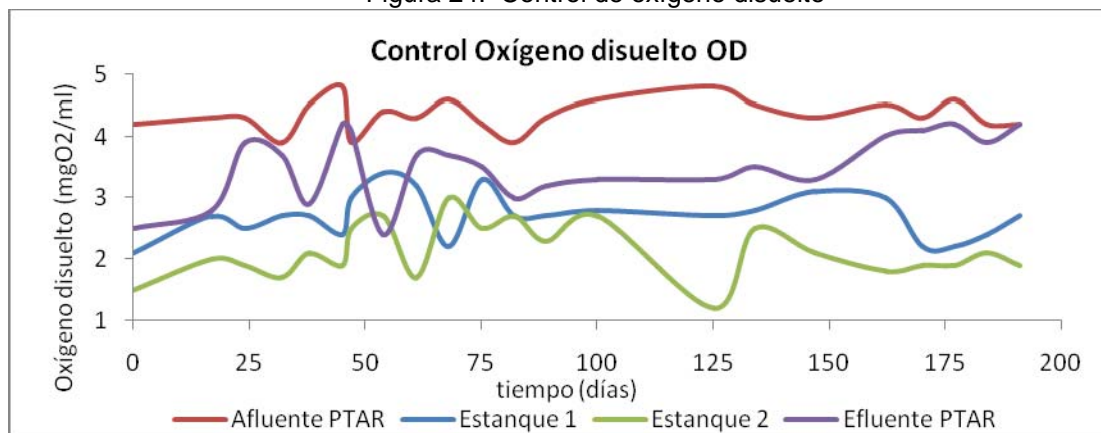
inoculaciones (150 días) se observa una estabilización del pH del sistema hasta que se experimenta un aumento en el pH a partir del sexto mes (180 días).

Figura 23. Control de pH



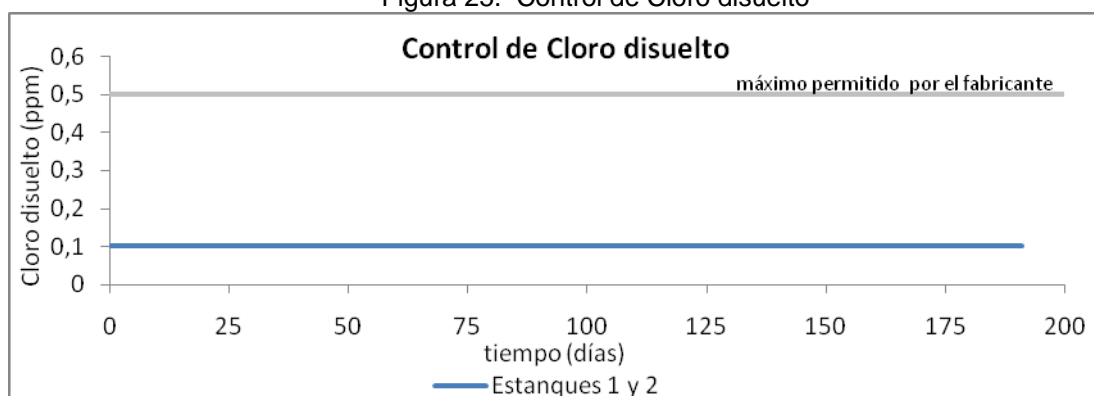
En la figura 24 se observa una disminución del O.D en los estanques debido a la actividad biológica y al mayor tiempo de retención (estanque 1 8.5 días, estanque 2 18 días). Sin embargo en el efluente el nivel de O.D es mayor que en los estanques debido a la aireación hecha por la turbulencia creada por la motobomba en el llenado del tanque 1 y al menor tiempo de retención en los tanques 1, 2 y 3 (2 días).

Figura 24. Control de oxígeno disuelto



Del monitoreo de Cloro disuelto se obtuvo siempre valores por debajo de 0.1ppm, lectura mínima permitida por el test de medición de cloro disuelto.

Figura 25. Control de Cloro disuelto



3.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO

La eficiencia alcanzada se expresó en función del porcentaje de remoción, que es el porcentaje de material contaminante removido después del tratamiento respecto a la carga contaminante antes del tratamiento.

En las tablas 4 a 9 se presentan los resultados obtenidos de los seis análisis fisicoquímicos realizados (ANEXO G).

Tabla 4. Análisis Noviembre 7 2007

PARAMETRO	M1	M2	M3	Eficiencia	
				%Remoción1	%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	1835	1877	1749	-----	5 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	208	292	130	-----	38 ±18
DBO5 mg/L	1330	1000	920	25 ±14	31 ±22
DQO mg/L	1594	1435	1112	10 ±25	31 ±18
Grasas y Aceites mg/L	151	30	25	80 ±3	84 ±3

*----- Implica que no hubo remoción

Los porcentajes de remoción mostrados en la tabla 4 son bajos con respecto a los reportados en la norma ambiental y a los encontrados en los demás muestreos, debido a que en el día del muestreo las descargas fueron sólo de aguas de lavado, y no hubo descargas de subproductos como sueros, en los cuales se encuentran la mayor parte de la carga contaminante.

Tabla 5. Análisis Noviembre 26 2007

PARAMETRO	M1	M2	M3	Eficiencia	
				%Remoción1	%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	7806	3291	3511	58 ±16	55 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	337	187	381	45 ±12	-----
DBO5 mg/L	8304	5232	1122	63 ±14	87 ±22
DQO mg/L	9270	1885	1608	80 ±25	83 ±18
Grasas y Aceites mg/L	850	110	70	88 ±3	92 ±3

*----- Implica que no hubo remoción

Los porcentajes de remoción mostrados en la tabla 5 muestran los índices de remoción más altos, debido a que en el día de muestreo la descarga contaminante a la planta de tratamiento fue mayor comparada con los demás muestreos.

Tabla 6. Análisis Enero 15 2008

PARAMETRO	M1	M3	Eficiencia
			%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	4106	2229	46 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	840	212	75 ±18
DBO5 mg/L	3306	2041	39 ±22
DQO mg/L	6154	2704	57 ±18
Grasas y Aceites mg/L	320	26	92 ±3

*Debido al daño de la muestra M2, no se pudo hacer el análisis respectivo

Los porcentajes de remoción mostrados en la tabla 6 son bajos en la remoción de carga orgánica, debido a que en la temporada de diciembre la demanda de los productos es mucho mayor, lo cual implica más y mayores descargas vertidas a la PTAR, además de una gran carga contaminante acumulada hasta el día del muestreo (TRH global, 20.3días).

Tabla 7. Análisis Enero 25 2008

PARAMETRO	M1	M2	M3	Eficiencia	
				%Remoción1	%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	6352	3624	3362	44 ±16	48 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	468	345	315	27 ±12	33 ±18
DBO5 mg/L	2545	980	484	62 ±14	81 ±22
DQO mg/L	7350	1920	1249	74 ±25	83 ±18
Grasas y Aceites mg/L	730	85	65	89 ±3	91 ±3

Tabla 8. Análisis Febrero 05 2008

PARAMETRO	M1	M2	M3	Eficiencia	
				%Remoción1	%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	7453	4422	4382	41 ±16	41 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	697	534	505	24 ±12	28 ±18
DBO5 mg/L	3612	1550	614	57 ±14	83 ±22
DQO mg/L	7360	2065	1750	72 ±25	76 ±18
Grasas y Aceites mg/L	422	76	52	83 ±3	88 ±3

Tabla 9. Análisis Febrero 15 2008

PARAMETRO	M1	M2	M3	Eficiencia	
				%Remoción1	%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	4482	3954	3815	12 ±16	15 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	587	524	452	11 ±12	24 ±18
DBO5 mg/L	2511	1145	645	55 ±14	74 ±22
DQO mg/L	5576	1920	1094	66 ±25	80 ±18
Grasas y Aceites mg/L	394	54	30	86 ±3	92 ±3

Los análisis hechos entre enero 25 y febrero 15, tablas 7, 8 y 9 muestran valores más estables tanto en el afluente como en el efluente. Esto se debe a que la producción permaneció constante durante este periodo, por lo cual las descargas hechas a la PTAR fueron similares a lo largo de esas semanas.

Tabla 10. Porcentajes de remoción promedio

PARAMETRO	M1	M2	M3	Eficiencia	
				%Remoción1	%Remoción2
Sólidos Totales mg/L	5339	3434	3174	36 ±16	41 ±18
Sólidos Suspendidos mg/L	524	377	333	28 ±12	37 ±18
DBO5 mg/L	3602	1343	637	63 ±14	82 ±22
DQO mg/L	6216	1845	1586	71 ±25	75 ±18
Grasas y Aceites mg/L	478	71	45	85 ±3	91 ±3

En la tabla 10 se muestran los porcentajes de remoción promedio. Debido a la variabilidad en las cargas contaminantes tanto horarias como diarias y al TRH de la planta, los datos promedio son más claros y representativos para evaluar la eficiencia lograda.

En la tabla 11 se muestran los valores de remoción alcanzados por la planta y los valores exigidos por el decreto 1594 de 1984.

Tabla 11. Cuadro comparativo respecto al Decreto 1594 de 1984

REFERENCIA	Promedio PTAR (Efluente)	Decreto 1594	Cumplimiento
pH	5-7 unidades	5-9 unidades	Cumple
Temperatura	<20°C	<40°C	Cumple
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Cumple
Grasas y Aceites	Remoción 91%	Remoción > 80% en carga	Cumple
Sólidos Suspendidos	Remoción 37%	Remoción > 80% en carga	No cumple
DBO para desechos industriales	Remoción 82%	Remoción > 80% en carga	Cumple
DQO para desechos industriales	Remoción 75%	Remoción > 80% en carga	No cumple

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los porcentajes de remoción dependen de las cargas contaminantes vertidas durante el día de muestreo debido a la heterogeneidad de las descargas contaminantes, evidencia de esto es observable en el muestreo hecho en Noviembre 7 de 2007. El porcentaje de remoción de carga orgánica es bajo con una remoción del 31%, ya que la carga contaminante en la entrada es de 1594mg/L en DQO. Si se compara con muestreos tomados en días de producción más exigentes, este porcentaje aumentó alcanzando valores permitidos por el artículo 72 del decreto 1594 de 1984.

La remoción de grasas y aceites y de la carga orgánica es satisfactoria. Por el contrario la remoción de sólidos totales y suspendidos baja. Sugiriendo etapas adicionales o una modificación de las ya existentes en la planta.

Aunque no se hizo cuantificación de niveles de nitrógeno y fósforo presentes en el agua residual, es de suponer que se cumple la relación mínima de nutrientes requeridos por las bacterias de 100:5:1 mg/L en cuanto a DBO₅: Nitrógeno: Fósforo sugerido por la literatura. Lo anterior es reflejado por la tendencia a la eutroficación en la cajilla de salida, donde hay crecimiento algáceo, el cual es propiciado por nutrientes inorgánicos presentes en el agua.

El sedimentador final cumple el objetivo que se esperaba. Evidencia de ello son los pobres índices de sedimentación, teniendo en cuenta que la mayor parte de remoción de sólidos se lleva a cabo en los estanques 1 y 2.

3.5 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN

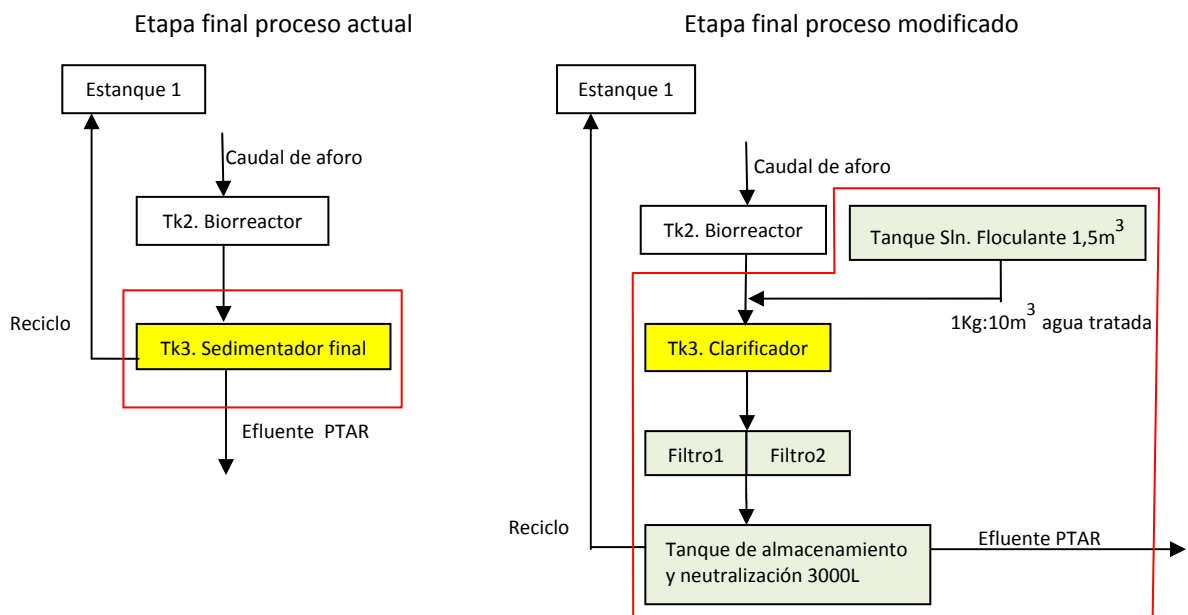
Con base en los resultados obtenidos y la inconformidad de la empresa respecto a la remoción de sólidos totales y suspendidos se planteó a la empresa la siguiente

modificación al diseño actual de la planta. Para las modificaciones se tuvieron en cuenta valores obtenidos de la literatura y experiencias de trabajos de diseño en empresas similares.

3.5.1 Diagramas de flujo: Se propone la modificación con el fin de remover los sólidos suspendidos y así lograr cumplir con todos los parámetros exigidos por el decreto 1594 de 1984. Para tal objetivo se plantea una etapa de clarificación unida a una etapa terciaria de filtración para remover la mayor cantidad de sólidos suspendidos posibles.

La diferencia radica en el cambio del sedimentador final que supone una sedimentación simple, por un clarificador químico utilizando Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ debido a que este es el coagulante estándar usado en el tratamiento de aguas. Luego de esta etapa se plantea una etapa subsecuente de filtrado en la cual se realizaría la remoción de sólidos remanentes y flóculos no sedimentados. Finalmente una etapa de almacenamiento con el fin de promover la estabilidad del sistema mediante el uso del reciclo. En la figura 26 se muestra la etapa final actual versus la etapa final modificada.

Figura 26. Diagrama de flujo de la propuesta de modificación



3.5.2 Clarificador: La etapa de sedimentación original supone una sedimentación simple la cual no es satisfactoria debido a que los sólidos presentes son de lenta y difícil sedimentación, principalmente sólidos coloidales (limo, bacterias, partículas causantes de color). Se propone una etapa de clarificación química usando sulfato de aluminio como agente coagulante para reducir las fuerzas repelentes existentes entre las partículas coloidales y formar partículas mayores de buena sedimentación. La coagulación prepara el agua para la sedimentación, incrementa la eficiencia del sedimentador y tiene como función principal desestabilizar, agregar y unir las sustancias coloidales en el agua.

El mezclado entre el agua y la solución de coagulante se haría aprovechando una columna de agua de 2,5m que fluye a través de una tubería de 2in desde la parte superior del tanque 2 hacia la parte inferior del tanque 3 donde se espera una mezcla completa. Se espera que el flujo lento y ascendente en el tanque 3 promueva la formación de flóculos sedimentables. De acuerdo a pruebas de jarras realizadas en industrias similares se utiliza una proporción de 1Kg de coagulante por cada 10m³ de agua tratada. La planta trata aproximadamente 21.6m³/día lo cual implica 2.16kg/día, para que haya un gasto de 1m³ semanal de solución de floculante se necesita un caudal constante de 1,65ml/s con una concentración de 15.12Kg/m³. Se usaría un tanque de almacenamiento de 1,5m³ para garantizar flujo constante durante la semana. No obstante para hallar la dosis óptima del coagulante, es necesario un estudio concienzudo de prueba de jarras.

3.5.3 Filtro: En el diseño original de la planta la etapa de filtración es inexistente. Se propone una etapa adicional de filtración para mejorar la remoción de sólidos suspendidos y flóculos no sedimentados en el clarificador. Se propone un filtro granular de medio doble, estratificado (arena-antracita) de flujo descendente, operación semicontínua y almacenamiento interno de sólidos.

El cálculo teórico de número de filtros y dimensionamiento de estos, está soportado por los datos mostrados en la tabla 12 y las ecuaciones de diseño sugeridas por la literatura (8).

$$N = 1,4 * CD^{0.5}$$

$$A_{sf} = CD(m^3/día) / V_f(m^3/m^2día)$$

Donde:

N: Número de unidades de filtración
 CD: Capacidad de la planta (millones de litros/día)
 A_{sf}: Área superficial del filtro
 V_f: Velocidad de filtración

Tabla 12. Datos típicos para filtros de medio doble (8)

	Espesor de capa (cm)	Tamaño efectivo	Coefficiente de uniformidad	Gravedad específica
Espacio libre superior	37,5			
Antracita	45	1,2mm	1,6	1,6
Arena	30	0,55mm	1,5	2,65
Grava 4 capa	7,5	1/4 -- 1/8 in		
Grava 3 capa	7,5	1/2 -- 1/4 in		
Grava 2 capa	7,5	1 -- 1/2 in		
Grava 1 capa (fondo)	15	2 -- 1 in		
Espacio libre inferior	3,5			
Velocidad filtración (m ³ /m ² día)	240			
Duración ciclo limpieza (h)	24			
Pérdida de carga	1ft inicial, 15 a 20ft final			

Se halló un número de unidades de 0,206 lo cual indica que es necesario 1 unidad de filtración con un diámetro de 0,34m o 13,3in, por lo cual se debe usar tubería comercial de PVC o PE de 15in. El filtro debe contar con un manómetro diferencial para conocer las pérdidas en donde una caída mayor a 15ft es indicador que el filtro necesita ser lavado, el lavado se hace por medio de flujo a contracorriente a través del lecho filtrante con agua filtrada o con agua del acueducto.

Debido a la rápida saturación de este tipo de filtro y para evitar perder la continuidad del proceso, se deben construir dos filtros en paralelo, utilizados alternadamente.

3.5.4 Tanque de almacenamiento: De manera análoga al diseño original de la planta es necesario el uso del reciclo para promover la estabilidad del sistema. Por esta razón es necesario un tanque de almacenamiento y descarga final con un volumen mínimo de 3000L, con el fin de realizar un mayor número de reciclos diarios con tiempos más cortos. Se contempla la neutralización debido a que los agentes floculantes tienden a bajar el pH del agua.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

De la evaluación de la eficiencia en la remoción en la planta de tratamiento de aguas residuales se determinó que se cumple con lo establecido por el decreto 1594 de 1984 respecto a: temperatura, pH, material flotante, demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ y grasas y aceites.

Se determinó que no se cumplía con los requerimientos en la remoción de sólidos suspendidos y demanda química de oxígeno DQO. Por lo tanto se plantearon modificaciones en la parte final del proceso. Se estableció una etapa de clarificación con ayuda de coagulantes químicos unido a una etapa subsecuente de filtración para promover la remoción de sólidos suspendidos y como consecuencia directa, de carga orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRUZ CERÓN, Gabriel. Economía aplicada a la valoración de impactos ambientales. Editorial Universidad de Caldas, Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. 2005.
2. WINKLER, Michael A. Tratamiento biológico de aguas de desecho. Editorial Limusa S.A Grupo Noriega Editores. México D.F. México. 2000.
3. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuíquímica. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 1996.
4. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua, 2a. Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 2006.
5. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 2003.
6. GREENBERG, Arnold E. y otros. Standard methods for the examination of water & wastewater. Ed. American Water Works Association. New York U.S. 1965.
7. Ministerio de Agricultura. Decreto 1594 del 26 de Junio de 1984. Bogotá, Colombia. 1984.

8. FAIR, Gordon Maskew y GEYER, John Charles. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales Vol2 Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Ed. Limusa, Grupo Noriega editores. México D.F., México. 2005.

9. Organización de Las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos, Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de análisis de peligros. Grupo editorial, Dirección de información de la FAO. Roma. 2002.

ANEXOS

ANEXO A. PRESENTACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

La Empresa Lácteos Andinos de Nariño, es una empresa relativamente joven cuya principal función consiste en la recepción, enfriamiento, homogenización, pasteurización, empaquetamiento y distribución de leche fresca. Paralelo a esta cadena de producción, produce diversos productos derivados lácteos tales como quesos entre estos queso molido (queso campesino), quesos hilados (tipo Mozzarella, doble crema), quesos madurados (tipo Gouda) y queso esparcible, la producción de bebidas lácteas como yogurt y kumis, además de otros productos de alta calidad como arequipe, crema de leche, y refrescos empacados a base de agua pasteurizada.

La empresa está certificada por el bajo la norma HACCP INVIMA en cuanto al manejo y producción de alimentos para consumo humano, cumpliendo a cabalidad la norma en cuanto a procesos de producción y ambientes adecuados para realizarlos, cuenta con instalaciones amplias, debidamente identificadas y separadas, con equipos e instalaciones de fácil lavado, para evitar acumulación de impurezas.

Las instalaciones de la empresa en general, planta de producción, zona de generación de servicios industriales (caldera), almacén de insumos, almacén de repuestos mecánicos, laboratorio fisicoquímico, laboratorio bacteriológico, baños y zonas comunes de reunión del personal de producción, están identificadas y separadas entre si por medio de barreras físicas, con el propósito principal de evitar la contaminación cruzada. Las estructuras internas son lisas y están recubiertas de pintura epoxica con el fin de impermeabilizar la estructura y facilitar

su lavado, el piso está enchapado en baldosa impermeable antideslizante de fácil limpieza, la unión piso-pared-techo en forma de cuña evita acumulación de suciedad e impurezas, además de poseer a lo largo de la planta de producción desagües suficientes, los mesones y equipos industriales en general están hechos en acero inoxidable, así como los demás implementos usados en la planta de producción están hechos de material liso no poroso, no tóxico e inerte a los alimentos producidos, cumpliendo a plenitud la normatividad HACCP adoptada como política interna desde principios del año 2006.

ANEXO B. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA

B.1 Turbidez: La turbidez es la expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, microorganismos etc.

Actualmente el método más usado para determinación de turbidez es el método nefelométrico en el cual se mide la turbiedad mediante un nefelómetro y se expresan los resultados en unidades de turbidez nefelométrica, UTN. Con este método se compara la intensidad de luz dispersada por la muestra con la intensidad de luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones de medida. Entre mayor sea la cantidad de luz dispersada, mayor será la turbiedad. (1)

B.2 Color: Las causas más comunes del color en el agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc. En diferentes estados de descomposición, y en la presencia de taninos, ácido húmicos, ácido fúlvicos y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como Al^{+++} o Fe^{+++} .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o el color de la muestra una vez que su turbidez ha sido removida, y el color aparente que incluye

no solamente el color de las sustancias en solución y los coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación o centrifugación previa. En general, el término color se refiere al color verdadero del agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH. Normalmente el color aumenta con el incremento del pH. (1)

B.3 Olor y Sabor: Los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran: materia orgánica en solución, H₂S, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, fenoles, aceites, algas, hongos entre otros. Tanto el olor como el sabor pueden describirse cualitativamente, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación.

Existen diferentes métodos cuantitativos para expresar la concentración de olor o de sabor. El método más usado consiste en determinar la relación de dilución a la cual el olor o sabor es apenas detectable. El valor de dicha relación se expresa como número detectable de olor o de sabor. El ensayo de sabor sólo debe hacerse con muestras seguras para consumo humano.

B.4 Temperatura: La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que por ejemplo, el grado de saturación de O.D (oxígeno disuelto) y la actividad biológica se relacionan con la temperatura.

La temperatura del agua residual es generalmente mayor que en el agua no contaminada, debido a la energía liberada, producto de reacciones bioquímicas que están presentes en la degradación de la materia orgánica.

B.5 Sólidos totales: Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).

B.6 Sólidos disueltos: Son residuos sólidos filtrables, determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Luego de ser filtrada la muestra de agua por un filtro de asbesto o fibra de vidrio, el filtrado es evaporado y secado a 103 °C, la masa remanente corresponde entonces a la cantidad de sólidos disueltos.

B.7 Sólidos suspendidos: Corresponde al residuo no filtrable, son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o fibra de vidrio, luego de evaporar y secar el filtrado, el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos.

B.8 Sólidos volátiles y sólidos fijos: En aguas residuales y lodos, se acostumbra hacer esta determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. Luego de obtener la muestra seca de sólidos totales, se somete la muestra a calcinamiento en una mufla a 550°C durante 20 minutos. La diferencia de pesos representa los sólidos volátiles, y la masa remanente representa los sólidos fijos.

El contenido de sólidos volátiles se interpreta en términos de materia orgánica, teniendo en cuenta que a una temperatura de 550 °C, la materia orgánica se oxida formando CO₂ y H₂O que se volatilizan, aunque la interpretación no es completamente exacta puesto que la pérdida de peso implica también la descomposición de algunas sales minerales. (1)

B.9 Sólidos sedimentables: La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, bajo condiciones tranquilas, por acción de la

gravedad. La determinación se hace llenando un cono Imhoff de 1 L de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de 1 hora en ml/L.

B.10 Grasas y aceites: Se entiende por grasas y aceites el conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando nata, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro grasas y aceites incluye los esterres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo ácido carboxílico en un extremo; materiales solubles en solventes orgánicos, pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo. Estos compuestos sirven como alimento para bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes. (1)

En plantas convencionales de tratamiento, las grasas pueden permanecer en el efluente primario en forma emulsificada. A pesar de la destrucción de los agentes emulsificantes por el tratamiento biológico secundario, la grasa no usada se separa del agua flotando en los tanques de sedimentación secundaria.

B.11 Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅: Es una de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas y aguas residuales. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aeróbicas, en un periodo de 5 días y a 20°C.

En aguas residuales domesticas, el valor de la DBO₅ representa en promedio un 65% a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO, como todo ensayo

biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. El ensayo supone la medida de la cantidad de oxígeno consumido por los organismos vivos en la utilización de la materia orgánica presente en un residuo; por lo tanto es necesario garantizar que durante todo el periodo del ensayo exista suficiente OD, así como suficiente N y P como nutrientes para los microorganismos, además de condiciones ambientales adecuadas que garanticen la supervivencia de los microorganismos presentes. (1)

B.12 Demanda química de oxígeno DQO: La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de la DQO es una medida del oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. El ensayo tiene ventajas sobre el de DBO_5 ya que es un ensayo mucho más ágil, y no está sujeto a tantas variables como las presentadas en un ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos pueden ser oxidados a CO_2 y agua mediante la acción de un agente oxidante en condiciones ácidas.

La oxidación de la mayoría de las formas de materia orgánica se efectúa mediante ebullición de la muestra con una mezcla de ácido sulfúrico y un exceso de dicromato de potasio estándar. La mezcla de dicromato y ácido en cantidades conocidas, más la muestra a ser analizada es sometida a reflujo por un tiempo de dos horas; durante el periodo de reflujo el material orgánico oxidable reduce una cantidad equivalente de dicromato de potasio; El dicromato remanente se determina por medio de una titulación con sulfato ferroso amoniacal estándar. La diferencia entre la cantidad inicial de dicromato y la final corresponde a la materia orgánica oxidada por el dicromato, y la total presente en la muestra analizada.

El ensayo de DQO, se realiza ampliamente con dicromato de potasio, ya que es un oxidante fuerte capaz de oxidar una gran cantidad de material orgánico, con ciertas excepciones como los hidrocarburos aromáticos y la piridina, C₅H₅N, los cuales no son oxidados bajo ninguna circunstancia. Otras sustancias como los alcoholes y aminoácidos, no son oxidados a menos que esté presente un catalizador, por esta razón se añade Ag₂SO₄ como catalizador.

B.13 Presencia de contaminantes inorgánicos: La presencia de metales pesados provenientes de aguas residuales industriales, y de otros tóxicos inorgánicos, en concentraciones apreciables causan serios problemas tanto ambientales, como de inhibición del tratamiento biológico así como de disposición de los lodos provenientes del sistema de tratamiento. A continuación se citan algunos casos de importancia.

Tabla B.1. Principales metales en aguas residuales industriales (4)

Industria	As	Ba	B	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Ni	Se	Ag	Zn
Alimentos y bebidas								X						X	
Baterías	X			X					X	X		X			
Cincado de materiales			X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Colorantes	X	X		X	X		X	X		X		X	X		
Farmacéuticos			X								X				
Curtiembres	X		X		X			X							
Desinfectantes			X								X			X	
Detergentes	X	X													
Explosivos		X							X		X				
Fertilizantes	X		X	X			X	X		X					
Fundición		X					X	X		X		X			X
Fungicidas				X							X				
Herbicidas	X		X												
Metalurgia	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Minería de metales	X			X			X	X	X	X		X		X	X
Pesticidas	X										X		X		
Petróleo	X						X	X	X						
Pintura		X		X	X		X		X	X	X	X	X		X
Plástico				X							X				
Pulpa, cartón y papel			X				X				X		X		X
Textiles				X			X	X					X		X
Tintas					X			X	X			X		X	X
Vidrio	X	X	X	X	X	X				X			X		

ANEXO C. PRINCIPIOS BÁSICOS 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 y biomasa extraíble mediante sedimentación. La actividad biológica también se usa para remoción de nitrógeno y fósforo del agua residual.

Existen cuatro grupos principales de procesos biológicos: procesos aerobios, anaerobios, anóxicos y procesos combinados, aerobios con anóxicos o con anaerobios. Dentro de cada grupo hay también diferenciación dependiendo si el crecimiento bacterial es suspendido, crecimiento adherido o una combinación de ellos. Igualmente depende de la clase de flujo predominante como lo son flujo continuo o flujo intermitente y del tipo de mezcla, flujo en pistón o flujo arbitrario.

En los procesos de tratamiento aerobio el tratamiento se efectúa en presencia de oxígeno. Los procesos anaerobios son aquellos en los cuales el tratamiento se lleva a cabo 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 como proceso anóxico en lugar de proceso anaerobio. (2)

C.1 Oxidación biológica

Al descargar residuos sobre un cuerpo de agua o sobre el suelo se crea, generalmente, un problema de control de calidad asociado con las diferentes características indeseables provenientes de los desechos, de las cuales es de

especial importancia la presencia de materia orgánica, la cual es estabilizada biológicamente por los microorganismos en condiciones aerobias o anaerobias. La oxidación biológica es la conversión bacterial de los elementos de su forma orgánica a su forma inorgánica altamente oxidada en un proceso también conocido como mineralización. La mineralización o descomposición microbiana del material orgánico de las aguas residuales en productos finales inorgánicos como dióxido de carbono, agua, nitrógeno amoniacal o nitratos, ortofosfatos y sulfatos, es característica de la oxidación aerobia de carbohidratos y lípidos; hay por supuesto materia orgánica de difícil oxidación como la lignina, la materia húmica e hidrocarburos aromáticos clorados, los cuales debido a su alta masa molecular y complejidad estructural, son muy estables bioquímicamente.

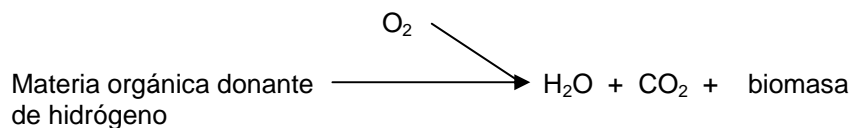
Toda oxidación implica la transferencia de electrones de una sustancia reducida o donante de electrones a una sustancia oxidante o receptor de electrones. La materia orgánica es el alimento o donante de electrones para organismos vivos. Sin embargo, algunos materiales inorgánicos reducidos como el amoníaco, los sulfuros, el hierro ferroso y el hidrógeno molecular pueden servir para algunas bacterias, como donantes de electrones, alimento o fuentes de energía.

La oxidación orgánica puede entenderse como una remoción de electrones, o átomos de hidrógeno de las moléculas orgánicas. En la oxidación aerobia el oxígeno es el aceptador final de electrones y por lo tanto es reducido, mientras que los donantes orgánicos e inorgánicos de electrones son oxidados. En la oxidación anaerobia, nitratos, sulfatos y CO_2 sirven como receptores de electrones, aunque esto requiere condiciones estrictamente anaerobias. En condiciones anaerobias los productos son metano, CO_2 , H_2S y agua. En caso de condiciones anóxicas, los nitratos son convertidos por bacterias facultativas en CO_2 y nitrógeno gaseoso como productos finales.

Las reacciones redox biológicas son reacciones de deshidrogenación-hidrogenación, en las cuales el sustrato oxidable, materia orgánica, pierde electrones en la forma de átomos de hidrógeno. En el proceso aerobio, el oxígeno es reducido a agua y el carbono es oxidado en CO₂. La oxidación de compuestos orgánicos involucra la remoción de electrones del compuesto orgánico y su transferencia a un aceptador de electrones, el cual sirve como agente oxidante y se reduce en el proceso.

C.2 Proceso aerobio

El proceso aerobio es un proceso de respiración de oxígeno en el cual el oxígeno libre es el único aceptador de electrones; el oxígeno es reducido y el carbono es oxidado, al igual que la materia orgánica o inorgánica. Todos los organismos que usan oxígeno libre como receptor de electrones son aerobios.



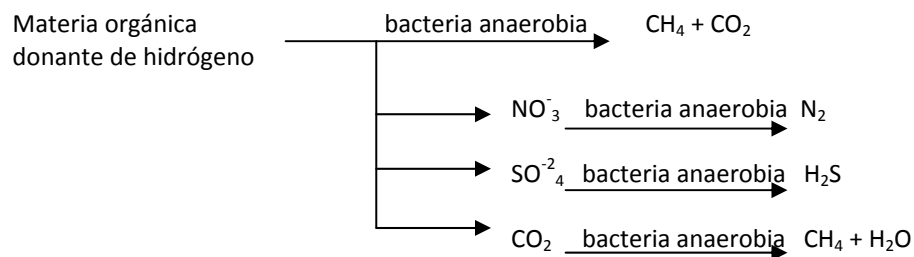
Usualmente, las bacterias son los organismos más importantes en el tratamiento aerobio de las aguas residuales porque son buenos oxidadores de la materia orgánica a la vez que tienen buenas tasas de crecimiento y desarrollo en aguas residuales, creando capas floculentas y gelatinosas de buenas características para la remoción de la materia orgánica. Tanto en procesos de lodos activados como de filtros percoladores son comunes: Zoolea ramigea, Pseudomonas, Flavobacterium y Alcaligenes. (2)

En las reacciones ocurridas en el metabolismo bacterial, los mecanismos de reacción para la oxidación del sustrato y la reducción del oxígeno se conoce como sistemas de transporte de electrones, los cuales proveen las vías de obtención de energía y conversión en enlaces energéticos de fosfato o ATP (adenosina trifosfato). La oxidación biológica aerobia o respiración aerobia está constituida por las reacciones de oxidación biológica en las cuales el oxígeno molecular es el

aceptador final de electrones; este es el proceso por el cual se transportan electrones del donante oxidable al oxígeno molecular para obtener la energía requerida para el crecimiento de los organismos aerobios. El oxígeno molecular libre es agregado al sustrato, materia orgánica, ocurriendo la oxidación o mineralización del residuo. La reacción es muy eficiente ya que libera grandes cantidades de energía, esta energía es almacenada preferiblemente en la biomasa sintetizada y los residuos de dicho catabolismo son compuestos estables de bajo contenido energético.

C.3 Proceso anaerobio

El proceso anaerobio o fermentación fue definido por Pasteur como la vida sin aire. Es la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos, en ausencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios. El proceso anaerobio es menos eficiente comparado con el aerobio en cuanto a producción de energía, ya que la mayoría de la energía liberada en el catabolismo anaerobio proviene de la sustancia descompuesta aún permanece en los productos finales orgánicos reducidos como el metano, generando biomasa a una tasa mucho menor que en el proceso aerobio. Esquemáticamente, el proceso se lo representa como sigue.



El uso de sulfatos y CO_2 como aceptadores de electrones requiere condiciones estrictamente anaerobias, debe haber ausencia de oxígeno y nitratos. Prácticamente, la descomposición anaerobia es posible con todos los compuestos orgánicos que contienen oxígeno en sus moléculas. En el tratamiento anaerobio

se considera que ocurren los procesos básicos de la descomposición anaerobia, desnitrificación de nitratos, respiración de sulfatos, hidrólisis y fermentación acetogénica y metanogénica. El proceso microbio es bastante complejo ya que implica múltiples reacciones paralelas y en serie. En síntesis se considera al proceso anaerobio de descomposición integrado por dos etapas principales: fermentación de ácidos y fermentación de metano. (2)

C.4 Aspectos comparativos

Los aspectos más evidenciados en el proceso aerobio es la ausencia de malos olores, la mineralización de los componentes oxidables es total, se requiere energía externa para aireación y mezcla además de una alta tasa de producción de biomasa o lodos de desecho. En el proceso anaerobio el sustrato no es completamente mineralizado, la energía se almacena en el metano y se obtiene menor producción de biomasa y por consiguiente menos lodos de desecho.

Tabla C.1. Ventajas y desventajas del proceso anaerobio

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa baja de síntesis celular y, por consiguiente, poca producción de lodos. • El lodo producido es razonablemente estable y puede secarse y disponerse. • No requiere oxígeno. Por tanto, usa poca energía eléctrica y es especialmente adaptable a aguas residuales de alta concentración orgánica. • Producción de metano, puede ser usado como energético. • Tiene requerimientos nutricionales bajos 	<ul style="list-style-type: none"> • Para obtener grados altos de tratamiento requiere temperaturas altas. • El medio es corrosivo. • Riesgos de salud, producción de H₂S. • Exige un intervalo de operación de pH muy restringido. • Requiere concentraciones altas de alcalinidad. • Es sensible a la contaminación por oxígeno. • Puede presentar olores desagradables por H₂S, ácidos grasos y amidas.

Tabla C.2. Ventajas y desventajas del proceso aerobio

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de olores. • Mineralización de todos los compuestos biodegradables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa alta de síntesis celular, alta producción de lodos. • Requiere mucha energía eléctrica para garantizar oxigenación y mezcla. • Gran proporción de células en los lodos, es necesario proceso de digestión, antes del secado y disposición final.

C.5 Consideraciones ambientales

En todo proceso biológico, los organismos se desarrollarán de manera apropiada bajo las condiciones esenciales.

- Nutrientes suficientes
- Ausencia de compuestos tóxicos
- Condiciones ambientales apropiadas

En general las bacterias requieren, principalmente, carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno, y en menor medida fósforo, azufre, potasio, calcio, hierro y magnesio, y como suplemento nutricional cantidades mínimas de zinc y molibdeno. Generalmente las aguas residuales proveen las condiciones nutricionales apropiadas para el crecimiento bacterial, aunque algunos residuos industriales pueden ser la excepción. Se considera la relación apropiada DBO/N/P de 100/5/1.
(2)

En los procesos anaerobios se considera de gran importancia mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto. En los procesos estrictamente anaerobios es necesaria la total ausencia de oxígeno. En todo proceso, la temperatura y el grado de turbulencia (mezcla) son factores muy influyentes, así a demás de permitir la supervivencia de los microorganismos se les provee un ambiente adecuado para su permanencia en el proceso de tratamiento.

ANEXO D. FUNCIONAMIENTO DETALLADO

D.1 Cámara de ingreso (cámara 1): El agua proveniente del lavado y producción dentro de la planta procesadora es evacuada hacia una cámara de llegada hecha en mampostería impermeabilizada. En esta cámara el agua se almacena por espacio máximo de 2 minutos hasta alcanzar la conducción de salida que la conduce hacia los componentes de tratamiento que posee la planta de tratamiento. La conducción se hace por medio de una tubería de 4" en PVC sanitario, al final de esta conducción se encuentra una válvula de bola de PVC de 4" (válvula1) de cierre rápido cuyo propósito es sacar de funcionamiento la etapa de tratamiento de grasas sin detener el proceso de tratamiento total. Esta cámara posee en la parte inferior la conexión hacia una tubería de 4" de PVC la cual conecta hacia la válvula de mantenimiento (válvula 0) que tiene como fin realizar el mantenimiento de dicha cajilla y servir como BY-PASS total de la PTAR ya que al hacer uso de dicha válvula todo el flujo de agua de proceso toma un desvío hacia el emisor final de la construcción.

D.2 Cámara válvula 0 (cámara 2): Cámara en mampostería impermeabilizada cuya función principal es la de contener la válvula 0 (PVC de 4" apertura y cierre rápido tipo bola) la cual controla la limpieza y mantenimiento de la cámara de ingreso, esta cámara se encuentra adecuada para que el operario pueda descender y manipular manualmente la válvula 0, de igual manera hacer inspección visual de dicha válvula y sus accesorios (unión universal y adaptadores machos), el cierre de esta válvula implica un aislamiento total de la PTAR con respecto a la Planta de Producción.

D.3 Trampa de grasas: Consiste en un compartimiento en el cual se separa parte de las grasas presentes en el agua de proceso, está construida en concreto de 3000 PSI debidamente esmaltado. El agua de proceso es conducida a esta etapa del proceso por medio de una tubería sanitaria de PVC de 4” la cual ingresa por la parte superior y sale de igual manera por la parte superior, la entrada y la salida poseen aditamentos que impiden que la mayoría de las grasas entren hacia la siguiente etapa del proceso. Se debe tener precaución con la cantidad de grasas acumuladas en la trampa, cuando hay acumulación, estas son retiradas y trasladadas hacia la cajilla de tratamiento especializado de grasas la cual cuenta con un tratamiento de biorremediación específico para la digestión y transformación de estos residuos

La salida de la trampa de grasa conduce el agua hacia el estanque de igualación 1, para regular el proceso se cuenta con una válvula de 2” en PVC (válvula 3) que permanece abierta siempre que la trampa de grasa este en funcionamiento normal. En el nivel inferior de la trampa se encuentra una válvula de 2” PVC tipo bola (válvula 4) la cual tiene como propósito la evacuación total la trampa para efectos de la lavado y mantenimiento y de igual manera funciona como BY-PASS de salida en caso exclusivo de lavado, esta agua de descarga es dispuesta directamente a la fuente receptora, por tal motivo solamente debe abrirse en caso de mantenimiento y limpieza.

D.4 Contenedor para tratamiento especializado de grasas: Es una cajilla en mampostería cuyo propósito es el tratamiento especializado de las grasas acumuladas en la trampa de grasas y de grasa flotante en los estanques de igualación. En este contenedor se lleva a cabo un tratamiento de biorremediación específico para la descomposición de estos residuos cuya emisión final llega al estanque de igualación No 1.

Es sistema de biorremediación consiste en un cilindro sólido, el cual se disuelve lentamente, liberando gradualmente bacterias especializadas en degradar grasa. Según el fabricante, el cilindro posee 4 billones de bacterias por gramo, con una duración promedio de 8 a 12 semanas, luego de este tiempo el cilindro se ha disuelto completamente y debe ser reemplazado por uno nuevo.

El contenedor cuenta con una válvula de evacuación total para limpieza en PVC de 2" tipo bola (válvula 7) para limpieza general del dispositivo, la cual se realizara cada 6 meses debido a que la descomposición de las grasas corresponde a un tratamiento biológico muy lento.

En el tratamiento de descomposición los residuos decantados son evacuados hacia el estanque de igualación 1 por medio de una tubería de PVC sanitario de 2" y su paso es controlado por medio de una válvula de PVC de 2" tipo bola (válvula 6) la cual se debe abrir de manera lenta una vez al mes por espacio de 2 a 3 minutos para evitar que las grasas en tratamiento ingresen hacia la PTAR.

D.5 Estanque de igualación 1: Es un depósito recubierto con Geomembrana tipo 40000 de alta densidad la cual impide la filtración del agua residual acumulada hacia el suelo inmediato, su capacidad efectiva es de 180m³ y con un TRH (Tiempo de Retención Horario) 8.5días. Su función es la de permitir la formación de flock biológico creado por el consorcio de bacterias especializadas suministradas al tratamiento y de esta manera iniciar con la degradación o digestión de la materia orgánica.

La entrada del agua en tratamiento hacia esta etapa se hace por medio de una tubería de conducción entre la trampa de grasa y el estanque de igualación a través de una tubería de 2" de PVC tipo sanitario la cual posee una válvula de PVC de 2" tipo bola (válvula 3), la salida hacia el Estanque de Igualación 2 se

realiza por medio de una conexión ubicada en el extremo superior del mismo por medio de una tubería sanitaria de PVC de 4”.

El mantenimiento y evacuación de los lodos acumulados en el fondo del estanque se debe realizar cada 4 años de operación continua de la planta. Se espera que una vez transcurrido este tiempo la tasa de acumulación sea del 5 al 10% del volumen total efectivo. Un motivo diferente al mantenimiento del estanque puede radicar en una falla del recubrimiento de la misma por ruptura u otro inconveniente en la geomembrana, esta probabilidad es realmente mínima debida a los componentes de la misma que garantizan una vida útil superior a los 50 años de uso continuo. Aunque las razones para sacar de funcionamiento este estanque son mínimas cuenta con un sistema de BY-PASS.

El sistema de BY-PASS para salir de funcionamiento desvía el flujo desde la salida de la trampa de grasas hacia el estanque de igualación 2 por medio de una tubería PVC sanitario de 2” ubicada en el contorno de este estanque. La apertura del BY-PASS se realiza por medio del cierre de la válvula de alimentación del estanque (válvula 3) y la apertura de la válvula de inicio del BY-PASS (válvula 5) las cuales corresponden a válvulas tipo bola de PVC de 2”. Este procedimiento no altera el funcionamiento de la infraestructura de la planta ni su funcionamiento físico pero hay que tener en cuenta que el estanque de igualación 1 tiene como principal función la adaptación y etapa inicial de desdoblamiento de la materia orgánica presente en el agua y aporta un tiempo de retención mínimo de 8 días de producción por lo cual es una parte primordial para obtener un porcentaje de remoción aceptable. Por esta razón no se debe exceder en más de dos semanas consecutivas el tiempo en que dicho estanque este fuera de funcionamiento.

Para llevar a cabo la evacuación total de los sedimentos ubicados en el fondo del estanque es necesario hacer uso de la motobomba ya que no es posible hacer una descarga por la parte inferior del estanque debido a la diferencia de niveles.

El mantenimiento y limpieza debe realizarse un día en que no haya producción para evitar la saturación de la planta debido a la capacidad hidráulica que posee el estanque. Este estanque cuenta además con un sistema de rebose, el cual lleva el agua en exceso hacia la salida de la planta.

La evacuación parcial de los lodos garantiza que los cultivos de biorremediación existentes en el Estanque de Igualación 1 no se pierdan por completo si es el caso de evacuación total del estanque.

D.6 Estanque de igualación 2: Es un depósito recubierto con Geomembrana tipo 40000 de alta densidad la cual impide la filtración del líquido acumulado hacia el suelo inmediato. Su capacidad oscila entre los 210m^3 , TRH 9.5días aproximado y su función principal es la de permitir la formación de flock biológico más concentrado y de esta manera continuar con la degradación de la materia orgánica en un porcentaje mayor al estanque anterior.

El ingreso del agua se hace por gravedad por un canal que comunica a los dos estanques, una vez se realizado el tratamiento en esta etapa el agua es conducida hacia el tanque de igualación de caudal por medio de una motobomba (motobomba de succión 1), este estanque cuenta con un sistema de rebose ubicado en un extremo del mismo el cual se acciona cuando el nivel del estanque llega a su máximo y envía el exceso hacia la cajilla de salida.

El sistema de BY-PASS utilizado para sacar de funcionamiento este estanque consiste en realizar la succión con la motobomba 1 desde el estanque de igualación 1 para esto es necesario empalmar a la manguera de succión existente con otra igual que llegue hasta el estanque de igualación 1. Este procedimiento no altera el funcionamiento de la infraestructura de la planta ni su funcionamiento físico si se realiza por un tiempo relativamente corto, pero hay que tener en

cuenta que el estanque de igualación 1 trabajando solo podría debilitar la estructura del estanque de igualación 2 debido al empuje generado por el agua acumulada, ya que las fuerzas se equilibran cuando los dos poseen el mismo nivel cantidad de agua.

La evacuación parcial de los lodos garantiza que los cultivos de biorremediación existentes en el estanque de igualación 2 no se pierdan por completo si fuese el caso de evacuar totalmente el estanque.

D.7 Tanque de igualación y control de caudal: Tanque de acero inoxidable cuya capacidad es de 15m^3 su función es la homogenizar el caudal que pasa hacia las siguientes etapas del tratamiento de biorremediación suprimiendo los picos ocasionados diariamente por la producción de la planta de proceso. Cuenta con una motobomba que arrastra el agua desde el estanque de igualación 2 hacia el tanque de igualación y control de caudal, de esta manera garantiza el flujo por gravedad hacia las etapas posteriores de la planta, motivo por el cual el tanque de igualación y control de caudal se encuentra elevado 2m por encima del reactor biológico y sedimentador final.

El funcionamiento de este tanque radica en el llenado rápido realizado por la motobomba la cual es accionada por un controlador de nivel on-off una vez el nivel del agua se encuentra a 1m del fondo del tanque, el llenado finaliza cuando el nivel del agua se encuentra en el tope del tanque. El orificio de entrada se encuentra ubicado en la parte superior del tanque con el fin de no forzar la motobomba, procurar la aireación del agua y lograr mayor turbulencia. La entrada hacia el tanque es controlada por medio de una válvula de acero inoxidable roscada de apertura y cierre lento (válvula 8) la cual se encuentra conectada a un sistema de BY-PASS que puede hacer que el líquido entre hacia los dos tanques posteriores sin afectar el funcionamiento de la PTAR.

La salida se ubica en la parte inferior del tanque y cuenta con tres válvulas (válvulas No. 15, 16 y 17) encargadas del control específico del caudal de entrada hacia los tanques posteriores de esta manera:

- Válvula de salida en acero inoxidable de 2" con apertura y cierre lento (válvula 15) la apertura parcial o total de esta válvula determina el caudal de aforo que permanece constante hasta la salida del sedimentador final.
- Válvula de control de apertura en PVC de 2" tipo bola (válvula 16) la cual se cierra para impedir el paso hacia los otros componentes cuando se está realizando los aforos de caudal con la válvula 15.
- Válvula 17 de PVC de 2" tipo bola, consiste en una válvula de aforo cuya función es la de permitir el paso hacia el exterior del tanque con el fin de realizar el aforo.

Para efectos de mantenimiento y limpieza el tanque cuenta con una válvula purga o de vaciado en acero inoxidable de 2" de apertura y cierre lento (válvula 10) ubicada en una de las caras laterales del tanque y que conduce todo el contenido del tanque a la tubería de BY-PASS.

D.8 Biorreactor: El Biorreactor es un tanque de acero inoxidable de 15m³ de capacidad, el flujo ingresa en operación normal desde el tanque de igualación de caudal por medio de una tubería de PVC de 2" el ingreso del mismo es controlado por una válvula en acero inoxidable de apertura y cierre lento (válvula 18) la cual permanece completamente abierta cuando el tanque opera normalmente, el tanque cuenta con un sistema de BY-PASS que desvía el flujo de entrada hacia el siguiente tanque, o bien puede desalojar el biorreactor para mantenimiento y lavado.

El biorreactor en condiciones normales siempre permanece lleno, facilitando la proliferación de las bacterias especializadas, siempre y cuando el flujo a través de este permanezca constante.

D.9 Sedimentador final: Tanque de acero inoxidable de 15m³ de capacidad y cuya finalidad es de servir como sedimentador para los sólidos que aún no hayan sedimentado, para ello se dispone de una entrada de flujo por la parte inferior del tanque para facilitar que los sólidos presentes sedimenten.

El ingreso está controlado por una válvula de acero inoxidable de apertura y cierre lento de 2" (válvula 20), la salida del tanque se encuentra en la parte superior del tanque con el fin de promover la decantación.

Para mejorar el proceso de biorremediación global, este sedimentador cuenta con un sistema de reciclo, el cual está controlado por un controlador "timer" on-off programable, con 7 memorias de encendido y 7 memorias de apagado para cada día de la semana, la recirculación se hace una vez al día por un tiempo de 35 min, el cual corresponde a aproximadamente al 65% del volumen total del tanque, la Bomba 2 de iguales características que la Bomba 1 impulsa un caudal promedio de 279L/min.

Para su mantenimiento o limpieza se debe cerrar la válvula de entrada (válvula 20), la motobomba de reciclo debe salir de funcionamiento, para desalojar el volumen contenido se abre la valvular de salida inferior (válvula 22). El flujo en tratamiento deberá pasar directamente del biorreactor a la salida de la planta.

ANEXO E. TABLAS DE CONTROL DE TEMPETATURA, pH y O.D.

E.1 Tabla de control de temperatura

Tabla E.1. Control de temperatura (°C)

Fecha	Hora	Tº Ambiente	Trampa Grasas	Estanque 1	Estanque 2	Efluente PTAR
04/09/2007	09:30	13	15	14	14	14,5
06/09/2007	11:30	15	16	14	14	14,5
11/09/2007	11:00	10,5	15	14	14	14
12/09/2007	11:15	13	15	15	14	14
13/09/2007	10:55	12	16	14	14	14
14/09/2007	10:35	14	16	15	15	14,5
15/09/2007	11:30	15	15,5	13,5	13,5	14
17/09/2007	10:30	15	19	15	15,5	15
18/09/2007	16:00	15	20	16	18	17
19/09/2007	09:45	19	17	15	17	17
20/09/2007	10:00	18	17	16	16	16
21/09/2007	10:30	17	16,5	15	15	14,5
24/09/2007	10:20	16	17	15	15,5	15
25/09/2007	12:30	12	15	11	12	13
26/09/2007	10:20	14	18	15	14	14
27/09/2007	10:45	18	18	16	16	15
28/09/2007	10:00	18	18	16	16	16
01/10/2007	11:30	13	17	14,5	15	15,5
02/10/2007	11:30	20,5	18	16	17	17,5
03/10/2007	10:30	18	20	17	17	17,5
05/10/2007	11:30	14	17	15	15	16
08/10/2007	10:30	12	19	16	15,5	16
09/10/2007	10:00	12	18	16	15,5	16
10/10/2007	10:15	15	17	16	16	16
11/10/2007	11:00	17,5	17	16	16	15
12/10/2007	12:00	16	18	17	17	16

E.2 Tabla de control de pH

Tabla E.2. Control de pH

Fecha	Hora	Estanque 1	Estanque 2	Efluente PTAR
10/09/2007	10:30	7,5	7,2	6,8
17/09/2007	10:20	7,5	6,8	6,5
24/09/2007	12:30	7,8	6,8	6,5
01/10/2007	11:15	7,5	6,4	5,9
07/10/2007	10:55	8,3	6,8	6,1
15/10/2007	10:35	7,9	7,9	6,2
22/10/2007	11:30	8,4	7,9	6,2
29/10/2007	10:30	8,6	7,8	6,4
05/11/2007	12:30	7,8	7,6	6,5

12/11/2007	11:15	7,5	6,9	6,4
19/11/2007	10:55	7,8	6,8	6,1
26/11/2007	10:30	7,2	7,1	6,3
10/12/2007	10:20	6,7	6,7	6,3
21/12/2007	12:30	6,7	6,7	5,8
14/01/2008	10:20	6,2	5,8	5,7
28/01/2008	10:45	5,8	5,9	5,7
11/01/2008	10:00	5,4	5,3	5,4
25/02/2008	11:30	5,6	5,5	5,4
03/02/2008	10:55	5,4	5,3	5,3
10/02/2008	10:35	5,8	5,4	5,3
17/02/2008	11:30	6,3	5,7	5,6
24/02/2008	10:30	6,9	6,5	6,2

E.3 Tabla de control oxígeno disuelto

Tabla E.3. Control de Oxígeno disuelto (mgO₂/ml)

Fecha	Hora	Afluente PTAR	Estanque 1	Estanque 2	Efluente PTAR
10/09/2007	10:30	4,2	2,1	1,5	2,5
17/09/2007	10:20	4,3	2,7	2	2,8
24/09/2007	12:30	4,3	2,5	1,9	3,9
01/10/2007	11:15	3,9	2,7	1,7	3,7
07/10/2007	10:55	4,5	2,7	2,1	2,9
15/10/2007	10:35	4,8	2,4	1,9	4,2
22/10/2007	11:30	3,9	3	2,5	4,1
29/10/2007	10:30	4,4	3,4	2,7	2,4
05/11/2007	12:30	4,3	3,2	1,7	3,7
12/11/2007	11:15	4,6	2,2	3	3,7
19/11/2007	10:55	4,2	3,3	2,5	3,5
26/11/2007	10:30	3,9	2,7	2,7	3
10/12/2007	10:20	4,3	2,7	2,3	3,2
21/12/2007	12:30	4,6	2,8	2,7	3,3
14/01/2008	10:20	4,8	2,7	1,2	3,3
28/01/2008	10:45	4,5	2,8	2,5	3,5
11/01/2008	10:00	4,3	3,1	2,1	3,3
25/02/2008	11:30	4,5	3	1,8	4
03/02/2008	10:55	4,3	2,2	1,9	4,1
10/02/2008	10:35	4,6	2,2	1,9	4,2
17/02/2008	11:30	4,2	2,4	2,1	3,9
24/02/2008	10:30	4,2	2,7	1,9	4,2

ANEXO F. MUESTREO

De acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater para la evaluación de las diferentes características del agua residual se deben seguir los métodos normales o Standard. Además, una caracterización acertada de esta agua, 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. En general, para que la muestra sea representativa, se prefiere sitios de muestreo con flujo turbulento donde el agua residual esté bien mezclada.

Son preferibles muestras compuestas, o muestras compuestas de muestras simples o instantáneas, para asegurar representatividad y detectar efectos de la descarga variable de los diferentes contaminantes. Las muestras compuestas son preferibles cuando se desea conocer resultados promedio. Para tal propósito se toman muestras simples a intervalos constantes de tiempo, $\frac{1}{2}$ hora o 1 hora, por un tiempo superior de 7 horas para que el muestreo sea representativo, se deben almacenar refrigeradas durante y después del muestreo en una nevera de 4 a 6°C.

El método más común para tener en cuenta las variaciones de caudal y de características del agua residual, así como para minimizar costos. Es la toma de suficientes muestras simples, los resultados serán similares a los que se obtendrían con base en una muestra de un tanque de mezcla completa para el caudal muestreado. A mayor frecuencia de muestreos simples, mayor representatividad de la muestra compuesta. Las muestras se pueden componer con base en el tiempo o en el caudal. La cantidad a tomarse es proporcional al caudal para cada instante de muestreo.

1. Como la cantidad de cada muestra simple es proporcional al caudal instantáneo, se calcula el volumen necesario, por unidad de caudal.

$$\text{VolumenNesesario} = \frac{\text{VolumenTotalMuestraCompuesta}}{\text{Caudal Pr omedio} * \text{NúmeroDeMuestras}}$$

2. Se calculan los volúmenes individuales de cada muestra multiplicando el resultado anterior por el caudal instantáneo correspondiente, el resultado es el volumen necesario de cada muestra, que formarán finalmente el volumen total de muestra compuesta que se requiera.

ANEXO G. RESULTADOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCION DE LABORATORIOS



LABORATORIO DE QUIMICA

Telefono: 7311449 - 7312289 - 7312895 Ext.222 - 256

NIT: 800118954-1

Fecha: Noviembre 20 del 2007 Analisis No. LAQ-07 - 880 - 883
 Solicitante Carlos España Nit. C.C N° 13071104
 Direccion _____ Tel. _____
 Tipo de muestra Agua Residual - Muestra Compuesta
 Analisis Solicitado Fisicoquímico Parcial
 Sitio de Muestreo: Planta "Lacteos Andinos de Nariño"
 Fecha de muestreo: (Solicitud de análisis) Noviembre 7 del 2007
 Observaciones _____

PARAMETRO	RESULTADOS			
	M1	M2	M3	M4
pH	9,12	6,81	7,53	3,51
Sólidos Totales mg/L	1835		1877	1749
Sólidos Suspendidos mg/L	208		292	130
Sólidos Sedimentables ml/L-h	ND		0,1	ND
Grasas y Aceites mg/L	151	88	30	25
DBO ₅	1330		1000	920
DQO	1594		1435	1112


IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS

- M1 Cajhilla de entrada
- M2 Salida Trampa de grasas
- M3 Salida Homogenizador
- M4 Efluente de la planta

Rosalba Pulido
 Universidad de Nariño
 Sección de Laboratorios
 Tecnología Química
 TEL: 731 1009000

Nuestro Compromiso con la Universidad es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

 Universidad de Nariño	LABORATORIOS ESPECIALIZADOS			
	Código	Vigencia	Versión	Página
NOMBRE REGISTRO		REPORTE DE RESULTADOS		LABORATORIO DE AGUAS
FECHA EMISION RESULTADOS: 25/01/2008		REPORTE No: LAQ-R-08-02		
DATOS CLIENTE Solicitante: Carlos España Dirección: Teléfono: 3005779573 nit: 13.071.104		DATOS MUESTRAS Tipo de Muestra: Agua Residual Tipo de Muestreo: Simple Sitio de Toma: Planta de Tratamiento Lacteos Andinos Fecha de Muestreo: Enero 15 de 2008 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 15/01/2008		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		Parámetros Físicoquímicos - Autodeclaración Tasas Retributivas		
Código Muestra		Descripción Muestra		
LAQ-08-4		Afluente Plante de Tratamiento		
LAQ-08-5		Efluente Planta de Tratamiento		
PARAMETRO	CODIGO MUESTRAS			
RESULTADOS				
	LAQ-08-4	LAQ-08-5		
pH	4,93	3,52		
Sólidos Totales mg/L	4106	2229		
Sólidos Suspendidos mg/L	840	212		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	3306,67	2041,67		
Demanda Química de Oxígeno mg/L	6154,40	2704,80	56%	
Grasas y Aceites mg/L	320	26		
OBSERVACIONES:		ND : No Detectable		



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
LABORATORIO DE QUÍMICA

Mary Luz Va
MARY LUZ VALENCIA ENRIQUEZ
Técnica Química PQ - 1748 CPQ
Técnico Laboratorio de Aguas

Nuestro Compromiso con la Universidad es la Excelencia
Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
----------------	---------------	---------------



LABORATORIOS ESPECIALIZADOS

Código	Vigencia	Versión	Página
NOMBRE REGISTRO			
REPORTE DE RESULTADOS		LABORATORIO DE AGUAS	

FECHA EMISION RESULTADOS: 05/02/2008	REPORTE No: LAQ-R-08-38-40
DATOS CLIENTE	DATOS MUESTRAS
Solicitante: Carlos España	Tipo de Muestra: Agua Residual
Dirección:	Tipo de Muestreo: Compuesto
Teléfono: 3005779573	Sitio de Toma: PTAR Lácteos Andinos
nit: 13.071.104	Fecha de Muestreo: Enero 25 de 2008
	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio 25/01/08

TIPÓ DE ANALISIS SOLICITADOS Parámetros Fisicoquímicos – Autodeclaración Tasas Retributivas

Código Muestra	Descripción Muestra
LAQ-08-38	Afluente Planta de Tratamiento
LAQ-08-39	Efluente Tk 1 Homogenizador
LAQ-08-40	Efluente Planta de Tratamiento


PARAMETRO	CODIGO MUESTRAS		
	LAQ-08-38	LAQ-08-39	LAQ-08-40
pH	9.24	6.52	4.25
Sólidos Totales mg/L	6352	3624	3362
Sólidos Suspendidos mg/L	468	345	315
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	2545	980	484
Demanda Química de Oxígeno mg/L	7350	1920	1249
Grasas y Aceites mg/L	730	85	65

OBSERVACIONES: ND: No Detectable

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 LABORATORIO DE AGUAS

 MARY LUZ VALENCIA ENRIQUEZ
 Técnica PQ - 1748 CPQ
 Técnico Laboratorio de Aguas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
----------------	---------------	---------------

	LABORATORIOS ESPECIALIZADOS		
	Código	Vigencia	Versión
NOMBRE REGISTRO		LABORATORIO DE AGUAS	
REPORTE DE RESULTADOS			
FECHA EMISION RESULTADOS: 15/02/2008		REPORTE No: LAQ-R-08-43-45	
DATOS CLIENTE		DATOS MUESTRAS	
Solicitante:	Carlos España	Tipo de Muestra:	Agua Residual
Dirección:		Tipo de Muestreo:	Muestreo Compuesto
Teléfono:	3005779573	Sitio de Toma:	Planta Tratamiento Lácteos Andinos
nit:	13.071.104	Fecha de Muestreo:	Febrero 05 de 2008
		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	05/02/08
TIPÒ DE ANALISIS SOLICITADOS		Parámetros Físicoquímicos – Autodeclaración Tasas Retributivas	
Código Muestra	Descripción Muestra		
LAQ-08-43	Afluente Planta de Tratamiento		
LAQ-08-44	Salida Homogenizador		
LAQ-08-45	Efluente Planta de Tratamiento		
PARAMETRO		CODIGO MUESTRAS	
	RESULTADOS		
	LAQ-08-43	LAQ-08-44	LAQ-08-45
pH	10.12	7.85	3.25
Sólidos Totales mg/L	7453	4422	4382
Sólidos Suspendidos mg/L	697	534	505
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	3612	1550	614
Demanda Química de Oxígeno mg/L	7350	2065	1750
Grasas y Aceites mg/L	422	76	52
OBSERVACIONES:		ND: No Detectable	


 Tecnóloga Química
 472#1009C200
 TEL: 472

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
----------------	---------------	---------------



LABORATORIOS ESPECIALIZADOS

Código	Vigencia	Versión	Página
NOMBRE REGISTRO		LABORATORIO DE AGUAS	

FECHA EMISION RESULTADOS: 22/02/2008	REPORTE No: LAQ-R-08-82-84
DATOS CLIENTE	DATOS MUESTRAS
Solicitante: Carlos España	Tipo de Muestra: Agua Residual
Dirección:	Tipo de Muestreo: Muestreo Compuesto
Teléfono: 3005779573	Sitio de Toma: Planta Tratamiento Lácteos Andinos
nit: 13.071.104	Fecha de Muestreo: Febrero 15 de 2008
	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio 15/02/08

TIPÒ DE ANALISIS SOLICITADOS	Parámetros Físicoquímicos – Autodeclaración Tasas Retributivas
------------------------------	--

Código Muestra	Descripción Muestra
LAQ-08-82	Afluente Planta de Tratamiento
LAQ-08-83	Efluente Tk 1 Homogenizador
LAQ-08-84	Efluente Planta de Tratamiento

PARAMETRO	CODIGO MUESTRAS		
	LAQ-08-82	LAQ-08-83	LAQ-08-84
pH	8.52	5.34	3.75
Sólidos Totales mg/L	4482	3954	3815
Sólidos Suspendidos mg/L	587	524	452
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	2511	1145	645
Demanda Química de Oxígeno mg/L	5576	1920	1094
Grasas y Aceites mg/L	394	54	30

OBSERVACIONES: ND: No Detectable

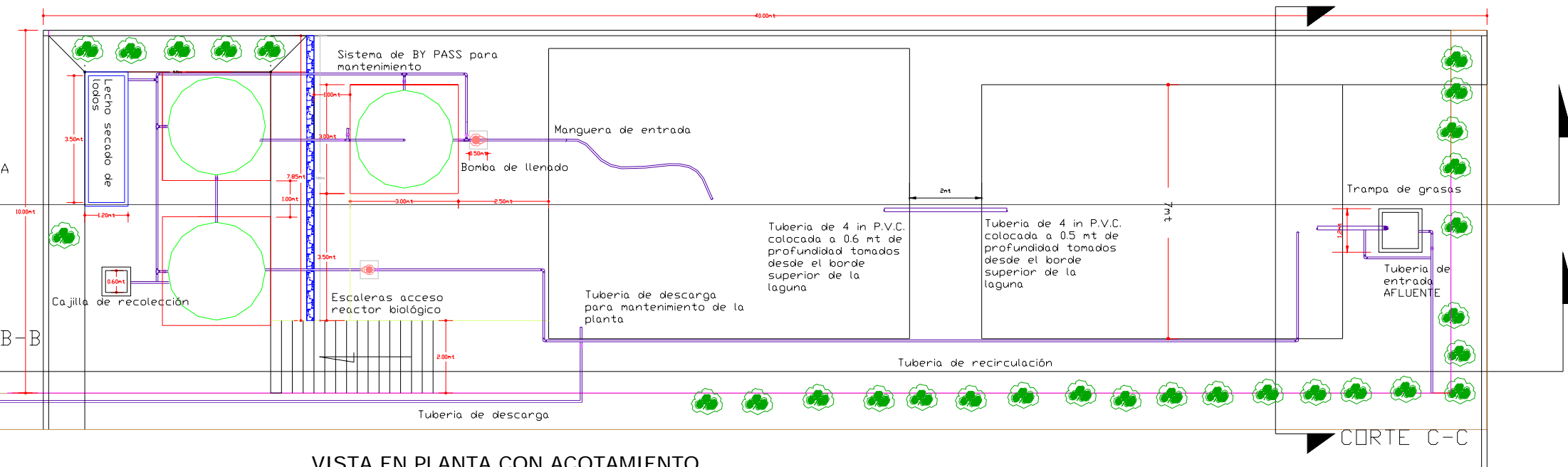
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
LABORATORIO DE QUÍMICA
Rubén Retallado
Tecnología Química
7/2/08

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
----------------	---------------	---------------

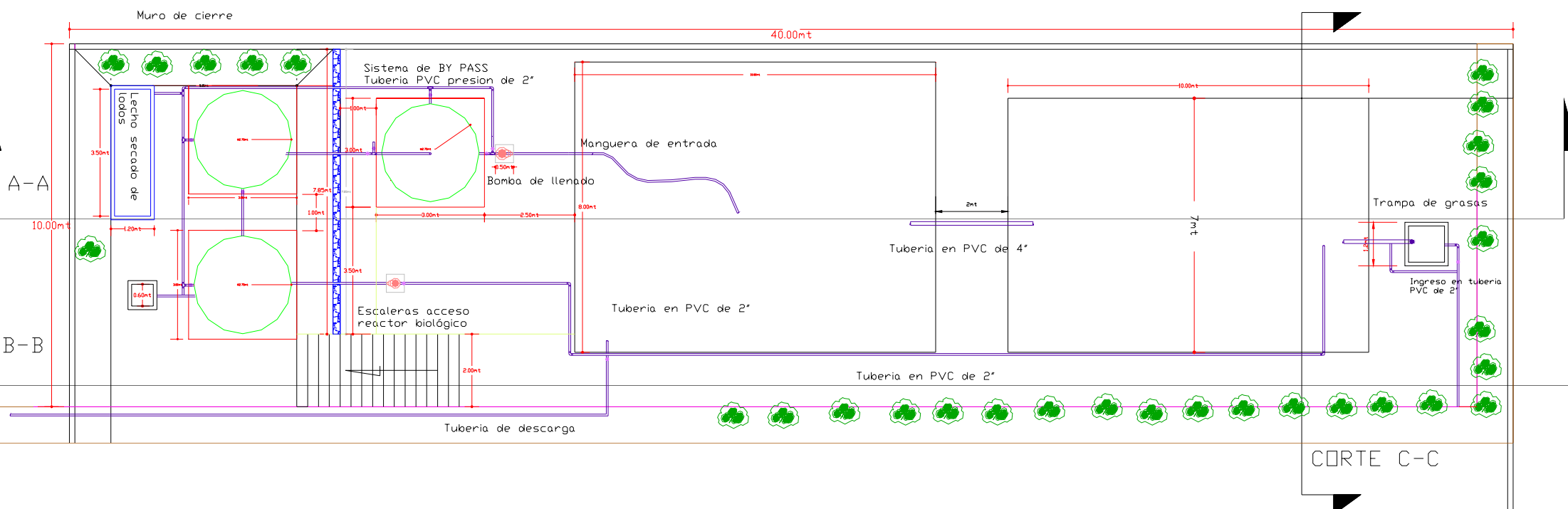
ANEXO H. PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

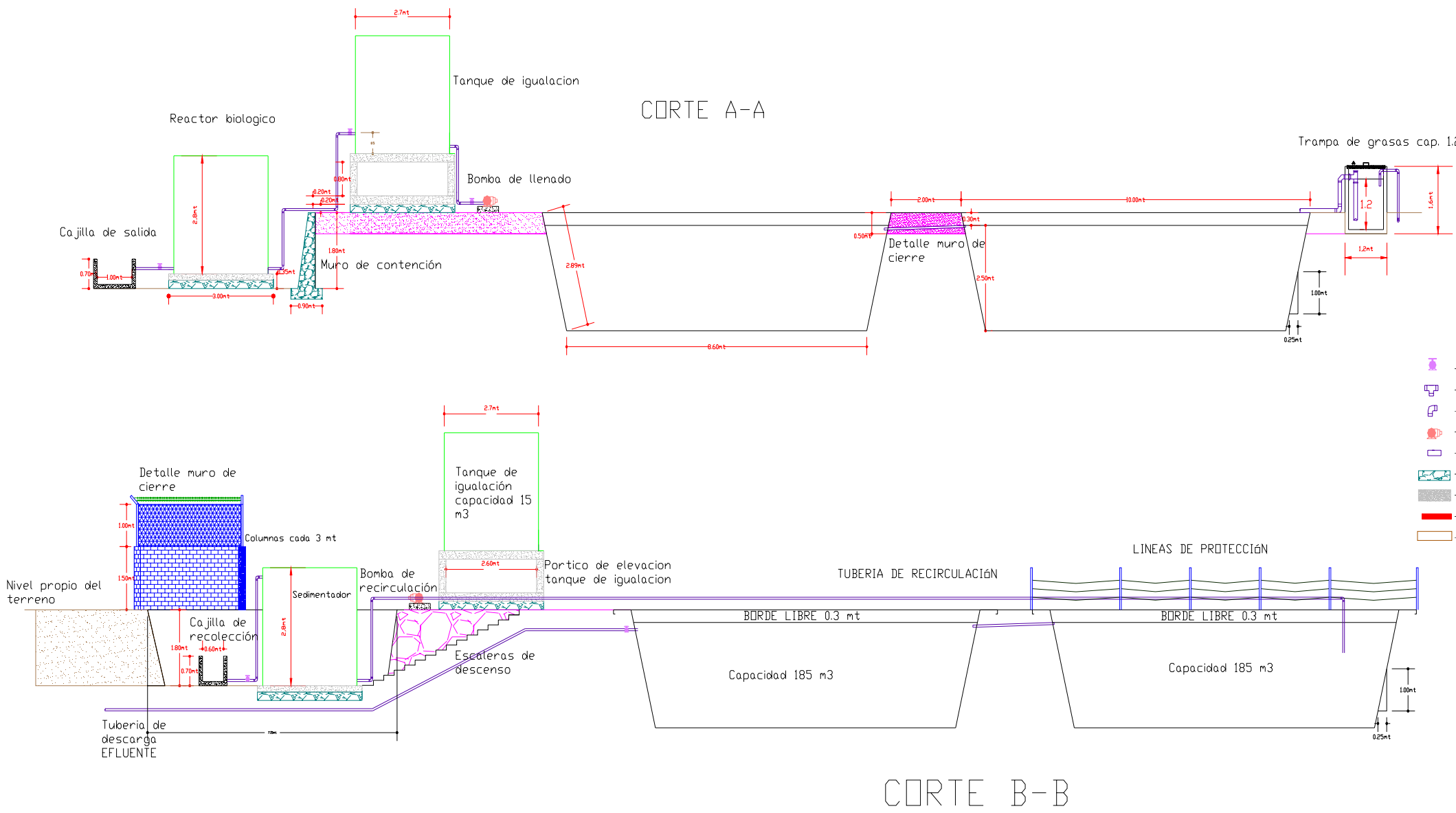
VISTA EN PLANTA



VISTA EN PLANTA CON ACOTAMIENTO



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



ANEXO I. CARTA DE CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO REALIZADO



San Juan de Pasto, 11 de abril de 2008



Doctor:
ALVARO RAMÍREZ GARCIA
Director De La Escuela De Química.
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga.

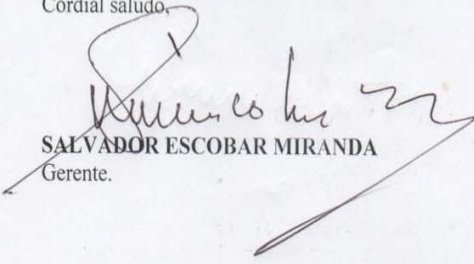
Doctor Ramírez:

Me permito informar que el estudiante de la escuela de química de la universidad de Santander, **CARLOS ALFONSO ESPAÑA JURADO**, identificado con código No 2012782 y cédula de ciudadanía número 13.071.104 de Pasto, realizo la practica empresarial como propuesta de trabajo de grado denominado **“ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA LACTEOS ANDINOS DE NARIÑO LTDA”**, aprobado por el director de la escuela de química en el mes de Agosto del 2007 y llevado a cabo desde el mes de Septiembre del 2007 hasta Marzo del 2008.

Cumplió a cabalidad con los objetivos planteados en la propuesta de trabajo de grado del estudiante y el resultado representa un aporte técnico importante para la Empresa.

Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander, a la escuela de Ingeniería Química por permitir al estudiante España Jurado se vincule a nuestra región desarrollando este trabajo encaminado al mejoramiento del medio ambiente.

Cordial saludo,


SALVADOR ESCOBAR MIRANDA
Gerente.