

Universidad de Matanzas  
Camilo Cienfuegos  
Facultad de Ingenierías Química y Mecánica  
Departamento de Química e Ingeniería Química



## *TRABAJO DE DIPLOMA*

*Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero  
Químico*

*Título: "Tratamiento de Aguas Residuales de la planta de yogurt en la  
Empresa de Laboratorios Biológicos Farmacéuticos de Matanzas".*

*Autores:* Noraylis Bofill León  
Yurien Ybarra Díaz.

*Tutores:* Dra. Josefina del Carmen González Hernández  
MSc. Ena de los Angeles Hernández López

**Matanzas - Julio 2009**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

-----

**Institución**

---

**Presidente del tribunal**

-----

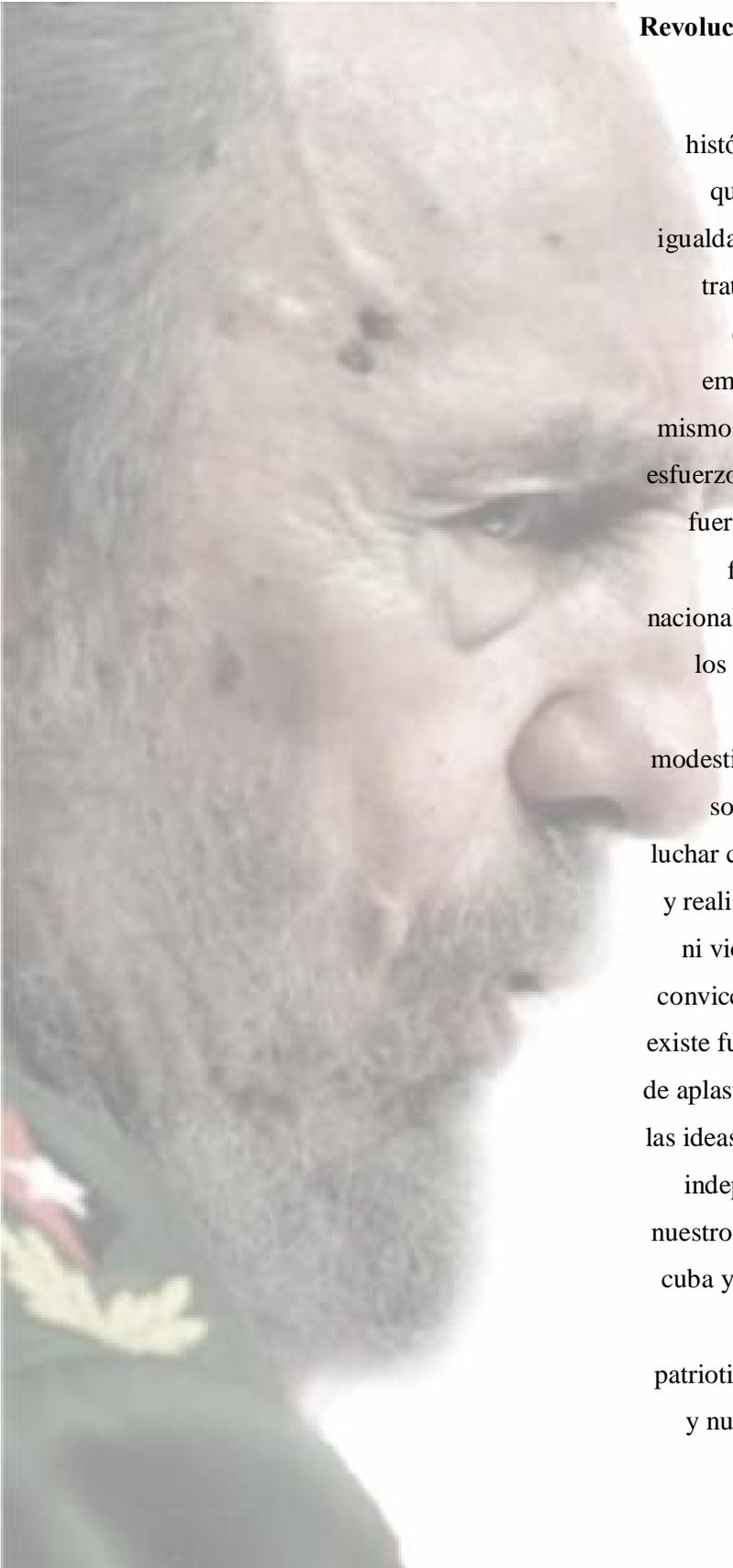
**Firma**

-----

**Evaluación**

-----

**Fecha**



### **Revolución:**

Es sentido del momento histórico, es cambiar todo lo que debe ser cambiado, es igualdad y libertad plena es ser tratado y tratar a los demás como seres humanos, es emanciparnos por nosotros mismos y con nuestros propios esfuerzos; es desafiar poderosas fuerzas dominantes dentro y fuera del ámbito social y nacional, es defender valores en los que se cree al precio de cualquier sacrificio, es modestia, desinterés, altruismo, solidaridad y heroísmo, es luchar con audacia, inteligencia y realismo, es no mentir jamás ni violar principios éticos, es convicción profunda de que no existe fuerza en el mundo capaz de aplastar fuerza de la verdad y las ideas. Revolución es unidad, independencia, es luchar por nuestros sueños de justicia para cuba y el resto del mundo, que es la base de nuestro patriotismo, nuestro socialismo y nuestro internacionalismo.

**Fidel Castro Ruz**

Dedicatoria

Yo, Yurien, dedico este trabajo a:

Mi madre, abuela, hermanos y demás familiares que siempre me brindaron su apoyo.

Nuestros profesores, los cuales nos enseñaron día a día durante seis años todos los conocimientos que hoy poseemos.

Mis amigos y compañeros de aula, que me ayudaron y compartieron conmigo momentos tristes y alegres.

Yo, Noraylis dedico este trabajo a:

Mi mamá, que ha sido el motor impulsor en todos los años de mi carrera, a mi papá, mis hermanos y a mi esposo Raciél.

Los profesores, que de cada uno aprendí mucho.

Mis compañeros de aula con los que compartí en malas y buenas.

## Agradecimientos

El verdadero agradecimiento es aquel que no se puede expresar con palabras pero que constituye el compromiso callado y firme de todo hombre de devolver a otro hombre el bien recibido. Estas expresiones son los sentimientos más comprometedores de las relaciones humanas y la convivencia social.

No se concibe cumplir grandes metas sin grandes motivaciones y estímulos, cuestiones estas que no nos han faltado para arribar felizmente al final de nuestros estudios.

Forman parte de este agradecimiento los siguientes compañeros:

Ingeniera Milysleidy Tápanes González

- ❖ María de Lourdes Bueno Coronado
- ❖ Anabel Fernández Fraga
- ❖ Michael Yusniel López Infante
- ❖ Amaury Jesús Medina Medina

Ser una persona agradecida es una de las cualidades más valiosas que debe tener un ser humano.

- ❖ Quiero agradecer primeramente a mi mamá por darme su apoyo y ayuda incondicional, por estar a mi lado en mis momentos difíciles dándome ánimo para seguir adelante y aunque no estuvo físicamente en el transcurso de la tesis por estar cumpliendo misión, siempre estuvo apoyándome.
- ❖ De forma muy especial agradecerle a mi esposo Raciél por haberme entregado tanto apoyo y fuerza, también por acompañarme a buscar soluciones para este trabajo diploma.
- ❖ Le agradezco a Daryalis y a Maikel compañeros de aula, la ayuda que me dieron.
- ❖ Les doy muchas gracias específicamente a los profesores Ena y Santiago por haberme comprendido y ayudado humana y profesionalmente.
- ❖ Dar gracias quiero también a Eric Santana Cuba, mi jefe de trabajo, por su comprensión y por el tiempo que me permitió dedicarle a este proyecto y a todos los que de una forma u otra me ayudaron.

Queremos dar un profundo agradecimiento a la Doctora Josefina del Carmen González y MSc. Ena de los Angeles Hernández López por toda la ayuda que nos dieron, sin la cual no hubiera sido posible la culminación exitosa de nuestro trabajo de diploma.

Declaración de autoridad

Nosotros, Noraylis Bofill León y Yurien Ybarra Díaz nos declaramos como los autores del presente trabajo de diploma por lo que autorizamos a la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos a que haga uso del mismo para el bien de nuestra sociedad.

---

Firma de los Autores

---

Firma del Tutor

## Resumen

La Empresa de Laboratorios Farmacéuticos de Matanzas cuenta con una moderna planta de yogurt, en la cual no se realiza tratamiento para las aguas residuales provocando la contaminación del medio ambiente. El estudio considera la caracterización físico-química y microbiológica de las corrientes contaminantes, la comparación con los índices de calidad normados. Se propone el sistema de tratamiento para las aguas residuales mediante un sistema de sedimentación libre. Se diseñaron los equipos principales, se calculó el costo de inversión y el valor actual neto como criterio de evaluación de la inversión, lo que corrobora la aceptación de la propuesta. La investigación realizada brinda una solución que minimiza la contaminación y permite el reuso de estas aguas residuales en la agricultura y de esta forma el ahorro de agua potable.

## Summary

One of the company LABIOFAM Matanzas has a modern plant of yogurt, which is not suitable for treating wastewater, resulting as a consequence, environmental pollution and the whole environment that surrounds it. Precisely the investigation of this paper is to provide a solution that enables the reuse of this wastewater in agriculture and this will no longer use large quantities of fresh water currently used. The methodology resulted in that study in the wastewater must be purified through a system of free sedimentation, which was created for the design of major equipment; we calculated the investment cost for the proposed treatment to be developed in all the process. It also found the net present value as a criterion for evaluating the investment that supports the acceptance of the proposal.

	Página
Introducción	1
Capítulo 1 Análisis Bibliográfico	3
1.1. La industria alimenticia y la producción de lácteos.	3
1.1.1 Producción de alimentos lácteos en la provincia de Matanzas.	5
1.2. Producciones lácteas fundamentales y su calidad.	5
1.2.1 Afectaciones de la leche sobre el organismo.	9
1.3 Aguas residuales en la industria láctea.	12
1.3.1. Clasificación de las aguas residuales.	12
1.3.2. Las aguas residuales y su impacto en el medio ambiente.	13
1.4. Tratamiento de las aguas residuales en la industria láctea	14
1.4.1 Tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea en Cuba.	15
1.4.2. Calidad de agua para reuso.	16
Capítulo 2 Materiales y Métodos	19
2.1 Descripción físico – geográfica de la zona de objeto estudio.	19
2.2 Producción de lácteos en la Empresa LABIOFAM.	20
2.2.1 Descripción del flujo tecnológico.	20
2.2.2 Parámetros operacionales de las etapas que definen el proceso.	28
2.3 Análisis de la composición físico - química y microbiológica de las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM.	29
2.4. Análisis de la composición físico - química del suelo del orgánopónico de la Empresa LABIOFAM.	33
2.5. Propuesta de sistema de tratamiento para las aguas residuales.	34
2.5.1. Ubicación y definición de la planta de tratamiento de la Empresa LABIOFAM.	34
2.6. Costo de inversión para el sistema de tratamiento propuesto	35
Capítulo 3 Análisis de los Resultados	36
3.1 Análisis físico químico y microbiológico de las corrientes de aguas residuales de la Empresa LABIOFAM.	36
3.2. Análisis físico-químico del suelo del organopónico de la Empresa LABIOFAM.	39
3.3. Diseño preliminar de algunos de los equipos principales en el proceso de tratamiento de las aguas residuales de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM de Matanzas.	40

---

3.4. Selección del sitio para la ubicación de la planta de tratamiento de la Empresa LABIOFAM de Matanzas.-----	49
3.5. Propuesta de tratamiento de la Empresa LABIOFAM.-----	49
3.6. Fundamentación económica.-----	51
3.6.1. Evaluación del proyecto de inversión.-----	53
3.7. Cálculo del valor actual neto (VAN).-----	53
Conclusiones-----	55
Recomendaciones-----	56
Bibliografía-----	57
Anexos-----	61

## Introducción

El origen del yogurt se sitúa en Turquía aunque también hay quien lo ubica en los Balcanes, Bulgaria o Asia Central. Se cree que su consumo es anterior al comienzo de la agricultura. Los pueblos nómadas transportaban la leche fresca que obtenían de los animales en bolsas generalmente de piel de cabra. El calor y el contacto de la leche con la piel de cabra propiciaban la multiplicación de las bacterias ácidas que fermentaban la leche. La leche se convertía en una masa semisólida y coagulada. Una vez consumido el fermento lácteo contenido en aquellas bolsas, estas se volvían a llenar de leche fresca que se transformaba nuevamente en leche fermentada gracias a los residuos precedentes. El yogurt se convirtió en el alimento básico de los pueblos nómadas por su facilidad de transporte y conservación.

Aunque sin comprender la base científica que explicase su acción, numerosos pueblos utilizaban estas bacterias hace ya miles de años para la elaboración de alimentos modificados, que podían conservarse mucho más tiempo, y estaban dotados de texturas y sabores característicos, distintos de los del producto original.

En la actualidad también se hace buen uso en la elaboración de una amplia gama de productos lácteos fermentados, ya sean líquidos, como el kéfir, o densos y semisólidos, como el queso o el yogurt.

La idea de que el yogurt es sano viene desde la antigüedad, ya que contiene bacterias capaces de convertir la lactosa, el azúcar de la leche, en ácido láctico y que este ácido imposibilita el desarrollo de bacterias dañinas en el intestino derivadas de la descomposición de los alimentos. También descubrió la enorme cantidad de vitaminas del grupo B que contiene el yogurt. (Magariño, 2006)

Actualmente la Empresa de Laboratorios Biológicos Farmacéuticos (LABIOFAM) cuenta con una planta de yogurt a partir de una cepa de carácter probiótico, siendo su mayor consumidor el sector del turismo y las tiendas recaudadoras de divisa. Sus producciones alcanzan cifras de hasta 375000 L anualmente.

Los residuales procedentes de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM no disponen de un sistema de tratamiento que garantice la calidad del efluente y su vertimiento indiscriminado al medio ambiente genera contaminación ambiental.

A tales efectos se plantea como problema de la investigación:

¿Constituye la propuesta de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM de Matanzas una vía para minimizar la contaminación ambiental?

Como hipótesis de trabajo se plantea:

La adecuada selección de un sistema de tratamiento para las aguas residuales procedentes de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM de Matanzas, minimiza la contaminación ambiental existente.

**Objetivo general:**

Elaborar la propuesta del sistema de tratamiento para los residuales procedentes de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM de Matanzas.

**Objetivos específicos:**

Caracterizar las aguas residuales de la planta de yogurt.

Diseñar los principales equipos del sistema de tratamiento para las aguas residuales procedentes de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM.

Definir la posible reutilización del agua tratada en el riego agrícola.

## CAPITULO 1 ANALISIS BIBLIOGRAFICO

### 1.1 La industria alimenticia y la producción de lácteos.

**L**a industria alimenticia se ha desarrollado intensamente en la actualidad. Su impacto se refleja en todas las esferas: social, ambiental, económica, cultural, político y tecnológica.

El diario Trabajadores en uno de sus artículos publicado con el título “Se intensifica el debate” (Pérez, 2008) plantea que a finales del siglo XIX luego de los descubrimientos de grandes yacimientos en Pensylvania, Estados Unidos, y de los desarrollos tecnológicos impulsados por la generalización del motor de combustión interna el petróleo se transformó en el paradigma energético del siglo XX.

La energía es concebida como una mercancía más, tal como lo advirtiera Marx. Esto no ocurre debido a la perversidad o insensibilidad de este o aquel capitalista individual, sino que es consecuencia de la lógica del proceso de acumulación, que tiende a la incesante “mercantilización” de todos los componentes, materiales y simbólicos, de la vida social (Castro, 2007).

El científico éticamente responsable debe contribuir al buen uso de los biocombustibles con una perspectiva humanista y de fomento del desarrollo local en los países subdesarrollados.

En relación con el argumento de la supuesta benignidad de los agros combustibles, Víctor Bronstein, profesor de la Universidad de Buenos Aires, ha demostrado que:

- ❖ Los biocombustibles no constituyen una fuente de energía renovable y perenne, dado que el factor crucial en el crecimiento de las plantas no es la luz solar sino la disponibilidad de agua y las condiciones apropiadas del suelo. Si no fuera así, podría producirse maíz o caña de azúcar en el desierto de Sahara. Los efectos de la producción a gran escala de los biocombustibles serán devastadores.
- ❖ No es cierto que no contaminan. Si bien el etanol produce menos emisiones de carbono, el proceso de su obtención contamina la superficie y el agua con nitratos, herbicidas, pesticidas y desechos, y el aire, con aldehídos y alcoholes que son cancerígenos. El supuesto de un combustible “verde y limpio” es una falacia.

Según criterio de Páez (2008) el impacto de los bio-combustibles sobre la producción de alimentos y sus precios provocó divergencias entre los países de América Latina y el Caribe en las reuniones preparatorias de la XXX Conferencia Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Bolivia, Cuba, Nicaragua y Venezuela, miembros de la Alternativa Bolivariana para las América (ALBA) promovida por el gobierno venezolano, reiteraron sus críticas a los carburantes agrícolas, de los que Brasil, anfitrión del encuentro, es uno de los principales productores y promotores del mundo. Según el viceministro de Desarrollo Rural de Venezuela, Gerardo Rojas, los biocombustibles “pueden ser una alternativa energética”, pero “primero es necesario garantizar los alimentos”

El delegado cubano, José Arsenio Quintero, respaldó esa opinión y sostuvo que los países más desarrollados “pretender presentar la bio-energía como una panacea para el desarrollo”, pese a que se trata de una alternativa “éticamente inaceptable”, que sólo servirá para “derrochar la producción de alimentos en combustibles”.

Según criterio de los autores, es una realidad que los biocombustibles son una buena opción para el mundo en aras de solucionar las dificultades existentes que impiden el desarrollo económico, pero no es justo malgastar la alimentación y mucho menos bajo la crisis económica por la que se está atravesando actualmente. De pasar esto, no dejarían de funcionar maquinarias, equipos, vehículos, etc. Pero aumentaría el hambre a nivel mundial, siendo los más afectados los pobres.

#### **1.1.1. Producción de alimentos lácteos en la provincia de Matanzas.**

El impacto de la industria alimenticia en la provincia de Matanzas se extiende a la producción de alimentos lácteos para la canasta básica, en la que los productos lácteos y sus derivados juegan un papel fundamental. En cada municipio existen diferentes plantas productoras, ejemplo de ello son:

La pasteurizadora del municipio de Colón que se dedica a la producción de leche fluida, yogurt natural, yogurt de soya y queso fundido.

La fábrica Nevada en el municipio de Cárdenas, la cual se dedica la producción de helado.

En el municipio de Matanzas se encuentra el mayor establecimiento, el cual posee varias líneas productivas como, leche fluida, yogurt natural, yogurt de soya, queso fundido, queso blanco y mantequilla.

En el municipio Matancero se encuentra la Empresa de Laboratorios Biológicos Farmacéuticos (LABIOFAM) situada en la carretera central km112. La cual cuenta con una planta productora de yogurt jugando un papel fundamental ya que sus producciones terminadas son elaboradas a partir de una cepa con carácter probiótico, para el mejoramiento de la flora intestinal de muchos consumidores contando con una tecnología de punta para elaborar dicho producto y así satisfacer las necesidades de sus clientes.

Las producciones lácteas inciden socialmente no sólo por la fuente nutritiva que representa para el organismo, sino también a través de las afectaciones que en determinadas ocasiones puedan provocar.

### **1.2. Producciones lácteas fundamentales y su calidad.**

Según Bauman (2007) el proceso de elaboración del yogurt consta de las siguientes etapas:

a) Selección de la leche:

Aunque se ha utilizado leche de diferentes especies animales para la fabricación del yogurt, en la industrialización se utiliza básicamente leche de vaca. Puede utilizarse, leche entera, leche parcialmente descremada, leche descremada o crema de leche. La leche más apropiada es la que posea un contenido elevado de proteínas por razón de su alta densidad. A pesar de ello no es necesario elegir una leche con una proporción elevada de extracto seco para la producción de yogurt, pues aquel puede ser aumentado más tarde por medio de otros productos como, leche descremada concentrada, leche en polvo descremada, suero, lactosa. Para que el cultivo iniciador se desarrolle, han de tenerse en cuenta los siguientes criterios:

Bajo recuento bacteriano.

Libre de antibióticos, desinfectantes, leche mastitis, calostro y leche rancia.

Sin contaminación por bacteriófagos.

b) Pasteurización:

En la preparación del yogurt, la leche se pasteuriza entre 95 y 96 °C por un tiempo de 5 minutos, para destruir los microorganismos patógenos y la flora que no Interese. Luego se enfría hasta los 45 °C que es la temperatura necesaria para la incubación.

c) Incubación:

Se inocula con un cultivo de dos microorganismos, el *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus bulgaricos*, por separado para evitar un exceso de producción de ácido

láctico. De este modo, no se ve favorecida una especie frente a la otra dentro del mismo cultivo. (Rodríguez, 2006)

Si la leche está libre de inhibidores, la actividad microbiana está determinada principalmente por la temperatura de incubación y la cantidad de inóculo agregado. Mientras mayor sea la diferencia con la temperatura óptima y menor la cantidad de inóculo agregada mayor será el tiempo de fermentación.

La temperatura y el tiempo de incubación, además de la cantidad de inóculo, no solo influyen en la acidez final sino también en la relación entre bacterias. En el caso del cultivo del yogurt con *Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, una menor cantidad de inóculo y bajas temperaturas favorecen al *Streptococcus termophilus* y en el caso inverso al *Lactobacillus bulgaricus*. En la elaboración de yogurt es preferible usar un corto tiempo de procesamiento, y para eso se regula la temperatura y la cantidad de inóculo. Normalmente se usan temperaturas de incubación entre 42 y 45 °C, de 2 a 3% de cultivo y un tiempo de incubación de 2.30 a 3 horas. (Cajiga, 2002)

En un principio el pH (comúnmente 6,8) es favorable para el *Streptococcus termophilus* que se desarrolla más rápido produciendo ácido fórmico y dióxido de carbono, por lo que disminuye el pH hasta 5 aproximadamente. De este modo se estimula el crecimiento del *Lactobacillus bulgaricus*. Al mismo tiempo, el desarrollo del *Lactobacillus bulgaricus* favorece el crecimiento del *Streptococcus termophilus* por la producción de nutrientes como ácido láctico, péptido y aminoácidos. (Bauman, 2007)

La aparición del ácido láctico provoca el descenso del pH, que a su vez es el responsable de la coagulación de la leche. La coagulación se produce a causa de la estabilidad de las caseínas. Al pH de la leche fresca, las caseínas tienen carga negativa y se repelen. En la acidificación de la leche, los iones hidrógeno del ácido son absorbidos por las caseínas, por lo que la carga negativa va disminuyendo y así también la repulsión entre ellas. La coagulación empieza cuando la repulsión ha disminuido. Cuando el valor del pH responde a 4,6 las caseínas son eléctricamente neutras y completamente insolubles. Este nivel de pH se conoce como punto isoeléctrico de la caseína. Su efecto en el yogurt es que una vez ocurrida le confiere su consistencia semisólida característica.

En los productos lácteos fermentados, la fermentación culmina cuando se alcanza un valor entre 4,2 y 4,5 de pH aproximadamente, o cuando se observa un valor de 0,75 a

0,8 de acidez titulable. Una vez lograda la acidez requerida, debe enfriarse a 4 ó 5°C para detener la fermentación y evitar que se siga produciendo ácido láctico.

Estos microorganismos y su efecto sinérgico del crecimiento conjunto son los responsables finalmente de la formación de aromas y texturas típicos del yogurt. Entre los componentes responsables del aroma se encuentran los acetaldehídos, acetoína, acetilo. (Bauman, 2007).

d) Fermentación y Envasado:

El proceso de fermentación se puede lograr de dos maneras distintas, según la obtención que se desea del yogurt, yogurt firme o yogurt batido. El yogurt firme se envasa inmediatamente a la adición del cultivo en vasos o tarros y son llevados de esta forma a una estufa donde se produce la fermentación hasta el punto deseado y luego se refrigera en cámaras o en túneles de refrigeración. En cambio, en el yogurt batido la fermentación se produce directamente en el reactor, se homogeneiza, se enfría en un intercambiador entre 22 y 24°C, temperatura indicada para retardar el desarrollo de las bacterias y se termina por envasar en recipientes que son inmediatamente refrigerados.

Ejemplo de este procedimiento se encuentra en la Planta de Yogurt “Milkaut” (Ver Anexo 1)

El proceso se inicia bombeando automáticamente leche fluida (1) a los tanques de mezcla (2) donde se produce el agregado de ingredientes secos, como por Ej: leche en polvo. Luego, la mezcla es pasteurizada a alta temperatura (3), homogeneizada (4) y mantenida durante un cierto tiempo a esa temperatura en un intercambiador de calor de tubo en tubo (5). (Bauman, 2007).

A continuación, la masa se enfría hasta alcanzar la temperatura de siembra del fermento, operación que se realiza en forma automática y en línea. Comienza así el proceso de fermentación que se realiza en tanques de 12.000 L, de capacidad sometida a una sobrepresión de aire estéril (6).

Una vez que la masa alcanza el punto adecuado de corte, se inicia una secuencia programada de agitación para la rotura del coágulo y alisado de la masa.

La operación siguiente es el filtrado y enfriado del yogurt mediante un equipamiento de gran capacidad para lograr la tarea en breve tiempo (7).

Finalmente, la masa de yogur es coloreada y aromatizada en línea, mediante un complejo sincronismo de bombas dosificadoras (8). En el caso de frutados, la adición de frutas se realiza en forma automática directamente en la envasadora.

Máquinas de envasado automáticas fraccionan el producto terminado para las distintas presentaciones de potes, sachets, cajas o botellas (9), los que serán colocados inmediatamente en cámaras frigoríficas para mantener su temperatura por debajo de los 8°C.

### **Calidad de las producciones lácteas.**

Por su parte, Magariño (2006), en una de sus publicaciones refleja la leche es el único material producido por la naturaleza para funcionar exclusivamente como fuente de alimento. Por esto, un factor fundamental que influye sobre el valor de aceptación universal de la leche es la imagen que ésta representa, al constituir una fuente nutritiva, no superada por ningún otro alimento conocido por el ser humano. Si bien son incuestionables las cualidades nutritivas de la leche y los productos lácteos, no es menos cierto que, desde su síntesis en la glándula mamaria hasta su llegada al consumidor, estas cualidades están sometidas a un gran número de riesgos que hacen peligrar la calidad original.

Estos riesgos son: la contaminación y multiplicación de microorganismos, contaminación con gérmenes patógenos, alteración físico-química de sus componentes, absorción de olores extraños, generación de malos sabores y contaminación con sustancias químicas tales como pesticidas, antibióticos, metales, detergentes, desinfectantes, partículas de suciedad, etc. Todos, ya sea en forma aislada o en conjunto, conspiran en forma negativa sobre la calidad higiénica y nutricional del producto y, consecuentemente, conspiran en contra de la salud pública y economía de cualquier país.

Es por ello que el desafío para quienes trabajan en el sector lechero no sólo es producir mayor cantidad de leche sino, también, de alta calidad higiénica, y para ello deben contemplarse aspectos fundamentales, como son la higiene microbiológica, higiene química e higiene estética. Tres aspectos que, unidos, pueden contribuir favorablemente a la mejora del sector lechero de muchos países, con el beneficio consecuente en el desarrollo físico e intelectual de las generaciones venideras. (Díaz, 1999)

Higiene de la leche y salud pública, dos aspectos que se conectan mediante una sola palabra, CALIDAD.

La producción de leche de calidad higiénica, como todo sistema productivo, resulta sumamente complejo, más aún que otros ya que el producto a manejar es extremadamente delicado, afectándose mucho por la manipulación. En la producción de

la leche interactúan innumerables factores y todos de una manera u otra se encuentran relacionados. (Pérez, 2008)

Es por ello que esta complejidad debe ponerse de manifiesto, con la pretensión inequívoca de presentar un problema, analizar los aspectos fundamentales y establecer las líneas generales de solución que permitan debatir el tema con mayor profundidad y contribuir entre todos a la búsqueda de soluciones específicas para cada región o país, conscientes de que no se pueden manejar recetas universales pero sí principios generales.

### **1.2.1 Afectaciones de la leche sobre el organismo.**

Magariño (2006) refiere que algunos de los principales microorganismos que pueden contaminar la leche y producir afectaciones a la salud son:

- ❖ Shigelosis (Disentería bacilar)
- ❖ Brucelosis
- ❖ Cólera
- ❖ Difteria
- ❖ Fiebres Tifoidea y Paratifoidea
- ❖ Salmonelosis
- ❖ Estreptococias
- ❖ Hepatitis Infecciosa
- ❖ Encefalitis transmitida por las garrapatas
- ❖ Infección por gérmenes coliformes

Estas afectaciones primeramente deben evitarse tomando las medidas higiénicas necesarias, dentro de las cuales se encuentra: el lavado de la ubre, cloración del agua que ingieren los animales, implementar medidas sanitarias en los establos, realizar un tratamiento térmico adecuado a la leche, enfriamiento y conservación de la leche a temperaturas inferiores de 10°C.

Para todas estas enfermedades, el yogurt representa una importante vía terapéutica, de ahí la necesidad de conocer sus ventajas al ingerirlo

Efectos y Beneficios del yogurt:

Durante la última década se han llevado a cabo numerosos estudios de investigación realizados por todo el mundo con el objeto de evaluar las propiedades del yogurt tradicional y demás leches fermentadas sobre el organismo. Al ayudar a estabilizar la flora del intestino y el conjunto de microorganismos que pueblan el sistema digestivo, el

yogurt favorece la absorción de las grasas, combate las diarreas y el estreñimiento, facilita la asimilación de nutrientes, disminuye el colesterol y reduce los efectos negativos de los antibióticos.

De esta forma, al ser el yogurt un alimento que además de nutrir, aporta beneficios para la salud, se le cataloga dentro de lo que llaman alimentos "funcionales". Son productos modificados o con agregados de componentes con efecto terapéutico probado.

Los alimentos funcionales producen efectos beneficiosos a la salud superior a los de los alimentos tradicionales. Dentro de la gama de alimentos funcionales están los prebióticos, los probióticos y los simbióticos. Los prebióticos son ingredientes no digeribles de la dieta que estimulan el crecimiento o la actividad de uno o más tipos de bacterias en el colon. Los probióticos son microorganismos vivos que al ser agregados como suplemento en la dieta, favorecen el desarrollo de la flora microbiana en el intestino. Los simbióticos combinan en sus formulaciones la unión de prebióticos y probióticos, lo que permite aprovechar más los beneficios de esa unión. La industria alimentaria cubana ha comenzado la producción de alimentos funcionales.(Cajiga, 2002)

Los probióticos son microorganismos, bacterias o levaduras no patógenas y no tóxicas, que contribuyen al equilibrio de la flora intestinal. El papel esencial de los probióticos es garantizar una buena higiene digestiva favoreciendo la degradación y la absorción de algunos alimentos. Por otra parte, permiten prevenir los trastornos intestinales evitando la colonización y el desarrollo de gérmenes patógenos, estimulando el sistema inmunitario. Además, son una fuente de vitaminas, sobre todo del grupo B, y de sales minerales asimilables. En general, regulando las funciones del colon, mejoran la salud.

Entre los principales probióticos conocidos se incluyen los siguientes:

- ❖ Lactobacillus
- ❖ Lactococcus
- ❖ Bifidobacterium bifidum.
- ❖ Saccharomyces boulardi.
- ❖ Streptococcus termophilus.
- ❖ Leuconostoc.

### **Aplicaciones de los probióticos en el hombre:**

#### a). Tratamiento de diarreas:

La administración de Lactobacillus bajo forma liofilizada reduce la importancia y la duración de las diarreas infecciosas, motrices (colopatías), inflamatorias de tipo rectocolitis e ileitis de Crohn, o a continuación de una antibioterapia

#### b). Tratamiento sobre el estreñimiento:

La administración de Lactobacillus acidófilus en pequeñas dosis mejora el tránsito intestinal y permite reducir la utilización de laxantes.

Este tratamiento se obtiene únicamente con bacterias vivas. Parece que las bacterias lácticas modifican el equilibrio de la flora microbiana intestinal, provocando de esta manera una excitación de la mucosa y de los músculos. Este efecto es mejorado por un aporte cotidiano de fibras (pectinas de frutas, celulosa, inulina. (Cajiga, 2002)

#### c). Tratamiento anticancerígeno:

Los Lactobacillus utilizados vivos podrían prevenir la inutilización de cánceres o el desarrollo de células tumorales; ya sea destruyendo las sustancias cancerígenas tales como las nitrosaminas ya sea porque inhiben el desarrollo de bacterias productoras de enzimas tales como beta-glucosidasa y beta-glucoronidasa, que catalizan la transformación de sustancias precancerígenas en sustancias cancerígenas. (Gómez, 2008)

Los Lactobacillus parecen favorecer la supresión de células tumorales al aumentar la actividad de los macrófagos de la mucosa intestinal por estimulación de la inmunidad local.

#### d). Tratamiento metabólico:

Numerosos estudios han sido realizados para determinar si el aporte de probióticos, como los Lactobacillus favorecerían la disminución de la tasa de colesterol sanguínea. Este efecto hipocolesterolémico se mejora por la toma conjunta de fibras solubles, que aumentan la excreción de sales biliares y disminuyen la absorción del colesterol.

Según criterio de los autores, coinciden sus ideas con lo antes expuesto, ya que es de vital importancia hacer uso de las medidas higiénicas y tener en cuenta que el yogurt se puede emplear en diversos tratamientos, principalmente digestivos.

### **1.3 Aguas residuales en la industria láctea.**

En las plantas de pasteurización y pulverización y de producción de derivados lácteos, por sus características de pH variable y picos de temperatura y de grasas y aceites

algunas veces excesivos, usualmente se requiere de un complejo sistema de tratamiento. Para seleccionar el tipo de tratamiento es imprescindible conocer el tipo de residual y sus características físico – químicas y microbiológicas, además de considerar el impacto que genera su disposición en el medio ambiente. (Rodríguez, 2006)

### **1.3.1. Clasificación de las aguas residuales.**

La clasificación más general de las aguas residuales se realiza según la fuente generadora:

- ❖ **Domésticos:** Aguas residuales generadas en asentamientos poblacionales, escuelas, instalaciones turísticas, edificios públicos, centros comerciales e instalaciones sanitarias de las industrias, que se componen fundamentalmente de desperdicios humanos.
- ❖ **Industriales:** Aguas residuales resultantes de la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de los productos de la actividad agropecuaria. (Metcalf & Eddy, 1995).
- ❖ **Agropecuarios:** Aguas residuales generadas en las instalaciones agropecuarias (Centros porcinos, vaquerías, granjas avícolas, producciones agrícolas).
- ❖ **Municipales:** Combinación de aguas residuales provenientes de residencias, edificios públicos, establecimientos comerciales, sistemas de drenaje pluvial y algunas industrias. (Fernández, 2002)

Es evidente que el residual a tratar es industrial, cuyo tratamiento exige de un análisis físico – químico y microbiológico

### **1.3.2. Las aguas residuales y su impacto en el medio ambiente.**

El impacto ambiental de los principales constituyentes de los residuales líquidos se resume en los siguientes aspectos:

- ❖ Los altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno en las aguas naturales, como resultado de las descargas de residuales ricos en materia orgánica, llevan al decrecimiento del oxígeno disuelto y al desarrollo de condiciones sépticas, frecuentemente causa la muerte de la biota acuática.
- ❖ Las grasas y aceites causan problemas en el funcionamiento de las redes de alcantarillado y plantas de tratamiento. Cuando flotan en la superficie de las aguas receptoras interfieren con la aireación natural, pueden ser tóxicas a ciertas especies de peces y de vida acuática, crean peligro de fuego cuando están en

suficiente cantidad en el agua, destruyen la vegetación a lo largo de las orillas de los cuerpos receptores y reducen los usos recreativos. (Metcalf & Eddy, 1998)

- ❖ La temperatura tiene gran influencia en los procesos químicos y biológicos en las aguas superficiales, especialmente en los niveles de oxígeno, fotosíntesis y producción de algas, así como en la biota acuática, particularmente en los peces.
- ❖ La acidez del agua, medida como pH, afecta el balance químico y ecológico de los cuerpos receptores y es un factor limitante para ciertos usos del agua.
- ❖ Las descargas de residuales líquidos provenientes de asentamientos humanos e instalaciones pecuarias transportan una variedad de organismos patógenos como bacterias, virus, helmintos y protozoos, que son causa de numerosas enfermedades y muertes en los países en desarrollo. (Díaz, 2006)
- ❖ Los efluentes con altas concentraciones de sólidos disueltos crean problemas de incrustación y corrosión en los sistemas de conducción y causan importantes afectaciones si se descargan al alcantarillado público o se reusan.
- ❖ Los sólidos suspendidos pueden afectar significativamente el uso del agua, estos limitan la penetración de la luz y la vida útil del reservorio, dañan el hábitat de los bentos al generar condiciones anaerobias en el fondo de los lagos, ríos y mares y afectan la vida acuática, desde el fitoplancton hasta los peces.
- ❖ Los compuestos orgánicos volátiles liberados a la atmósfera pueden implicar riesgos para la salud pública, conducen a la formación de oxidantes fotoquímicos y pueden afectar la salud de los trabajadores de los sistemas de alcantarillado y de las plantas de tratamiento de residuales líquidos.

El impacto de los residuales industriales, en específico aquellos que contienen metales pesados y sustancias químicas orgánicas, es particularmente severo, debido a la persistencia de estos contaminantes, a sus efectos dañinos a bajas concentraciones y a su capacidad para entrar en la cadena alimentaria. (Fernández, 2002)

#### **1.4. Tratamiento de las aguas residuales en la industria láctea.**

Según Rodríguez (2006) la Empresa de Tecnologías Biológicas (BIOTEC) se dedica a diseñar, construir y poner en operación plantas de tratamiento de aguas residuales para los efluentes industriales de la industria láctea. Las plantas BIOTEC para efluentes de industria láctea son compactas, sanitariamente seguras y estéticamente agradables. Por su diseño especial, pueden ser ubicadas a pocos metros de la industria alimenticia, sin problemas de olores. La eficiencia de las plantas BIOTEC para efluentes de industria

láctea puede llegar desde 95 hasta 97 % en términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO), según la conformación y especificaciones de la planta.

Ejemplo de ello es la planta Colanta Planeta Rica, ubicada en la localidad de Córdoba, en la zona norte de Colombia, que tiene una temperatura promedio de 27.5°C y una altitud de 87 m. sobre el nivel del mar. Procesa un promedio de 300.000 L/d de leche para producir leche en polvo, mantequilla y leche pasteurizada. Está conformada por: pozo de bombeo, desarenador, tanque de homogenización, tanque de flotación, reactores UASB, filtro percolador y decantador secundario. La planta está provista además de sistemas automáticos de control de pH. El área ocupada por la planta, incluyendo zonas verdes y caminos, es de unos 200 m<sup>2</sup>. (Metcalf & Eddy, 2000).

En las operaciones de lavado se generan en promedio 170 m<sup>3</sup>/d de efluentes, con una temperatura que oscila entre 30 y 60°C y un pH que varía desde 2 hasta 12 unidades.

Las concentraciones promedio en el afluente son: DQO: 7.000 mg/L, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) = 4.000 mg/L, sólidos suspendidos totales (SST) = 1.300 mg/L y grasas/aceites = 950 mg/L.

El lodo primario generado en el tanque de flotación se estabiliza con hidróxido de calcio, se deshidrata mediante un filtro prensa y se utiliza como acondicionador de suelos en fincas. Para la deshidratación de los lodos biológicos de exceso de los reactores UASB se dispone de lechos de secado.

El biogás producido en los reactores UASB se quema en un horno.

El sistema de tratamiento físico químico garantiza una calidad apropiada del agua antes de ingresar a los reactores UASB.

Las características del efluente final de la planta de tratamiento son: DQO < 150 mg/L, DBO < 80 mg/l, SST < 100 mg/L y grasas/aceites < 50 mg/L. (Rodríguez, 2006).

#### **1.4.1 Tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea en Cuba.**

En Cuba existen ocho Plantas asociadas a la producción de: Leche y Derivados, Carne, Vegetales, Confitería y Molinería, Bebidas, Aromas, Irradiación de Alimentos y Tratamiento de Aguas y Residuales, las cuales cumplen la dualidad de investigación y producción.

El Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia (IIIA) en Cuba ha desarrollado un programa para caracterizar los residuales de la industria láctea, definir las tecnologías de tratamiento, realizar proyectos para lograr el equipamiento de alta tecnología, etc. (Isidoro, 2008)

También se desarrollan investigaciones encaminadas a elevar el rendimiento de estas producciones. Un ejemplo de esto lo constituye el estudio realizado en la pasteurizadora de Santiago de Cuba conjuntamente con la Universidad de Oriente donde la acción de los floculantes de la marca CIBA en el tratamiento del residual líquido del Combinado Lácteo Santiago disminuye la contaminación que aporta esta industria al río San Juan. Se determinó que el residual es un sistema polidisperso altamente contaminante y agresivo, de composición orgánica e inorgánica, cuyas partículas se consideran liofílicas. Para el tratamiento del mismo se probaron siete floculantes, resultando ser el más eficaz el floculante catiónico PERCOL LT-22, con la dosis de 4 mg/L sometiendo el residual con el mismo a mezclado en un agitador de propela con una velocidad de agitación de 620 r/min durante un tiempo de 100 y 205 s. (Gómez, 2008)

Existen diferentes tecnologías y procedimientos seguidos que pueden ser aplicados para el tratamiento de los residuales de la industria láctea. Un procedimiento sumamente importante y ampliamente utilizado en Cuba como parte de los procesos de depuración de las aguas residuales en la industria es la sedimentación.

Cuando las impurezas en el agua se encuentran en forma de partículas muy finas, su remoción por sedimentación simple es impracticable. A causa de su pequeña velocidad de sedimentaciones necesitaría un gran período de retención, y el tanque de sedimentación sería de un volumen exagerado; sin embargo, introduciendo los floculantes se consiguen tiempos de retención y dimensiones razonables en la sedimentación de suspensiones finas de coloide y otros elementos disueltos; produciéndose sustancias gelatinosas que precipitan en forma de flóculos, las cuales, por su elevada superficie, adsorben un gran número de impurezas que finalmente se separan con los mismos. Por otra parte, debe considerarse que la utilización de sedimentadores en el área de la instalación puede hacer posible la recirculación de algunos volúmenes de agua, lo cual ayuda en la reducción de la contaminación y en el consumo del agua. (Gutiérrez, 2003).

En el presente trabajo define el sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM, constituye la vía para solucionar la contaminación ambiental que la misma genera y posibilita la reutilización del agua tratada.

#### **1.4.2. Calidad de agua para reuso.**

Los criterios de calidad para la irrigación con aguas residuales en la agricultura dependen del tipo de reuso agrícola a utilizar de acuerdo al cultivo.

- ❖ Reutilización agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente.
- ❖ Reutilización agrícola en cultivos que se consumen y se procesan comercialmente.
- ❖ Reutilización agrícola en cultivos que no se consumen (Ponce, 2006)

Hay muchas guías y criterios desarrollados para la calidad de las aguas residuales utilizadas en la reutilización agrícola. Como un importante componente ambiental cada país debería tenerlas. El diseño e implementación de estas regulaciones necesitan de incluir las características específicas de cada país. Sin embargo, muchos países en vías de desarrollo solo copian la mejor regulación internacional a mano. Este procedimiento puede ser erróneo y causar un costo extra en el tratamiento de las aguas residuales haciendo el reuso no factible. (Fernández, 2002)

Tabla: 1.1 Guías para aguas tratadas en el reuso agrícola y sus requerimientos de tratamientos.

Tipos de reuso	Calidad del agua reclamada	Opción de tratamiento
Reuso agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente	pH= 6.5-8.4 ≤ 10 mg/L DBO ≤ 2 UNT ≤ 14 NMP fecal coli/100mL (*) ≤ 1 huevos/ L (nematodos intestinales) ≤ SDT 800 mg/L ≤ 0.7 RAS ≤ Boro 0.7 mg/L >CL <sub>2</sub> 1 mg/L residual	Secundario Filtración Desinfección
Reuso agrícola en cultivos que se consumen y se procesan comercialmente	pH= 6.5-8.4 ≤ 30 mg/L DBO ≤ 30 mg/L SS ≤ 200 NMP coli fecal/100mL ≤ SST 800 mg/L ≤ 0.7 RAS ≤ Boro 0.7 mg/L >CL <sub>2</sub> 1 mg/L residual	Secundario Desinfección
Reuso agrícola en cultivos que no se consumen	pH= 6.5-8.4 ≤ 30 mg/L DBO ≤ 30 mg/L SS ≤ 200 NMP coli fecal/100mL ≤ SST 800 mg/L ≤ 0.7 RAS ≤ Boro 0.7 mg/L >CL <sub>2</sub> 1 mg/L residual	Secundario Desinfección

Fuente: (Fernández, 2002) Clasificación de las aguas residuales industriales.

Notas explicatorias:

- ❖ UNT= Unidades nefelométricas de turbidez
- ❖ (\*) Coliformes fecales NMP/100mL = Media geométrica de más de 10 muestras por mes, ninguna muestra debe ser mayor de 200 NMP/100mL.
- ❖ RAS= Radio de Absorción del Sodio.

Según criterios de los autores, es importante el reuso de las aguas residuales en la agricultura ya que se evitan los altos consumo de agua potable que en la actualidad se destinan a esta actividad.

## CAPITULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción físico – geográfica de la zona de objeto estudio.

**L**a ciudad de Matanzas está situada en la costa norte, en la porción noroccidental de la provincia, en el municipio del mismo nombre. Por el norte limita con la bahía de Matanzas y con las alturas de la cumbre, el estero y el valle del río Yumurí. Por el sur con el municipio de Limonar, por el este con el río Canimar y por el oeste con las alturas del Yumurí y con la llanura del río San Juan.

La ciudad se desarrolló sobre un relieve ondulado, sobre diferentes niveles de terrazas que rodean la bahía y forman un anfiteatro natural. En su relieve, la influencia de los procesos cársticos ha originado diferentes formas, predominando las cuevas como El Indio y La Campana, sumideros, diente de perro o lapiez, etc.

Las condiciones climáticas, están bajo la influencia marítima. La temperatura del aire promedio anual es de 24.0°C, alcanzando mínimas y máximas promedios entre 13.0 °C y 34.0 °C respectivamente; la humedad relativa del aire promedio anual es 82 % con valores promedios mínimos de 35 % y máximas de 99 %; las precipitaciones anualmente oscilan entre 1200 y 1300 mm, existiendo diferencias entre el período poco lluvioso (noviembre-abril) en que se registra 200 mm y el período lluvioso (mayo-octubre) con valores de 1300 mm; los vientos predominantes son del Noreste y el Este (primer cuadrante), aunque en determinadas épocas del año son de componentes del Sur y del Norte.

La ciudad se encuentra sobre la cuenca subterránea M-I (San Juan- San Agustín-Cañas), fundamentalmente sobre rocas poco acuíferas y bordeando el litoral una franja de intrusión salina.

La hidrografía existente corresponde a los ríos Yumurí, San Juan, Buey Vaca y Canimar.

Los suelos están muy transformados por el desarrollo de la ciudad. Sus limitantes están dadas por el drenaje deficiente en las llanuras fluviales y el desarrollo del carso (cuevas, sumideros, etc.) y las pendientes hacia las áreas más elevadas.

La ciudad está situada en un lugar de excelentes valores ambientales, constituidos por playas, cuevas, ríos y costa con gran potencial recreativo. Cuenta con sitios de excelentes valores histórico, cultural, urbanístico, arquitectónico y paisajístico que la distinguen y le dan nombre. Los ríos que atraviesan la ciudad al dirigirse al mar la fraccionan en zonas que constituyen sectores urbanos, los cuales se vinculan a través de hermosos puentes. Cuenta con una población de 127 287 habitantes distribuida en 7 Consejos Populares con una superficie total de 54.2 km<sup>2</sup>,

La base económica fundamental es Industrial, Portuaria y de Servicios, con grandes potencialidades para el desarrollo del turismo de ciudad. Posee una industria alimentaria muy diversificada en la que se destaca la láctea, dentro de la cual la producción de yogurt ocupa un lugar fundamental la Empresa LABIOFAM. Específicamente es la responsable de satisfacer la demanda de lácteos en la ciudad de Matanzas. (Informe estudio geológico-geomorfológico de la provincia de Matanzas).

## **2.2 Producción de lácteos en la Empresa LABIOFAM.**

La Empresa de Laboratorios Biológicos Farmacéuticos (LABIOFAM) se encuentra situada en la carretera central km. 112 en la zona de Gelpis en el municipio de Matanzas. Dicha entidad cuenta desde el año 2001 con una fábrica de tecnología de punta para la fabricación de yogurt a partir de una cepa prebiótica. Su mayor cliente es el polo turístico de Varadero y tiendas recaudadoras de divisa. En sus producciones alcanza cifras de hasta 375000 L de este producto anualmente.

### **2.2.1 Descripción del flujo tecnológico.**

La NC 457- (2006). “Leches fermentadas proceso tecnológico”. Considera la obtención de yogurt como un proceso físico – químico biológico que se produce por la fermentación del ácido láctico de una leche de buena calidad al inocularse con cultivo industrial preparado al efecto.

El proceso tecnológico en la Empresa LABIOFAM (Ver Anexo 2), a partir de la NC 457- (2006) considera las siguientes etapas:

1. Preparación del cultivo industrial.
2. Tratamiento térmico.
3. Elaboración.

Descripción de las etapas.

La etapa *Preparación del cultivo industrial* tiene como objetivo fundamental producir y mantener activo el cultivo industrial para la elaboración de yogurt y consta de las

siguientes operaciones: pasteurización, inoculación, refrescamiento y enfriamiento y envasado.

Objetivo de cada operación:

Pasteurización: Su objetivo es pasteurizar la leche que se ha destinado para la elaboración de los cultivos industriales mediante un tratamiento térmico destinado a la eliminación de microorganismos patógenos en la leche. El equipo empleado es un tanque de fermentación de capacidad de 250 L.

Las especificaciones del proceso tecnológico para obtener leche descremada en polvo (LDP) son:

- ❖ Clarificación de la leche fresca.
- ❖ Pasteurización de la leche a temperatura no menor de 110 °C.
- ❖ Homogenización.
- ❖ Deshidratación de la leche por medio de rocío (spray)
- ❖ Adición de nitrógeno al producto envasado.

Especificaciones de calidad físico – química:

- ❖ Acidez total: 0.15%
- ❖ Densidad: 1.0320 g/cm a 15 °C
- ❖ Humedad: 3.50 %

Especificaciones de calidad microbiológica:

- ❖ Conteo de coliformes totales: menor de 10 UFC / mL
- ❖ Conteo bacteriano total: menor de 50 000 UFC / mL

Especificaciones organolépticas:

- ❖ Olor: Característico, sin olores extraños.
- ❖ Sabor: Característico, sin sabores extraños.
- ❖ Aspecto: Polvo ligeramente fino, de color blanco amarillento tenue, libre de partículas quemadas y extrañas.

Inoculación: Su objetivo es propagar el cultivo industrial, por medio de la inoculación del cultivo técnico. La preparación del cultivo técnico se realiza por la NC 433- (2001) “Preparación y conservación de los cultivos iniciadores, técnicos, madres”. La cual establece los procedimientos para el tratamiento de los cultivos lácticos en la elaboración de productos fermentados en todo el ámbito de atención del Ministerio de la Industria Alimenticia.

Preparación del cultivo técnico: El cultivo técnico se obtiene en la etapa de propagación y con volúmenes mayores.

Se selecciona la leche según la NC 78 – 01 (1980), se pesan 4 kg de leche descremada se disuelven en 30 L de agua y se realizan análisis de acidez y densidad. (Acidez: 0.15% y Densidad: 1.0350 g/cm. a 15 °C )

Teniendo estos resultados se envasa la leche en recipientes adecuados de capacidad 1000 mL Se procede a la esterilización del producto en autoclave a una presión de 1 atmósfera y durante 15 minutos, posteriormente se refrescan los frascos a la temperatura de inoculación entre 42 y 44 °C, alcanzada dicha temperatura se procede a la inoculación con cultivo madre previamente analizado al 1.5%, una vez inoculado se incuba a una temperatura desde 42 hasta 44 °C por espacio de 2 horas y media a 3 horas, una vez que haya coagulado en el tiempo requerido se procede al refrescamiento por espacio de 15 minutos, luego se almacena en el refrigerador, a una temperatura entre 4 y 6 °C durante 48 horas con el objetivo de obtener mayor desarrollo microbiano.

Especificaciones de calidad físico – química:

- ❖ Acidez: 0.85 – 1.20%

Especificaciones microbiológicas:

- ❖ Conteo de coliformes totales: menor de 10 UFC / mL
- ❖ Conteo de mohos y levaduras: 100 UFC / mL

Especificaciones organolépticas:

- ❖ Aspecto: coágulo firme de consistencia filante o mucosa.
- ❖ Olor: típico a la leche empleada, limpio y fresco.
- ❖ Color: blanco amarillento.

Cultivo madre: se obtiene a partir del cultivo iniciador al 1% de inoculación y se propaga como máximo en volumen de 100 -200 mL

Cultivo iniciador: primer cultivo que se prepara en el laboratorio a partir de la reactivación del cultivo liofilizado en volúmenes de hasta 75 mL contenido en erlermeyers de 100 mL

Cultivo liofilizado: son cepas puras de bacterias lácticas compuestas por una o varias especies de género afines de fermentar igual o diferentes grados la lactosa y otros azúcares de la leche para producir ácido que alcanza el estado seco mediante la congelación y aplicación de vacío, así el hielo se sublima evitando los cambios físico – químico y enzimáticos asociados a otra forma de deshidratación.

Refrescamiento y enfriamiento: El objetivo de esta etapa es disminuir la temperatura de la leche coagulada para evitar el desuere, y favorecer el desarrollo de los microorganismos y obtener la acidez requerida.

Envasado: Su objetivo es envasar el cultivo industrial en cantinas esterilizadas para su almacenamiento en nevera y su posterior utilización.

La etapa *Tratamiento térmico* tiene como objetivo crear las condiciones físico – química y bacteriológicas en la leche para facilitar la coagulación y obtener un producto de óptima calidad. El tratamiento térmico comprende:

- ❖ Almacenamiento de la leche estandarizada.
- ❖ Pasteurización.
- ❖ Refrescamiento.

Almacenamiento de la leche estandarizada: El equipamiento responde a cuatro tanques mezcladores de capacidad de 500 litros elaborados en Italia con acero inoxidable.

Procedimiento: la leche estandarizada se almacena en los tanques mezcladores para su conservación a una temperatura entre 2 y 6 °C. El laboratorio tomara una muestra de la misma y la someterá a la prueba de coagulación, de ser satisfactorio el resultado se elegirá la leche para realizar yogurt.

Especificaciones de calidad:

Temperatura de almacenamiento:  $4 \pm 2$  °C

Prueba de coagulación: positiva en un tiempo de 2 horas y media a tres horas.

Pasteurización: Comprende la pasteurización y homogenización de la leche para la producción de yogurt.

Se realiza en un tanque para pasteurizar de capacidad 500 L. La leche pasteurizada y homogenizada destinada para la producción de yogurt será pasteurizada según el proceso que recomienda:

Tabla 2.1 “Temperatura y tiempo según proceso de pasteurización”

Procesos	Temperatura	Tiempo
Pasteurizador a placa	85 °C	15 seg.
Pasteurizador a placa	90 °C	5 min.
Pasteurización en tanque	95 °C	30 min.
Temperatura de homogenización	55 -65 °C	
Presión de homogenización	14710.5 KPa	

Fuente: NC-457-(2006). “Leches fermentadas proceso tecnológico”.

El proceso utilizado en este caso será la pasteurización en tanque.

Después de homogenizar la leche se comienza a pasteurizar en tanque mediante la inyección de vapor a la doble camisa del tanque se eleva la temperatura de la leche manteniéndose a 95 °C durante 30 minutos siempre en agitación.

Refreshamiento: Consiste en disminuir la temperatura de la leche indicada por el laboratorio, para ejecutar la inoculación con el cultivo industrial manteniendo todo el tiempo la mezcla en agitación.

La etapa *Elaboración de yogurt* consiste en la elaboración y el envasado del yogurt para su posterior distribución y consta de las siguientes operaciones: Inoculación, Envasado, Incubación, Almacenamiento en nevera y Distribución del producto terminado.

Inoculación: Incorpora a la leche pasteurizada el cultivo industrial a la temperatura necesaria para la producción de yogurt.

Envasado: Tiene como objetivo envasar el yogurt con las condiciones higiénicas que garantizan la integridad del producto.

Incubación: Se dirige a mantener la temperatura correcta de la leche inoculada hasta su coagulación y su posterior refreshamiento hasta alcanzar la acidez requerida. El equipo empleado es una cámara térmica de capacidad de 2000 L.

Almacenamiento: Se considera el almacenamiento y la conservación del yogurt hasta su distribución, para ello se emplea una nevera con una capacidad de 4500 L.

Transportación: El producto almacenado en la nevera será depositado en cajas plásticas, y colocado en un camión refrigerado en perfectas condiciones higiénicas que garanticen la conservación del producto hasta llegar a su destino.

Especificaciones de calidad físico - química del producto terminado

- ❖ Contenido de grasa: 2.50%
- ❖ Sólidos totales: 11.50%
- ❖ Acidez total: 0.90-1.10%

Especificaciones de calidad microbiológica.

- ❖ Conteo total de coniformes totales: 10 UFC / mL
- ❖ Conteo de coniformes fecales: menor de 10 UFC /mL
- ❖ Conteo de levaduras: 1000 UFC /mL
- ❖ Conteo de hongos: menor de 10 UFC / mL

Especificaciones organolépticas.

- ❖ Olor: característico, ligero a acetaldehído.
- ❖ Color: blanco o el color característico al sabor empleado.
- ❖ Sabor: característico, ácido agradable al sabor empleado.
- ❖ Aspecto: Coágulo firme, sin separación de suero ni grasa, cremoso al batirse, se admiten pequeños grumos.

Terminado todo este proceso se somete a la limpieza y desinfección del equipamiento del flujo tecnológico según lo expresado en la NC 1593 – 13 (1995) “Leche y sus derivados limpieza y desinfección”, que tiene como objetivo la limpieza y desinfección del equipamiento contando con un personal calificado para el desarrollo de esta actividad evitando contaminaciones cruzadas y pérdida de las soluciones de limpieza con capacidad, limpiadora. La misma se realiza con hidróxido de sodio (NaOH) y ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) de la siguiente manera.

Se pasa hidróxido de sodio a todos los tanques mezcladores, intercambiadores de calor diariamente con una concentración entre el 1.00 -1.20% con una temperatura entre 70 - 75 °C por un tiempo de 20 a 30 minutos. El ácido fosfórico se le pasará a todos los tanques mezcladores, intercambiadores de calor diariamente con una concentración entre 0.40 – 0.60 % con una temperatura entre 50 a 60 °C por un espacio de 20 a 30 minutos posteriormente se le pasara agua caliente a 90 °C por un tiempo de 10 minutos.

Los residuales de la planta se vierten a un pozo de infiltración a razón de 321L /día .Se conoce que desde su inauguración de la planta en marzo del 2001, estos residuales no se han caracterizado.

### **2.2.2 Parámetros operacionales que definen las distintas etapas del proceso.**

- ❖ Homogenización: Se controla mediante la medición de la temperatura de este proceso que debe oscilar entre 55-65 °C con una frecuencia de 15 minutos hasta la culminación de la lectura .Se realiza mediante la lectura directa a un termómetro de marca Ascon que se encuentra conectado a un panel central de control. Se controla además la presión de homogenización que no debe ser inferior a 14710.5 KPa mediante la lectura directa a un barómetro que se encuentra conectado al equipo con una frecuencia de 15 minutos hasta la culminación de dicho proceso.
- ❖ Pasteurización: Se realiza la medición mediante la lectura a un termómetro de marca ascon que está conectado a un panel central de control la misma no debe ser inferior a los 95 °C y se controla cada 15 minutos hasta la culminación de este proceso.
- ❖ Inoculación: Se controla la medición de la temperatura de inoculación que debe oscilar entre 42 y 44 °C mediante la lectura a un termómetro de marca ascon que se encuentra conectado a un panel central de control.
- ❖ Incubación: Se controla la temperatura a que se encuentra la incubadora que debe ser entre 42 y 44 °C. Se realiza con la frecuencia de una hora hasta que culmine este proceso mediante la lectura directa a un termómetro que se encuentra conectado a al equipo.
- ❖ Almacenamiento: Se controla la temperatura de almacenamiento del producto en la nevera con frecuencia de una hora a través de un termómetro de marca anthermo, la debe ser inferior a los 10 °C

### **2.3 Composición físico - química y microbiológica de las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM.**

Teniendo en cuenta que no existe con anterioridad caracterización de las aguas residuales de la Empresa se realiza el estudio de forma integral.

La toma de las muestras de aguas residuales para la investigación se realiza con el objetivo de conocer la composición de las mismas al ser vertidas al ambiente. Se recogen en frascos de vidrio color ámbar, con un volumen de 1.5L. La frecuencia fue

de 21 días y en el periodo de lluvia y seca. El muestreo se realizó tomando muestras puntuales a la salida de los equipos una vez que culmina cada etapa del proceso incluyendo la limpieza.

El análisis físico químico de las muestras de agua residual fue realizado según el Standard methods of analysis of water and water APHA, AWWA 1992 y el manual de norma ISO.

Las determinaciones analíticas efectuadas son:

❖ Conductividad:

La conductividad es una medida de la capacidad de un agua de conducir la corriente eléctrica, esta propiedad depende de la concentración de la sustancia química cargada eléctricamente que haya en el agua. Este análisis se realiza en un Conductímetro de marca Hanna de alcance 1999  $\mu\text{s}$ . Con electrodo de platino.

❖ pH:

Representa una medida del grado de acidez o alcalinidad de un agua. Se determinó mediante el método potenciométrico (medición directa). Con un pH metro marca Hanna con electrodo de vidrio.

❖ Temperatura:

Método termométrico por medición directa El objetivo de esta medición consiste en determinar la temperatura a la que se encuentra el agua Se empleó un termómetro de 0-100°C.

❖ Alcalinidad total:

Método utilizado: Volumetría por neutralización. Es una medida de la capacidad de un agua residual de neutralizar un ácido fuerte a un pH determinado como punto final de la reacción. La misma se expresa en mg/L de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y significa la alcalinidad equivalente a esa cantidad de carbonato de calcio. La determinación se realiza por valoración en una disolución de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) con una concentración de 0.1 mol/L y utilizando como indicador el anaranjado de metilo.

❖ Dureza total:

Método utilizado: Volumetría por formación de complejos o complexometría. La determinación se realiza por valoración en una disolución de EDTA con una concentración de 0.01 mol/ L y utilizando como indicador negro de eriocromo T

❖ Cloruro:

Método empleado: Volumetría por precipitación Los cloruros se precipitan cuantitativamente como cloruro de plata por la adición de una solución de nitrato de plata, en medio neutro o ligeramente alcalino. El punto final de la valoración se determina agregando al agua, como indicador una pequeña cantidad de cromato de potasio. Se forma el cromato de plata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ), que es un precipitado de color rojizo. Cuando todo el cloruro a precipitado como cloruro de plata. La determinación se realiza por valoración de una solución de nitrato de plata al 0.1 mol/L, en presencia de solución indicadora de cromato de potasio.

❖ Demanda química de oxígeno (DQO):

Método utilizado: de reflujo cerrado de digestión con dicromato de potasio Se basa en el principio químico de que en medio ácido, agentes oxidantes fuertes, pueden oxidar con muy pocas excepciones, la materia orgánica presente transformándola en dióxido de carbono y agua. La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a digestión con una solución ácida fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ).

Los valores de la D.Q.O serán siempre mayores que los valores de la D.B.O. para una misma muestra y esta diferencia puede hacerse más grande cuanto más resistente a la degradación biológica sean los materiales orgánicos que allí existen. se determina por valoración con solución de agente valorante sulfato ferroso amoniacal ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) (Sal de Morh). En presencia de solución indicadora de Ferroin.

❖ Turbiedad:

Método utilizado: Espectrofotometría de absorción que se basa en comparar la intensidad de la luz reflejada por la muestra, en condiciones definidas con la intensidad de la luz reflejada por la suspensión, de referencia. Se utilizó un espectrofotómetro de marca Shimadzu de longitud de onda 400 nm.

❖ Nitrito:

Método utilizado foto colorimetría, se determina por la formación de un colorante aso púrpura rojizo producido a pH 2.0 a 2.5 de sulfamida diazotizada con di clorhidrato de N (4-naftil) etilendiamina (NED), para formar un compuesto aso intensamente coloreado de rojo, la adsorbancia del colorante es proporcional a la concentración del nitrito presente.

❖ Oxígeno disuelto:

Método utilizado: método de Winkler que se basa en la adición de solución de manganeso divalente, seguido de un álcali fuerte, a la muestra contenida en este frasco con tapa de vidrio. El oxígeno disuelto oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado, disperso de hidróxido de manganeso divalente a hidróxidos con mayor estado de valencia.

❖ Sulfito:

Método utilizado: Volumetría por neutralización cuya función es capturar y neutralizar la acción corrosiva del oxígeno procedente del agua.

❖ Fosfato:

Método utilizado: Espectrofotometría de absorción.

❖ Nitrógeno amoniacal:

Método utilizado: kjeldhal que se emplea con muestra previamente destilada ya que la misma evita la interferencia y se obtiene una mayor precisión en los análisis de las aguas residuales. Quedando eliminadas la turbiedad, color y sustancias precipitadas por el Ión hidróxido, como cadmio y magnesio que interfieren en la determinación.

❖ Sólidos totales:

Método utilizado: Gravimetría, que consiste en evaporar un volumen apropiado de la muestra en una estufa a temperatura entre 103 y 105 °C. El aumento de masa sobre el de la cápsula vacía representa la cantidad de sólidos totales.

❖ Sólidos sedimentales totales:

Método utilizado: Gravimetría. Los sólidos se secan en un filtro procedente de un volumen conocido de la muestra en una estufa a temperatura de 103 - 105 °C. El aumento de peso sobre el del crisol vacío representa la cantidad de sólidos suspendidos totales, estos se llevan a 550 grados y mediante pesada se obtienen los fijos, por diferencia con los totales se determinan los sólidos suspendidos volátiles

❖ Coliformes totales:

Método aplicado: Filtración por membranas. Es un método de siembra directa, que permite un recuento directo de las colonias sobre un papel de filtro. La filtración permite la concentración de la muestra sobre un papel filtro estéril con un tamaño de poro inferior al tamaño de las bacterias permitiendo así retenerlas sobre el papel. En Cromo C CC los Coliformes totales fermentan la lactosa a 37 °C en presencia de sales

biliares. La presencia del ácido rosólico inhibe las bacterias no fecales. Los Coliformes totales son de color azul, con brillo.

❖ Coliformes fecales:

Método empleado: Filtración de membranas. En CromoCen CC los Coliformes fecales fermentan la lactosa a 44°C en presencia de sales biliares. La presencia del ácido rosólico inhibe las bacterias no fecales. Los Coliformes fecales son de color azul, con brillo metálico y fluorescente a la luz ultravioleta.

El resultado de las determinaciones analíticas a las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM aparece reflejado en el Anexo 3. La calidad del agua se valora a través de la norma cubana NC-27:1999 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado” así como por los índices reportados por Díaz (2006).

La confirmación estadística de los resultados experimentales se realiza a través del software SPSS versión 10.1. (Anexo 3)

#### **2.4. Composición físico - química del suelo del orgánopónico de la Empresa LABIOFAM.**

Se realiza con el objetivo de evaluar, como posible aplicación del agua residual tratada, en el riego de los cultivos del organopónico.

Previo a la toma de muestra se realiza un análisis documental sobre el diseño, estructura (Anexo 4) y principales cultivos que componen el organopónico de la Empresa LABIOFAM.

La toma de muestra de suelos se realiza con el objetivo de conocer las características del mismo por ser el cuerpo receptor. El método de muestreo empleado corresponde con el establecido en la NC 37-1999 “Calidad del suelo requisitos generales para la toma de muestra “. La zona sembrada se divide en parcelas homogéneas de muestreo en cuanto a color, textura, tratamiento y cultivo. Se toman de 15 a 40 muestras en cada parcela haciéndolo en zig-zag y depositándola en una bolsa común para mezclarlas y obtener una mezcla homogénea.

La profundidad del muestreo se hace desechando los primeros 5 cm de capa superficial del terreno, tomando de los primeros 10-20cm del suelo, hasta conformar aproximadamente 1 kg de muestra.

Determinaciones analíticas realizadas en el análisis de suelo:

- ❖ Fósforo y Potasio.

Método utilizado: Fotocolorimetría. Basado en la extracción de las fórmulas móviles de fósforo y potasio en el suelo. El contenido de fósforo en el extracto se efectúa a partir de la intensidad de coloración azul ante la reacción con molibdeno. Los extractos coloreados por la materia orgánica se decoloran oxidándolos con permanganato. El potasio en el extracto se determina por Fotometría de Llama.

- ❖ Materia orgánica.

Método utilizado: Colorimetría. Se basa en la oxidación de la materia orgánica por el dicromato de potasio en medio ácido aprovechando el color producido por la dilución del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

Los resultados de la composición físico - química del suelo del orgánopónico de la Empresa LABIOFAM se muestran en el Anexo 5.

## **2.5. Propuesta de sistema de tratamiento para las aguas residuales.**

### **2.5.1. Ubicación y definición de los equipos fundamentales para la planta de tratamiento de la Empresa LABIOFAM.**

Para el análisis de la posible ubicación de la planta se tuvo en cuenta las siguientes premisas resultante del trabajo del equipo investigativo.

- ❖ Caracterización de la zona ambiental de la provincia.
- ❖ Espacio físico disponible.
- ❖ Que afecte en el mínimo la visualidad del entorno.

Se realiza intercambio con especialista para la definición y fundamentación de la problemática.

A partir del análisis del residual se diseñarán los equipos fundamentales incluidos en la etapa de tratamiento según la metodología propuesta por Allende (2001)

- ❖ Cámara de rejillas. Su diseño mediante la metodología propuesta por Allende (2001) (Anexo 6 y Anexo 7)
- ❖ Trampa de grasa. Diseñada a través de la metodología propuesta por Allende (2001)
- ❖ Sedimentador. La metodología propuesta a través de los números de Arquímedes y Lyaskenco, compatible con Díaz (2006).

Para comprobar la efectividad o no del proceso de sedimentación y previo al diseño se realizan pruebas de sedimentación a escala de laboratorio. (Díaz,

2006). El agua obtenida se somete a los ensayos establecidos en el epígrafe 2.3, para determinar la composición físico-química y microbiológica. (Anexo 8).

- ❖ Bomba. Seleccionada según la metodología propuesta por Rosaball (2006). (Anexo 9)
- ❖ Tanque cisterna. Se diseña mediante la metodología propuesta por Allende (2001), compatible con Díaz (2006).

Para la propuesta del tipo de tratamiento se utiliza la metodología de análisis, síntesis y diseño propuesto por Douglas (1998) y Seider (1999), que plantea los siguientes pasos:

- ❖ Definición y evaluación del proceso.
- ❖ Etapa de creación del proceso.
- ❖ Definición del diagrama de flujo detallado.

Los resultados se muestran en el epígrafe 3.5 del informe de tesis.

La propuesta del proceso tecnológico a partir de los equipos antes diseñados se muestra en el Anexo 10.

## **2.6. Consideraciones económicas sobre el sistema de tratamiento propuesto.**

Se determina el costo de inversión del sistema de tratamiento según la metodología propuesta por Braman (2000) compatible con la propuesta por Brizuela (1987). El costo de los equipos fue estimado a partir del Método del Presupuesto de Precios Agrupados de la Empresa EMPAI (PRECONS) y se actualizó según el índice de costo para el año 2008. Se efectúa el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) como indicador para evaluar la factibilidad de la inversión. (Anexo 11)

## CAPITULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 3.1 Análisis físico químico y microbiológico de las corrientes de aguas residuales de la Empresa LABIOFAM.

El análisis físico químico y microbiológico de las corrientes de aguas residuales de la Empresa LABIOFAM. Se realiza a partir de la valoración de los resultados de cada una de las corrientes caracterizadas:

- ❖ Corriente de residual proveniente de la limpieza química de los tanques de la elaboración de yogurt.

El análisis de la composición de los residuales del proceso de limpieza y desinfección de la planta, incluye residuales de hidróxido de sodio y ácido fosfórico.

La conductividad refiere el contenido de sales disueltas. El valor de 1106.67  $\mu\text{s}$  se considera medio para este tipo de agua.

La dureza total, parámetro que evidencia el contenido de calcio y magnesio en el agua, es superior a 180 mg / L, por lo que se considera agua dura, (Díaz, 2006), NC 27-1999.

El cloruro está por encima de lo establecido (150 mg/L), debido al aporte de productos químicos para la limpieza.

El contenido de fosfato y sulfato se encuentra en el rango establecido por la NC 27-1999 (inferior a 5 mg/L). Tanto para el fósforo como para el sulfato Por lo que el contenido expresado como 1.53 mg /L y 5.17 mg /L respectivamente, está por debajo de lo normado.

El contenido de nitrógeno amoniacal es bajo; desde este punto de vista, Fernández (1999), clasifica el agua residual como débil, si su contenido de nitrógeno amoniacal, se encuentra en el intervalo entre 12 y 50 mg /L. En este caso solo se alcanza 5.49 mg /L. Anexo 3.

Con respecto a los sólidos totales, definidos por el contenido total de materia sólida existente en el agua, que comprende tanto los sólidos orgánicos como los inorgánicos, su valor queda determinado por toda la materia que permanece como residuo de evaporación. En el análisis realizado su contenido es de 7820 mg /L, se clasifica como fuerte ya que el mismo debe ser 1200 mg /L.

El resto de los parámetros responden a los índices establecidos por la NC 27-1999

❖ Corriente residual proveniente del proceso de homogenización y pasteurización. Son aguas residuales generadas por la culminación de los procesos de homogenización y pasteurización.

El pH es un parámetro de gran importancia ya que el mismo determina la calidad del agua residual que debe encontrarse en un rango entre 6.5 a 8.5 unidades de pH el análisis realizado arrojó un resultado de 7.57, idóneo para tratar estas aguas.

La DQO, 55.83 mg /L, muestra el poder contaminante de estas aguas residuales, ya que se encuentra por encima del valor estipulado por la NC: 27-1999, la cual establece 20 mg /L. (Anexo 3)

El contenido de oxígeno disuelto disminuye hasta 5.47 mg /L, valor que resulta insuficiente según lo establecido por la NC: 27-1999. Aspecto a tener en cuenta ya que afecta el proceso depurativo del agua.

Según el contenido de nitrógeno amoniacal el valor 1.16 mg /L clasifica el agua como débil. (Fernández ,1999).

El comportamiento de los sólidos demuestra la gran cantidad de sólidos disueltos totales que contiene, 436 mg /L.

❖ Corriente residual proveniente de los enjuagues de los tanques de la producción de yogurt.

Se analiza posteriormente otras de las corrientes que es la de los enjuagues generados por la producción (tanques), aguas procedente de la culminación del proceso de yogurt. A la misma se le realizaron diferentes ensayos en los que se destacan, la conductividad, la cual es alta, con un valor de 949  $\mu$ s, la temperatura depende del tipo de proceso utilizado (físico – químico) así como del volumen de agua utilizada en los sistemas de refrigeración, está dado por residuales de procedencia doméstica y vertimientos industriales.

El valor de la Dureza total aumenta refleja y el contenido de cloruro, comportamiento compatible con el valor de conductividad observado.

Los sólidos totales presentan un valor muy elevado, 11813.3 mg/L

Todas estas corrientes se dirigen hacia el pozo de infiltración que en estos momentos no está funcionando debido al alto grado de deterioro que posee.

❖ Corriente residual procedente del pozo de infiltración.

La conductividad por su resultado se considera media. (1038 $\mu$ s)

Teniendo en cuenta que son aguas de vertimiento generado por una industria se mide el valor de pH, que el mismo emitió resultado de 6.09 unidades de pH.

La presencia de la alcalinidad explica que son residuales domésticos y aguas de suministro, alcanzando un valor de 680 mg /L, clasificándose como fuerte.

Los cloruros son originados por aguas de suministro, aguas residuales industriales e intercambiadores de agua. Este parámetro es importante en caso de ser reutilizada el agua residual, ya que los intercambiadores aportan grandes cantidades de cloruro y su principal acción sobre el agua es el aumento de la salinización del agua y la variación de la presión osmótica. Según resultado emitido de 120.7 mg / L, se clasifica como fuerte.

La DQO representa 40.43 mg /L y el agua residual se clasifica como débil. Este valor refleja el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica y la materia inorgánica susceptible al proceso de oxidación.

La temperatura en el cuerpo receptor disminuye la solubilidad de los gases, y en consecuencia la del oxígeno. La disminución de la solubilidad del oxígeno, lleva consigo la desaparición de ciertas especies como salmónidos. Aumenta la velocidad de la reacción química y biológica, variación de la flora y fauna del medio (incremento de la temperatura aumenta la población de hongos). La variación de oxígeno comprende desde 6.23 hasta 2.85 mg /L.

Las muestras tomadas en el pozo son muy turbias y coloreadas debido a la desintegración de la materia orgánica pudiendo ser de origen natural o por contaminación del cuerpo receptor. Su resultado oscila en 147.01 unidades deformazidas.

Se midió el contenido de nitrógeno amoniacal y según Fernández (1999), se clasifica como intermedia ya que refleja un contenido de 13.61 mg /L.

Los términos volátiles y fijos aplicados a los sólidos totales como a los disueltos, en suspensión, sedimentables, se refieren a su parte orgánica e inorgánica, respectivamente. Según resultado obtenido tanto los sólidos totales como suspendidos ambos se clasifican como fuerte dando un resultado de 2040mg/L y 476 mg/L respectivamente. En el caso de los sólidos disueltos se clasifican en fuerte con un resultado de 1564 mg/L. (Fernández, 1999)

Determinadas especies se reproducen de acuerdo a la temperatura del agua.

Por su contenido las bacterias coliformes totales y fecales se clasifican como débil ya que el resultado obtenido es de menos 10 UFC/mL las mismas son organismos

unicelulares móviles o inmóviles de forma diversa y de tamaño y modo de vida diferente según la especie del medio.

Al comparar los resultados del análisis físico químico del agua con los índices plasmados en la Tabla 1.1 epígrafe 1.4.2, se comprueba que no cumple con todos los parámetros normados para el riego de productos que se consumen sin procesar. El contenido de sólidos disueltos y el pH son superiores, de ahí la necesidad de tratar el agua residual con la finalidad de reutilizarla posteriormente.

### **3.2 Análisis físico-químico del suelo del organopónico de la Empresa LABIOFAM.**

Antes de valorar los resultados del análisis físico-químico del suelo del organopónico, los autores consideran oportuno detallar algunas características del mismo.

El organopónico de la Empresa LABIOFAM (se refleja en el Anexo 4), el mismo cuenta con un área neta de 1733 m<sup>2</sup>, obteniendo como resultado 76 canteros, estos fueron construidos de madera y piedra, que son materiales más económicos. Cada cantero tiene una longitud de 25 m con un ancho de 1.2 m de cantero efectivo y una profundidad de 0.3 m de sustrato efectivo y un ancho entre los pasillos de 0.5 m. El mismo se localiza dentro de la empresa y para su construcción se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Construir en un área productiva y llana
- ❖ Lo más cerca posible del destinatario de la producción final.
- ❖ En área con fácil acceso y con disponibilidad de agua para riego.
- ❖ En el área con drenaje superficial y protegida contra corrientes de aguas y posibles inundaciones.
- ❖ Sin árboles intercalados para evitar la sombra y el efecto dañino de sus raíces.

Los canteros están orientados transversalmente a la pendiente predominante en el terreno, esto contribuye a la conservación del suelo y garantiza alto rendimiento en la cosecha.

Rodríguez (2007), considera que hay diferentes técnicas de riego según la disponibilidad de la unidad: riego con manguera, riego por regadera y riego por aspersión semiestacionaria o variante del sistema localizado, incluye microjet y goteo.

Para regar se debe tener en cuenta siempre la fuente de abasto, su ubicación y la calidad del agua, se debe regar cuando las precipitaciones sean insuficientes, o si se encuentra déficit de humedad. Es importante conocer además la cantidad de agua que se necesita

diario, en la unidad de producción con vista a valorar el abastecimiento disponible, cubra o no la demanda diaria.

En caso de la Empresa LABIOFAM para su diseño de riego se utilizó un conjunto microjet de 2\*140° de 1.0 mm, de producción nacional que entrega un caudal de 40.65 L/h. Estos emisores se disponen sobre el lateral cada 1.0m, los cuales están espaciados cada 2 m, uno sobre cada cantero, con un tiempo de riego de 14 minutos.

Para valorar el uso del agua tratada en el riego de los cultivos organopónicos en la LABIOFAM con vistas a lograr una mejor gestión en el cultivo y obtener mejores rendimientos en la cosecha, se analiza la composición físico- química del suelo del orgánopónico.

Según los resultados (Anexo 5), el pH juega un papel fundamental, ya que la mayoría de las plantas prefieren rangos de pH entre 5.5 y 7.5. El resultado obtenido es de 7.01 unidades de pH, neutro y adecuado para los cultivos.

Otros ensayos realizados fueron los elementos químicos (nutrientes), ya que son de vital importancia para el desarrollo de las plantas, las cuales los sustraen del suelo por las raíces. Entre los elementos más importantes para el crecimiento de las plantas están los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio). Los mismos están presentes en el suelo en cantidades suficientes y las plantas los necesitan en dosis menores.

En el caso del nitrógeno, tiene como función estimular el crecimiento rápido, favorecer la síntesis de clorofila, de aminoácidos y proteínas. El nitrógeno permite el desarrollo de la actividad vegetativa de la planta, causando el alargamiento del tronco, aumentando la producción de follaje y frutos. Un exceso de nitrógeno debilita la estructura de la planta, creando un desequilibrio entre las partes verdes y las partes leñosas.

Más del 95% del nitrógeno del suelo está en forma de materia orgánica. El ensayo arrojó un contenido de 0.2323% y para la materia orgánica de 4.646%. Según criterio de Urbano (2002) constituyen contenidos favorables para el suelo ferralítico rojo, pero aún admite concentraciones mayores.

El potasio en el suelo juega también un papel fundamental, ya que acentúa el vigor, aporta resistencia las enfermedades, fuerza al tallo y calidad a la semilla, siempre se encuentra en forma inorgánica. El potasio actúa como un cofactor en reacciones enzimáticas, metabolismo y traslocación del almidón. La carencia de potasio se corrige aportando materia orgánica, sales minerales ricas en potasio. El resultado obtenido por

el laboratorio fue mayor de 80 mg/100g compatible con lo reportado por Urbano (2002).

Otros de los compuestos a tener en cuenta es el magnesio, el mismo es un componente rico en clorofila, de las enzimas y las vitaminas, colabora en la incorporación de nutrientes, 17 mg/100g, siendo menor que 20 mg/100g (Urbano, 2002)

Los autores consideran que teniendo en cuenta el tipo de suelo analizado, los resultados obtenidos están acorde a lo establecido por lo que la fuente de nutrientes que aporta el riego del residual tratado no debe ser dañina.

### **3.3 Selección del sitio para la ubicación de la planta de tratamiento de la Empresa LABIOFAM de Matanzas.**

El terreno en que se ubicará el sistema de tratamiento debe mostrar condiciones adecuadas y cumplir con los requerimientos legales establecidos, destacándose los siguientes:

- ❖ No estar definido como zona de alto riesgo.
- ❖ Compatibilidad con los usos de suelo.
- ❖ Cumplir con el ordenamiento en los planes de desarrollo de la Empresa.

Para la adecuada localización de la planta de tratamiento fueron consideradas aquellas incidencias que afectan directamente al entorno entre las que se encuentran:

- ❖ Vientos imperantes hacia la zona poblada.
- ❖ Alejadas de las fuentes de agua potable.
- ❖ Topografía que no entorpezca la adecuada selección del sistema.

Después del análisis e intercambio con especialistas, se decide ubicar la planta de tratamiento a una distancia de 250 m del área de producción.

### **3.4 Diseño preliminar de los equipos principales en el proceso de tratamiento de las aguas residuales de la planta de yogurt en la Empresa LABIOFAM de Matanzas.**

Los equipos principales que integran la propuesta se ilustran en el Anexo 10.

A continuación se detallan consideraciones importantes relacionadas con cada equipo y se describen las metodologías utilizadas con sus correspondientes resultados.

#### **❖ Cámara de reja**

Las rejas constituyen un conjunto de barras, situadas en paralelo y dejando determinada distancia entre ellas, son generalmente usadas cuando se hace la limpieza manual, cuando la limpieza se hace mecánica pueden ser rejas, mallas e incluso, estas últimas pueden ser flexibles.

La operación de cribado se realiza mediante rejas o mallas y con los objetivos siguientes:

- ❖ Evitar obstrucciones en los conductos.
- ❖ Proteger los equipos.
- ❖ Reducir la absorción y adherencia del oxígeno.

Las cribas más utilizadas en Cuba son rejas fijas o móviles, de limpieza manual, de tamaño mediano o grueso, que se sitúan en unos canales y el conjunto recibe el nombre de cámara de reja.

Para el diseño de las mismas, según Allende (2001), es recomendable:

- ❖ Considerar espacios entre barras de 2-3 cm.
- ❖ Velocidad entre rejas para flujo medio 0.3-8 m/s.
- ❖ Velocidad efectiva debe proyectarse verticalmente a las rejas, con el gasto del proyecto.
- ❖ La plantilla de fondo del canal debe estar más bajo que la de la entrada, entre 8 y 15 cm.
- ❖ Ángulo de inclinación con la horizontal desde 30 hasta 60°.
- ❖ El canal antes y después debe filetearse.
- ❖ Es conveniente construir, como mínimo un canal con sus rejas en paralelo para facilitar las operaciones.
- ❖ La cámara debe tener una longitud suficiente para evitar remolinos cerca de la reja.
- ❖ Las barras se colocan con la longitud de arriba- abajo, sin barras horizontales que obstaculicen el paso del rastrillo. Debe prolongarse hacia arriba.
- ❖ Se consideran barras redondas para rejas de 1.27 cm.
- ❖ El diámetro del conducto tributario (d) es de 1.1 m.

Cálculo del área sumergida

$$Q \text{ máximo} = 4 \text{ L/s}$$

Para Q máximo el tirante de circulación

$$h \text{ máxima} = 0.55 \text{ m (Recomendaciones según Allende (2001))}$$

Cálculo del área transversal ( $A_t$ ) del conducto tributario.

$$A_t = \pi \cdot d^2 / 4$$

$$A_t = 0.950 \text{ m}^2$$

Conociendo el diámetro del conducto tributario se adopta el criterio: El área sumergida de la reja, incluyendo barras y espacios abarca gran parte del área de la sección transversal del conducto tributario.

Es recomendable un área neta sumergida no menor de  $500 \text{ cm}^2$  por  $1000 \text{ m}^3/\text{días}$ .

Área de la cámara de reja ( $A_c$ )

$$A_c = 2 \cdot 0.950$$

$$A_c = 1.9 \text{ m}^2$$

Cálculo de la longitud sumergida ( $L_s$ ).

Se asume un ángulo de inclinación de la reja de  $45^\circ$ , Anexo 6, ya que plantea que el ángulo de inclinación con la horizontal debe estar en el rango entre  $30$  y  $60^\circ$ . (Allende, 2006) página 14.

$$L_s = h_{\max} / \sin 45^\circ$$

$$L_s = 0.78 \text{ m.}$$

Cálculo del ancho de la reja ( $W_s$ ).

$$W_s = A_c / L_s$$

$$W_s = 2.436 \text{ m}$$

$$W_s \approx 2.44 \text{ m.}$$

Considerando un canal. El ancho de cada canal será de  $1.22 \text{ m}$ .

Cálculo del número de barras.

Se asume:

$n$  = número de barras en la reja de un canal.

$n+1$  = número de espacio en la reja de un canal, ancho de espacio  $2.5 \text{ cm}$ .

Por lo tanto.

$$1.27 \cdot n + 2.5(n+1) = 1.22 \text{ m.}$$

$$n = 119.5 / 3.77$$

$$n = 31.69$$

$$n \approx 32 \text{ barras.}$$

Para determinar el ancho.

$$n \cdot 1.27 = 40.64 \text{ cm}$$

$$(n+1) \cdot 2.5 = 82.51 \text{ m (ancho neto del canal)}$$

Ancho real del canal:

$$40.64 + 82.51 = 1.2314 \text{ m.}$$

Cálculo de la velocidad a través de la reja ( $V$ )

Ans: ancho neto de la cámara \* longitud sumergida

Ancho neto de la cámara = Ancho neto \* 2

$$\text{Ans} = 1.65 \text{ m} * 0.78 \text{ m}$$

$$\text{Ans} = 1.287 \text{ m}^2$$

$$V = Q \text{ máximo} / \text{Ans}$$

$$V \approx 0.003 \text{ m} / \text{s}$$

Teniendo en cuenta que:

$$h_{\text{max}} / d = 0.5$$

Según nomograma # 1, los elementos hidráulicos para tuberías circulares para todos los valores de rugosidad y pendiente, página 16 (Allende, 2001)

Para  $N / n = 1$  según la curva,  $Q \text{ máxima} / Q_{II} = 0.5$

$$Q_{II} = 0.008 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Dimensiones

Ancho interior = Ancho de la reja + Ancho del muro central.

(Se recomienda  $0.2 \text{ m}^2$  de Ancho del muro central).

$$\text{Ancho interior} = 2.44 \text{ m} + 0.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho interior} = 2.64 \text{ m}$$

Se supone que la velocidad de sedimentación es muy alta. Para evitar sedimentación en la cámara según Mc Cabe (1990), sugiere velocidad de sedimentación superior a  $3 \text{ m} / \text{min}$ , de forma tal que se garantice el movimiento de fluido y evitar sedimentación en la cámara de reja. Se escoge velocidad de sedimentación  $V_s = 3.6 \text{ m} / \text{min}$ .

$$\text{Área de sedimentación} = Q \text{ máximo} / V_s$$

$$\text{Área de sedimentación} = 0.067 \text{ m}^2$$

Longitud = Área de sedimentación / Ancho real del canal.

$$\text{Longitud} = 0.054 \text{ m}$$

Longitud de las contracciones

$$L_1 = (B_1 - B_2) / 2 * \tan \phi$$

$$L_1 = 2.10 \text{ m}$$

Donde:

$B_1$ : es el ancho interior

$$B_1 = 2.64 \text{ m}$$

$B_2$ : es el diámetro de conducta tributario

$$B_2 = 1.1 \text{ m}$$

$$\Phi = 20^\circ$$

$$L_2 = 0.5 * L_1 \text{ (Anexo 7)}$$

$$L_2 = 1.05 \text{ m}$$

#### ❖ Trampa de grasa

Independientemente de los prejuicios que ocasionan en el tratamiento, las grasas constituyen un problema en las tuberías del alcantarillado, provocando obstrucciones graves, por ello, estos dispositivos deben situarse en el mismo lugar donde se originan.

En las trampas de grasa, se remueven estas sustancias que tienen un peso específico inferior al del agua, por una operación unitaria llamada flotación, que pueden ser:

- ❖ Flotación natural.
- ❖ Flotación por medio de aire.

Por regla general, consiste en un tanque rectangular con flujo horizontal, como la grasa tiene un peso específico menor que el del agua, subirá a la superficie, por ello, es necesario prever que la salida esté por debajo de la superficie. Cuando se requiere acelerar la flotación puede usarse aire.

Recomendaciones para el diseño:

$tr = 0.5 - 2 \text{ min,}$	siendo tr – tiempo de retención
$h = 1.5 - 3 \text{ m.}$	h- altura
$b = 2h.$	b- ancho
$V_a = 3 * 10^{-3} - 5 * 10^{-3} \text{ m/s}$	$V_a$ - Velocidad de ascensión.

Cálculo del volumen de la trampa de grasa ( $V_{tg}$ )

$$V_{tg} = Q * tr$$

$$V_{tg} = 0.48 \text{ m}^3$$

Cálculo del área (bl.)

$$V_a = Q / bl$$

$$bl = Q / V_a$$

$$bl = 0.84 \text{ m}^2$$

$$L = 0.84 / 3$$

$$L \approx 0.3 \text{ m}$$

Cálculo del ancho de la trampa de grasa

$$\text{Ancho} = A / L$$

$$\text{Ancho} = 0.3 \text{ m}$$

Cálculo de la profundidad de la trampa de grasa (P)

$$P = Vtg / A$$

$$P = 0.57 \text{ m}$$

Para una velocidad de ascensión tan pequeña es necesario utilizar aire y por lo tanto efectuar estudios en una planta piloto. Allende (2001) recomienda que el intervalo comprenda desde 0.3-0.8 hasta  $1.0 \text{ m}^3 \text{ aire} / \text{ m}^3 \text{ de agua}$ , se estima para el diseño 0.5

#### ❖ Sedimentador

Las determinaciones analíticas realizadas al agua resultante de las pruebas de sedimentación (Anexo 8) evidencian que es eficiente el tratamiento por sedimentación ya que con la sedimentación disminuyen notablemente todos los parámetros y aunque no todos alcanzan los valores establecidos para riego, los autores consideran que con el uso de coagulantes, los parámetros como cloruro y los sólidos pueden disminuir aún más.

Datos

$$\text{Flujo máximo (Q)} = 321 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

$$Q = 0.004 \text{ m}^3 / \text{ s}$$

$$\text{Flujo medio (Qm)} = 227.368 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

$$Qm = 0.0026 \text{ m}^3 / \text{ s}$$

$$\text{Temperatura mínima} = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{Sólidos totales} = 1004 \text{ g} / \text{ m}^3$$

Díaz (2006) plantea que la sedimentación libre es aplicada a aguas con un contenido de sólidos totales entre  $500 \text{ g} / \text{ m}^3$  hasta  $50000 \text{ g} / \text{ m}^3$ , página 96 por lo que puede ser aplicada en este caso.

Cálculo del sedimentador según el método propuesto por Díaz (2006).

Determinación de la carga superficial (V)

$$V = f * u \quad u - \text{velocidad de sedimentación}$$

Se estima según Díaz (2006) que  $u = 3.2 * 10^{-5} - 1 * 10^{-3} \text{ m} / \text{ s}$  y se asume  $8.5 * 10^{-5}$

$$V = 1.02 * 10^{-4} \text{ m} / \text{ s}$$

Cálculo del área

$$A = Q / V$$

$$A = 39.21 \text{ m}^2$$

Cálculo de la profundidad.

$$H = t * Q / A \quad t - \text{tiempo} \quad \text{siendo, } t = 8 \text{ h según Díaz (2006), página 101.}$$

$$H \approx 1.5 \text{ m}$$

Cálculo de diámetro.

$$A = \pi * d^2 / 4$$

$$d \approx 7 \text{ m.}$$

Se selecciona un sistema de barredores de 3 m para la remoción mecánica de lodo. Se recomienda pendiente de 6-10%, se asume 8 %. (Díaz 2006), página 103

$$H = H + 3 * (2) * 0.08$$

$$H = 1.98 \text{ m.}$$

Entonces:

Profundidad en los bordes 1.5 m y profundidad en el centro 1.98 m

$$H \approx 2 \text{ m}$$

Se realizó el diseño del sedimentador por el método según criterio de Lyaskenco y Arquímedes con el propósito de verificar los resultados obtenidos anteriormente.

Cálculo del número de Arquímedes.

$$Ar = (dp)^3 * (\rho_p - \rho_m) * \rho_m * g / (\mu m)^2$$

$$Ar = 2613.$$

Con el valor de Ar se busca en la figura 3.1 "Los criterios Reynolds y Lyaskenco en función del criterio de Arquímedes para la sedimentación de una partícula unitaria en un medio inmóvil", en la curva 6 de partículas esféricas se obtiene el número de Reynolds.

$$Re = 80 \quad \text{régimen laminar.}$$

Con este dato se calcula el número de Lyaskenco

$$Ly = Re^3 / Ar$$

$$Ly = 195.9.$$

Determinación de la velocidad de sedimentación (V sed)

$$Ly = (Vsed)^3 * (\rho_m)^2 / (\rho - \rho_m) * \mu m * g$$

$\rho_m$ - densidad del medio,  $\rho$ -densidad de partícula,

$\mu m$ - viscosidad del medio,  $g$  – aceleración de la gravedad

$$(V \text{ sed})^3 = 0.040 \text{ m} / \text{s.}$$

Cálculo de la velocidad de sedimentación prima (Vsed)'

$$(Vsed)' = (Vsed) * 0.5$$

$$Vsed = 0.020 \text{ m/ s}$$

Cálculo del área.

$$A = Wo * (1-x) / \rho_m * Vsed \quad Wo - \text{Flujo másico a la entrada}$$

X - Relación de concentraciones de sólidos a la entrada y en el lodo.

$$A \approx 45 \text{ m}^2$$

Cálculo de la profundidad.

$$H = t * Q / A$$

$$H \approx 1.3 \text{ m}$$

Cálculo del diámetro.

$$A = \pi * d^2 / 4$$

$$d \approx 8 \text{ m.}$$

Se selecciona un sistema de barredores de 3 m para la remoción mecánica de lodo y se recomienda una pendiente de 8%.

$$H = H + 3 * (2) * 0.08$$

$$H \approx 1.8 \text{ m}$$

Profundidad en el centro 1.8m

Profundidad en los bordes 1.3m

#### ❖ Selección de la bomba

Para seleccionar la bomba se emplea la figura representada en el Anexo 9.

Cálculo de la carga de la bomba (Hb)

$$Z_1 + P_1 / \rho * g + \alpha * (V_1)^2 / 2 * g + H_b = Z_2 + P_2 / \rho * g + \alpha * (V_2)^2 / 2 * g + h_f$$

$$Z_1 = 0$$

$$q = V_2 * A$$

$$A = \pi * d^2 / 4$$

$$Z_2 = 3 \text{ m}$$

$$V_2 = q / A$$

$$A = 4.7 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$P_1 = P_2 = 101325 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 0.85 \text{ m / s}$$

$$V_1 = 0$$

$$H_b = Z_2 + \alpha * (V_2)^2 / 2 * g + h_f$$

$$H_b = 3.30 \text{ m}$$

Cálculo del factor de fricción.

El factor de fricción está en función del número de Reynolds y de la relación rugosidad entre diámetro (E /D.)

$$Re = \rho * V * Di / \mu.$$

$$Re = 8.1 * 10^4 \quad \text{Régimen turbulento porque } Re > 4000.$$

La viscosidad del agua a 30°C es igual a  $0.800 * 10^{-3} \text{ Pa / s}$ .

La densidad del agua a 30°C es igual a  $995.7 \text{ kg / m}^3$ .

Estos datos proceden de la tabla 5 de la página 277, (Rosaball, 2006).

E: rugosidad en tubería, se extrae de la tabla 9, de la página 281, (Rosaball, 2006).

Se emplean tuberías de acero,  $E = 0.2 \text{ mm}$ .

$$E / D = 0.003.$$

f: factor de fricción en tuberías y se extrae de la figura 3.9 de la página 289, (Rosaball, 2006).

$$f = 0.005$$

$\alpha = 1$  por ser el régimen turbulento.

Cálculo de las pérdidas por fricción (hf)

$$hf = f * L / D * V^2 / 2 * g + \Sigma K * V^2 / 2 * g.$$

$$hf = 0.267.$$

K son los accesorios que integran el sistema a instalar: 4 codos de 90°, 2 válvulas de compuerta abierta. Los cuales se extraen de la tabla 3.1 de la página 102, (Rosaball 2006).

$$K = 3.34.$$

Cálculo del NPSH del sistema.

$$\text{NPSH} = (P_e - P_v) / \rho * g$$

$$\text{NPSH} = 9.79.$$

$P_e$  - Presión a la entrada

$P_v$  - Presión de vapor, se extrajo de la tabla 16 de la página 290, (Rosaball, 2006).

$$Z_1 + P_1 / \rho * g + \alpha * (V_1)^2 / 2 * g + H_b = Z_2 + P_2 / \rho * g + \alpha * (V_2)^2 / 2 * g + hf$$

$$P_2 = (P_1 / \rho * g - \alpha * (V_2)^2 / 2 * g - hf) * \rho * g.$$

$$P_2 = 99813.15 \text{ Pa.}$$

$$hf = f * L / D * V^2 / 2 * g + \Sigma K * V^2 / 2 * g.$$

$$hf = 0.109.$$

K son los accesorios por lo que está compuesto el sistema a instalar, el mismo va a estar compuesto por 3 codos de 90° y 1 válvulas de compuerta abierta, los mismos se extraen de la tabla 3.1 de la página 102, (Rosaball 2006).

$$K = 2.42.$$

Selección de la bomba.

La bomba seleccionada es una bomba ITUR 40-125 de 1740 rpm, con una eficiencia (n) de 65%, el diámetro de su impelente es de 110 mm y su NPSH es de 5. (Catálogo de bomba).

Cálculo de la potencia del motor.

$$P = H_b * q * \rho * g / n.$$

$$P = 198.16 \text{ w}$$

$$P = 0.19 \text{ kw.}$$

❖ **Tanque cisterna.**

Flujo de agua teórico =  $321 \text{ m}^3 / \text{día}$ .

Flujo de agua teórico =  $13.38 \text{ m}^3 / \text{h}$ .

Cálculo del área de cisterna.

Asumiendo una altura  $h = 4 \text{ m}$ , se puede determinar el área del tanque.

$$V = A * h$$

$$A = V / h$$

$$A = 3.35 \text{ m}^2$$

Dimensiones.

$$A = b * l$$

$$A = b^2$$

$$b = \sqrt{A}$$

$$b = 1.83 \text{ m.}$$

Finalmente las dimensiones de los principales equipos son:

Cámara de reja ————— Área =  $1.9 \text{ m}^2$

Longitud =  $0.054 \text{ m}$

Ancho =  $1.65 \text{ m}$

Trampa de grasa ————— Volumen =  $0.48 \text{ m}^3$

Área =  $0.84 \text{ m}^2$

Largo =  $0.3 \text{ m}$

Sedimentador ————— Área =  $45 \text{ m}^2$

Profundidad =  $1.3 \text{ m}$

Diámetro =  $8 \text{ m}$

Cisterna ————— Área =  $3.35 \text{ m}^2$

Volumen =  $13.38 \text{ m}^3$

Longitud =  $1.83 \text{ m}$

### 3.5. Propuesta de tratamiento de la Empresa LABIOFAM.

A partir del problema primitivo planteado, teniendo en cuenta las condiciones existentes en el país y la información resultante de la búsqueda bibliográfica, se valora la solución posible para dicho problema.

- ❖ Características del residual y del área para la instalación
- ❖ Tratamiento de las aguas residuales mediante sedimentación libre.

El análisis se complementa con las consideraciones económicas. Se analiza la ubicación de la planta teniendo en cuenta el costo de inversión y el valor actual neto (VAN), ya que el VAN justifica la aceptación o no de la propuesta.

Las etapas de creación del proceso son las siguientes:

#### 1. Creación de datos preliminares.

Se crea la base de datos preliminares con las propiedades y características de las aguas residuales, así como del producto (agua residual tratada). Teniendo en cuenta la variabilidad de la composición de esta agua se utiliza para ello, los resultados de los ensayos realizados por los autores.

Datos preliminares para el diseño.

Las condiciones para el proyecto son las siguientes:

- ❖ El efluente final debe tener calidad para reuso en riego de hortalizas.
- ❖ La tecnología a aplicar debe ser competitiva y con los últimos avances de la técnica, con vista a disminuir el consumo energético.
- ❖ Las hortalizas a regar serán aquellas pertenecientes al consumo de los trabajadores de la empresa.
- ❖ El residual presenta contenido de grasa y sólidos, los cuales deben ser removidos mediante sistemas adecuados (cámara de reja, trampa de grasa).

#### 2. Definición de la etapa de síntesis preliminar.

- ❖ Definición del tipo de proceso: resulta necesario definir si el proceso será continuo o no, para obtener el producto de interés, agua residual tratada.

Este proceso es continuo y se selecciona un sistema que considera el uso de un sedimentador.

- ❖ Definición de las características del agua tratada: consiste en definir las especificaciones del producto deseado, (NC 27- 1999) la que permitirá realizar el esclarecimiento del problema en síntesis.

- ❖ Operaciones del proceso: en la síntesis y diseño se debe tener en cuenta que pueden ser utilizadas diferentes operaciones unitarias, tales como sedimentación.

El sistema estará compuesto por:

- ❖ Tratamiento primario:
  - Cámara de reja
  - Trampa de grasa.
- ❖ Tratamiento secundario:
  - Sedimentador
- ❖ Tratamiento terciario
  - Cloración.

Definición del diagrama de flujo:

Para desarrollar el diagrama de flujo detallado se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Nombrar equipos y corrientes
- ❖ Preparar una lista de equipos principales.
- ❖ Elaborar el diagrama de flujo con los símbolos adecuados.
- ❖ Añadir equipos no incluidos en la síntesis preliminar del proceso, como bombas.

Valoración del funcionamiento del sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM en Matanzas:

A continuación se describe el sistema de tratamiento propuesto según el Anexo 10

En este sistema el residual a tratar proviene de la planta de yogurt para un flujo de 321 m<sup>3</sup> / día. Inicialmente el residual pasa por una cámara de reja, continúa por una trampa de grasa manual provista de un tabique para la recolección de grasa de la superficie. Posteriormente pasa a un sedimentador estático. El retorno se realiza mediante una bomba de tipo ITUR 40-125 conectada al sedimentador. El efluente obtenido se almacena en una cisterna para luego ser utilizado en el riego de hortalizas de la instalación.

### 3.6. Fundamentación económica.

A partir de la propuesta realizada en el epígrafe 3.5 se calcula el costo de inversión:

1-Costo del equipamiento tecnológico del proceso (CETP).

Sedimentador (1)	—————	\$ 3300.00
Trampa de grasa (1)	—————	\$ 1100.00
Cámara de reja (1)	—————	\$ 1100.00
Bomba (1)	—————	\$ 850.00

Bomba para riego (1) ————— \$ 450.00

Cisterna (1) ————— \$ 3500.00

CETP = \$ 10300.00.

2-Costo de instalación y montaje. (CIM).

Cámara de reja (25% de su costo de adquisición).

$1100 * 0.25 = \$ 275.00$

Trapa de grasa

$1100 * 0.25 = \$ 275.00$

Bomba (10-50% de su costo de adquisición).

$850 * 0.3 = \$ 255.00$

Bomba de riego (30% de su costo de adquisición).

$450 * 0.3 = \$ 135.00$

CIM = \$ 940.00.

3-Costo de instrumentación del proceso tecnológico. (CIPT).

Costo de adquisición del 15% del CETP.

$10300 * 0.15 = \$ 1545.00$

Costo de instalación y montaje 50% del costo de adquisición de los instrumentos. (CAI)

$1545.00 * 0.50 = \$ 772.50$

CIPT = \$ 2315.50

4-Costo de adquisición y montaje de tuberías (CAMT).

Materiales (35% del CETP)

$10300 * 0.35 = \$ 3605.00$

Mano de obra (26% del CETP)

$10300 * 0.26 = \$ 2678.00$

CAMT = \$ 6283.00

5-Costo de instalaciones eléctricas (CIE). (es el 10% de CTP)

$10300 * 0.10 = \$ 1030.00$

6-Costo de obras civiles y edificaciones civiles (CTOC – CEC) (es el 9% del CTEP)

$10300 * 0.09 = \$ 927.00$

7-Costo del proyecto (CP)

❖ Un ingeniero: \$ 287.00

❖ Un dibujante: \$ 171.00

❖ Materiales: \$ 36.75

❖ Gastos generales: \$ 25.00

❖ Ganancia económica y organización del proyecto: \$ 150.00

$$CP = \$ 669.75$$

8-Costo de inversión (CI).

$$CI = CETP + CIM + CIPT + CAMT + CIE + CTOC + CEC + CP$$

$$CI = \$ 30763.25.$$

Existen otros métodos más rápidos para la evaluación de los costos de inversión de las plantas industriales entre ellas está el método de Lang, que es el más aceptado en este caso y plantea el cálculo a partir del costo de equipamiento principal.

$$CI = 4.50 * E$$

$$CI = \$ 30600.00$$

Donde E es el costo de equipamiento tecnológico principal.

CETPR = cámara de reja + trampa de grasa + sedimentador + bomba + bomba de riego.

$$CETPR = \$ 6800.00$$

Se aprecia que no hay variación notable del costo de inversión, corroborándose la confiabilidad del resultado.

### 3.6.1. Evaluación del proyecto de inversión.

Cálculo del valor actual neto (VAN).

Determinación de los costos fijos

Costo de electricidad = Consumo de kw \* Precio del kw

$$\text{Costo de electricidad} = 357.7 \text{ kw / año} * 0.09 \text{ kw}$$

$$\text{Costo de electricidad} = 32.20 \$ / \text{año}$$

$$\text{Costo del personal} = 5496.0 \$ / \text{año}$$

$$\text{Costos varios} = 957.90 \$ / \text{año}$$

Costo de mantenimiento = Costo conservación y mantenimiento + Costo conservación y Mantenimiento de obra + Costos otros.

$$\text{Costo de mantenimiento} = 1800.24 + 250 + 100$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = 2150.24 \$ / \text{año.}$$

$$\text{Costos fijos} = 32.20 + 5496.0 + 957.90 + 2150.24$$

$$\text{Costos fijos} = 8636.34 \$ / \text{año.}$$

Se conoce que tratar 1 m<sup>3</sup> /días, cuesta 1.20 \$ /día.

Q (m <sup>3</sup> /día)	321	313	307	305
CV (\$ /años)	385.2	375.6	368.4	366

Ecuaciones utilizadas para el cálculo del VAN.

- ❖ Total de pago = Costos fijos + Costos variables.
- ❖ Total de cobro = N \* p.u.p
- ❖ Movimiento de fondo = Total de cobro – Total de pago
- ❖ Movimiento de fondo actualizado = Movimiento de fondo \* (1) / (1 +I)<sup>año</sup>
- ❖ VAN = Σ Movimiento de fondo actualizado.

Partiendo de los resultados obtenidos en el epígrafe 3.7 se apreció que el resultado del VAN = 3021107.9 es factible y rentable, por lo que según el criterio de los autores se encuentra en correspondencia con la inversión que requiere el tratamiento de las aguas residuales de la planta de yogurt en la Empresa LABIOFAM de Matanzas. Anexo 11.

### Conclusiones

1. El sistema de tratamiento por sedimentación para las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM de Matanzas, minimiza la contaminación ambiental por lo que queda validada la hipótesis.
2. La caracterización de las aguas residuales de la planta de yogurt de la Empresa LABIOFAM de Matanzas, evidencia su poder contaminante.
3. El sistema de tratamiento propuesto para las aguas residuales de la Empresa LABIOFAM de Matanzas contempla:
  - ❖ Tratamiento primario: Cámara de reja  
Trampa de grasa
  - ❖ Tratamiento secundario: Sedimentación
  - ❖ Tratamiento terciario: Cloración
4. El diseño de los equipos fundamentales arrojó las siguientes dimensiones:  
Cámara de reja : Área =  $1.9 \text{ m}^2$ , Longitud =  $0.054 \text{ m}$  y Ancho =  $1.65 \text{ m}$   
Trampa de grasa: Volumen =  $0.48 \text{ m}^3$ , Área =  $0.84 \text{ m}^2$ , Longitud =  $0.3 \text{ m}$   
Sedimentador: Área =  $45 \text{ m}^2$ , Profundidad =  $1.3 \text{ m}$ , Diámetro =  $8 \text{ m}$   
Cisterna: Área =  $3.35 \text{ m}^2$ , Volumen =  $13.38 \text{ m}^3$ , Longitud =  $1.83 \text{ m}$
5. La bomba seleccionada es una bomba ITUR 40-125 de 1740 rpm, con una eficiencia de 65%, el diámetro del impelente es de 110 mm y su NPSH es de 5.
6. La calidad del agua tratada por sedimentación en la Empresa LABIOFAM en Matanzas permite su reutilización en el riego del organopónico.
7. El costo de inversión para el sistema de tratamiento propuesto es de \$30763.25.
8. El valor actual neto (VAN) 3021107.9, corrobora la factibilidad del proyecto.

### Recomendaciones

1. Informar a los directivos de la Empresa LABIOFAM de Matanzas los resultados de la investigación.
2. Sugerir a los directivos de la Empresa LABIOFAM de Matanzas la elaboración de un proyecto de riego en la zona de estudio que posibilite el reuso del agua residual tratada.

## Bibliografía

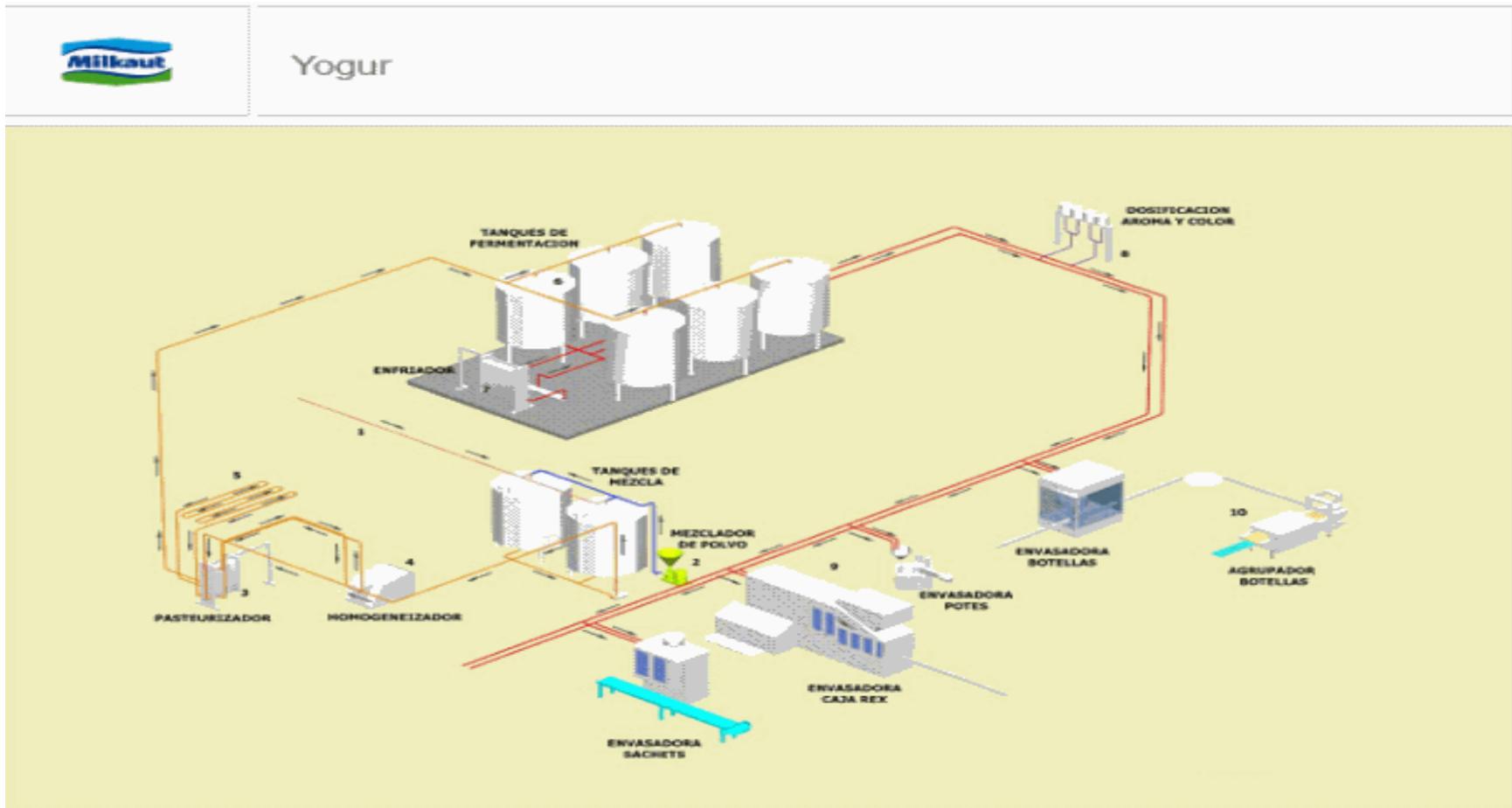
- 1) Allende, Ignacio (2001). Diseño Hidráulico de planta de tratamiento para aguas residuales.
- 2) Alos, M (1997). Depuración de aguas residuales. Manual del operador. Edición Technipublicaciones España, SL.
- 3) Acevedo, Luis A. (1989). Caracterización fisicoquímica del agua. Universidad Autónoma de Querétaro.
- 4) Autores, colectivo (2007). Manual técnico para orgánopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Ciudad de la Habana
- 5) APHA, AWWA, WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales .Edición Díaz de Santos S.A.
- 6) Brizuela, Enrique. (1987). Aspectos fundamentales para el diseño de planta industrial. Ciudad de la Habana. Editorial ISPJE. Tomo1.
- 7) Bauman, Guillermo. (2007). Yogurt un alimento esencia. [on line]. [junio, 2007]. Disponible en: <http://: Monografia.com>.
- 8) Castro, Fidel (2007). Se identifica el debate. [on line]. [Mayo, 2007]. Disponible en: <http://: Trabajadores.cu>.
- 9) Cajiga, Ada.(2002) Prebiótico y Probióticos una relación beneficiosa. on line]. [Abril, 2002]. Disponible en: <http://: Bvs.Sld.cu Revistas>.
- 10) Catálogo de bomba. Curvas características.
- 11) Dhigo, García, J. (2005). Metodología de la investigación para las ciencias administrativas segunda edición.
- 12) Díaz, Betancourt (2006). Tratamiento de aguas y aguas residuales. Editorial Feliz Valera. La Habana.
- 13) Douglas, J. M. (1998). Conceptual Desing of chemical.
- 14) Díaz, Francisco,(1999) Evaluación de los riesgos químicos. Producido con el auspicio del programa de las naciones unidas para el medio ambiente (1999).
- 15) Fernández, Gómez, E (1999). Caracterización y depuración de las aguas residuales. Sector agrario copelen S.L.
- 16) Fernández, Acevedo. (2002). Clasificación de las aguas residuales industriales. [on line]. [Abril, 2002]. Disponible en: <http://: Ambientum.Com>
- 17) Gutiérrez, Díaz, J (2003). Rehúso de las aguas residuales. [on line]. [junio, 2003]. Disponible en: [Medio ambiente.cu](http://: Medio ambiente.cu).

- 18)Gómez, Díaz, F (2008). Las aguas residuales de la industria láctea efecto que tiene en el tratamiento del residual. [on line]. [Abril, 2008].disponible en: [http://: OJS.VO.edu.cu](http://OJS.VO.edu.cu).
- 19)Hernández, Bárbara. (2008). Incremento de producción de leche en vuelta abajo. [on line]. [Agosto, 2008]. Disponible en: [http://: Tele pinar. Icrt.cu](http://Tele.pinar.Icrt.cu).
- 20)Hernández, Muñoz, Aurelio.(1998). Depuración de aguas residuales.4<sup>ta</sup> edición. Paraninfo, S.A, Abril.
- 21)Informe estudio geológico – geomorfolico de la provincia de matanzas.
- 22)Isidoro. A. (2008) Instituto de investigación de la industria alimenticia. [on line]. [Agosto, 2008]. Disponible en: [http://: Cuba gob.cu](http://Cuba.gob.cu).
- 23)Instrucción integrada de ensayo. Determinación de Temperatura. Agosto (2006).
- 24)Instrucción integrada de ensayo. Determinación de Conductividad. Mayo (2008).
- 25)Instrucción integrada de ensayo. Determinación de PH. Mayo (2008).
- 26)Instrucción integrada de ensayo. Determinación de Dureza total. Agosto (2006).
- 27)Instrucción integrada de ensayo. Determinación de alcalinidad. Agosto (2006).
- 28)Instrucción integrada de ensayo. Determinación de Sólidos Totales. Octubre. (2008).
- 29)Instrucción integrada de ensayo Determinación de Sólidos Suspendidos. Octubre. (2008).
- 30)Instrucción integrada de ensayo Determinación de DQO.Diciembre. (2008).
- 31)Instrucción integrada de ensayo Determinación de cloruros. Noviembre. (2008).
- 32)Instrucción integrada de ensayo Determinación de Coliformes Totales. Agosto (2008).
- 33)Instrucción integrada de ensayo Determinación de Coliformes Fecales. Agosto (2008).
- 34)Lezcano, Jorge. (2008). Buscan aumento de producción de leche. [on line]. [Mayo, 2007]. Disponible en: [http://: Cuba facts.blagspat.com](http://Cuba.facts.blagspat.com).
- 35)Magariño. Horado, (2006).Producción higiénico de la leche cruda. [on line]. [Marzo, 2006]. Disponible en: [http://: Science.oas.org](http://Science.oas.org).
- 36)Martínez, García, A. (2008). Tratamiento de las aguas residuales en la calle K.
- 37)Mc cabe, Julián C. (1990). Operaciones básicas de la ingeniería química. Edición Revolucionaria.

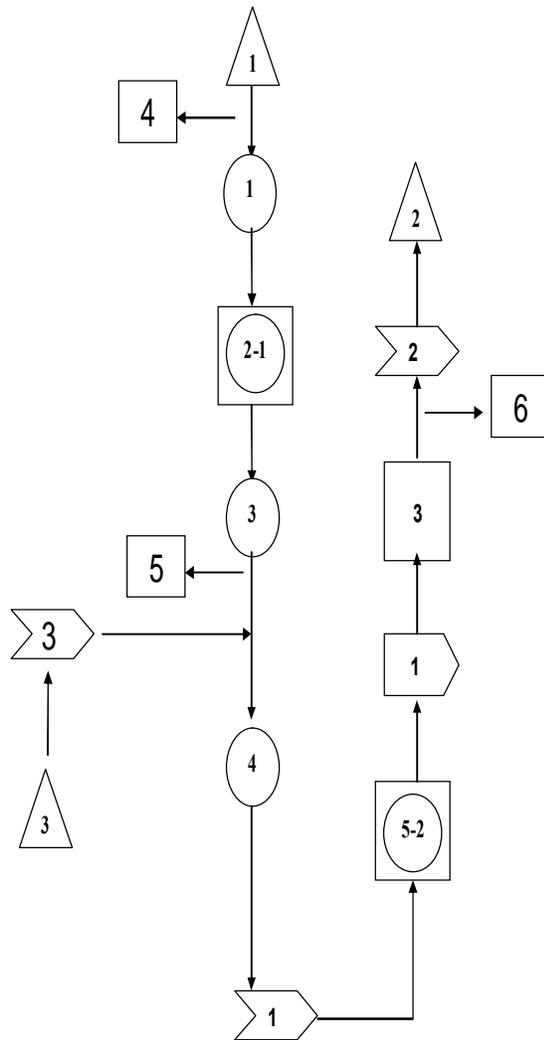
- 38)Metcalf & Eddy.(1995). Ingeniería de aguas Residuales. Tratamiento vertido y reutilización. 3<sup>era</sup>Edición.
- 39)Metcalf & Eddy.(1998).Tratamiento y Depuración de las aguas residuales . Editorial Labor, S.A. Barcelona.
- 40)Metcalf & Eddy.(2000). Ingeniería de aguas Residuales. Tratamiento vertido y reutilización. 3<sup>era</sup>Edición. Mc Graw. Hill Interamerica de España. S.A.U.
- 41)NC: 1599 – 13. Leche y sus derivados limpieza y desinfección. Junio (1995).
- 42)NC: 457. Leches fermentadas proceso tecnológico. Julio (2006).
- 43)NC: 78 – 01. Leche y sus derivados leche en polco especificaciones de calidad. Octubre (1980).
- 44)NC: 433. Preparación y conservación de los cultivos iniciadores, técnicos, madres. Julio (2001).
- 45)NC: 93 – 01 – 115. Determinación de nitratos. Agosto (1987).
- 46)NC: 27 – 1999.Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado. Primera edición.
- 47)NC: 37 1999. Calidad del suelo. Requisitos generales para la toma de muestras.
- 48)NRSP: Determinación de la Turbiedad en aguas de consumo y residuales. Agosto (2005).
- 49)NRSP: Determinación de nitrógeno amoniacal en aguas residuales Agosto (2004).
- 50)NRSP: Determinación de oxígeno disuelto en aguas residuales Septiembre (2001).
- 51)NR: Determinación de sulfito. Octubre (2007).
- 52)NR: Determinación de Fosfato. Octubre (2007).
- 53)NR: Determinación de materia orgánica. Junio(2000)
- 54)NR: Determinación de fosforo Septiembre (2001).
- 55)NR: Determinación de potasio Mayo (2002).
- 56)Páez. Raúl (2008) Publicaciones biocombustible. Pdf. [on line]. [Septiembre, 2008]. Disponible en: [http://:Citma.Pinar.cu](http://Citma.Pinar.cu).
- 57)Pérez, Jorge. (2008).Aumenta en cerca de dos millones de litros la producción de leche. [on line]. [Enero, 2008]. Disponible en: [http://: Trabajadores.cu](http://:Trabajadores.cu).
- 58)Ponce Alberto (2006) Quiminet. El análisis de los suelos. . [on line]. [Febrero 2006].

- 59) Rosaball, Vega. (2006). Hidrodinámica y separaciones mecánicas. Editorial Félix Valera. La Habana.
- 60) Rodríguez, Armando. Referencia industria láctea. . [on line]. [Abril, 2006]  
Disponible en: [http://: bio – tec. Net](http://bio-tec.net).
- 61) Rodríguez. Nodals (2007). Manual de técnicas para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Ciudad de la Habana
- 62) Seider, W. D, JD and Lewis, D.R, (1999). Process. Desing principles Synthesis, Analysis, and evaluation. New York.
- 63) Urbano, P. 2002. Fitotecnia. Calidad de agua para riego. Ingeniería de la producción vegetal. Editorial Madrid: Mundi-Prensa

Anexo 1. Proceso tecnológico de la planta de yogurt “Milkaut”.



**Anexo 2. Diagrama de flujo del proceso tecnológico de yogurt de la Empresa LABIOFAM de Matanzas.**



**Anexo 2 (continuación) Leyenda**

Pesaje de materia prima



Disolver la materia prima



Pasteurización y homogenización



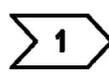
Enfriamiento



Inoculación.



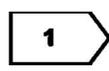
Envase



Trasladar el yogurt hasta la cámara térmica



Cámara Térmica



Área refrescamiento



Inspección del producto terminado



Trasladar el yogurt hasta la Nevera



Almacenamiento del producto terminado



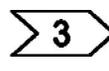
Toma de muestra y análisis de Microbiología



Análisis de Microbiología y físico químico



Análisis de Microbiología y Físico-Químico del producto final



Traslado hacia el área de producción del cultivo industrial



Área de almacenamiento de cultivos industriales y muestras testigo

**Anexo 3. Composición físico –químico y microbiológico de los residuales.**

<b>Parámetros</b>	<b>Residuales limpieza</b>	<b>Residuales pasteurización</b>	<b>Residuales enjuague</b>	<b>Cuerpo receptor</b>
Conductividad	1106.67µs	447.67 µs	949 µs	1038µs
pH	9.55 unidades de pH	7.57 unidades de pH	6.08 unidades de pH	6.09 unidades de pH
Temperatura	40.33 °C	38.2°C	<b>33°C</b>	31.3°C
Alcalinidad total	246.67mg/L	300 mg/L	526.67 mg/L	680 mg/L
Dureza total	158.33 mg/L	269.33 mg/L	464 mg/L	570 mg/L
Cloruro	219 mg/L	52.07 mg/L	231.93 mg/L	120.7 mg/L
Demanda química de oxígeno (DQO)	55.88 mg/L	33.47 mg/L	10.43 mg/L	40.43 mg/L
Turbiedad	226.62 unidades deformazidas	14.18 unidades deformazidas	274.07unidades deformazidas	147.01 unidades deformazidas
Nitrito	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L
Oxígeno disuelto	6.23 mg/L	5.47 mg/L	3.67 mg/L	2.55 mg/L
Sulfito	5.17 mg/L	6.12 mg/L	0.193 mg/L	11.7 mg/L
Fosfato	1.53 mg/L	2.28 mg/L	42.83 mg/L	18 mg/L
Nitrógeno amoniacal	5.49 mg/L	1.16 mg/L	3.94 mg/L	13.61 mg/L
ST	7820 mg/L	440 mg/L	11813.33 mg/L	2040 mg/L
STF	6840 mg/L	333.33 mg/L	573.33 mg/L	900 mg/L
STV	946.67 mg/L	106.67 mg/L	11240 mg/L	1590 mg/L
SST	15.33 mg/L	4 mg/L	148.67 mg/L	476 mg/L
SSF	9.33 mg/L	3.33 mg/L	6 mg/L	180 mg/L
SSV	6 mg/L	0.67 mg/L	142.67 mg/L	296 mg/L
SDT	7777.33 mg/L	436 mg/L	11664.67 mg/L	1564 mg/L
SDF	6824.67 mg/L	330 mg/L	567.33 mg/L	720 mg/L
SDV	940.67 mg/L	106 mg/L	11097.33 mg/L	1294 mg/L
Coliformes totales	-10 UFC/mL	-10 UFC/mL	-10 UFC/mL	-10 UFC/mL
Coliformes fecales	-10 UFC/mL	-10 UFC/mL	-10 UFC/mL	-10 UFC/mL

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 3 (continuación) Índices Descriptivos

## Report

Tipo		OD	T	NA	F	S	pH	Conduct	Alcal	DT
Limpieza	Mean	4,8000	219,9833	3,3067	1,1500	7,1667	8,5533	2438,3333	346,6667	285,3333
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	2,56320	341,55863	3,69412	,39051	4,50925	1,67264	2721,234	83,26664	9,23760
Pasteurizadora	Mean	5,8667	100,1267	1,3333	13,2600	2,3933	6,8800	789,6667	486,6667	389,3333
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	1,66533	146,94365	,62324	21,42566	3,21693	1,60944	646,43355	332,46554	217,67254
Enjuage	Mean	5,6000	234,3733	8,7433	20,0333	5,0833	6,3967	797,6667	466,6667	517,3333
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	1,20000	109,86888	7,22931	13,17207	8,58899	,32747	298,75464	211,97484	253,02437
Cuerpo Receptor	Mean	3,3333	121,4600	6,5700	24,5000	7,1333	8,1133	2673,6667	1296,6667	220,0000
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	3,30051	85,18628	5,10467	31,50000	1,48436	1,96001	2676,027	1375,730	171,16074
Total	Mean	4,9000	168,9858	4,9883	14,7358	5,4442	7,4858	1674,8333	649,1667	353,0000
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Std. Deviation	2,23647	180,09969	5,07290	19,49451	4,85318	1,59356	1896,105	727,47956	198,48242

## Report

Tipo		SDF	SDV	SDT	STF	STV	ST	DQO	CI
Limpieza	Mean	5828,0000	288,6667	6124,6667	5840,0000	293,3333	6133,3333	164,0000	137,2000
	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	9207,189	177,33960	9374,622	9215,899	180,36999	9379,239	154,29841	139,97900
Pasteurizadora	Mean	632,6667	9333,3333	10166,00	640,0000	9466,6667	10126,67	23,3967	156,2000
	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	568,84561	15992,61	16366,61	576,88820	16223,55	16761,79	23,04118	172,75046
Enjuage	Mean	410,0000	2292,6667	2702,6667	413,3333	2173,3333	2720,0000	21,1000	142,0000
	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	345,31725	2247,614	2251,329	349,47580	2033,454	2265,215	11,17721	123,79273
Cuerpo Receptor	Mean	1554,6667	1184,0000	2445,3333	1680,0000	1380,0000	2760,0000	45,4967	213,0000
	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	1551,379	899,13514	2586,530	1463,694	964,36508	2366,094	47,27310	75,13934
Total	Mean	2106,3333	3274,6667	5359,6667	2143,3333	3328,3333	5435,0000	63,4983	162,1000
	N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Std. Deviation	4600,958	7840,381	8804,613	4597,025	7935,327	8895,319	92,87742	117,45936

## ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
pH	Between Groups	9,260	3	3,087	1,322	,333
	Within Groups	18,674	8	2,334		
	Total	27,934	11			
DT	Between Groups	151780,0	3	50593,333	1,437	,302
	Within Groups	281568,0	8	35196,000		
	Total	433348,0	11			
Cl	Between Groups	10948,920	3	3649,640	,207	,889
	Within Groups	140814,8	8	17601,850		
	Total	151763,7	11			
DQO	Between Groups	41491,222	3	13830,407	2,072	,182
	Within Groups	53397,144	8	6674,643		
	Total	94888,366	11			
ST	Between Groups	1,11E+08	3	37026255,56	,390	,763
	Within Groups	7,59E+08	8	94914366,67		
	Total	8,70E+08	11			

## Simbología

ST: Sólidos totales

STF: Sólidos totales fijos

STV: Sólidos totales volátiles

SST: Sólidos suspendidos totales

SSF: Sólidos suspendidos fijos

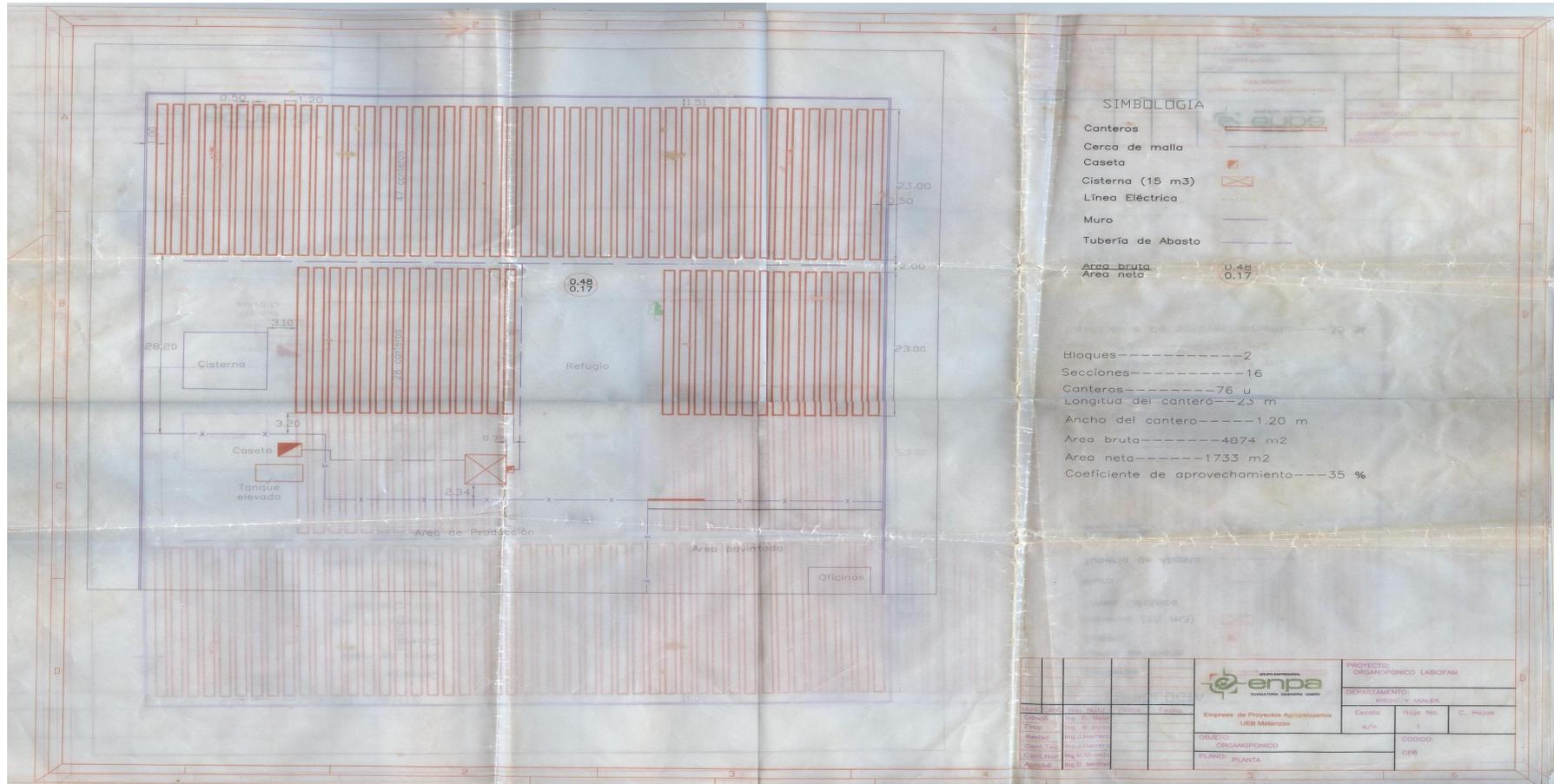
SSV: Sólidos suspendidos volátiles

SDT: Sólidos disueltos totales

SDF: Sólidos disueltos fijos

SDV: Sólidos disueltos volátiles

**Anexo 4. Plano del organopónico de la Empresa LABIOFAM en Matanzas.**



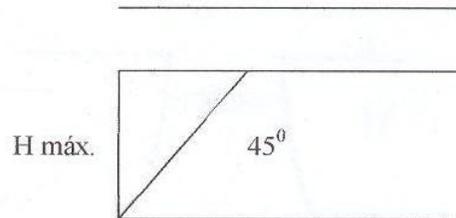
**Anexo 5. Composición físico – química del suelo del organopónico de la Empresa LABIOFAM en Matanzas.**

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
pH	7.01 unidades de pH
Fósforo	17 mg/100g
Potasio	>80 mg/100g
Materia orgánica	4.646 %
Nitrógeno total	0.2323 %
Nitrógeno asimilable	0.0069 %

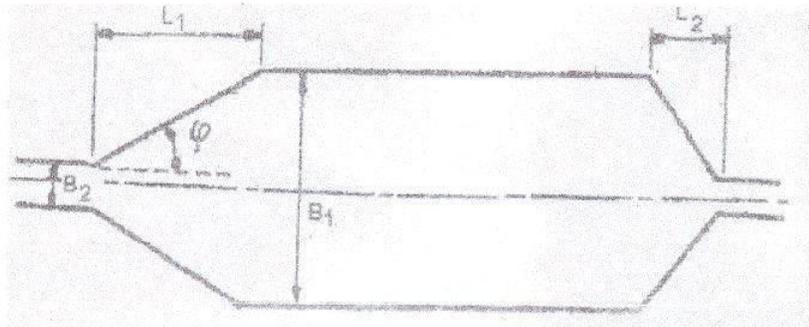
Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 6. Cámara de Rejas.**

**Angulo de inclinación de la Cámara de Rejas, seleccionado para el diseño.**

**Anexo 7. Figura de las dimensiones de la cámara de reja.**

**Representación de las dimensiones L1 y L2 de la Cámara de Rejas.**

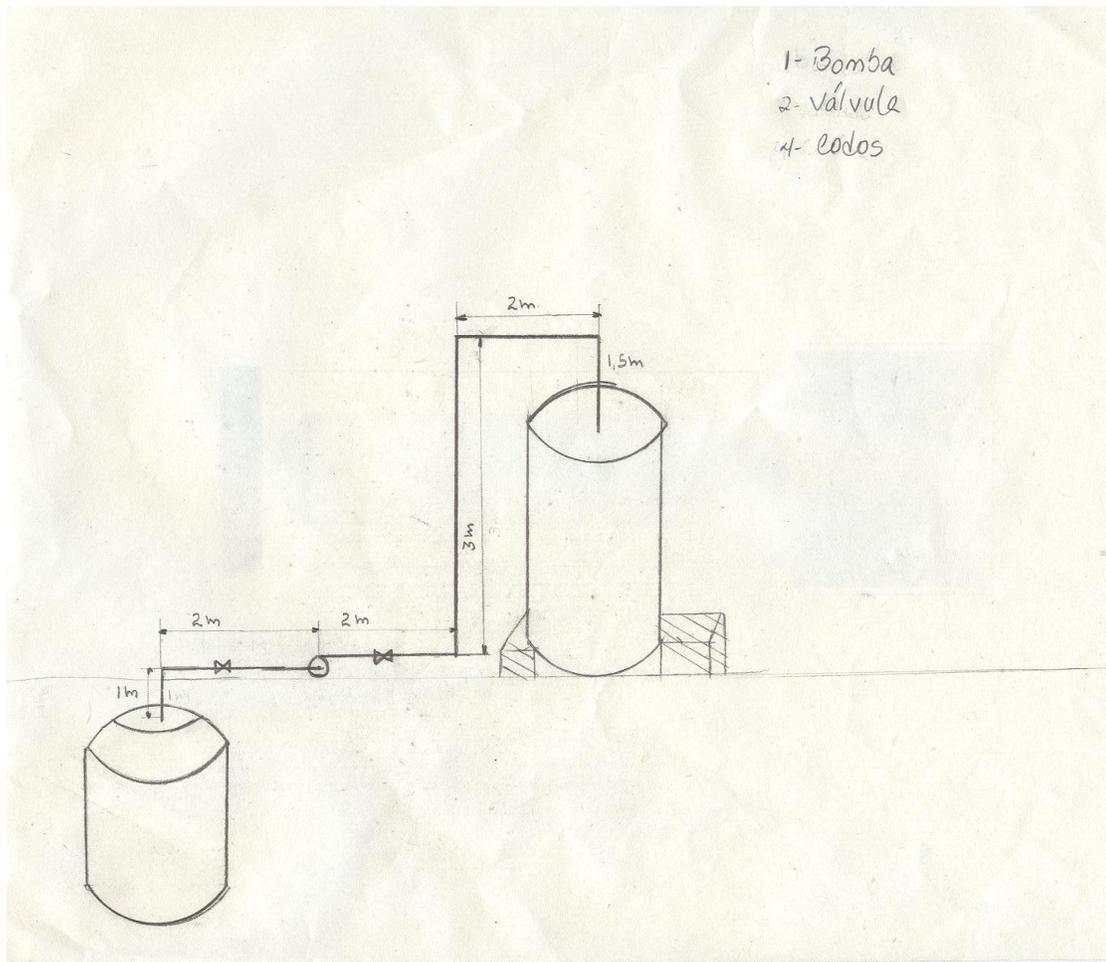


**Anexo 8. Composición físico – química del agua después de las pruebas de sedimentación a escala de laboratorio.**

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
Conductividad	1000 $\mu$ s
pH	6.2.
Cloruro	91 mg /L
DQO	23 mg /L
Sólidos suspendidos totales	30 mg /L
Sólidos disueltos totales	530 mg /L
Temperatura	30°C
Coliformes totales	-10 UFC / mL
Coliformes fecales	-10 UFC/ mL

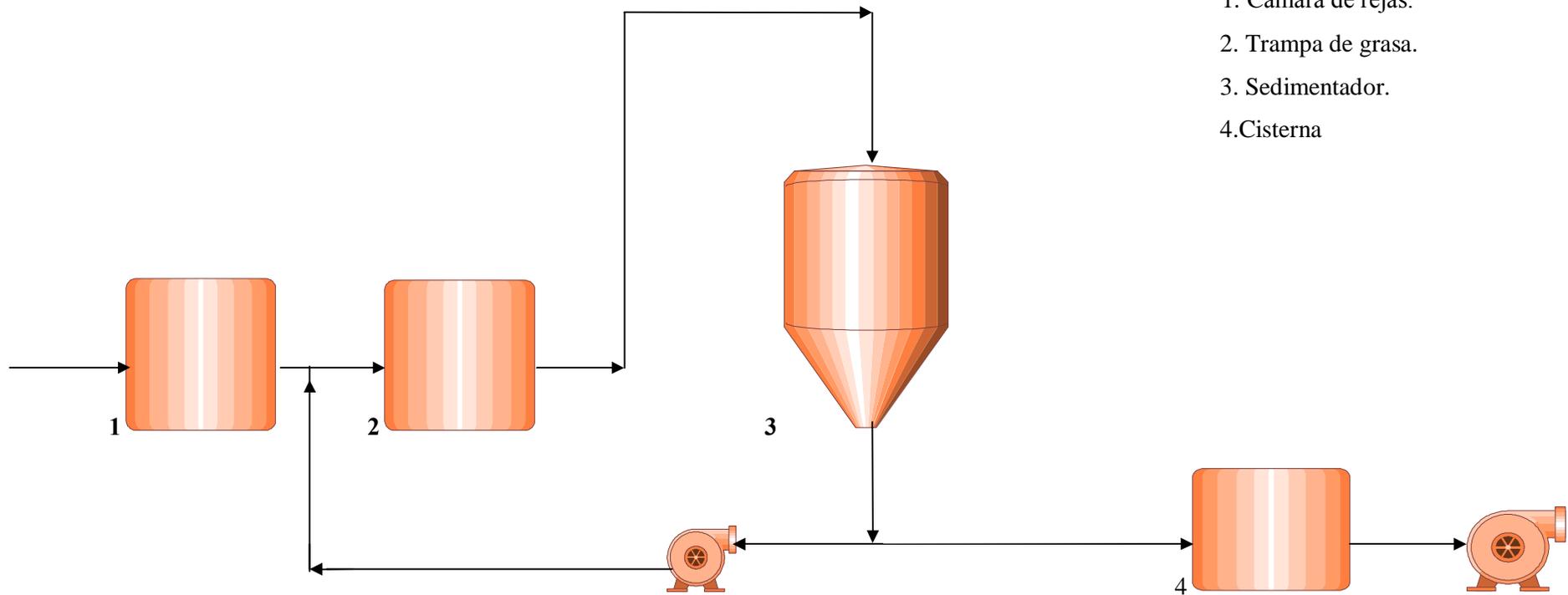
Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 9. Esquema del sistema de bombeo.



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento propuesto.



**Leyenda:**

- 1. Cámara de rejás.
- 2. Trampa de grasa.
- 3. Sedimentador.
- 4. Cisterna

**Anexo 11. Valor Actual Neto para el sistema de tratamiento propuesto.**

<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Inversión</b>	30763.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Costo fijo</b>		8636.34	8636.34	8636.34	8636.34	8636.34	8636.34	8636.34	8636.34	8636.34
<b>Costo variable</b>		366.0	368.4	375.6	385.2	385.2	385.2	385.2	385.2	385.2
<b>Total de pago</b>	30763.25	9002.34	9004.74	9011.94	9021.54	9021.54	9021.54	9021.54	9021.54	9021.54
<b>Total de cobro</b>		133590.0	134466.0	137094.0	140598.0	140598.0	140598.0	140598.0	140598.0	140598.0
<b>Movimiento de fondo</b>	- 30763.25	124587.66	125461.26	128082.06	131576.46	131576.46	131576.46	131576.46	131576.46	131576.46
<b>Movimiento de fondo acumulado</b>	- 30763.25	93824.41	219285.67	347367.73	478944.19	610520.65	742097.11	873673.57	1005250.0	1136826.4
<b>Movimiento de fondo actualizado.</b>	- 30763.25	85286.38	181217.67	260977.37	327118.88	379072.27	418839.6	448281.9	468949.12	482128.07

Fuente: Elaboración Propia