

**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE  
LAS VILLAS (UCLV)  
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA HIDRÁULICA**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**TITULO:** PROPUESTA DE REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES LÍQUIDOS EN EL CENTRO DE BIOACTIVOS QUÍMICOS.

**AUTORA:** Yanet Guerra Miranda

**TUTORAS:** MSc. Amarilis Herrera Rodríguez  
MSc. María Isabel Díaz Molina

Año 2016

# *Pensamiento*

*"Emplearse en lo estéril cuando se puede hacer lo útil; ocuparse en lo fácil cuando se tienen bríos para intentar lo difícil, es despojar de dignidad al talento."*

**José Martí**

# *Dedicatoria*

A mis padres por su apoyo incondicional,

A mi hermana,

A mi novio.

# *Agradecimientos*

A mis tutoras MSc. Amarilis Herrera Rodríguez y MSc. María Isabel Díaz Molina.

A todos los profesores del departamento de Ingeniería Hidráulica en especial a Lamberto Álvarez Gil, Vitaly Danilo Suárez.

A los trabajadores del INRH en especial a Cheva.

A los compañeros del Centro de Bioactivos Químicos y de la Planta de Producción.

A mi vecina Cándida.

A todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron algo para la realización de este trabajo.



# *Resumen*

## **Resumen**

Con este trabajo se realiza un diagnóstico de la situación actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro de Bioactivos Químicos. Para ello se realiza primeramente el marco teórico referencial de la investigación relacionada con el tratamiento de las aguas residuales. Se llega a la conclusión de que dicha planta se encuentra en mal estado técnico siendo necesaria su rehabilitación para un nuevo caudal de diseño.

Se comprobó que los elementos de tratamiento cumplieran con los parámetros requeridos y se proponen los trabajos que rehabilitarán su funcionamiento de forma semiautomática, calculándose para ello los materiales y volúmenes de trabajo mediante el Sistema de Precios de la Construcción, utilizando el programa PRESWIN versión 8.2.

# *Summary*

## **Summary**

This work performs an assessment of the technical condition of the Waste Water Treatment Plant for the Chemical Bioactive Plant Production at the University of Las Villas.

This plant has operational problems due to the lack of maintenance, most of the treatment elements are not working and only the coagulation and flocculation process are developed manually.

With this work a calculation of designing parameters for the treatment element was done to verify their capacity for the new waste water flow.

This project recommends the necessary construction works for the rehabilitation of the plant, with a cost analysis included.

# *Índice*

## Contenido

INTRODUCCION .....	2
Capítulo I. Revisión Bibliográfica.....	7
2- Industria Farmacéutica.....	12
3- Aguas Residuales .....	14
4- Tratamientos de las aguas residuales.....	15
4.1 Procesos unitarios.....	16
5- Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Residuales Líquidos del Centro de Bioactivos Químicos.....	18
Capítulo II.....	24
2.1 Rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales CBQ .....	24
Capítulo III.....	31
Análisis económico.....	31
Presupuesto .....	32
Conclusiones.....	37
Recomendaciones.....	39
Bibliografía .....	41
Anexos.....	43

# *Introducción*

## INTRODUCCION

En los últimos años los problemas que afectan al medio ambiente son cada vez más graves y causan preocupación a toda la humanidad. Cada día se hace más evidente la necesidad de introducir la Educación Ambiental, ya que de esta manera se puede lograr un cambio de mentalidad y actitud sobre el tema. Uno de los resultados más relevantes de la Revolución cubana lo es sin duda la formación humana y el desarrollo profesional y científico, diseñada como política por el Comandante en Jefe, Fidel Castro Ruz, el 15 de enero de 1960, cuando plantea. “El futuro de nuestra Patria, tiene que ser, necesariamente un futuro de hombres de ciencia(Sánchez Domínguez, 2016).

En los países en desarrollo un 70 % de los desechos industriales se vierten al agua sin tratamiento alguno, contaminando así el agua disponible. Más del 80 % de los desechos peligrosos del mundo se producen en los Estados Unidos y otros países industrializados. Muchas regiones del planeta sufren por la escasez de agua, mientras que en otras el problema no es la falta del recurso, sino su mala gestión y distribución, además de los métodos empleados para ello. Es por esto que uno de los mayores desafíos actuales que enfrenta la humanidad es el de proporcionar agua, principalmente potable a la población mundial, siendo una necesidad particularmente crítica en los países en vías de desarrollo, debido a factores como la pobreza, la poca disponibilidad y su mal mantenimiento(Sánchez Domínguez, 2016).

En Cuba se desarrollan industrias y dentro de ellas la industria Químico Farmacéutica y la Biotecnología y se amplía la capacidad de las ya existentes. Este proceso ha traído grandes consecuencias, y es necesario tomar decisiones a tiempo sobre la importancia trascendental de este aspecto para la elaboración de una legislación encaminada a proteger el entorno como herencia fundamental de las futuras generaciones (Pérez, 2001).

La industria química farmacéutica según William.O.Foye (1984) trata fundamentalmente la modificación de estructuras que poseen una acción fisiológica conocida, así como el análisis de los fármacos y su influencia sobre el medio ambiente. En la práctica la química de los fármacos incorpora ambos tipos

de finalidades aunque la investigación acerca de los procesos a través de los que los fármacos ejercen su acción beneficiosa, se ha convertido en la actividad primaria de los científicos que trabajan este campo (Pérez, 2001).

J. L. Bueno (1998) y colaboradores plantean que la industria farmacéutica dentro de la Industria Química aporta residuos altamente contaminantes, por lo que la sociedad demanda cada vez con mayor medida la implantación de procesos productivos limpios en todas las actividades económicas. La incidencia de estas demandas sobre el aparato industrial es doble desde el punto de vista de implantar sistemas correctores que eviten la contaminación o riesgos industriales nocivos y desde las perspectivas de desarrollar actividades destinadas a dar respuestas a los problemas planteados por la propia industria contaminante (Díaz Molina, 2002).

Vale la pena resaltar el carácter indispensable del recurso agua para la realización cotidiana y exitosa de acciones realizadas por el hombre que proporcionan un mayor bienestar, al abarcar aristas fundamentales que van desde la salud y la alimentación, hasta la industria y el esparcimiento. Esta sustancia se encuentra en la naturaleza en diversas formas, que cumplen funciones diferentes, todas ellas asociadas con la vida. Este importante compuesto químico cubre el 72% de la superficie del planeta Tierra. Más del 97% de toda el agua es salada y menos de un 3% es dulce, siendo esta la parte que utiliza el hombre para cubrir sus necesidades (Sánchez Domínguez, 2016).

Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). El tratamiento debe tener como finalidad cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental aplicable. Las aguas residuales, antes de volver a la naturaleza, deben ser depuradas. Para ello se conducen a una planta, donde se realiza el tratamiento adecuado para realizar la remoción de los contaminantes, a través de métodos biológicos y físico químicos.

El uso del agua a nivel mundial se distribuye entre doméstico, industrial y agrícola. Para los países del denominado primer mundo el 11 % se utiliza para fines domésticos, un 59 % para la industria y el 30 % restante para la agricultura. Los países desarrollados, como Estados Unidos y los que conforman la Unión

Europea, están experimentando la necesidad de tratar sus aguas residuales para evitar o controlar la contaminación de su recurso hídrico y garantizar su disponibilidad para los diferentes usos. Al mismo tiempo se han visto en la necesidad de desarrollar una serie de estrategias para su manejo sustentable (Mendoza, 2014).

En este contexto, la calidad del agua residual tratada se convierte en un factor estratégico clave que debe cumplir con los requerimientos del CITMA y la NC 27: 2012, por los que se rige la Planta de Tratamiento de Residuales del Centro de Bioactivos Químicos de la Universidad Central de Las Villas.

El Centro de Bioactivos Químicos (CBQ) de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV), cuenta con una Planta de Producción para la obtención del Ingrediente Farmacéutico Activo (IFA) Furvina( G-1) y una Planta de Tratamiento de los Residuales Líquidos provenientes de los talleres de producción y de las aguas de lavado, con el objetivo de cumplir con los límites de aceptación establecidos por a NC 27: 2012 para el vertimiento de las aguas tratadas al alcantarillado.

Es por esto que el mantenimiento y perfeccionamiento de dicha planta constituye un pilar básico para garantizar excelentes resultados en este sector, donde la industria farmacéutica juega un papel importante.

Se debe asegurar que los desechos y residuales generados durante la fabricación sean tratados adecuadamente con el objetivo de evitar que se conviertan en un peligro potencial para el personal, el medio ambiente o para los propios productos, para ello se establecerán y mantendrán actualizados procedimientos y registros apropiados para cada operación (CECMED, 2012).

El fabricante cumplirá las normas y regulaciones vigentes en el país para la protección del medio ambiente, establecidas por la autoridad rectora de dicha actividad.

La obra existente trata los residuales líquidos que se generan en el proceso de los productos farmacéuticos y la misma consta de los siguientes objetos de obra: **cisterna de residuales y tanques elevados, mezclador hidráulico, floculador, sedimentador, digestor anaeróbico, reactor de placas fijas, filtro de zeolitas, zeopónico y lechos de secado.** A pesar de lograrse un efluente con los

requerimientos exigidos, muchos de los objetos de obra que componen la planta ya no trabajan, encontrándose la planta en malas condiciones técnicas.

En la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos se generan residuales líquidos que provienen de las producciones del Producto Intermedio G-0, el IFA Furvina y Vitrofurul. Estos residuos son tratados según los Procedimientos Normalizados de Operación establecidos para cada una de las etapas del tratamiento y el agua residual se vierte al alcantarillado cumpliendo con los límites de aceptación establecidos en la NC 27: 2012. En la actualidad estos procedimientos se desarrollan de forma manual debido a que la Planta de Tratamiento de Residuales se encuentra en estado de deterioro.

La existencia de una planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra en malas condiciones técnicas impide que los procedimientos establecidos para el tratamiento de los residuales líquidos provenientes de la planta de producción se realicen en la misma, a pesar de obtener un efluente con los límites de aceptación establecidos en la NC 27: 2012, lo cual se convierte en el problema científico a resolver.

La investigación parte de la siguiente hipótesis: si se realiza la propuesta de rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Residuales del Centro de Bioactivos Químicos, se podrán tratar los residuales líquidos de forma semiautomática y realizar el vertimiento cumpliendo con los límites de aceptación establecidos en la NC 27: 2012.

Para dar solución a la hipótesis planteada se define como objetivo general: Proponer la rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Residuales del Centro de Bioactivos Químicos.

En correspondencia con este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar el estado del arte.
2. Caracterizar los residuales líquidos provenientes de la Planta de producción.
3. Diagnosticar el estado técnico de cada uno de los objetos de obra que componen la planta existente.

4. Proponer soluciones para la rehabilitación total de la Planta de Tratamiento de Residuales, para que funcione de forma semiautomática.
5. Valorar económicamente la propuesta de rehabilitación.

Con la investigación que se proyecta se espera obtener para la entidad los resultados y beneficios que a continuación se muestran:

- Desde el punto de vista teórico se define una propuesta de rehabilitación de la planta de tratamiento de residuales del Centro de Bioactivos Químicos.
- Como aportes prácticos se corrobora la factibilidad técnica, económica y ambiental de la propuesta de rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Residuales del Centro de Bioactivos Químicos como vía para el tratamiento de los residuales líquidos de forma semiautomática, facilitando el tratamiento y el cumplimiento de los parámetros de vertimiento de acuerdo a la legislación ambiental aplicable.
- En el aporte metodológico se define la metodología para el tratamiento de los residuales líquidos en el Centro de Bioactivos Químicos, proponiendo la rehabilitación de los objetos de obra de la Planta de Tratamiento existente.

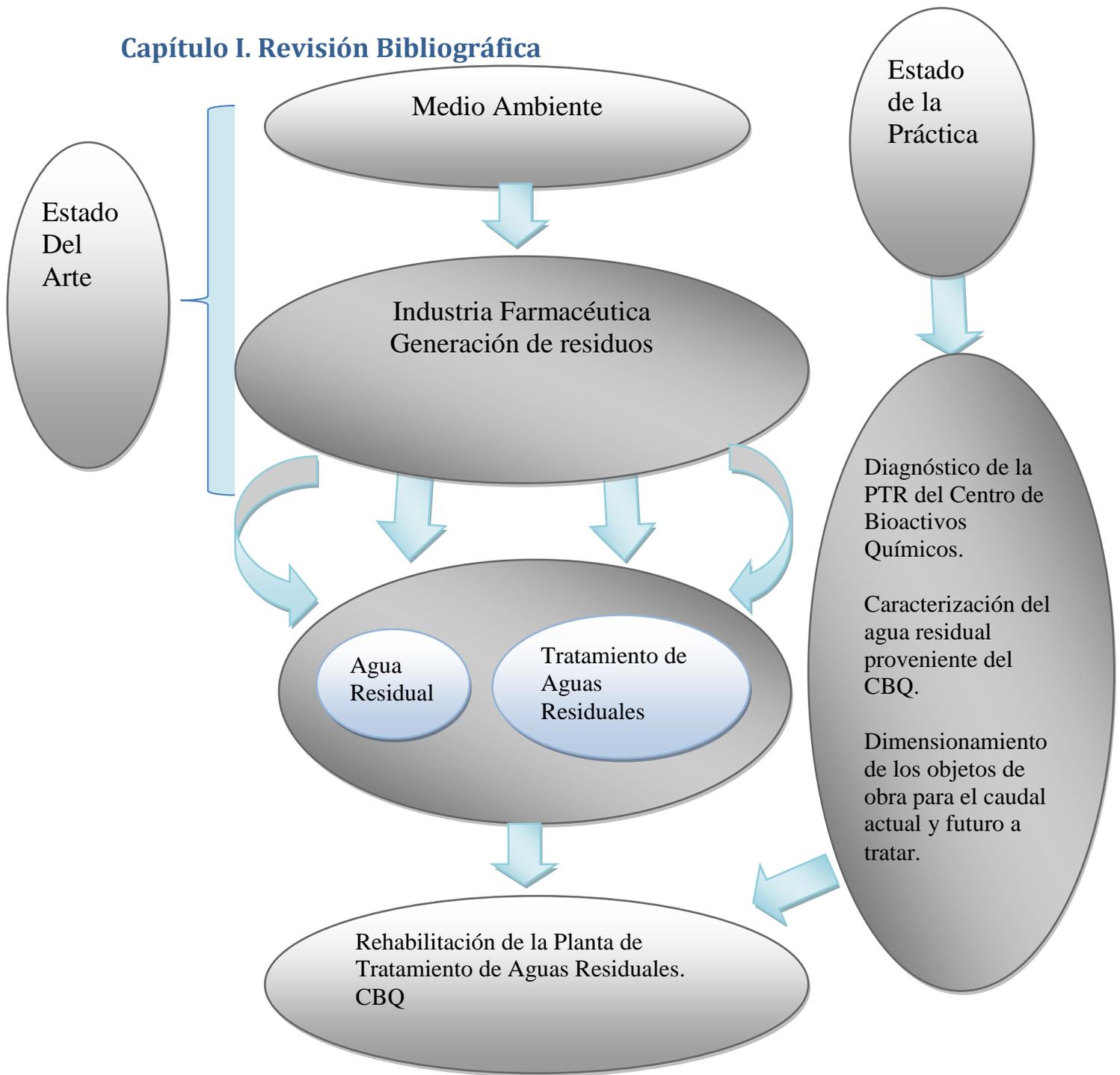
El contenido de esta investigación se estructura en tres capítulos.

En el capítulo I se presenta el estudio del arte sobre el tratamiento de los residuales líquidos teniendo en cuenta las operaciones de coagulación, floculación, sedimentación y filtración y la necesidad del cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

En el capítulo II se realiza el dimensionamiento de los diferentes objetos de obra para el caudal actual y futuro a tratar, comprobando de esta forma la eficiencia de estos objetos con las dimensiones existentes. Se comprueba la eficiencia del equipamiento existente y se realiza la solicitud de nuevos equipos de ser necesario. Se proponen soluciones para la rehabilitación total de la Planta de Tratamiento de Residuales, logrando que la misma funcione de forma semiautomática.

En el Capítulo III se hace un análisis económico, estableciendo la factibilidad económica de la planta propuesta, mediante el Sistema de Precios de la Construcción, utilizando el programa PRESWIN versión 8.2.

## Capítulo I. Revisión Bibliográfica



## **1- Medio Ambiente**

La ampliación de la cobertura y percepción de la temática ambiental ocurre a partir de la celebración de la Conferencia de Estocolmo en 1972, ya que por primera vez en un foro internacional se unen el aspecto social y el aspecto económico como ámbitos trascendentales para la conservación del ambiente y de los recursos naturales(Jorge Dehays, 2001).

La Constitución Política en los artículos 8, 79 y 80 señala que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, de conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución (Constitución Política, 1991),(Hidalgo, 2010).

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente nace el llamado ecodesarrollo o desarrollo sin destrucción, el cual se orientó a poner de manifiesto las consecuencias nocivas que el desarrollo tecnológico e industrial tienen sobre los ecosistemas. Pretende armonizar los objetivos sociales y económicos del desarrollo con un manejo adecuado de los recursos naturales y del medio ambiente.

Al respecto, es pertinente mencionar que la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente menciona que “desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”. (Cite: World Comisión on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, 1987, p. 43).

El concepto de Medio Ambiente resulta ser de por sí bastante intuitivo. Tradicionalmente ha sido definido de manera un tanto genérica, como “entorno natural en el que habita cualquier organismo vivo” o, con una visión tremendamente antropocéntrica, como “los problemas ambientales que sufre la humanidad o sus bienes”. A medida que se ha estudiado y profundizado, el verdadero significado del término Medio Ambiente se ha ampliado y concretado(Jorge Dehays, 2001).

Se considera Medio Ambiente al conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la

vida del hombre y en las generaciones futuras. Es decir, el concepto de Medio Ambiente engloba no sólo el medio físico (suelo, agua, atmósfera), y los seres vivos que habitan en él, sino también las interrelaciones entre ambos que se producen a través de la cultura, la sociología y la economía (Jorge Dehays, 2001).

Es necesario señalar que las sociedades de consumo son las responsables fundamentalmente de la atroz destrucción del medio ambiente. Han envenenado los mares y los ríos, han contaminado el aire, han debilitado y perforado la capa de ozono, han saturado la atmósfera de gases que alteran las condiciones climáticas con efectos catastróficos que ya empezamos a padecer, por tal motivo en las últimas décadas el tema del medioambiente ha pasado al centro del debate y al proceso de toma de decisiones en muchas partes del mundo, y Cuba no está ajena a esta situación (Pérez Perera, 2001).

La suma expresión de la política del estado cubano hacia la protección del medioambiente se logra con la construcción del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) como órgano rector teniendo como base las regulaciones que permiten la acción jurídica para el control del vertimiento de residuales es posible accionar sobre empresas vertedoras para lograr que estas cumplan con lo establecido, es decir instrumentar tratamientos en aquellos procesos contaminantes que no lo tengan implantado y lograr el funcionamiento correcto a los ya existentes, porque los desechos y residuos producto de toda actividad humana que no son dispuestos adecuadamente producen alteraciones físicas- químicas y biológicas en las características del aire, el agua y el suelo(Pérez Perera, 2001).

### ***1.1- Contaminación ambiental***

La contaminación ambiental es la acumulación de sustancias no naturales en grandes concentraciones en el agua, el suelo y la atmósfera y que tienen efectos negativos sobre los seres vivos.

La contaminación provoca:

- La muerte de especies y pérdida de biodiversidad.
- Deterioro del medio natural.

- Acumulación de sustancias tóxicas en las cadenas tróficas (bioacumulación).
- Aparición de enfermedades y alteraciones genéticas en los organismos, (Reynolds, 2002a).

### ***1.2 La contaminación del agua***

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muy preciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico está supeditado a la disponibilidad de agua. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. La degradación de las aguas viene de antiguo pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo (García, 2002).

### ***1.3 Principales fuentes de contaminación hídrica***

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización implica un mayor uso de agua, una gran generación de residuos de los cuales muchos van a parar al agua y el aumento en el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

A continuación se consideran las fuentes naturales y antropogénicas de contaminación, estudiando dentro de estas últimas las industriales, los vertidos urbanos, las procedentes de la navegación y de las actividades agrícolas y ganaderas.

#### **Naturales:**

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos, contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy

específicos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

**De origen humano:**

-Focos principales de contaminación antropogénicos:

\* Industria: Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.

<b>Sector industrial</b>	<b>Sustancias contaminantes principales</b>
Construcción	Sólidos en suspensión, metales, pH
Minería	Calor, hidrocarburos y productos químicos
Energía	Aceites lubricantes, aguas residuales.
Automoción	Petróleo, productos químicos, disolventes
Navales	Fluoruros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico
Química inorgánica	Compuestos cancerígenos
Química orgánica	Nitratos y fosfatos
Fertilizantes	Sólidos en suspensión
Pasta y papel	Plaguicidas

\* Vertidos urbanos: La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias:

emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

\* Navegación: Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos (Edith, 2002).

### **1.3. 1 Principales contaminantes del Agua**

- Microorganismos patógenos
- Desechos orgánicos
- Sustancias químicas
- Nutrientes vegetales inorgánicos
- Compuestos orgánicos
- Sedimentos y materiales suspendidos
- Sustancias radiactivas
- Contaminación térmica

## **2- Industria Farmacéutica**

El fundamento de esta industria es la investigación y desarrollo (I+D) de medicamentos para prevenir o tratar las diversas enfermedades y alteraciones. Los principios activos que se utilizan en los medicamentos presentan una gran variedad de actividades farmacológicas y propiedades toxicológicas (Hardman, Gilman y Limbird 1996; Reynolds 1989).

Los modernos avances científicos y tecnológicos aceleran el descubrimiento y desarrollo de productos farmacéuticos innovadores dotados de mejor actividad terapéutica y menos efectos secundarios. En este sentido los biólogos moleculares, químicos y farmacéuticos mejoran los beneficios de los fármacos aumentando la actividad y la especificidad. Estos avances suscitan, a su vez, una nueva preocupación por la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en la industria farmacéutica.

La industria farmacéutica es un importante elemento de los sistemas de asistencia sanitaria de todo el mundo. Esta industria está constituida por numerosas organizaciones públicas y privadas dedicadas al descubrimiento, desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos para la salud humana y animal (Gennaro, 1990).

Muchos países tienen sistemas específicos de protección de los fármacos y los procesos de fabricación en el marco del sistema general de protección de los derechos de propiedad intelectual.

En los casos en los que esta protección legal es limitada o no existe, hay compañías especializadas en la fabricación y comercialización de medicamentos genéricos (Medical Economics Co. 1995)(Tait, 1996).

La producción de medicamentos consta de dos partes:

1. La síntesis de Principios Activos.
2. La elaboración de productos terminados de forma tal que pueda administrarse en dosis adecuadas en los pacientes(Pérez Perera, 2001).

El Real Decreto del 11 de octubre del 2007, plantea que se regula el procedimiento de autorización, registro y condiciones de dispensación de los medicamentos de uso humano fabricados industrialmente y define al \*principio activo\* como toda materia, cualquiera que sea su origen humano, animal, vegetal, químico o de otro tipo a la que se atribuye una actividad apropiada para constituir un medicamento. Los principios activos son la sustancias a la cual se debe el efecto farmacológico de un medicamento, y su uso se remonta a la prehistoria. Antiguamente, se considera que los principios activos eran hierbas y sustancias naturales; luego, durante los últimos siglos, se fueron aislando sus componentes de las plantas, y en el siglo XX se logró identificar la estructura de muchas de ellos. La actividad de un \*principio activo\* varía debido a la naturaleza de estos, pero siempre está relacionado a la cantidad ingerida o absorbida(Córdoba, 2014).

La Industria Química Farmacéutica constituye la base de la producción y la comercialización de los medicamentos y biofármacos y es un renglón muy importante en la producción de medicamentos, a pesar de usar materias primas que en la mayoría de los casos son altamente contaminantes, pues se trata de procesar compuestos químicos que son de alta concentración, son tóxicos, nocivos y peligrosos que afectan a la salud de los trabajadores (Ortiz,R; Ramón, 1987), así como el ecosistema de forma general, por lo que se trabaja en buscar soluciones para optimizar los procesos y reducir los vertidos ya sea de forma líquida o gaseosa (Pérez Perera, 2001).

### ***2.1 Los residuos en la industria farmacéutica***

En el año 1970 se edita un documento sobre los desechos micélicos y los precipitados presentes en las aguas residuales de la producción de los antibióticos por la industria Químico-Farmacéutica de la antigua Unión Soviética, en el que se reportan los métodos de tratamiento y utilización de los micelios, sus características y utilización, así como los métodos de tratamiento a las aguas residuales. Este documento refiere además las emanaciones propias de esta industria(Ramos Alvariño, 2004).

El Centro Internacional de Estudios Industriales de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Carmichael, preparó un informe, en 1978, sobre el Control de la Contaminación Ambiental en la industria farmacéutica, en el que presenta la evaluación del impacto ambiental en las diversas etapas, las regulaciones, el control de los costos de algunas compañías, así como consideraciones generales de diferentes procesos industriales como casos de estudio. En el informe aparece la caracterización de las aguas residuales, su recobrado y control, así como el tratamiento y la disposición(Ramos Alvariño, 2004).

En el proceso de extracción se producen aguas que pueden ser filtradas y recirculadas y lodos que deben ser tratados como agentes tóxicos y peligrosos. Algunos de estos efluentes contienen disolventes, fenoles y principios activos.

En el proceso de fermentación se generan grandes cantidades de aguas madres que por lo general son recirculadas y lodos que deben ser tratados como residuos tóxicos y peligrosos.

En el proceso de síntesis química se generan residuos de productos orgánicos, inorgánicos y catalizadores, además de disolventes, alcoholes, sales y sulfatos(Ramos Alvariño, 2004).

## **3- Aguas Residuales**

Las aguas residuales se originan a partir de las aguas procedentes de usos domésticos, de lluvias, de la limpieza pública, de aguas utilizadas para la eliminación de los excrementos, de aguas residuales procedentes de las diferentes industrias. Las aguas residuales deben ser tratadas en una planta que responda a su grado de contaminación debido a que las aguas provienen de

disímiles lugares que a su vez pueden ser tóxicos para la humanidad(Pérez Perera, 2001)

Las aguas residuales albergan microorganismos que causan enfermedades (patógenos), incluyendo virus, protozoos y bacterias. Los organismos patogénicos pueden originarse en los individuos infectados o en animales domésticos o salvajes, de los cuales pueden o no presentar señales de enfermedad. La diarrea y la gastroenteritis se encuentran entre las tres principales causas de muerte en el mundo y en la región latinoamericana. El agua no segura para beber y la contaminación a través del desecho inadecuado de aguas negras son responsables de la gran mayoría de estas muertes. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, sólo en Brasil, 20 niños mueren cada día debido a la falta de sistemas de tratamiento de aguas negras. Este es un problema que está directamente relacionado con la presencia de enfermedades infecciosas tales como: cólera, hepatitis, disentería, gastroenteritis y muchas otras(Reynolds, 2002b).

#### **4- Tratamientos de las aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales es muy importante realizarlo debido a que luego del uso del agua, en actividades domésticas, agrícolas e industriales, su composición biológica se altera. La depuración de aguas residuales, también llamadas aguas negras, aporta numerosos beneficios, mejora la salud colectiva evitando enfermedades, conserva el medio ambiente y después de su tratamiento permite la utilización del agua para distintos fines(Okun, 2015).

El tratamiento de aguas residuales implica un conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico y/o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación de las características no deseables(Okun, 2015).

Los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos se conocen como operaciones unitarias, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza con base en procesos químicos o biológicos se conocen como procesos unitarios(Okun, 2015).

## 4.1 Procesos unitarios

El tratamiento de las aguas residuales, previo a su vertido en medios acuáticos naturales, consiste en la aplicación de una secuencia de operaciones unitarias, que tiene por objetivo eliminar los contaminantes del modo más económico y efectivo posible. Son comunes en el tratamiento de las aguas procesos unitarios físicos; químicos como la precipitación y la oxidación; y biológicos, tales como la bio-oxidación y la fermentación anaerobia(Cañizares, 2008).

### 4.1.1 Coagulación

La coagulación en el proceso de tratamiento del agua tiene por objeto preparar a las partículas dispersas en el agua (mediante la anulación de las cargas superficiales) para lograr posteriormente, mediante la floculación, otras partículas más voluminosas y pesadas que puedan ser separadas más fácilmente del agua. La coagulación se consigue mediante una difusión rápida de las sustancias coagulantes en el agua objeto del tratamiento, empleando medios de agitación rápida(Díaz Betancourt, 2006).

La mezcla rápida tiene por finalidad la dispersión inmediata de toda la dosis de sustancia química en la masa de agua cruda.

Para lograr la mezcla rápida es necesario agitar el agua violentamente e inyectar la sustancia química en la zona más turbulenta para asegurar su dispersión uniforme y rápida. El mezclado tiene que ser rápido porque la hidrólisis del coagulante es casi instantánea (en pocos segundos) al igual que la desestabilización de los coloides (Díaz Betancourt, 2006).

El mezclador rápido debe estar cerca de la “casa de química” donde se preparan las soluciones de las sustancia químicas, por lo que las tuberías de alimentación deben ser de poca longitud. Este mezclador debe estar colocado cerca de los floculadores.

Los dispositivos fundamentales para proporcionar una mezcla rápida se dividen en dos grupos fundamentales:

- Mezcla rápida hidráulica
- Mezcla rápida mecánica

Para los dispositivos de mezcla rápida se utilizan canales o cámaras con deflectores, vertedores con caída libre y saltos hidráulicos, en la mezcla mecánica

se requiere suministrar la energía para la agitación mediante impulsores, propulsores o turbinas.

Tras la neutralización de las partículas coloidales, es decir una vez conseguida la desestabilización coloidal, las partículas formadas están en disposición de aglomerarse (Díaz Betancourt, 2006).

#### ***4.1.2 Floculación***

La floculación es el movimiento lento o agitación del agua o agua residual que contiene flóculos. Sin embargo, en la floculación química, el movimiento o agitación puede principiar tan pronto como se agrega el coagulante químico, considerando en sí mismo, el paso inicial recibe el nombre de mezclado, por tanto la palabra mezclado describe la operación de revolver, combinar o incorporar los productos químicos o materiales coagulantes con el agua residual en este caso, con el fin de crear un sistema más o menos homogéneo en fase simple o múltiple. La floculación está relacionada con los fenómenos de transporte de las partículas dentro del líquido, que son los que ocasionan el contacto de las partículas coaguladas (Díaz Betancourt, 2006).

#### ***4.1.3 Sedimentación***

La sedimentación o remoción, por medio de asentamiento gravitacional, de las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Cuando las impurezas se separan de un fluido que las mantiene en suspensión sólo mediante la acción de las fuerzas naturales la operación recibe el nombre de sedimentación simple (Orestes, 2001).

En el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, la sedimentación constituye la función a la que se destinan. Las cámaras desarenadoras separan los sólidos inertes minerales pesados o de otro tipo, del líquido que fluye, los tanques sedimentadores primarios colectan gran parte de la carga de impurezas que han tomado la forma de sólidos en suspensión, antes de la carga del efluente clarificado a las aguas receptoras, los tanques sedimentadores secundarios o finales colectan las sustancias convertidas en sólidos sedimentables. La adición de agentes coagulantes o precipitantes a las aguas residuales puede preceder a la sedimentación y mejorar así, su eficiencia (Orestes, 2001).

#### **4.1.4 Filtración**

La filtración constituye el proceso posterior a la sedimentación libre y a la coagulación- floculación. Su objetivo es librar el agua de las pequeñas partículas que en número limitado no son retenidas en los procesos anteriores(Díaz Betancourt, 2006).

La construcción de los filtros es sencilla y su operación económica, requieren en general de poco mantenimiento y presentan una alta eficiencia de remoción.

Existen dos tipos de filtros de arena:

- 1) Filtros Lentos
- 2) Filtros Rápidos

Estos tipos de filtros se diferencian en cuanto a: velocidad de filtración, tamaño del lecho, profundidad del lecho, tamaño de la arena, distribución de granos de arena en el filtro, sistema de drenaje inferior, pérdida de carga, duración del ciclo entre limpiezas, penetración de la materia suspendida, método de limpieza, entre otras.

## **5- Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Residuales Líquidos del Centro de Bioactivos Químicos**

El Tratamiento de los residuales líquidos en la Planta de Tratamiento del Centro de Bioactivos Químicos se concibió según el Proyecto Técnico Ejecutivo realizado por la Empresa de Investigaciones de Recursos Hidráulicos.

Una primera etapa de tratamiento, que consistía en el almacenaje del residual en una cisterna para su homogenización, seguidamente se bombeaba a un tanque elevado donde se dosificaba el gasto a tratar durante el tiempo de operación de la planta concebida para 4 horas.

Del tanque elevado el residual se conducía al mezclador, donde se iniciaba la segunda etapa del tratamiento, la cual consistía en una coagulación- floculación- sedimentación. Para este tratamiento se adicionaba sulfato de alúmina como floculante, necesitando además la adición previa de ácido sulfúrico para bajar el pH al valor necesario para la floculación que es de 4. Antes de pasar a la siguiente etapa, se estabilizaba el pH a la salida del sedimentador a valores neutros con la adición de hidróxido de sodio.

La tercera etapa consistía en un tratamiento anaeróbico intensivo en un digester anaeróbico de manto de lodos, seguido de un reactor de placas fijas. El objetivo

de esta etapa era reducir considerablemente los altos valores de DQO y  $\text{DBO}_5$  presentes en el residual.

La fracción sólida producida y decantada en las etapas anteriores se conducía al lecho de secado, donde se continuaba el proceso de digestión de la misma. Este proceso disminuye su humedad a valores permisibles para su posterior manipulación y disposición final.

La fracción líquida continuaba su tratamiento en la cuarta etapa que consistía en una filtración lenta en un lecho de zeolitas, seguida de irrigación en un zeopónico dedicado al cultivo de plantas absorvedoras de residuos tóxicos.

El efluente líquido final se incorporaba al sistema de alcantarillado de la Universidad Central, el cual tiene como disposición final un sistema de lagunas existente.

En los Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se presenta una vista en planta de los objetos de obra tanques elevados, mezclador hidráulico de flujo horizontal, floculador vertical, sedimentador horizontal, filtro de zeolita, lechos de secado y zeopónico y en la figura 1 se puede observar el flujo tecnológico de la planta original.

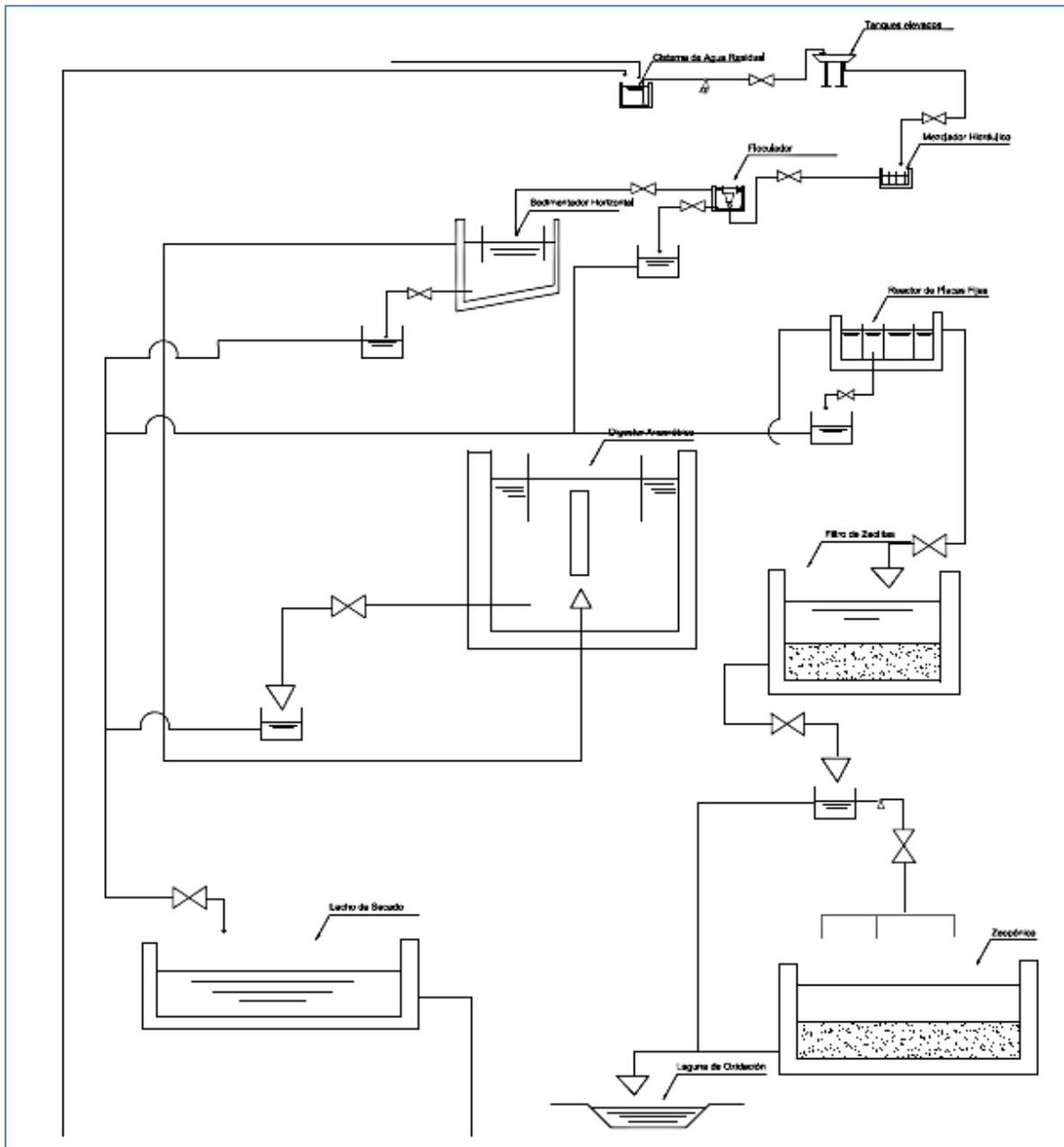


Figura 1: Flujo tecnológico de la planta original

En la actualidad la Planta de Tratamiento presenta un mal estado técnico en general y a pesar de lograrse un efluente con los requerimientos exigidos, muchos de los objetos de obra que componen la planta ya no trabajan.

El agua procedente de la cisterna se bombea directo a la planta de tratamiento y el tanque elevado no funciona.

Mezclador: Este objeto no está funcionando al no existir la conexión con la tuberías y válvulas necesarias, esta falta de mantenimiento.

Floculador: En este objeto de obra se realiza todo el tratamiento, o sea se realiza la dilución del residual proveniente de la Planta de Producción (6L) con un

volumen de agua procedente de la cisterna (2500 L), para luego agregarle la dosificación de los productos químicos ( $\text{Al}_2\text{SO}_4)_3$  como coagulante), CaO y  $\text{NaClO}_4$ , todo este proceso de mezcla y agitación se realiza de forma manual. La mezcla se deja reposar por 24h y luego se conduce a los filtros lentos.

El Floculador también presenta un mal estado técnico, la estructura metálica en su interior está oxidada y las paredes de hormigón están falta de pintura. Faltan casi todas las conexiones hidráulicas y el agua se conduce hacia los filtros por donde debían extraerse los lodos, o sea por el fondo.

Sedimentador: Este objeto no está funcionando al no existir la conexión con las tuberías y válvulas necesarias, está falta de mantenimiento.

El Digestor Anaerobio y el Reactor de placas fijas, no están funcionando.

Filtros lentos: Estos están funcionando aunque el lecho filtrante es muy escaso, están falta de mantenimiento.

Los lechos de secado están falta de mantenimiento así como los zeopónicos, donde ya casi no existen plantas cultivadas.

El local de productos químicos necesita mantenimiento. La dosificación de los productos químicos se realiza de forma manual, al no existir las bombas dosificadoras ni las instalaciones de tuberías necesarias.

En las figuras 2, 3 y 4 se puede observar el estado técnico de los objetos de obra mencionados anteriormente.



Figura 2: Mezclador hidráulico, fuera de funcionamiento.



Figura 3: Floculador en mal estado técnico.



Figura 4: Filtros lentos en mal estado.

### ***5.1 Caracterización del agua residual proveniente del Centro de Bioactivos Químicos.***

Los contaminantes de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos están dados fundamentalmente por las colas y residuos de las materias primas que abandonan el proceso de producción, dado por su poder contaminante específicamente por el Taller de Materia Prima, Taller de Síntesis del Producto Intermedio G-0 y Síntesis del Ingrediente Farmacéutico Activo Furvina (G-1).

<b>Taller</b>	<b>Contaminantes Específicos</b>
<b>Materia Prima</b>	-Colas de Furfural -Aguas de lavado
<b>Síntesis de G-0</b>	-Cola o licor síntesis de G-0(PIC) -Alcohol de lavado - Aguas de lavado
<b>Síntesis de G-1</b>	- Cola o licor de la producción de G-1 - Alcohol de lavado - Aguas de lavado
<b>Purificación de G-0 y G-1</b>	- Alcohol de lavado
<b>Taller de Vitrofurral</b>	- Alcohol de lavado - Aguas de lavado
<b>Laboratorio de Control de Procesos y Residuales</b>	- Alcohol de lavado - Aguas de lavado

Las características del residual mezclado que aportan los talleres de la Planta de Producción muestran el alto poder contaminante de este residual, (Ver resultados en el Anexo 10).

El olor en todos los talleres es irritante y penetrante similar a las materias primas que se utilizan en las diferentes operaciones.

El color del residual es variable en dependencia del taller a analizar. Existe en todos los talleres de Síntesis de Principios Activos la tendencia de que su color sea amarillo carmelita, cercano al naranja y en los Talleres de Purificación y Vitrofurral amarillo claro, por las propias operaciones que se realizan. El residual mezclado alcanza una coloración carmelita naranja.

## Capítulo II

### 2.1 Rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales CBQ

Según el procedimiento actual los residuales líquidos, recogidos del proceso productivo de un lote de IFA G-1 deben ser pretratados para llevarlo a pH básico entre 10 y 12, (R.02.002, 2015). Los registros de datos de la etapa de Pretratamiento se presentan en los Anexos 8 y 9.

De este lote de residual se toma un volumen de 6 L y se realiza una dilución con el agua residual proveniente del fregado y limpieza de la cristalería que se encuentra almacenada en la cisterna, la cual tiene un volumen 68 m<sup>3</sup>. Para realizar la dilución se toma un volumen de agua de 2500L.

A esta dilución se le adicionan 80 L de la solución de Sulfato de Hierro (II) al 1.5%, 40 L de la solución de óxido de calcio a 3° Be y 40 L de solución de Hipoclorito de sodio 1:4, (R.02.003, 2015) para la coagulación y desinfección del residual. Los registros de datos de la etapa de Tratamiento Primario se presentan en el Anexo 11.

**El volumen de cada producto para esta mezcla es:**

2500L (agua residual) + 6 L (residual químico) + 80 L (FeSO<sub>4</sub>) + 40 L (CaO) + 40 L (NaClO<sub>4</sub>).

#### 2.1.1 Determinación del Gasto de Diseño

El gasto de diseño se determina según los parámetros de diseño de cada uno de los elementos de tratamiento, o sea para mantener un Tiempo de Retención Hidráulico y un Gradiente Hidráulico que cumplan con rangos establecidos, y una velocidad de sedimentación en el decantador de acuerdo con los rangos de diseño establecidos en la literatura.

Este gasto se determina para 1 h, adicionando al agua residual la dosis resultante de cada uno de los productos.

$Q = 0,7 \text{ L/s (agua residual) + 1,6 mL/s (residual químico) + 20 mL/s (FeSO}_4) + 10 \text{ mL/s (CaO) + 10 mL/s (NaClO}_4)$

**Qd= 0, 74 L/s**

### *Comprobación de los órganos de tratamiento para el gasto de diseño*

La Planta de Tratamiento propuesta tendrá en cuenta solamente los procesos que actualmente se realizan y que son Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración, ya que con esto se logra un efluente con las características necesarias para el vertimiento al alcantarillado, según la NC: 27:2012.

#### **Mezclador hidráulico**

$$V_{\text{útil}} = 0,29 \text{ m}^3$$

$$Tr = \frac{V_{\text{útil}}}{Q_d} = 391,8 \text{ s} = 6,5 \text{ min (tiempo de retención)}$$

$$G = \sqrt{\frac{\rho g \cdot h}{\mu Tr}}$$

Donde:

G gradiente hidráulico

$\rho$  densidad del agua = 995,7

g aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h pérdidas en el mezclador = 0,4 1 m

$\mu$  viscosidad dinámica = 0,008

Tr tiempo de retención hidráulico= 6,5 min

$$Gr = 35,74 \text{ s}^{-1}$$

El tiempo de retención de la mezcla rápida debe ser **Tr= (10 – 60) s** y el gradiente para un mezclador hidráulico debe ser **G = (400-1000) s<sup>-1</sup>**, por lo que nuestro mezclador estaría sobredimensionado para el gasto de residual a tratar.

Para lograr un proceso de mezcla más eficiente se propone restablecer la mezcla mecánica propuesta en el proyecto original, mediante un electroagitador vertical de hélice.

#### **Floculador**

$$V_{\text{útil}} = 3,78 \text{ m}^3$$

$$Q_d = 0,74 \text{ L/s}$$

$$Tr = \frac{V_{\text{útil}}}{Q_d} = 5108 \text{ s} = \mathbf{85 \text{ min}}$$
 (tiempo de retención)

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot h}{\mu Tr}}$$

Donde:

G gradiente hidráulico

g aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h pérdidas en el mezclador = 0,31 m

μ Viscosidad cinemática = 0,008

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,31}{0,008 \cdot 5108}}$$

$$G = 8,65 \text{ s}^{-1}$$

El tiempo de retención en el floculador debe ser **Tr = (20 – 30) min** y el gradiente debe estar en un rango **G = (20 - 75) s<sup>-1</sup>**, por lo que el floculador está sobredimensionado para el gasto de residual a tratar.

### Sedimentador

$$\text{Área} = 1,5 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,74 \text{ L/ s}$$

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

$$V = \frac{0,00074}{1,5}$$

$$V = 0,000493 \text{ m/s}$$

$$V = 0,493 \text{ mm/s}$$

$$V = 1,49 \text{ m/h}$$

$$Tr = \frac{V_{\text{útil}}}{Q_d}$$

$$Tr = \frac{2,9}{0,00074}$$

$$Tr = 3918,92 \text{ s}$$

$$Tr = 65,3 \text{ min}$$

$$Tr = 1,09 \text{ h}$$

## Filtros de Zeolita

$$Q_d = 0,74 \text{ L/s}$$

$$A = 9 \text{ m}^2$$

$$V_F = \frac{Q}{A}$$

$$V_F = \frac{0,00074}{9}$$

$$V_F = 8,22 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$V_F = 0,082 \text{ mm/s}$$

### *2.1.2 Trabajos a realizar para la rehabilitación de la PTR*

Para la rehabilitación de la planta se deben realizar los siguientes trabajos:

- Rehabilitar el sistema de bombeo desde la cisterna al tanque elevado para lo que será necesario la compra y montaje de un equipo de bombeo y realizar las conexiones de tuberías y válvulas. Las tuberías a utilizar serán de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). La tubería de entrada al tanque será de diámetro nominal Dn 75 mm.
- Se debe reparar el tanque elevado, estucando y pintando con pintura impermeabilizante.
- Se colocarán dos sensores de nivel en el tanque, uno para la parada de la bomba por nivel máximo y otro para el arranque por nivel mínimo.
- La tubería de salida del tanque será de PEAD Dn 50mm con una válvula de cierre para regular el caudal que sale del tanque, se propone colocar un medidor de caudal o flujómetro mecánico visual (esto opcional) o de lo contrario se realizará un aforo a la salida de la tubería para garantizar el gasto de diseño.
- En el mezclador se colocará un electroagitador vertical de hélice, para lograr una mayor eficiencia de la mezcla.
- Se realizará un depósito donde se colocarán 6 tanques plásticos de 10 L, para almacenar y distribuir el residual químico hacia el mezclador, esto mediante una bomba dosificadora  $Q = 6 \text{ L/h}$  y  $H = 2 \text{ m}$ .

- Se rehabilitarán los sistemas de dosificación de productos químicos, mediante dos bombas dosificadoras (una para Sulfato de Hierro II ( $\text{FeSO}_4$ ) y otra para Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) y tubería de Polipropileno (PP).
- Se rehabilitará el sistema de dosificación de hipoclorito de sodio con un equipo dosificador y una manguera de 6 mm. La adición de productos químicos se realizará en el mezclador.
- Para la sujeción de las tuberías de la manguera de cloro se colocará una parrilla metálica desde el local de productos químicos hasta el Mezclador.
- Se debe estucar el depósito Mezclador y pintar con pintura de vinil por dentro y por fuera.
- Se realizarán las conexiones hidráulicas del Mezclador al Floculador con tubería PEAD Dn 50 mm, con válvula de cierre a la salida.
- En el Floculador será necesario pintar con pintura anticorrosiva y esmalte todas las partes metálicas del mismo y con pintura de vinil la parte de hormigón.
- Se debe rehabilitar el sistema de extracción de lodos del Floculador con tubería y válvula de diámetro nominal Dn 100 mm.
- Se realizarán las conexiones hidráulicas del Floculador al Sedimentador con tubería PEAD Dn 50 mm, y válvula de cierre a la salida.
- Para la sujeción de las tubería del Floculador al Sedimentador se colocarán parrillas metálicas.
- Se debe rehabilitar el sistema de extracción de lodos del Sedimentador con tubería y válvula de diámetro nominal Dn 100 mm, hacia los lechos de secado.
- Se debe estucar el depósito Sedimentador y pintar con pintura de vinil por dentro y por fuera.
- Se realizarán las conexiones hidráulicas del Sedimentador a los Filtros con tubería PEAD Dn 50 mm, y válvula de cierre a la salida y 2 válvulas a la entrada a los filtros (1 para cada filtro).
- Se debe reponer el material filtrante según proyecto original:
  - Zeolita diámetro (0,6- 0,8) mm
  - Gravilla diámetro (2-5) m
  - Grava diámetro (30-40) mm

- Se repararán los lechos de secado.
- Se rehabilitará el sistema de zeopónicos realizándose las conexiones hidráulicas y sembrando nuevas plantas para su cultivo.

En la Figura 5 se presenta el Flujo Tecnológico Propuesto para el tratamiento de los residuales líquidos de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos.

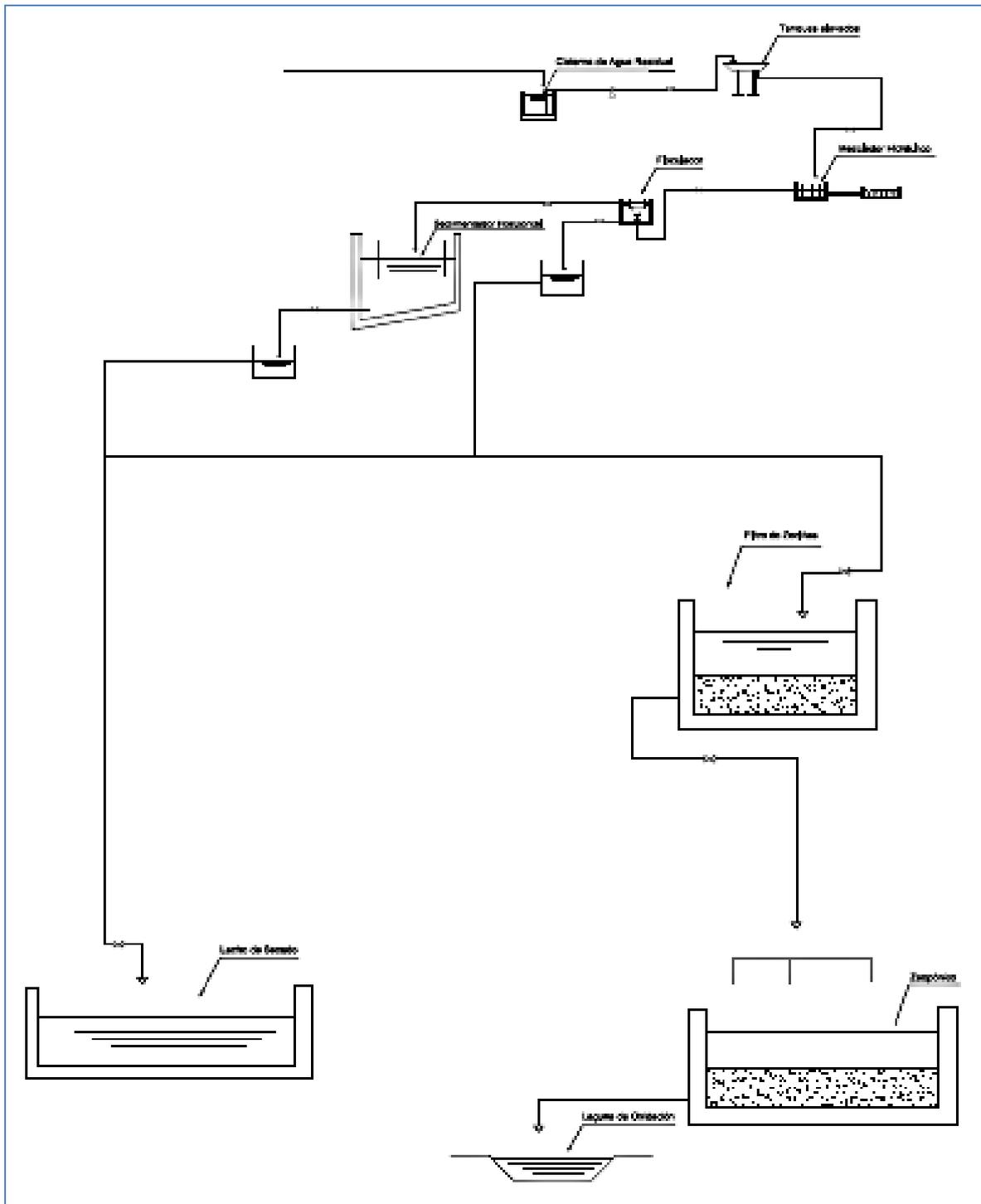


Figura 5: Flujo Tecnológico Propuesto para el tratamiento de los residuales líquidos.

## Capítulo III

### Análisis económico

#### Cálculo de los materiales y volúmenes de trabajo.

No.	Descripción	u.m	Cantidad
<b>Cisterna –Tanque elevado</b>			
1	Tubería de PEAD, DN 75 mm, PN 6 bar.	M	38
2	Codo 90° de PEAD, DN 75 mm, PN 6 bar.	U	8
3	Equipo de Bombeo Q= 2 L/s H=10 m P=	U	1
5	Válvula de cierre, DN 75 mm	U	2
6	Válvula de retención, DN 75 mm	U	1
7	Tee de PEAD, DN 75 mm	U	1
8	Sensor de nivel (parada por nivel máximo y arranque por nivel mínimo)	U	2
<b>Tanque - Mezclador</b>			
9	Tubería de PEAD, DN 50mm	M	29
10	Válvula de Cierre de compuerta, DN 50mm.	U	2
11	Codo 90° de PEAD, DN 50mm.	U	10
12	Tee de PEAD, DN 50mm.	U	1
13	Medidor de caudal (flujómetro) mecánico visual	U	1
14	Electroagitador de hélice	U	1
<b>Dosificación de productos químicos</b>			
15	Tubería de PP, DN 1/2"	M	18
16	Tee PP, DN 1/2"	U	5
17	Codo 90° de PP, DN 1/2"	U	6
18	Válvulas de cierre de bola, DN 1/2"	U	9
19	Electroagitador de hélice, P= 1,5 kw	U	2
20	Parrillas metálicas,(3,5 m)	U	2
21	Tanques Plásticos de 10 L	U	6
22	Bomba dosificadora de membrana para el residual, Q= 6 l/h, H=2 m	U	1
23	Equipo dosificador para NaCl, Q= 10ml/s	U	1
24	Bomba dosificadora para CaO, Q= 10ml/s, H= 1,5 m	U	1
25	Bomba dosificadora para Fe SO <sub>4</sub> , Q= 20ml/s, H= 1,5 m	U	1
26	Manguera plástica para dosificar NaCl, 6 mm	M	6
<b>Mezclador- Floculador</b>			
27	Tubería de PEAD, DN 50 mm	M	5
28	Codo 90° de PEAD, DN 50 mm	U	3
29	Válvulas de cierre , DN 50 mm	U	1

<b>Extracción de lodos</b>			
30	Tubería de PEAD, DN 100 mm	M	20
31	Válvulas de cierre de compuerta, DN 100 mm	U	1
<b>Floculador- Sedimentador</b>			
32	Tubería de PEAD, DN 50 mm	M	35
33	Válvulas de cierre DN 50 mm	U	1
34	Codo 90° de PEADDN 50 mm	U	2
35	Parrillas metálicas	M	30
<b>Sedimentador- Filtros</b>			
36	Tubería de PEAD, DN 50 mm	M	9
37	Codo 90° de PEAD, DN 50 mm	U	2
38	TeePEAD, DN 50 mm	U	1
39	Válvulas de cierre , DN 50 mm	U	2
40	Zeolita diámetro (0,6- 0,8) mm	m <sup>3</sup>	2,70
41	Gravilla diámetro (2-5) mm	m <sup>3</sup>	4,60
42	Grava diámetro (30-40) mm	m <sup>3</sup>	0,50
<b>Extracción de lodos</b>			
43	Tubería de PEAD, DN 100 mm	M	11
44	Codo 45° de PEAD, DN 100 mm	U	2
45	Válvulas de cierre, DN 100 mm	U	1
<b>Lechos de secado</b>			
46	Tubería de PEAD, DN 100 mm	M	10
47	Válvulas de cierre de compuerta, DN 100 mm	U	3
<b>Zeopónico</b>			
47	Equipo de bombeo, Q= 2 l/s, H= 10 m	U	1
48	Tubería de PEAD, DN 50 mm	M	10
49	Válvulas de cierre , DN 50 mm	U	1
50	Válvulas de cheke , DN 50 mm	U	1
<b>Generales</b>			
51	Pared de ladrillos	m <sup>2</sup>	5
52	Hormigón en losa de fondo	m <sup>3</sup>	1
53	Pintura anticorrosiva	m <sup>2</sup>	20
54	Pintura epóxica	m <sup>2</sup>	72

## Presupuesto

Los costos se realizaron según el Sistema de Precios de la Construcción, utilizando el programa PRESWIN versión 8.2.



# Presupuesto por Renglones Variantes y Unidades de Obra

Página 1  
Fecha de Impresión: 15/06/2016

**Código de la obra:** 16612      **Variante:** Análisis Económico  
**Nombre de la obra:** Análisis Económico  
**Nombre de la empresa:** 04202 - Emp. de Invest. y Proy. Hidrául. Villa Clara

Nivel : Obra

Nivel : Obra/Cisterna Tanque Elevado

Descripción : Cisterna Tanque Elevado

RV/U	Suministro Descripción	UM	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
163321	INSTALACION DE TUBERIA PLASTICA DE 63-75 MM DE DIAM MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	u	7.00	\$4.45	\$31.15
163321	HPTL075P0 TUBERIA PEAD DN-75 MM PN-6	M	38.00	\$2.27	\$86.26
163335	INSTALACION DE PIEZAS DE CONEXION DE PEAD, DE 100-150 MM SOLDADURA A TOPE	u	9.00	\$10.47	\$94.23
163335	CODOPEA CODO DE PEAD DN-75 MM 90 GRADOS D75	U	8.00	\$2.39	\$19.12
163335	TEEP07507 TEE PEAD CONCENTRICA DN- 75/75/75 MM PN-5 0.6 MPA	U	1.00	\$2.32	\$2.32
163355	MONTAJE DE TUBERIA DE PEAD DE 100-150 MM DE DIAMETRO CON JUNTA SOLDADA A TOPE	m	38.00	\$4.27	\$162.26
168105	DE 75 MM DE DIAMETRO	u	2.00	\$57.65	\$115.30
168105	VATUCUÑO VÁLVULA DE CUÑA DIÁMETRO 75 MM 75	U	2.00	\$115.00	\$230.00
168411	DE 80 O 100 MM DE DIAMETRO	u	1.00	\$5.57	\$5.57
168411	SENSOR00 SENSOR DE NIVEL TIPO ELECTRODO 01	U	2.00	\$150.00	\$300.00
168411	VATURET0 VÁLVULA DE RETENCIÓN DIÁMETRO 75 MM 75	U	1.00	\$140.00	\$140.00
201401	CENTRIFUGA PESO =< 0.30 TM MAG	tm	1.00	\$570.45	\$570.45
201401	BOMBAS00 BOMBA Q=22M3/HORA H-2.80 m.c.a.	U	1.00	\$950.05	\$950.05

**\$2014.89 \$2706.71**

Nivel : Obra/Cisterna Tanque Elevado

Total de : Cisterna Tanque Elevado

Costo Total: \$2,706.71

Nivel : Obra/Tanque Mezclador

Descripción : Tanque Mezclador

RV/U	Suministro Descripción	UM	Cantidad	Cost Unit	CostTotl
163321	INSTALACION DE TUBERIA PLASTICA DE 63-75 MM DE DIAM MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	u	6.00	\$4.45	\$26.70
163321	HPTL050P0 TUBERIA PEAD DN-50 MM PN-6	M	29.00	\$0.97	\$28.13
163335	INSTALACION DE PIEZAS DE CONEXION DE PEAD, DE 100-150 MM DE DIAMETRO	u	11.00	\$10.47	\$115.17
163335	CODO0050 CODO 90 PEAD DN- 50 PN- 0.60 MPA 06	U	10.00	\$1.01	\$10.10
163335	TEEC05005 TEE 90 CONCENTRICA PEAD DN- 50/50/50	U	1.00	\$13.22	\$13.22
163355	MONTAJE DE TUBERIA DE PEAD DE 100-150	m	29.00	\$4.27	\$123.83

		MM DE DIAMETRO CON JUNTA SOLDADA A TOPE				
163341		INSTALACION DE ACCESORIOS ELECTROSOLDABLES DE 63-75MM DE DIAMETRO EN TUBERIA PLASTICA	u	2.00	\$0.76	\$1.52
163341	ELECTAG001	ELECTRO AGITADOR DE HÉLICE CON REDUCTOR DE VELOCIDAD	U	1.00	\$1950.00	\$1950.00
163341	FLUJOM005	FLUJÓMETRO PARA AGUA LIMPIA Dn 50 mm DE 75 MM DE DIAMETRO	U	1.00	\$845.00	\$845.00
168105		DE 75 MM DE DIAMETRO	u	2.00	\$57.65	\$115.30
168105	VATUCUÑO	VALVULA DE CUÑA Dn 50 mm PN- 1.0 MPa	U	2.00	\$75.00	\$150.00
					<b>\$2962.80</b>	<b>\$3378.97</b>

Nivel Obra/Tanque Mezclador

Total de : Tanque Mezclador

Costo Total: \$3,378.97

Nivel Obra/Dosificación de product...

Descripción Dosificación de productos químicos

RV/U	Suministro	Descripción	UM	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
178411		PARA PRESION DE 12 MM	ml	18.00	\$0.14	\$2.52
178411	3748912824	TEE PVC 1/2"	U	5.00	\$0.32	\$1.60
178411	3748913632	CODO PVC 90 GRADOS DIÁMETRO 12 MM	U	6.00	\$3.33	\$19.98
178411	3748929201	TUBERIA PLASTICA HIDRAULICA DE 12 MM DE DIAMETRO	ml	18.54	\$0.49	\$9.08
270211		BANDEJA METALICA ELECTRICA =< 600 MM	ml	7.00	\$0.26	\$1.82
270211	BANDEJA001	BANDEJA DE PVC PERFORADA 150 X 60 MM CON TAPA INCLUIDA	M	7.00	\$3.00	\$21.00
163341		INSTALACION DE ACCESORIOS ELECTROSOLDABLES DE 63-75MM DE DIAMETRO EN TUBERIA PLASTICA	u	2.00	\$0.76	\$1.52
163341	ELECTAG001	ELECTRO AGITADOR DE HÉLICE CON REDUCTOR DE VELOCIDAD	U	2.00	\$1950.00	\$3900.00
178411		PARA PRESION DE 12 MM	ml	6.00	\$0.64	\$3.84
178411	MANGESP002	MANGUERA ESPECIAL PARA TRANSPORTE DE CLORO 3"	M	6.00	\$8.08	\$48.48
177111		DE 9 A 19 MM DE DIAMETRO	u	9.00	\$24.56	\$221.04
177111	TANPLA0010	TANQUE PLÁSTICO DE 10 LITROS DE CAPACIDAD CON TAPA	U	6.00	\$30.03	\$180.18
201423		DE VACIO RECIPROCANTE PESO 9.1-17.0 TM H <= 5.0 M MAG	tm	0.01	\$44.91	\$0.54
201423	BOMDOSINYE	KIT DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA LOS PRODUCTOS QUÍMICOS	U	3.00	\$3500.05	\$10500.15
201423	BOMDOSRESI	BOMBA DOSIFICADORA DE MEMBRANA PARA EL RESIDUAL	U	1.00	\$350.00	\$350.00
					<b>\$5916.57</b>	<b>\$15261.75</b>

Nivel : Obra/Dosificación de product...

Total de : Dosificación de productos químicos

Costo Total: \$15,261.75

Nivel : Obra/Mezclador floculador

Descripción Mezclador floculador

RV/UO	Suministro	Descripción	U M	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
-------	------------	-------------	-----	----------	----------------	-------------

163321		INSTALACION DE TUBERIA PLASTICA DE 63-75 MM DE DIAM MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	u	1.00	\$4.45	\$4.45
163321	HPTL050P0	TUBERIA PEAD DN-50 MM PN-6	M	5.00	\$0.97	\$4.85
163335		INSTALACION DE PIEZAS DE CONEXION DE PEAD, DE 100-150 MM DE DIAMETRO MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	u	3.00	\$10.47	\$31.41
163335	CODO005006	CODO 90 PEAD DN- 50 PN- 0.60 MPA	U	3.00	\$1.01	\$3.03
163355		MONTAJE DE TUBERIA DE PEAD DE 100-150 MM DE DIAMETRO CON JUNTA SOLDADA A TOPE	m	5.00	\$4.27	\$21.35
168105		DE 75 MM DE DIAMETRO	u	1.00	\$8.70	\$8.70
168105	VATUCUÑO0	VALVULA DE CUÑA Dn 50 mm PN- 1.0 MPa	U	1.00	\$75.00	\$75.00

---

**\$104.87    \$148.79**

**Nivel      Obra/Mezclador floculador/Extracción de lodos**

**Descripción** Extracción de lodos

RV/U	Suministro	Descripción	U	Cantid M	Costo Unitario	Costo Total
163322		INSTALACION DE TUBERIA PLASTICA DE 90-110 MM DE DIAM MEDIANTE SOLDADURA A TOPE	u	4.00	\$6.61	\$26.44
163322	374892H04	TUBO PEAD DIÁMETRO 110 MM PN 6	ML	20.00	\$5.77	\$115.40
163355		MONTAJE DE TUBERIA DE PEAD DE 100-150 MM DE DIAMETRO CON JUNTA SOLDADA A TOPE	m	20.00	\$4.27	\$85.40
168211		DE 100 MM DE DIAMETRO	u	1.00	\$94.94	\$94.94
168211	VATUCUÑO100	VALVULA DE CUÑA CON CIERRE ELÁSTICO Dn 100 mm PN- 1.0 MPa	U	1.00	\$145.00	\$145.00

---

**\$256.59    \$467.18**

**Total de : Obra**  
**Costo Total: \$26,369.92**

# *Conclusiones*

## Conclusiones

1. Con este trabajo se realizó un estudio bibliográfico acerca del medio ambiente, la industria farmacéutica, las aguas residuales provenientes de esta industria y el tratamiento de aguas residuales en general.
2. Se realizó una caracterización de los residuales líquidos generados en la Planta de producción de Centro de Bioactivos Químicos de la UCLV, determinándose su alto poder contaminante.
3. Se diagnosticó el estado técnico de cada uno de los objetos de obra que componen la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, llegándose a la conclusión de que dicha planta necesita de una rehabilitación.
4. Se determinó que la mayor parte del tratamiento de los residuales líquidos en la planta se realiza de forma manual y que a pesar del mal estado técnico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se logra un efluente con los parámetros que cumplen con la NC: 27: 2012.
5. El flujo tecnológico propuesto para la rehabilitación de la planta constará de las operaciones de coagulación- floculación-sedimentación y filtración, por lo que se rehabilitará el local de productos químicos, el mezclador hidráulico, el floculador, el sedimentador y los filtros.
6. Se comprobó que los objetos de obra para el tratamiento según el caudal de diseño determinado de los residuales líquidos provenientes de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos, están sobredimensionados, por lo que la planta pudiera tratar un caudal mayor.
7. Se valoró económicamente la propuesta de rehabilitación, mediante el Sistema de Precios de la Construcción, utilizando el programa PRESWIN versión 8.2.

# *Recomendaciones*

## **Recomendaciones**

1. Poner a funcionar de forma semiautomática la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Centro de Bioactivos Químicos atendiendo a la propuesta de rehabilitación que se realizó en el trabajo.
2. Incluir en los Procedimientos Normalizados de Operación las operaciones de: mezcla, floculación, sedimentación y filtración en las etapas de pretratamiento y tratamiento, según los cálculos realizados en el trabajo.
3. Actualizar en los Procedimientos de Funcionamiento y Cuidado de equipos los objetos de obra de cada una de las operaciones en el tratamiento de los residuales líquidos en la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos.

# *Bibliografía*

## Bibliografía

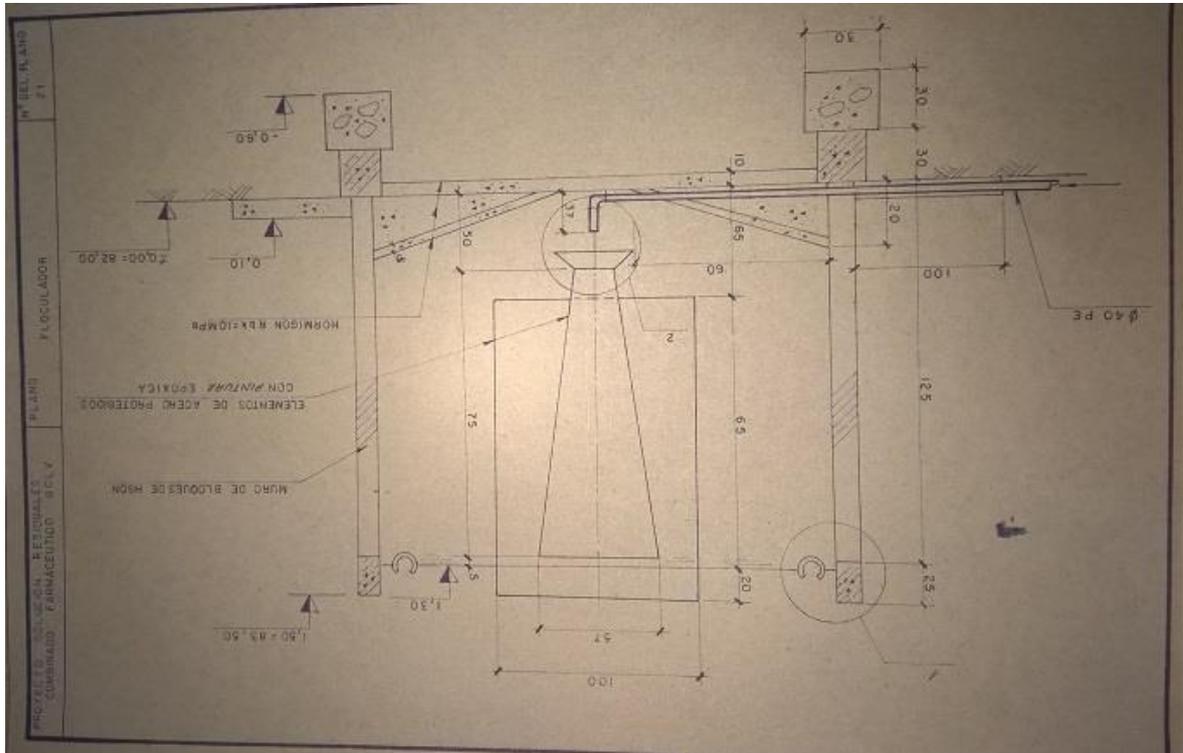
- Cañizares, P. (2008). Afinidad, Revista de química teórica y aplicada. N-539, 27-29.
- CECMED. (2012). Regulación No. 16-2012, Directrices sobre Buenas Prácticas de Fabricación de Productos Farmacéuticos.
- Córdoba, A. (2014). Qué es un Principio Activo.
- Dehays, J. (2001). from [http://archivos.diputados.gob.mx/Centros\\_Estudio/Cesop/Eje\\_tematico/d\\_mambiente.htm](http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Eje_tematico/d_mambiente.htm)
- Dehays, J. (2001). Objetivos del Módulo: El concepto de Medio Ambiente. from <http://www.redes-cepalcala.org/inspector/DOCUMENTOS%20Y%20LIBROS/SOCIALES/EL%20CONCEPTO%20DE%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf>
- Díaz Betancourt, R. (2006). Tratamiento de Aguas y Aguas Residuales.
- Díaz Molina, M. I. (2002). *Análisis de procesos en función de una propuesta de tecnología más limpia de obtención del Bioactivo G-0*
- Edith, L. (2002). Conceptos Básicos de la Contaminación del Agua y Parámetros de Medición.
- García, G. (2002). La Contaminación del Agua.
- Hidalgo, M. (2010). Diagnóstico de la Contaminación por aguas residuales domésticas
- Mendoza, V. (2014). *Tratamiento para la potabilización del agua mediante un coagulante obtenido de moringa oleifera Lam.* (Tesis en opción Título Académico de Máster en Análisis de Procesos en la Industria Química), Universidad de Camaguey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camaguey.
- Okun, D. A. (2015). *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*
- Orestes, G. D. (2001). Diseño Hidráulico de Plantas Potabilizadoras.
- Pérez Perera, F. (2001). *Análisis de Alternativas para el tratamiento de los Residuales Líquidos de CBQ* (Tesis en Opción al título de Doctor de Master en Saneamiento Ambiental), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Santa Clara.
- R.02.002, P. (2015). Procedimiento Normalizado de Operación. Pretratamiento del Lote del Residual Líquido.
- R.02.003, P. (2015). Procedimiento Normalizado de Operación. Tratamiento del Lote del Residual Líquido.
- Ramos Alvarino, C. (2004). Los residuos en la industria farmacéutica.
- Reynolds, K. A. M., Ph.D. (2002a). La humanidad y el medio ambiente. from [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena12/Contenidos/pdf\\_q12.pdf](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena12/Contenidos/pdf_q12.pdf)
- Reynolds, K. A. M., Ph.D. (2002b). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica from <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>
- Sánchez Domínguez, L. O. (2016). *Actualización del diagnóstico ambiental en la obtención del IFA Furvina en el Centro Bioactivos Químicos.* Universidad Central "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS.
- Sánchez Domínguez, L. O. (2016). Actualización del diagnóstico ambiental en la obtención de la Furvina en el Centro Bioactivos Químicos
- Tait, K. (1996). Industria Farmacéutica.

# *Anexos*



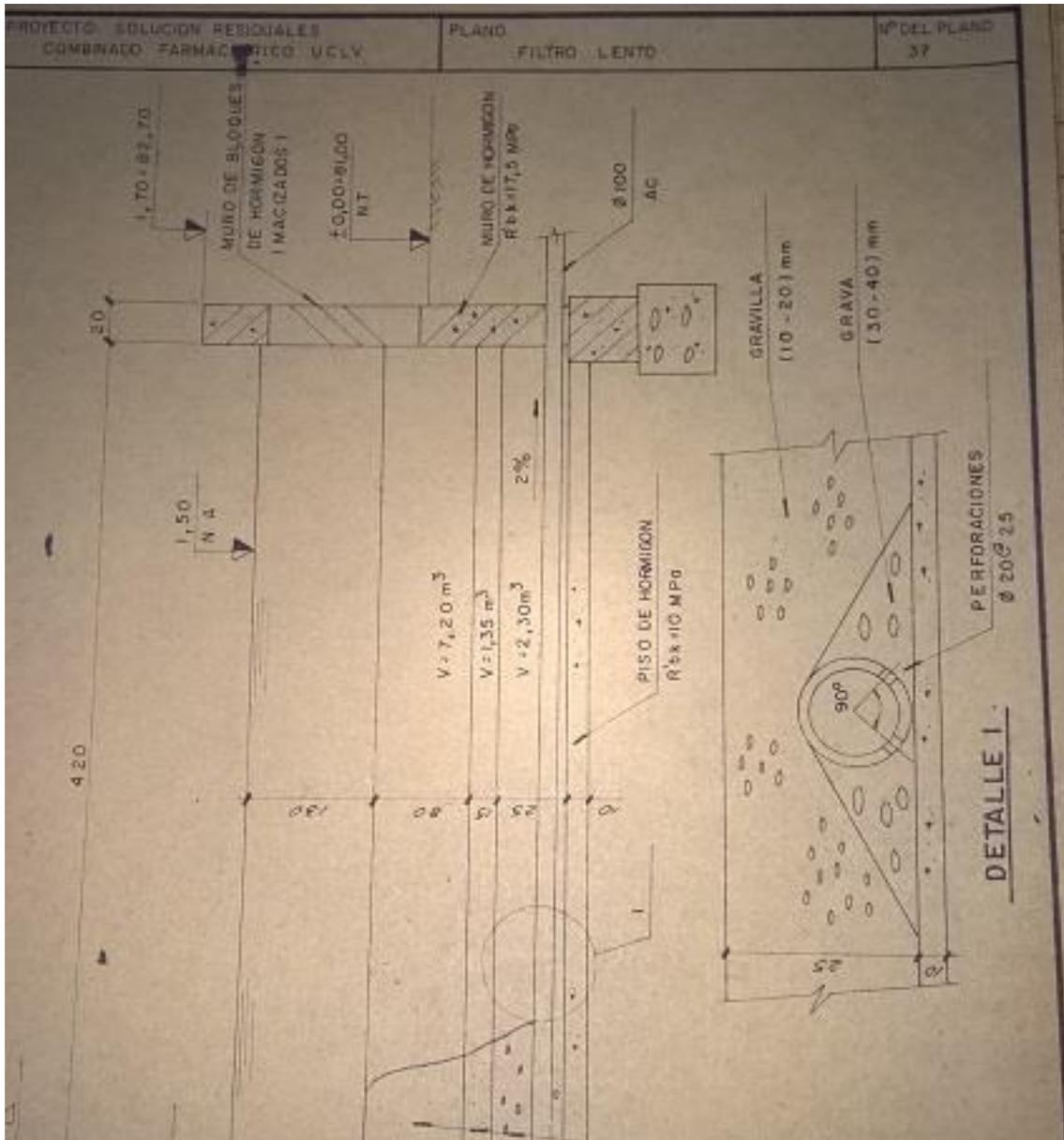


### Anexo 3





Anexo 5





**Anexo 8** Tabla de Dosificación de Hidróxido de Sodio.

Días	PH inicial	Volumen de NaOH a Añadir (ml)	Tiempo de Agitación (horas)	PH final
1	0.5 - 1.5	2000	4	10 - 12
2	7 - 9	150	1	10 - 12
3	10 - 12	-	-	10 - 12
4	10 - 12	-	-	10 - 12
5	10 - 12	-	-	10 - 12

**Anexo 9**

<b>CBQ</b>  <i>TRATAMIENTO DE</i>	<b>REGISTRO DEL PRETATAMIENTO DEL LOTE</b>	<b>Código:</b>
	<b>DE RESIDUALES LÍQUIDOS</b>	<b>Área:</b>
		<b>Página:</b>

Fecha: \_\_\_\_\_ N° de Lote: \_\_\_\_\_ Tamaño del Lote: \_\_\_\_\_  
 Cantidad de Fracciones \_\_\_\_\_

Fecha	Operario	Firma	Antes del ajuste		Volumen de NaOH añadido (ml)	Después del ajuste		Firma Supervisor
			pH	Conductividad (mS/cm)		pH	Conductividad (mS/cm)	

## Anexo 10

### Declaración de Conformidad

<b>Procedencia</b>	Planta CBQ	<b>Código interno</b>	R202016
<b>Fecha de muestreo</b>	11/05/2016	<b>Fecha de recepción</b>	11/05/2016
<b>Fecha de inicio experimental</b>	11/05/2016	<b>Fecha de culminación del ensayo</b>	/05/2016

### Informe de Análisis

**Tabla 1.** Resultados de los estudios físicos y químicos del agua residual así como los límites máximos permisibles promedios (LMPP) y su cumplimiento según la NC 27: 2012

PARÁMETRO	UNIDAD	LMPP	VALOR EXPERIENTAL	CUMPLIMIENTO
pH	Unidades	6-9	8.66	CUMPLE
Sólidos Sedimentables	mL/L	10	39.1304	NO CUMPLE
Sólidos totales disueltos	g/L	1	6.96	NO CUMPLE
Conductividad	mS/cm	4	12.94	NO CUMPLE
Cobre	mg/L	5	0.293	CUMPLE
Cromo	mg/L	2	0.14	CUMPLE
Plomo	mg/L	1	0.027	CUMPLE
Zinc	mg/L	5	0.273	CUMPLE
Nitrógeno total	mg/L	20	0.240	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	10		
Materia Flotante	-	Ausente	Prescencia	NO CUMPLE
DQO	mg/L	700	17955801,10	NO CUMPLE
Densidad	g/mL	-	1.9717	-

**Anexo 11**

Fecha: \_\_\_\_\_ N° de Lote: \_\_\_\_\_ Tamaño del Lote: \_\_\_\_\_

Fecha	Fracción del lote	Cantidad de residual pretratado (L)	Cantidad de residual de la cisterna (L)	Cantidad de solución NaClO <sub>4</sub> (L) (1:4)	Cantidad de solución de CaO (L) 3 ° Be	Cantidad de solución FeSO <sub>4</sub> (L) al 1.5 %	Cantidad de solución Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> al 5 %	Nombre de Operario	F
									Op